

RealTeeth: aplicación personalizada para el apoyo del proceso de diagnóstico orientado a  
estudiantes de endodoncia

Esneyder Julián Sánchez Méndez

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ, D.C.  
2018

RealTeeth: aplicación personalizada para el apoyo del proceso de diagnóstico  
orientado a estudiantes de endodoncia

**Autor:**

Esneyder Julián Sánchez Méndez

Memoria

**Director**

Angela Cristina Carrillo Ramos

**Página web del Trabajo de Grado**

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~PA181-1-RealTeeth>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ, D.C.  
Junio, 2018

## Agradecimientos

Durante la creación de este proyecto se contó con la ayuda y el apoyo de muchas personas, gracias a todo esto se puede decir que se ha terminado un proyecto muy grande e interesante el cual abre nuevas oportunidades de investigación.

Primero quiero agradecer a mi directora de trabajo de grado, Ángela Cristina Carrillo Ramos, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto, por su constante empeño y confianza. Gracias por las ideas y consejos dados, aquellas enseñanzas que no quedarán en un documento o un proyecto, sino que serán parte de una vida y las cuales serán aplicadas día a día.

A las profesoras Gloria Moreno y Adriana Camacho, muchas gracias por prestar tanto apoyo y tiempo durante este proyecto. En algunos momentos tuvieron que sacrificar tiempo de sueño, familia o trabajo con el fin de construir este proyecto tan hermoso.

Gracias a mi madre y a mi padre que me han apoyado incondicionalmente desde hace mucho, siendo paciente, dando animo en momentos difíciles y siempre acompañándome en este proceso. Muchas gracias papas.

Así mismo, quiero agradecer a las personas externas que me colaboraron de manera incondicional con este proyecto, aquellas personas que me dieron consejos sobre diseños, formas, colores y detalles que fueron muy importantes.

Finalmente, quiero agradecer a las personas que estuvieron pendientes de mi proceso, que sin importar la distancia o tiempo en el cual se encontraban, preguntaban y me daban apoyo en cada una de las etapas que enfrente en este proceso, muchas gracias por ese apoyo incondicional que siempre apreciare y tiene un valor muy grande en mí.

## Contenido

1	Introducción .....	7
2	Metodología.....	8
2.1	Diagnóstico.....	8
2.2	Modelo personalización .....	8
2.3	Desarrollo.....	8
2.4	Validación.....	8
3	Estado del arte .....	9
3.1	Conceptos fundamentales .....	9
3.1.1	Personalización.....	9
3.1.2	Endodoncia.....	9
3.1.3	TIC en Educación .....	10
3.2	Trabajos Relacionados.....	10
4	Descripción de la solución .....	13
4.1	Pruebas de diagnóstico .....	14
4.1.1	Realización y ejecución del test de estilos de aprendizajes .....	14
4.1.2	Especificación de conocimientos previos.....	15
4.1.3	Creación de un escenario .....	17
4.1.4	Desarrollo de un caso específico.....	17
4.2	Modelo de personalización .....	19
4.2.1	Perfil de caso .....	19
4.2.2	Perfil del estudiante .....	22
4.2.3	Algoritmo de priorización.....	22
4.3	Desarrollo de RealTeeth.....	25
4.3.1	Identificar requerimientos .....	25
4.3.2	Descripción funcional del sistema.....	26
4.3.3	Modelo de dominio .....	28
4.3.4	Herramientas y lenguajes a utilizar .....	29
4.3.5	Arquitectura .....	30
4.4	Pruebas y Validación .....	37
4.4.1	Pruebas funcionales .....	37
4.4.2	Pruebas de usabilidad .....	37
4.4.3	Pruebas de adaptación.....	48
5	Lecciones aprendidas .....	50
6	Conclusiones.....	50

7	Trabajo futuro .....	51
---	----------------------	----

## Figuras

Fig. 1	Metodología .....	8
Fig. 2	Proceso de RealTeeth .....	14
Fig. 3	Dimensiones de estudiantes.....	14
Fig. 4	Desarrollo de un caso .....	17
Fig. 5	Fases análisis de dolor .....	18
Fig. 6	Fases del análisis de examen clínico.....	18
Fig. 7	Fases del análisis de pruebas periapicales.....	18
Fig. 8	Fases del análisis de pruebas de sensibilidad .....	19
Fig. 9	Imagen radiográfica de un diente.....	19
Fig. 10	Vista general de un caso .....	20
Fig. 11	Jerarquía de componentes de un caso.....	20
Fig. 12	Recorrido entre rutas.....	21
Fig. 13	Perfil de usuario.....	22
Fig. 14	Ejemplo de recomendación de casos a estudiantes.....	23
Fig. 15	Algoritmo de priorización .....	23
Fig. 16	División de requerimientos.....	25
Fig. 17	Diagrama de casos de uso .....	27
Fig. 18	Modelo de dominio sin personalización.....	28
Fig. 19	Modelo de dominio con personalización.....	29
Fig. 20	Herramientas usadas en RealTeeth .....	30
Fig. 21	Modelo vista controlador .....	31
Fig. 22	Clases controller .....	31
Fig. 23	Clase CaseController .....	32
Fig. 24	clase PersonalisationController .....	32
Fig. 25	Clase RegistrationController .....	32
Fig. 26	Clase SecurityController .....	33
Fig. 27	Clase UserController .....	33
Fig. 28	Componente vista.....	33
Fig. 29	Componente modelo.....	34
Fig. 30	Paquete de entidades .....	35
Fig. 31	Modelo entidad relación.....	36
Fig. 32	Customer journey .....	38
Fig. 33	Inicio de convocatoria.....	38
Fig. 34	Vista general de casos.....	39
Fig. 35	Especificación de caso.....	39
Fig. 36	Desarrollo de ruta del dolor.....	40
Fig. 37	Desarrollo de ruta radiográfica.....	40
Fig. 38	Análisis de una ruta.....	41
Fig. 39	Progreso de casos .....	42
Fig. 40	Estudiantes y expertos realizando la prueba de usabilidad .....	43
Fig. 41	resultados de la etapa inicio de convocatoria .....	43

Fig. 42 Resultados etapa vista general de casos .....	44
Fig. 43 Resultados de la etapa especificación de caso .....	45
Fig. 44 Resultados de desarrollo de ruta.....	46
Fig. 45 Resultados de la etapa análisis .....	46
Fig. 46 Resultados de la etapa progreso de casos.....	47
Fig. 47 Estudiante A.....	49
Fig. 48 Estudiante B.....	49

## 1 Introducción

En este proyecto se propone un software llamado RealTeeth, que esté basado en un modelo de personalización el cual tendrá en cuenta el perfil del usuario. El usuario final son los estudiantes de odontología que estén realizando preclínica para apoyar el proceso de aprendizaje en competencias odontológicas en este caso como diagnosticar un escenario con problemas endodónticos

Dentro de este trabajo se mostrará el proyecto desarrollado en el semestre 2018-1 llamado RealTeeth, se podrá observar la metodología que se utilizó, el proceso de desarrollo realizado, lecciones aprendidas, conclusiones y trabajo futuro.

## 2 Metodología

Para desarrollar el proyecto se utilizará una metodología (ver Fig. 1) que se compone de cuatro fases distintas. A continuación, cada una de éstas se explicará en detalle.



Fig. 1 Metodología

### 2.1 Diagnóstico

Dentro de esta fase se realizaron cuatro actividades importantes: realización y ejecución del test de estilos de aprendizajes, especificación de conocimientos previos, creación de un escenario y desarrollo de un caso específico. Se seleccionó como *test* de estilos de aprendizajes, el modelo de Bandler[1], con el que se analizó y se obtuvo un perfil de los estudiantes de Odontología que cursaban quinto o un semestre superior.

Así mismo, se procedió a la creación de un escenario en el cual se desarrolló la aplicación, es decir, se creó una historia que permite involucrar al estudiante al tener que resolver casos con pacientes.

Por último, se realizó un caso específico para determinar cómo será la estructura de los casos que se utilizarán en la aplicación, teniendo en cuenta un problema y unas posibles soluciones de las cuales el estudiante tendrá que elegir una.

### 2.2 Modelo personalización

En esta fase se tuvo en cuenta dos grandes hitos: un perfil de estudiante y un algoritmo de priorización de casos a tratar en la aplicación. El conjunto de los dos entregables mencionados anteriormente, forman el modelo de personalización el cual fue implementado en el prototipo para su posterior validación.

### 2.3 Desarrollo

Dentro del desarrollo se tuvo en cuenta dos entregables: documentación de prototipo (análisis, diseño, pruebas, manual de usuario) y la aplicación; los documentos relacionados con el prototipo permitirán que en un futuro este proyecto pueda ser retomado o que una persona externa al proyecto pueda comprender el proceso de desarrollo de éste.

### 2.4 Validación

Dentro de la validación se realizaron los siguientes entregables: documentación (manual de usuario o demo), memoria del trabajo de grado y validación de usabilidad. La guía es el resultado del proceso realizado durante el trabajo de grado, especificando dentro de éste, el caso de



estudio utilizado para la validación del modelo adaptativo además de la información relacionada con el análisis realizado para llegar a los resultados obtenidos.

Por medio de la validación de usabilidad se pudo mostrar cuál fue el impacto que tuvo la herramienta con los estudiantes y así concluir si ésta es viable para apoyar el proceso de aprendizaje en cada uno de ellos.

Para el desarrollo de Realteeth fue necesaria una investigación sobre las aplicaciones o trabajos que hayan tocado el área de endodoncia para así concluir sobre las ventajas y desventajas que existen en el mercado actualmente justificando la creación de RealTeeth

### 3 Estado del arte

En esta sección se explicarán los conceptos que son necesarios para el desarrollo del proyecto, además se realizará una tabla que comparará diferentes trabajos relacionados, para así observar las diferencias que existen con el producto a ofrecer.

#### 3.1 Conceptos fundamentales

El proyecto está enfocado hacia estudiantes de Odontología que se encuentren en la rama de Endodoncia; para crear esta herramienta fue necesario crear un perfil de usuario, esto por medio de la personalización, para así implementarlo por medio de tecnologías de la información. A continuación, se explicarán tres conceptos (personalización, endodoncia y TIC en educación), que son base fundamental para la construcción del sistema

##### 3.1.1 Personalización

La personalización es un proceso que cambia la funcionalidad, interfaz, contenido de la información, apariencia o comportamiento de un sistema para diferentes usuarios o el mismo usuario en diferentes contextos[2]. Este mecanismo se basa en obtener datos de la persona objetivo, de la cual se deriva un perfil de usuario [3]; según este perfil es necesario tener en cuenta cuáles son las acciones a realizar; estas pueden ser almacenadas en: formatos de reglas, redes neuronales, redes bayesianas o una lista de parejas atributo – valor [4]. Por medio de la personalización se pudo crear un perfil de usuario, que muestra los intereses, gustos, preferencias y datos básicos que identifican a éste; para este trabajo, el usuario objetivo corresponde a estudiantes de endodoncia.

##### 3.1.2 Endodoncia

Para los endodoncistas, un desafío clínico al cual se enfrentan es la conservación de la pulpa dental en dientes permanentes que presentan lesiones carioticas, traumáticas o anomalías del desarrollo[5]. Por ende, la meta que ellos tienen es mantener la vitalidad del tejido pulpar y estar al tanto de los factores que puedan influenciar la cicatrización de la pulpa[5].

La endodoncia, rama de la Odontología, busca potencializar cada proceso que interviene (preparación, irrigación, obstrucción) para dar un espacio pulpar estéril y herméticamente sellado, proporcionando un ambiente inadecuado para las bacterias[6].

Dentro de este trabajo se propone utilizar las tecnologías de información como forma de apoyo a los estudiantes que se encuentren en esta rama de la odontología, por ende, es necesario definir el papel actual de las TIC.

### 3.1.3 TIC en Educación

Actualmente, existen varias tecnologías de alto nivel que han dado paso a una gran demanda de trabajadores con un alto nivel de educación, nivel técnico y habilidades[7]; por medio de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se puede suplir esta necesidad que tiene el mercado ya que tienen las siguientes características: gran velocidad y escalamiento, capacidad de aceptar varios usuarios al mismo tiempo, flexible (el usuario da uso cuando lo necesita) y gran capacidad de almacenamiento[8]. En este proyecto se utilizarán objetos virtuales de aprendizaje (OVA) y los estilos de aprendizaje para crear una aplicación que apoye a los estudiantes de Odontología. A continuación, se explican brevemente cada uno de ellos.

#### 3.1.3.1 Objetos Virtuales de Aprendizaje

Un objeto virtual de aprendizaje se considera como un recurso digital multimedia reusable, que tiene fines educativos y emplea metadatos para su descripción[9], dependiendo su uso pedagógico, los OVA pueden ser clasificados en: instrucción (ej: lecciones, seminarios, artículos), colaboración (ej: foros, chat), práctica (ej: simulación, juego de roles) y evaluación (ej: certificaciones, test)[10].

#### 3.1.3.2 Estilos de aprendizaje

Cuando una persona se encuentra en el proceso de aprender, tiende a tener comportamientos específicos; se han desarrollado distintos modelos y teorías que ayuden a comprender la manera tienen la que aprende una persona, estos son los distintos estilos de aprendizaje que existen[1]. Los más destacados han sido propuestos por: Felder *et al.*[11], Herrmann [12], Kolb [13], Gardner [14] y Bandler *et al.*[1], siendo este último el que será usado en el proyecto.

Dentro de este proyecto se escoge el modelo de Bandler debido a que se encuentra en un punto intermedio en cuanto a las variables que utiliza, es decir, este modelo sólo consta de tres variables (auditivo, visual, kinestésico) a diferencia del modelo de Gardner[14] de inteligencias múltiples que utiliza siete posibles clasificaciones.

## 3.2 Trabajos Relacionados

Actualmente existen diferentes trabajos que apoyan el aprendizaje en los estudiantes de Odontología o personas que se encuentren interesadas en este campo. Dentro de este proyecto se realizó una investigación de trabajos que se encuentren en esta área, siendo clasificados en dos grupos: académicos y comerciales, siendo un factor común de todos ellos el aprendizaje de la estructura dental. Además, se investigó si cada uno tenía en cuenta: escenarios reales, endodoncia, estilos de aprendizaje, ludificación, esta última entendida como la dinámica y mecánica de juego, proceso semiológico en el que se hace un enfoque en el estudio de los signos de las enfermedades [15], y el estudiante; esto puede ser observado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Del análisis realizado se pudo observar que la mayoría de trabajos tiene un enfoque académico[16]- [17]; así mismo, muy pocos tienen en cuenta los escenarios reales[16] [18] [19] [20] [21], que se podrían trabajar para así disminuir la brecha que existe entre la teoría y la práctica. Por otra parte, se observó que sólo dos trabajos tienen en cuenta aspectos del estudiante[22] [17], siendo este aspecto el apoyo a las habilidades visuales que este tiene.

Otro punto importante es la ludificación que existe dentro de estos trabajos; se puede decir que muy pocos utilizan este método para apoyar las tecnologías que se vayan a implementar[16]

[23] [24] [25]. La mecánica más usada fue una realimentación para los estudiantes utilizando dinámicas de juego progresivas.

Dentro de los aspectos odontológicos cabe resaltar que varios trabajos tienen en cuenta la morfología dental[16] [22] [26] [27] [25] [21]- [28]; sin embargo, dejan de lado el proceso semiológico que tiene que seguir un estudiante al momento de diagnosticar a un paciente. Por otro lado, cabe resaltar que sólo un trabajo fue realizado por medio de aplicaciones web[26].

	[16]	[29]	[30]	[18]	[19]	[22]	[26]	[31]	[23]	[24]	[27]	[17]	[25]	[20]	[21]	[32]	[28]
<b>Área</b>																	
Académica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Comercial													X	X	X	X	X
<b>Escenarios</b>																	
Reales	X			X	X									X	X		
Virtuales	X	X					X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<b>Ludificación</b>																	
<b>Dinámica de juego</b>																	
Narrativa									X								
Progresivo	X								X	X			X				
<b>Mecánicas de juego</b>																	
Desafíos										X							
Retroalimentación	X								X								
Competencia																	
<b>Estudiante</b>																	
Estilos de aprendizaje																	
Habilidades visuales						X						X					
<b>Aspectos odontológicos</b>										X							
Morfología dental	X					X	X				X		X		X	X	X
Detección de caries		X															
Proceso semiológico			X														
Endodoncia						X		X			X	X		X			
Higiene dental					X												
Operaciones dentales								X			X						
<b>Tecnologías</b>																	
Aprendizaje basado en casos				X													
Guías						X											
Aplicación web							X										
Aplicación móvil													X	X	X	X	X

Tabla 1 Trabajos relacionados

Teniendo en cuenta el análisis realizado, se puede concluir que RealTeeth surge gracias a la necesidad de una aplicación web que apoye el proceso semiológico de los estudiantes de Odontología, utilizando dinámicas de ludificación narrativa y progresiva junto a una mecánica de desafíos y realimentación. Además, RealTeeth tendrá en cuenta aspectos del estudiante, específicamente la forma en la cual éste aprende, aspecto que ningún trabajo relacionado tuvo en cuenta.

Es necesario agregar que RealTeeth tiene en cuenta escenarios de la vida real para que la persona tenga una cercanía a situaciones con pacientes y pueda identificar cuál es el diagnóstico adecuado según una serie de síntomas específicos; esto siempre teniendo como enfoque el área de endodoncia.

## 4 Descripción de la solución

RealTeeth es una aplicación web que apoya la competencia diagnóstica de los estudiantes de odontología, esto se realiza por medio de una aplicación basada en actividades lúdicas en la cual un estudiante tiene el papel de endodoncista y tiene que analizar un número de casos el cuál puede ser paramétrico. Para la validación se decidió que serían diez (10) casos, número que fue decidido por las expertas de Odontología y clientes del sistema, las profesoras Gloria Moreno y Adriana Camacho.

Las expertas argumentan que se escogen 10 casos ya que es un número significativo para que se pueda recorrer los diagnósticos más frecuentes en distintas complejidades y puede realizar un aprendizaje básico, es decir, diagnosticar la enfermedad pulpar y periapical. Con una cantidad menor de casos no se recorren todos los niveles de conocimiento y diagnósticos.

En la Fig. 2 se muestra el proceso que se realiza cuando un estudiante decide utilizar RealTeeth. Como se puede observar, el estudiante después de haber ingresado al sistema se le presenta un caso este caso.

Dado un caso, la persona observará cinco (5) rutas de análisis posibles: dolor, examen clínico, pruebas periapicales, pruebas de sensibilidad y radiográfica; estas simulan el anexo de Endodoncia que tienen que crear cuando un paciente llega a una consulta.

Dentro de la ruta el estudiante podrá seleccionar unas preguntas que tendrán respuestas simulando un proceso donde se pregunta al paciente sobre síntomas o motivos de consulta. Al término de estas preguntas el estudiante se encuentra con una sección de análisis donde tiene que identificar diferentes aspectos según la información brindada. El análisis se realizará por cada una de las rutas existentes.

Al término de un caso se muestra una realimentación basándose en las respuestas proporcionadas en cada una de las secciones de análisis de las diferentes rutas para así proseguir con la ejecución del algoritmo de personalización de casos el cual podrá subir, bajar o mantener de nivel al estudiante el cuál se encuentra en la sección 4.2.3.

Luego de haber ejecutado el algoritmo de personalización de casos, se pregunta si el estudiante ya realizó el número máximo de casos, antes establecido. Si no se ha mostrado esta cantidad, se continúa mostrando casos hasta que se cumpla esta condición. Finalmente, cuando el alumno ha desarrollado en totalidad casos establecidos se muestra un resumen de lo que realizó, es decir, se despliega cuántos casos fueron satisfactorios, cuántos erróneos, la dificultad de cada uno de estos y el nivel en el cual finalizó el estudiante.

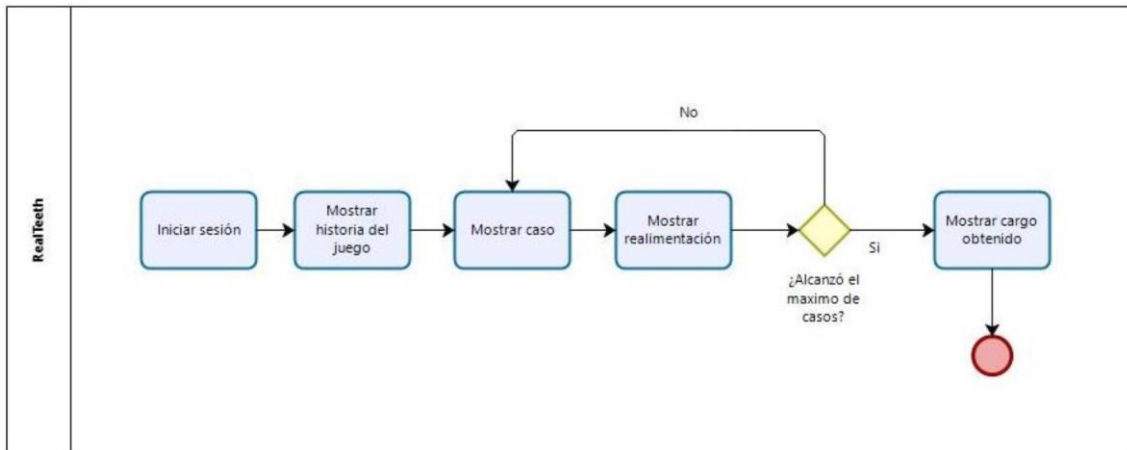


Fig. 2 Proceso de RealTeeth

#### 4.1 Pruebas de diagnóstico

Se decide realizar una prueba de diagnóstico la cual muestre cuales son la dimensiones sobre las cuales debería realizar RealTeeth un enfoque, dependiendo el resultado que se tenga se creara el sistema teniendo en cuenta la(s) dimensión(es) predominante(s) dentro de los estudiantes de preclínica.

Para desarrollar esta fase fue necesario tener en cuenta una serie de subfases: realización y ejecución del test de estilos de aprendizajes, especificación de conocimientos previos, creación de un escenario y desarrollo de un caso específico, que serán detallados a continuación.

##### 4.1.1 Realización y ejecución del test de estilos de aprendizajes

Dentro de esta fase se realizó un cuestionario basado en el modelo de Bandler *et al.*[1], el cual consiste en 40 preguntas con tres posibles respuestas, donde cada una de las respuestas corresponde a una dimensión específica del modelo ya sea visual, auditivo, kinestésico. Esta encuesta fue realizada a los estudiantes de Odontología que cursan una preclínica.

Después de haber obtenido un total de 32 respuestas se analizaron los resultados y se concluyó que la mayoría de los estudiantes encuestados son visuales, con un valor del 39%, y kinestésicos, con un valor de 42%. Sólo un 19% de la población presentó ser auditiva como se puede observar en la Fig. 3

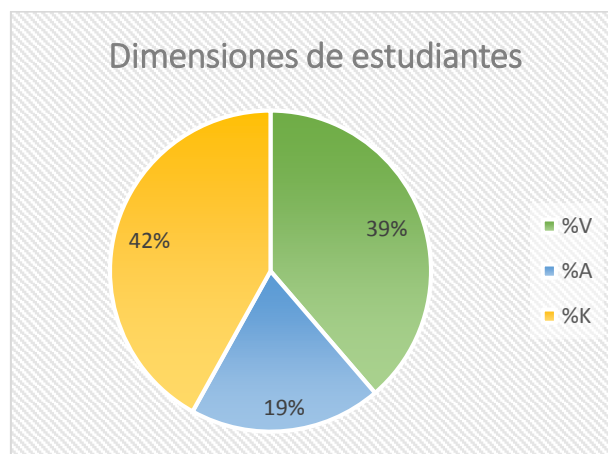


Fig. 3 Dimensiones de estudiantes

Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta realizados, se decide crear una aplicación que esté guiada a personas cuya dimensión predominante de aprendizaje sean visual o kinestésica. Para cumplir este objetivo, la aplicación tiene una gran cantidad de componentes visuales como imágenes.

Por otro lado, para apoyar la dimensión kinestésica se decidió utilizar herramientas de ludificación donde se tenga una dinámica de narración y progresiva, es decir, que el estudiante se enfrentara a una serie de casos, donde cada uno de ellos puede ser de una dificultad variable. Esto depende del rendimiento que esté teniendo el estudiante. Cada caso tendrá un escenario en el cual encontrará una historia clínica de un paciente a tratar. Teniendo en cuenta esto, se propone una serie de rutas donde se da información para que se pueda llegar a un diagnóstico correcto.

#### 4.1.2 Especificación de conocimientos previos

Dentro de esta sección se decidió recurrir a la matriz de competencias de Endodoncia que se utiliza en la facultad de Odontología; esta matriz muestra seis competencias: diagnóstico, pronóstico, tratamiento, investigativas, administrativas y prevención en Endodoncia.

Se analizó cada una de estas competencias llegando a la conclusión de que sólo se tendrá en cuenta el diagnóstico en Endodoncia donde el alumno está en capacidad de: realizar un correcto interrogatorio y registro de éste, reconoce hallazgos clínicos y radiográficos, realiza pruebas clínicas, para así efectuar un adecuado y coherente diagnóstico pulpar y periapical debidamente registrado.

Actualmente esta competencia tiene tres tipos de niveles (bajo, medio, alto), dependiendo del nivel en el cual se encuentre el estudiante, existen formas diferentes de enseñar a estos, tal como se muestra en la Tabla 2.

Nombre de la competencia	Competencias previas	Nivel de complejidad	Tipo de acompañamiento			Asignatura donde se enseña	Cómo se enseña	Fragmentación	Anexos
			Observación guiada	Actividad calibrada	Actividad autónoma				
Diagnóstico en endodoncia	Anatomía, Fisiología, Cardiología, Radiología, Periodoncia, Semiología	Baja	X	x		C adultos III	Dos rotaciones una para cada tipo de acompañamiento	Para clínica Adultos III	Guía de Dx pulpar y periapical. Cuadro de parámetros de evaluación CAIII.
		Media	x	x	x	c adultos IV	Sobre uniradiculares y premolares, esquema operador-ayudante pasa por los tres tipos de acompañamiento en el semestre.	Para clínica Adultos IV incluye operador ayudante	Cuadro de parámetros de evaluación. CAIV.
		Alta	x	x	x	C adultos V C adultos VI C adultos VII	Sobre multiradiculares esquema solo operador. En C adultos V y VI autónoma para Dx convencionales. Y en c adultos VII autónoma para Dx no convencionales.	Para clínica Adultos VII	Cuadro de parámetros de evaluación. CAV, VI y VII.

Tabla 2 Características del diagnóstico en endodoncia



#### 4.1.3 Creación de un escenario

Para la ejecución del proyecto se decidió crear un escenario que involucrara al estudiante en una situación de la vida real. Para esto, se le dice al estudiante que está en un consultorio donde tienen que tratar a diez (10) casos consecutivamente. Estos casos son los diferentes casos que se presentarán teniendo en cuenta los conocimientos que el estudiante tenga. Dentro del modelo de personalización se realizó un mayor énfasis sobre los casos y el sistema de priorización de estos mismos.

Durante cada caso, el estudiante tendrá que tomar distintos caminos para llegar a un diagnóstico, la toma de estas decisiones apoya el proceso semiológico que el estudiante tiene que realizar en la vida real. El objetivo de estos casos es brindar diferentes rutas por las cuales el estudiante pueda tomar para llegar así a una conclusión diagnóstica.

#### 4.1.4 Desarrollo de un caso específico

Para el desarrollo de un caso se decidió simular el anexo de Endodoncia que se utiliza en la Pontificia Universidad Javeriana, el cual consiste en evaluar: dolor, examen clínico, pruebas periapicales, pruebas de sensibilidad y análisis radiográfico; cada una de estas partes del anexo se compone de varios pasos que el estudiante tendrá que tomar para así llegar a un diagnóstico tal como se muestra en la Fig. 4



Fig. 4 Desarrollo de un caso

Cuando un caso da inicio, éste tiene un motivo de consulta y una historia de enfermedad donde se menciona por qué el paciente se encuentra allí y cuál es la molestia que ha venido sintiendo en los últimos días; prosiguiendo podrá escoger las cuatro diferentes rutas que se explicarán a continuación.

##### 4.1.4.1 Análisis de dolor

Dentro de esta ruta hace referencia al dolor que ha sentido el paciente en los últimos días, causas o persistencias de éste. Existen cuatro fases para realizar este análisis: existencia, origen, ubicación y constancia del dolor. En la Fig. 5 se detallará cada una de ellas.



Fig. 5 Fases análisis de dolor

La primera fase consiste en identificar si existe o no dolor, seguido de esto, observar si el origen del dolor es espontáneo o provocado. Además, es necesario saber si el dolor es localizado o difuso junto con su constancia ya sea frecuente o infrecuente.

#### 4.1.4.2 Análisis de examen clínico

Durante el examen clínico se observa el diente externamente, es decir, se estudia la morfología del diente a tratar. Para realizar este análisis se tiene en cuenta si existe o no inflamación extra e intra oral, fistulas, caries obturaciones, grietas en el diente, cambio de color, oclusiones, movilidad y bolsas. Cada una de estas preguntas es falso o verdadero junto con unas observaciones que se hagan en el momento de responder cada uno de estos criterios. Estos pasos se muestran en la Fig. 6.

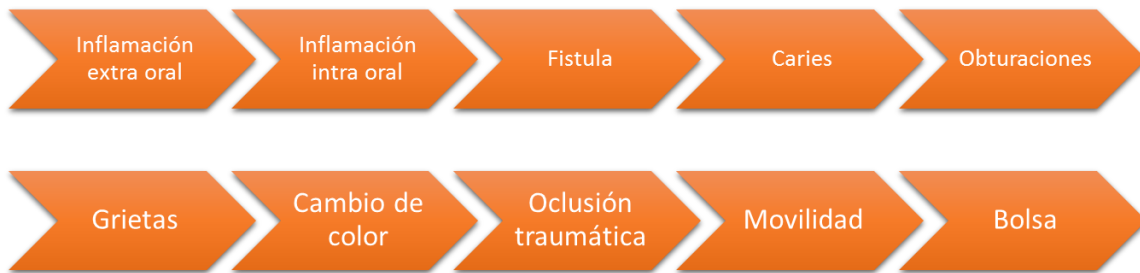


Fig. 6 Fases del análisis de examen clínico

#### 4.1.4.3 Análisis de pruebas periapicales

Dentro de este análisis es necesario preguntar si se realizaron pruebas periapicales, es decir, pruebas las cuales tienen en cuenta la estructura física del diente; dentro de éstas pueden encontrarse: masticación, percusión y palpación; cada una de éstas debe indicar si se realizó o no y una observación si fue hecha. Estas pruebas se muestran en la Fig. 7.



Fig. 7 Fases del análisis de pruebas periapicales

Para cada una de estas pruebas es necesario tener un diente de control con el cual se estudia el comportamiento del diente a tratar, para así comparar cuáles son los comportamientos de un diente sano y uno que no lo está.

#### 4.1.4.4 Análisis de pruebas de sensibilidad

Durante las pruebas de sensibilidad, al igual que en las periapicales, se utiliza un diente de control con el cual se comparan los comportamientos del diente a analizar para así tener la referencia de un diente sano del paciente. Dentro de este análisis se realizan tres tipos de pruebas: calor, frío y electricidad (ver Fig. 8)



*Fig. 8 Fases del análisis de pruebas de sensibilidad*

#### 4.1.4.5 Análisis radiográfico

Dentro del análisis radiográfico se toma una imagen como la que se muestra en la Fig. 9 y se realiza una descripción de lo que se observa, teniendo en cuenta si existe alguna caries visible o protuberancias que puedan ayudar al diagnosticar lo que tiene el paciente.



*Fig. 9 Imagen radiográfica de un diente*

Es necesario aclarar que el estudiante al finalizar una ruta puede elegir otra, ya que así se puede simular el proceso semiológico que se tiene que llevar a cabo. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que un caso puede ser diagnosticado con la selección de una ruta o las cuatro.

## 4.2 Modelo de personalización

Dentro del modelo de personalización se realizó un perfil del estudiante el cuál muestra cuáles son los aspectos y datos a tener en cuenta del estudiante. Por otro lado, se muestra cuál es el perfil de caso que se va a asignar a cada uno de los estudiantes. Para finalizar se detallará el algoritmo de priorización, el cuál utilizará algunos de estos datos para así clasificar cuáles son los casos que se acoplan al estudiante en el momento que esté utilizando la aplicación. A continuación, se detallarán estas partes.

### 4.2.1 Perfil de caso

Un caso puede ser visto como se muestra en la Fig. 10; es un grafo en el cual un nodo tiene varias divisiones a otros nodos. A continuación, se detalla cada uno de los componentes de dicho grafo:

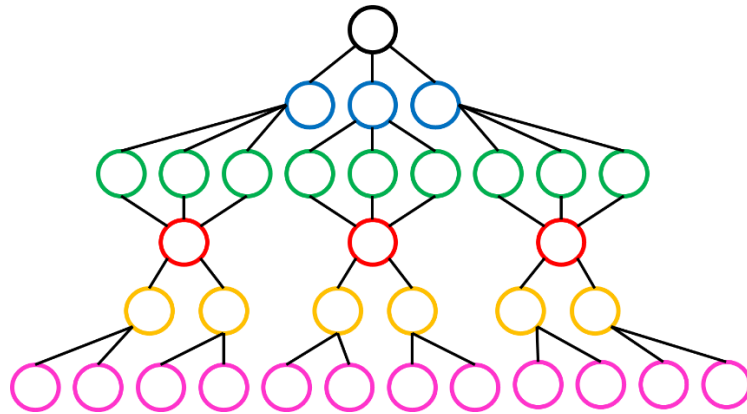


Fig. 10 Vista general de un caso

Para clarificar, se tomará un solo posible camino del caso; así se podrá identificar con mayor facilidad cada uno de los componentes que existen. Un caso se compone de: rutas, preguntas, análisis, criterios y preguntas de criterios; cada uno de ellos está organizado jerárquicamente como se muestra en la Fig. 11.

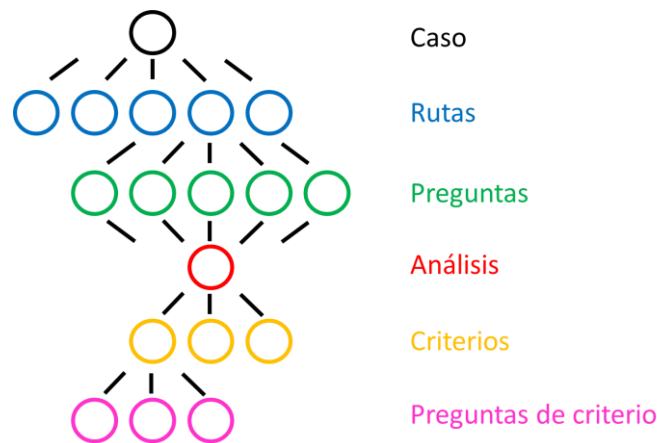


Fig. 11 Jerarquía de componentes de un caso

La ruta de un caso se refiere al análisis que un estudiante puede realizar para llegar a un diagnóstico, ya sea una revisión al dolor, exámenes clínicos, pruebas clínicas o radiografías. Dentro del siguiente nivel se encuentran las preguntas, que hacen referencias a información que el estudiante puede pedir para así llegar a una conclusión del posible estado en el cual se encuentre el paciente.

El siguiente nivel contiene el análisis, allí basado en la información obtenida por las preguntas realizadas en el paso anterior, el estudiante se enfrentará a unas preguntas que tiene que responder; estas preguntas pertenecen a un criterio específico dado por el experto en el caso. Por cada ruta existente, se tiene un análisis compuesto de criterios y estos a su vez, tienen una o varias preguntas, basados en las respuestas dadas se puede brindar una realimentación al estudiante indicando los criterios en los que presenta falencias y fortalezas.

Por otro lado, se tiene en cuenta el nivel del caso, ya que RealTeeth es una aplicación con actividades lúdicas basada en retos y niveles, para mantener el sistema alimentado con casos es necesario tener el apoyo de profesionales expertos, los cuales tendrán un rol de administrador,

en esta área que ayuden en la creación de éstos, así como se realizó en diferentes proyectos de la literatura revisada en los trabajos relacionados[33], [34],[35], en este caso los expertos son Adriana Camacho, profesora de la facultad de odontología la cual tiene más de 20 años trabajando con estudiantes y dictando clases que toquen el tema de Endodoncia y la profesora Gloria Moreno, profesora de la Facultad de Odontología con un postgrado en educación. Estas dos expertas han participado y ayudado en proyectos de investigación y cuentan con un criterio para decidir los diferentes niveles de dificultad que existirán en RealTeeth y así mismo clasificar cada uno de estos casos en los correspondientes niveles.

#### 4.2.1.1 Recorridos en un caso

Al comenzar un caso, el estudiante escoge una ruta y navega por el grafo de ésta, cuando él llega a las preguntas de criterio y da solución a ellas, tiene la posibilidad de escoger otra ruta y empezar el proceso de nuevo. La Fig. 12 muestra cómo sería el recorrido entre diferentes rutas.

Cabe resaltar que un estudiante no puede desarrollar una ruta dos veces, debido a que cuando se están desarrollando competencias en un proceso semiológico[15], parte de la competencia es que obtenga la mayor información y la retenga, ya que en la vida real es necesario no perder tiempo revisando las patologías o los síntomas más de una vez. Además, en una asignatura posterior llamada Clínica, una competencia que se evalúa es el manejo de tiempos ya que aparte de realizar un diagnóstico necesita dar un tratamiento.

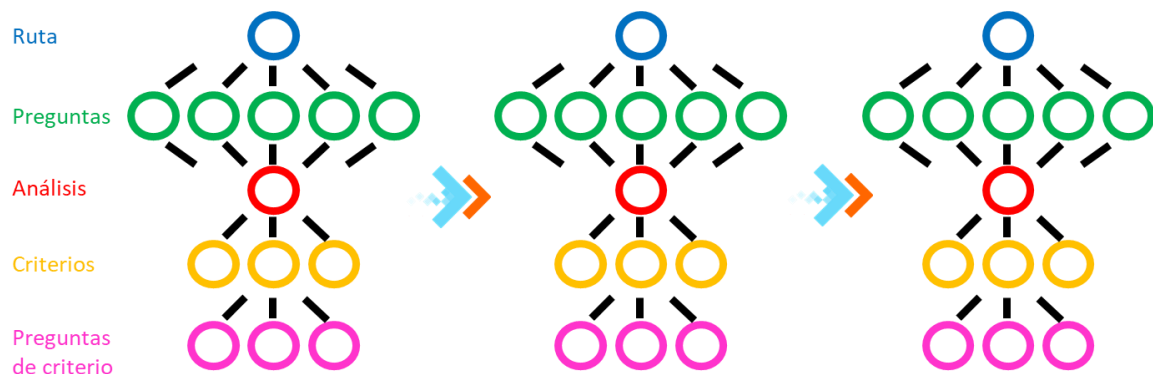


Fig. 12 Recorrido entre rutas

Debido a que un estudiante tiene la posibilidad de moverse por las rutas del caso como éste desee. La cantidad de posibles recorridos que puede hacer un estudiante se especifica por:

$$\sum_{i=1}^{i=R} (J_i * K_i * L_i * M_i)$$

Donde R es la cantidad de rutas, j la cantidad de preguntas, k la cantidad de análisis, l los criterios y m las preguntas correspondientes a cada uno de los criterios. Estas variables se rigen por el intervalo:

- $1 \geq i, j, l, m \geq \infty$
- $k = i$

Después de haber definido el perfil del caso se procedió a estructurar el perfil del estudiante quien tendrá en cuenta las características principales para el uso del sistema.

#### 4.2.2 Perfil del estudiante

Como se muestra en la Fig. 13, el perfil del usuario tiene dos componentes importantes: los datos básicos y el desempeño que tiene el alumno cuando está en la plataforma. Dentro de los datos básicos está el nivel que tiene el alumno, cada alumno comenzará en el primer nivel y luego su nivel se volverá a calcular al finalizar un caso dado el desempeño que haya tenido, el cual se evalúa mediante las preguntas de criterio. Además, para hacer este proceso, un algoritmo de prioridad tomará los casos asignados, los casos aprobados y el nivel del usuario para recomendar el siguiente caso.



Fig. 13 Perfil de usuario

Las expertas comentan que es necesario que todos los estudiantes empiecen desde un nivel inicial debido a que así se demuestra que puede diagnosticar desde los diagnósticos más básicos hasta los más avanzados. Además, por medio de un aumento progresivo se puede identificar en qué nivel el estudiante presenta dificultad para crear un diagnóstico.

#### 4.2.3 Algoritmo de priorización

Dado que un sistema de recomendación cuenta con un repositorio de ítems, casos, es necesario realizar un algoritmo que priorice los casos para cada uno de los usuarios que estén utilizando la aplicación teniendo en cuenta cada una de las características de ellos[36]; dentro de RealTeeth, se tiene un repositorio de casos, alimentado por experiencias reales que los expertos brinden, con diferente dificultad, que serán recomendados a los estudiantes basados en su semestre y su desempeño por caso, la Fig. 14 ilustra esta idea.

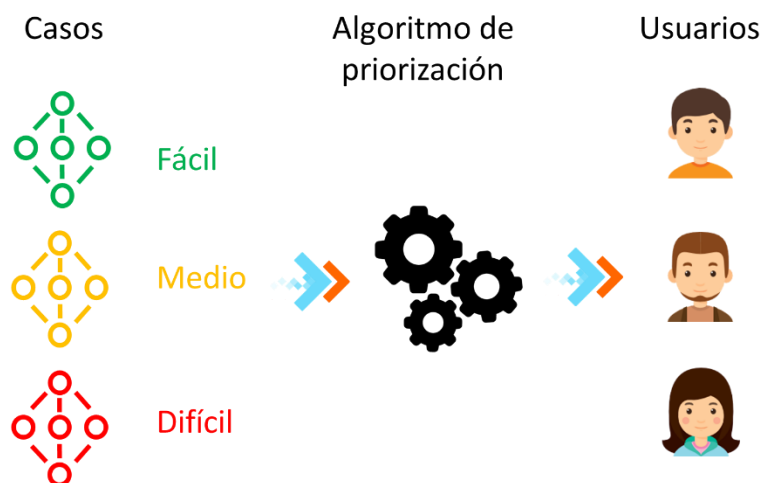


Fig. 14 Ejemplo de recomendación de casos a estudiantes

Para el algoritmo de priorización se tuvo en cuenta los tres diferentes niveles de dificultad que tienen los casos (fácil, medio, difícil). Dado su nivel inicial creado en su perfil de usuario se asignará un caso según el nivel en el cual se encuentre.

Dado el nivel inicial de la persona, el estudiante tendrá que enfrentarse a diversos casos, dentro de estos casos puede subir o bajar de nivel. Como se muestra en la Fig. 15. Según la literatura revisada [37][38], [39] se observó que es necesario mostrar casos dependiendo el desempeño que el estudiante tenga en la aplicación, por ende, las expertas en Educación y Odontología han creado una rúbrica la cual califica el desempeño del estudiante en un caso basado en unos criterios dado por ellas y puntajes máximo que pueden alcanzar por criterio. La suma total de todos los puntajes máximos corresponde a un total de 20 puntos. Dependiendo de los resultados de esta rúbrica, se generan tres reglas para subir, bajar o mantener el nivel en el cual se encuentra el estudiante como se muestra en la Fig. 15



Fig. 15 Algoritmo de priorización

#### 4.2.3.1 Rúbrica

Para realizar una asignación adecuada de casos se decidió realizar una rúbrica basada en la experiencia que tienen los expertos en educación (ver Tabla 3). La rúbrica se compone de aspectos analizados, encerrados en color verde, cada uno de estos hace referencia a las posibles rutas que el estudiante puede desarrollar dentro de un caso. En color amarillo se encuentran los

criterios que se tienen en cuenta para cada aspecto. En color rojo se observa el puntaje máximo que se puede obtener por cada uno de los criterios, así mismo se encuentra un puntaje máximo por aspecto, encerrado en color azul. Finalmente, se encuentra el puntaje total durante toda la rúbrica encerrado en color rosado

ASPECTOS ANALIZADOS	Definición del criterio	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Puntos
<b>SINTOMATOLOGÍA</b>	Identifica si el paciente llega a la consulta sintomático o asintomático. Diferencia si el dolor es de origen pulpar o periodontal. Localiza el origen del dolor pulpar y dolores referidos.	1	1	1	3
<b>HALLAZGOS CLÍNICOS</b>	Identifica alteraciones clínicas dentales, de tejidos de soporte y faciales asociados a patologías pulpares y periapicales.	1	1	1	3
<b>HALLAZGOS RADIOGRÁFICOS</b>	Identifica alteraciones en las estructuras dentales y de los tejidos de soporte asociados a patologías pulpares y periapicales.	1	1	1	3
<b>PRUEBAS CLÍNICAS</b>	Interpreta las reacciones del tejido pulpar y periapical frente a estímulos externos y los relaciona con cambios fisiológicos y patológicos de la pulpa y el periápice.	1	1	1	3
<b>DIAGNÓSTICO</b>	Integra la sintomatología, los hallazgos clínicos y radiográficos, y los resultados de las pruebas clínicas para proponer un diagnóstico.	3	3	2	8
<b>TOTAL</b>					20

Tabla 3 Rúbrica

Dependiendo del resultado que tenga un estudiante en la rúbrica puede subir, mantenerse o bajar de nivel. En el primer caso, un estudiante subirá de nivel si tiene tres casos consecutivos aprobados, donde un caso aprobado es aquel que haya perdido menos de cuatro puntos.

Para subir de nivel, no se permite con un solo caso debido a que con uno solo es posible una combinación de síntomas, con dos se está rectificando que el estudiante puede seguir el proceso en una segunda combinación; finalmente, con tres existen más combinaciones sintomatológicas, donde el estudiante de muestra que es capaz de seguir un proceso semiológico y llegar a un diagnóstico de acuerdo con el nivel en el que se encuentre.

Además, con tres casos seguidos para subir de nivel se pueden evaluar la confiabilidad y validez de los casos. La confiabilidad es dada por las repeticiones exitosas que tenga el estudiante demostrando que se realiza un correcto proceso semiológico dejando de lado el azar. La validez se divide en dos: validez de concepto la cual es dada por los expertos, es decir, que se demuestre que se brindan las herramientas necesarias para llegar a un diagnóstico correcto. Por otro lado, se encuentra la validez de constructo la cual hace referencia a la formulación de la pregunta, es decir, si está bien realizada y cómo se presenta el caso, ésta también es dada por un experto.



Para mantenerse en el mismo nivel el estudiante sólo puede perder 4 puntos. Por otro lado, el estudiante bajará de nivel si pierde más de 4 puntos. Se escoge el número 4 debido a que un estudiante no debería perder 2 aspectos completos; máximo debería perder un aspecto totalmente.

Un estudiante como mínimo podría perder un criterio de una ruta, si el criterio perdido no es fundamental para el diagnóstico, aprobará el caso; de lo contrario, se tendrá una pérdida de puntos en cuanto al diagnóstico

### 4.3 Desarrollo de RealTeeth

Para realizar RealTeeth se tuvieron en cuenta las siguientes actividades:

- Identificar requerimientos
- Diseñar prototipo
- Desarrollar prototipo

Dentro de la identificación de requerimientos se mostrará cuál fue la clasificación que se utilizó. Al diseñar el prototipo fue necesario realizar una descripción funcional del sistema, un modelo de dominio y una arquitectura que plantearon la línea base y la dirección a seguir del proyecto. En el desarrollo del prototipo se encuentra la aplicación y el código. Estas fases se explicarán detalladamente en las siguientes secciones.

#### 4.3.1 Identificar requerimientos

En esta fase se decidió crear una clasificación de requerimientos funcionales y no funcionales como se muestra en la Fig. 16

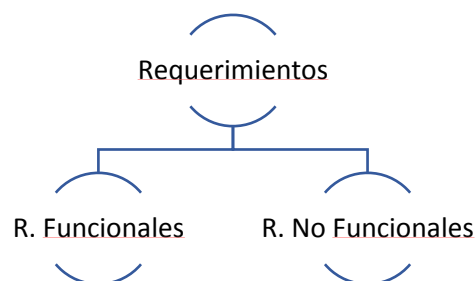


Fig. 16 División de requerimientos

Para el desarrollo de esta sección se decidió realizar un SRS (software requirement specification)[40], el cual es una guía para apoyar el proceso de recolección y definición de requerimientos. Dentro de la Tabla 4 se muestran cuáles fueron los requerimientos que se encontraron dentro del proyecto.

Id	Requerimiento
1	El sistema permitir crear un estudiante
2	El sistema debe calcular el nivel en el cual se encuentra el estudiante
3	El sistema debe recomendar un caso al estudiante
4	El sistema debe dar una realimentación al estudiante cuando un caso ha sido realizado
5	El sistema debe crear caso
6	El sistema debe permitir participar en un convocatoria
7	El sistema debe consultar cursos

<b>8</b>	El sistema debe consultar estudiantes
<b>9</b>	El sistema debe consultar casos aprobados
<b>10</b>	El sistema debe consultar casos fallidos
<b>11</b>	El sistema debe calcular el avance del usuario

*Tabla 4 Requerimientos funcionales*

Por otro lado, como se observó, existen dos categorías dentro de los requerimientos, la Tabla 5 muestra los requerimientos no funcionales que fueron encontrados dentro del proyecto, específicamente en cuanto a usabilidad, soporte, confianza y rendimiento.

<b>Id</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>1</b>	El sistema debe contar con roles para los usuarios
<b>2</b>	El sistema debe presentar los servicios de acuerdo al rol del usuario
<b>3</b>	El sistema debe contar con autenticación
<b>4</b>	El sistema debe estar realizado en php
<b>5</b>	El sistema debe basarse en el modelo MVC (Modelo vista controlador)
<b>6</b>	El sistema debe adaptarse al dispositivo que el usuario esté utilizando

*Tabla 5 Requerimientos no funcionales*

#### 4.3.2 Descripción funcional del sistema

Dentro del desarrollo de RealTeeth existen tres actores principales, estudiante, sistema y administrador, donde el administrador será el profesor. en la Fig. 17 se muestran las acciones que cada uno de los actores puede realizar dentro del sistema RealTeeth. A continuación, se explicará detalladamente cada uno de los actores.

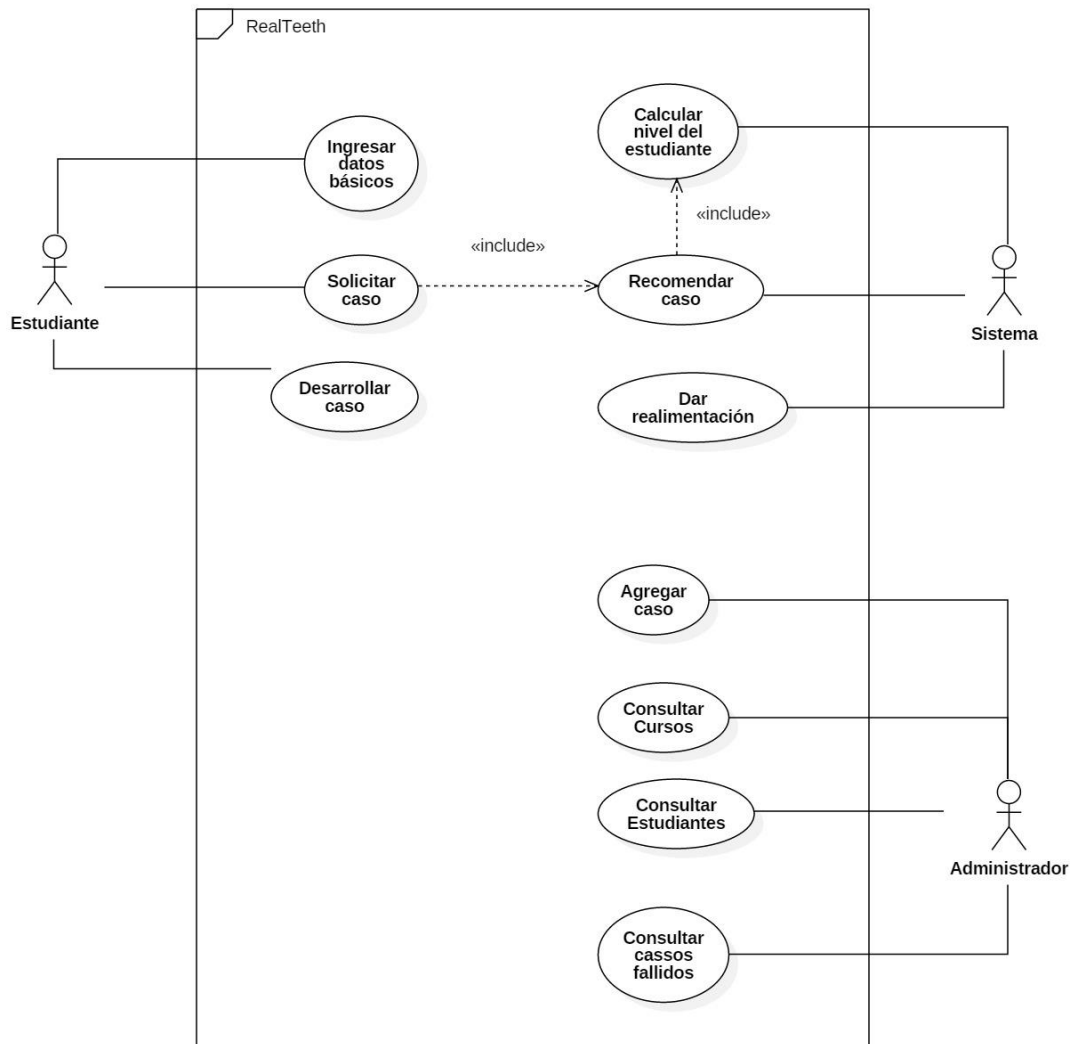


Fig. 17 Diagrama de casos de uso

#### 4.3.2.1 Estudiante

Dentro de RealTeeth el estudiante puede:

- Ingresar datos básicos: diligencia un formulario de registro el cual pregunta los datos necesarios para crear el modelo de personalización
- Solicitar caso: el estudiante pide a RealTeeth un caso para desarrollar y éste será entregado teniendo en cuenta su perfil de usuario
- Desarrollar caso: dado el caso por RealTeeth el estudiante desarrollará dicho caso realizando el proceso semiológico<sup>1</sup> para así llegar a un diagnóstico esperado.

#### 4.3.2.2 Sistema

Dentro de la descripción funcional del sistema se decidió mostrar a este mismo como actor y que realiza acciones importantes que tienen un comportamiento definido, las acciones que realiza el sistema son:

- Recomendar caso: el sistema mostrará un caso al estudiante

<sup>1</sup> Estudio de los signos de las enfermedades[15]

- Calcular nivel del estudiante: cumplida la cantidad límite de casos que un estudiante puede realizar por sesión, se calculará el nivel del estudiante teniendo en cuenta su desempeño, es decir, su nivel será calculado por la dificultad predominante en los casos asignados, definido en la sección 4.2.3.
- Brindar realimentación: al finalizar un caso, se dará un resumen del desempeño del estudiante

#### 4.3.2.3 Administrador

El administrador es el encargado de configurar los casos, cursos y el progreso de los estudiantes dentro de la aplicación, realizando un énfasis en los casos fallidos que ha tenido cada uno de los estudiantes que haya usado la aplicación.

#### 4.3.3 Modelo de dominio

Para el desarrollo de esta fase, se decidió crear un modelo de dominio en el cual no se tenga en cuenta ningún aspecto de adaptación (ver Fig. 14), como se puede observar este sistema mostraría casos a los estudiantes sin importar el nivel de conocimientos que ellos tengan, además, puede que ellos repitan casos que no apoyen su proceso de aprendizaje.

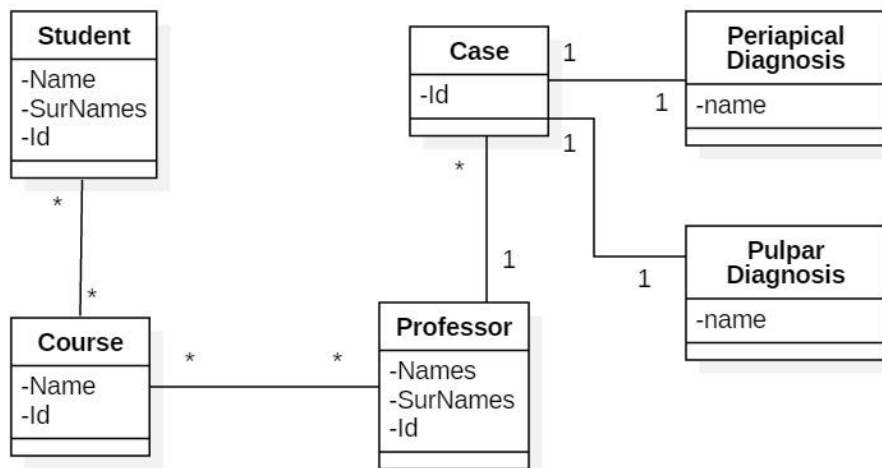


Fig. 18 Modelo de dominio sin personalización

Teniendo en cuenta las falencias que presenta un modelo de dominio sin personalización se propone el diagrama ilustrado en la Fig. 15, donde se puede observar en colores aquellos elementos que enriquecen el sistema.

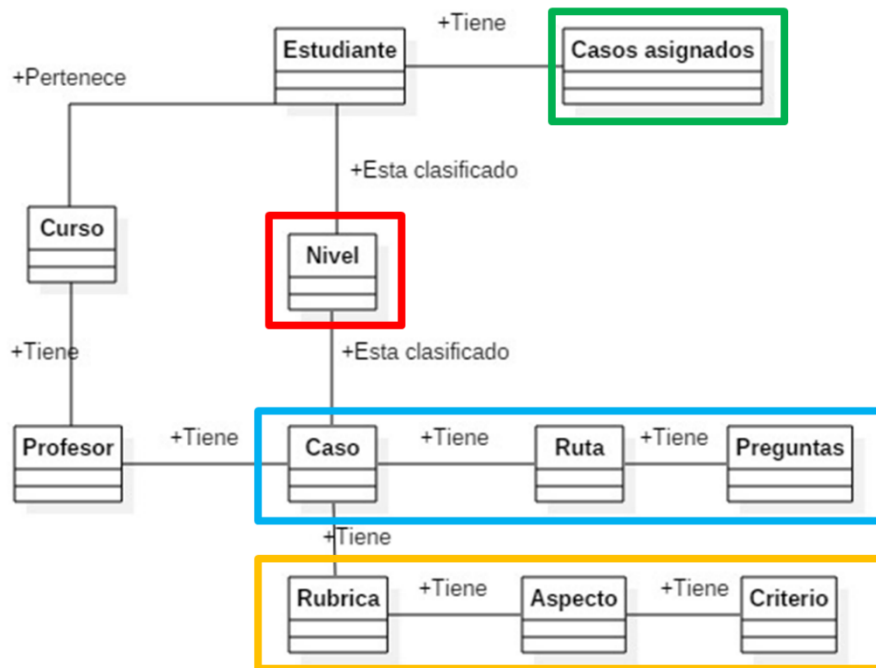


Fig. 19 Modelo de dominio con personalización

Como se muestra, hay cuatro colores diferentes en verde son los casos asignados que se utilizan para validar cuáles son los casos que el usuario ha desarrollado y si aprobó o no. El nivel de estudiante se puede encontrar en el nivel rojo; este es el que va a ser utilizado por el algoritmo de prioridad para hacer una recomendación entre estudiante y casos.

En el recuadro azul se pueden encontrar los aspectos informativos de RealTeeth, es decir, en esta parte el alumno puede obtener toda la información necesaria para dar un diagnóstico, la sección en amarillo es la parte de análisis que un alumno debe hacer, aquí puede encontrar preguntas que pertenecen a un criterio específico, como se mostró en la sección de rúbrica, cuando él responde esas preguntas, se puede dar una realimentación donde dice qué aspectos debe mejorar el alumno.

#### 4.3.4 Herramientas y lenguajes a utilizar

Para el desarrollo de RealTeeth fue necesario utilizar varias tecnologías para cada una de las diferentes categorías ilustradas en la Tabla 3. A continuación, se explicará cada una de estas categorías en detalle.

Categoría	Herramienta / Lenguaje
Frontend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Javascript</li> <li>• Html</li> <li>• CSS3</li> </ul>
Backend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Php 5.6</li> <li>• Symfony 2.7</li> </ul>
Bases de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MySQL</li> </ul>

<b>Servidor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amazon Linux[41]</li> <li>• FTP Fliezilla[42]</li> </ul>
-----------------	---

Tabla 6 Herramientas y tecnologías usadas

En el Frontend de la aplicación se utilizó javascript, html y css3 ya que son las tecnologías que ayudan al diseño, impacto visual y funcional que tiene el usuario al momento de interactuar con el sistema.

Dentro del Backend se decidió utilizar Symfony 2.7 ya que es un framework basado en php que apoya la creación de aplicaciones web, ofreciendo diferentes servicios como manejo de: seguridad, usuarios, entre otros; se utiliza la versión 2.7 ya que es estable y aun esta mantenida por symfony.

Para las bases de datos se utilizó Mysql, una herramienta de manejo de datos gratuita y con alto poder de procesamiento de datos.

Por último, se utiliza un servidor con Amazon Linux ya que tiene una mayor flexibilidad a otras versiones de Linux; además, tiene integración continua con otros servicios de Amazon. Así mismo, se utilizan protocolos FTP para comunicarse con el servidor y se suban archivos.

La Fig. 20 muestra gráficamente las herramientas que se utilizaron durante la creación de RealTeeth, dentro del servidor, que es una instancia EC2 de Amazon Web Services, se encuentran las categorías de frontend y backend, así mismo la base de datos Mysql se encuentra en una instancia del servicio RDS, Relational Database Seervice, de Amazon Web Services. Por ultimo el usuario puede ingresar a RealTeeth utilizando un computador con los navegadores: Chrome, Firefox o Safari

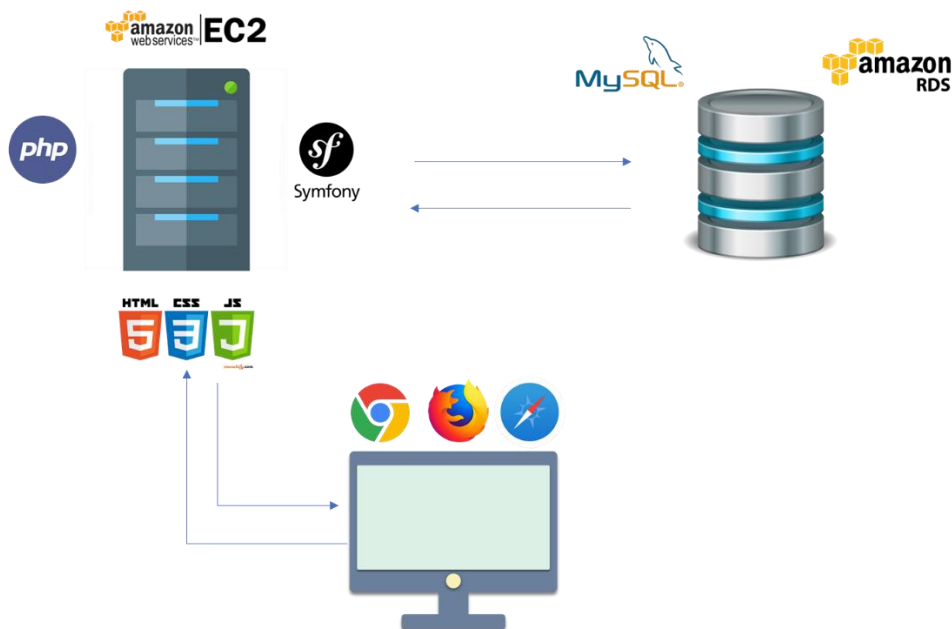


Fig. 20 Herramientas usadas en RealTeeth

#### 4.3.5 Arquitectura

Dentro de RealTeeth se utilizó una arquitectura MVC (modelo vista controlador)[43] como se muestra en la Fig. 21, ya que Symfony, una de las herramientas que se utilizó, trabaja con este

patrón. Dentro de esta arquitectura, el controlador recibe peticiones y éste es el encargado de manipular el modelo y mostrar las vistas necesarias durante el proceso.

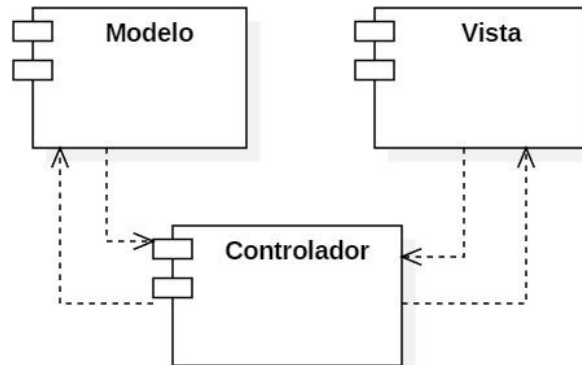


Fig. 21 Modelo vista controlador

A continuación, se mostrará en detalle cada uno de estos componentes.

#### 4.3.5.1 Controlador

En Symfony, los controladores están agrupados en Clases cuyo nombre termina en Controller, es necesario hacer la aclaración ya que los controladores en realidad son los métodos de estas clases las cuales tengan el prefijo “Action”, en la Fig. 22 se muestra cuáles son las clases Controller que se utilizaron en RealTeeth.

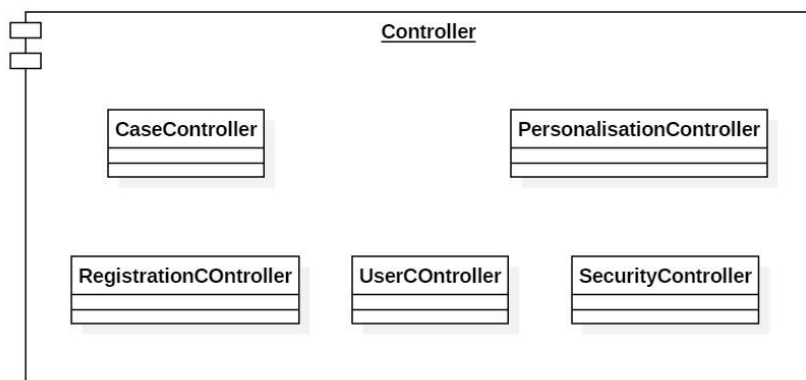


Fig. 22 Clases controller

Dentro de la clase CaseController se tienen tres controladores: showRoadAction, getQuestionAnswerAction y verifyDiagnosisAction. ShowRoadAction muestra todos los posibles caminos que existen para un caso, estos fueron definidos en el perfil de caso. Por otro lado, getQuestionAnswerAction obtiene la respuesta de una pregunta y caso específico. Por último, se encuentra verifyDiagnosisAction el cual verificara si el diagnostico dado por un estudiante es correcto o no. Esta clase y sus controladores se pueden observar en la Fig. 23

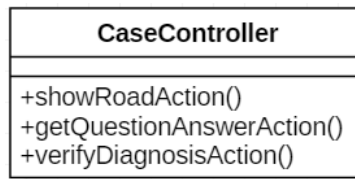


Fig. 23 Clase CaseController

La clase PersonalisationController (ver Fig. 24) tiene dos controladores: assignPatientCaseAction y calculateStudentLevelAction. El primero se encarga de asignar un caso al estudiante que lo esté solicitando. Esto se realiza teniendo en cuenta las características del perfil de usuario que se tenga para ese estudiante en específico. Por otro lado, calculateStudentLevelAction calcula el nivel del estudiante después que este ha realizado el límite de casos permitidos por sesión.

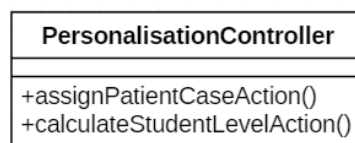


Fig. 24 clase PersonalisationController

Dentro de RealTeeth existe una clase especializada en el registro de usuarios; ésta se denomina RegistrationController (ver Fig. 25 ) la cual extiende de un Bundle que provee Symfony llamado FosUser, el cual ofrece servicios que apoyan la administración de usuarios.

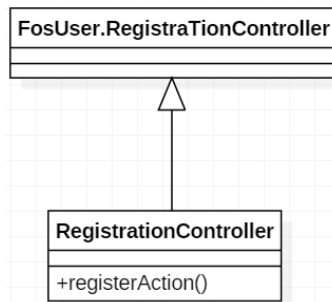


Fig. 25 Clase RegistrationController

Así mismo existe una clase que se encarga de la seguridad del sistema, es decir, revisa el rol del usuario, dependiendo de éste se dirige a la sección correspondiente. La clase es llamada SecurityController (ver Fig. 26) la cual, por medio del método loginAction, hace un direccionamiento correspondiente a los usuarios dependiendo su rol. Como registrationController, esta clase también extiende del budle FosUser.



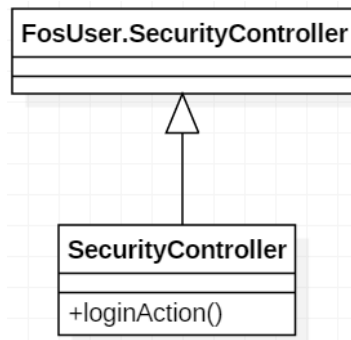


Fig. 26 Clase SecurityController

Por último, se encuentra UserController el cual se encarga de mostrar el home del usuario por medio de su controlador HomeAction, esto puede ser observado en la Fig. 27

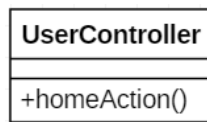


Fig. 27 Clase UserController

#### 4.3.5.2 Vista

Las vistas fueron agrupadas en dos paquetes principales, aquellas que tienen en cuenta los casos y rutas de estos, por otro lado, se agruparon aquellas vistas que tuviesen en cuenta aspectos del usuario como el log in, registro entre otro. Estos dos paquetes pueden ser observados en la Fig. 28.

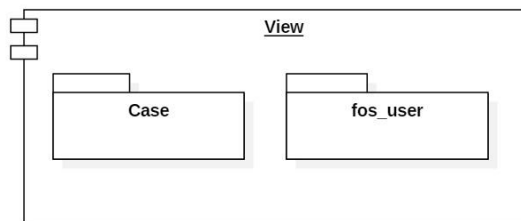
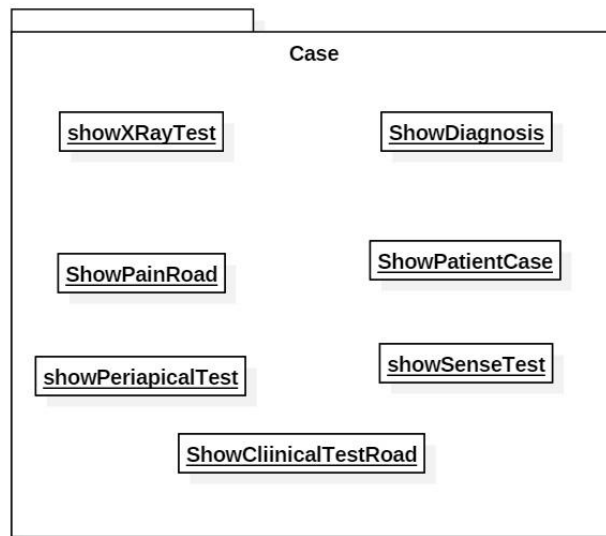
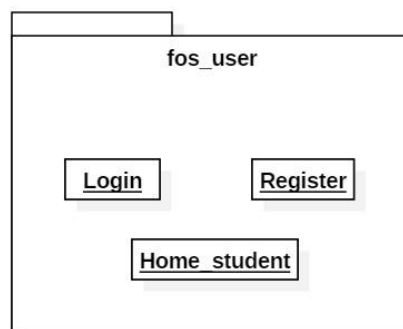


Fig. 28 Componente vista

Dentro del paquete Case se encuentran todas las vistas relacionadas con los casos, es decir, vistas que tengan que ver con el despliegue de un camino específico tales como: showPainRoad, showXRyTest, showPeriapicalTest, showClinicalTestRoad y showSenseTest; por otro lado, también se tienen las vistas que muestran el diagnóstico, showDiagnosis, y el caso específico con su historial de enfermedad.



Dentro del paquete de fos\_user se muestran las vistas que tengan que ver con la administración del usuario, es decir, el ingreso a la plataforma denominado Login, el registro tomado como Register y la página principal que en términos de RealTeeth es la vista Home\_student



#### 4.3.5.3 Modelo

Dentro del modelo se encuentra un paquete el cual tendrá todas las entidades utilizadas en el proyecto, como se puede observar en la Fig. 29

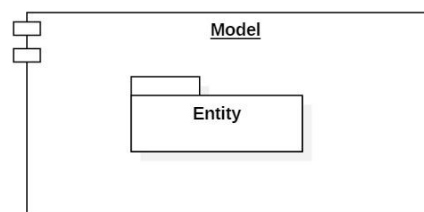


Fig. 29 Componente modelo

Symfony crea un paquete de entidades que se utilizaron en el proyecto, gracias a la implementación de un ORM que es capaz de realizar un mapeo de las entidades de la base de datos a clases php, dando como resultado las clases que se encuentran en la Fig. 30

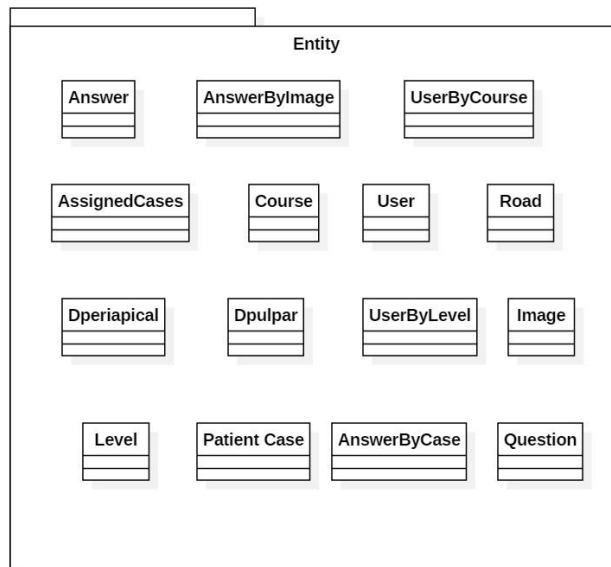


Fig. 30 Paquete de entidades

Estas clases fueron creadas teniendo en cuenta un modelo relacional ya establecido como se puede observar en la Fig. 31, las relaciones que se observan en el modelo relacional se mantienen en el momento de realizar el mapeo a clases php por medio de ORM, estas relaciones no se detallaron en el diagrama anterior para simplificar la visualización de este.

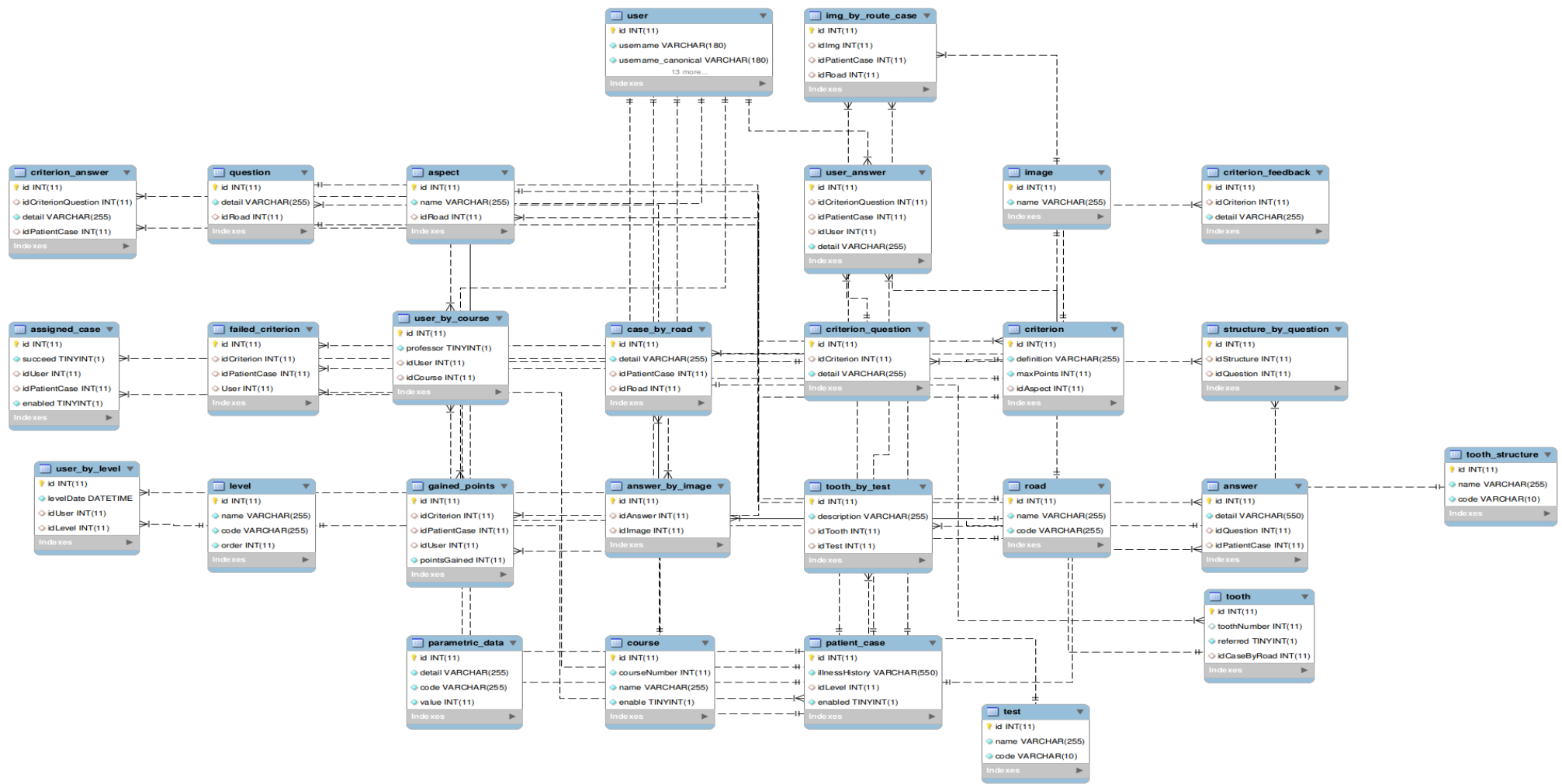


Fig. 31 Modelo entidad relación

## 4.4 Pruebas y Validación

Luego de haber planteado el modelo de adaptación y los diferentes perfiles de usuario necesarios para dar solución a la pregunta, ¿cómo recomendar casos de pacientes de odontología que tengan en cuenta las características de los estudiantes? Se puso a prueba el prototipo del sistema desde tres aspectos: funcional, adaptativo y usabilidad.

### 4.4.1 Pruebas funcionales

El proceso de pruebas fue realizado con el fin de encontrar errores en el prototipo de RealTeeth, definiendo conjuntos de datos de entrada y salida esperadas que fueron contrastadas con los conjuntos de salidas reales.

Las pruebas unitarias fueron definidas por cada método existente dentro del código, ya que una prueba unitaria es utilizada para verificar que una funcionalidad realice la tarea por la cual fue creada. Debido a que RealTeeth está creado sobre Symfony, un framework basado en php, se utilizó phpUnit[44] siguiendo los principios de Clean code [45] y SOLID[46].

Criterio	Descripción
<b>Responsabilidad única</b>	Un objeto solo debe tener una única responsabilidad
<b>Principio de open/close</b>	Las entidades deben estar abiertas para su extensión pero cerradas a su modificación
<b>Principio de sustitución</b>	Los objetos de un programa deberían ser reemplazables por instancias de sus subtipos sin alterar el correcto funcionamiento del programa
<b>Principio de segregación de interfaz</b>	Varias interfaces con propósitos específicos
<b>Principio de inversión de dependencia</b>	Depender de abstracciones y no de implementaciones
<b>Nombres auto explicativos</b>	Los nombres de variables deben ser auto explicativos
<b>Documentación auto explicativa</b>	Los nombres de los métodos deben ser lo suficientemente explícitos para entender que es lo que hacen
<b>Tamaño del método</b>	Un método no debe superar más de 20 líneas de código

Las pruebas unitarias como se mencionó anteriormente se realizan por medio de phpUnit, donde por cada uno de los métodos existentes se realiza una prueba dada una entrada se verifica una salida esperada por medio de los métodos “Assert” provistos por el framework de pruebas

### 4.4.2 Pruebas de usabilidad

Para las pruebas de usabilidad se decide evaluar la efectividad, eficiencia y satisfacción que tienen los usuarios al utilizar RealTeeth, estas tres métricas son las establecidas por el estándar ISO 9241-11[47]. Para cumplir este objetivo se cuenta con el apoyo de un diseñador gráfico especializado en el área de UX, user experience, con más de 5 años de experiencia en este campo. El experto recomienda realizar un “Customer Journey” que explicará el proceso que sigue un estudiante cuando utiliza RealTeeth.

Al realizar el customer Journey de Realteeth se identifican cinco etapas mostradas en la Fig. 32. Para cada una de las etapas se realizan preguntas que ayudarán a identificar el nivel de usabilidad que existe en ésta; las etapas serán mostradas a continuación

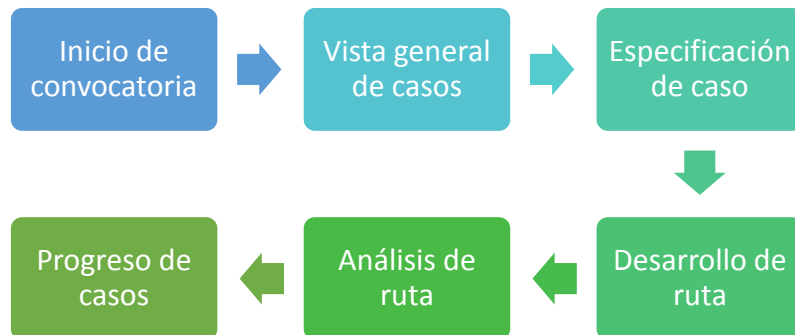


Fig. 32 Customer journey

#### 4.4.2.1 Inicio de convocatoria

En el inicio de la convocatoria el estudiante se encuentra con una historia la cuál le informa el cuál es el objetivo de RealTeeth, allí se muestran dos diferentes cargos a los que deberá aspirar el estudiante (ver Fig. 33). Las preguntas que se crearon para el inicio de la convocatoria

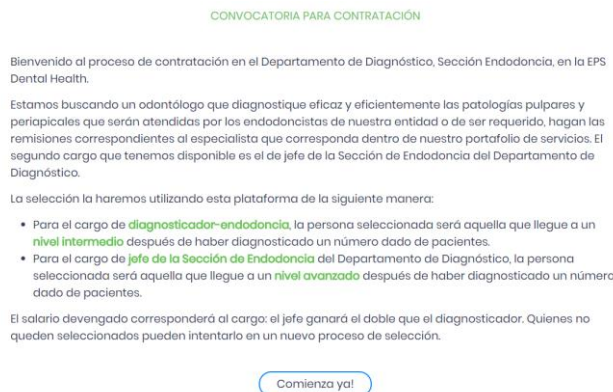


Fig. 33 Inicio de convocatoria

- ¿Fue claro que estabas participando en una convocatoria?
  - Sí, no
- ¿Identificaste los dos cargos ofrecidos, diagnosticador-endodoncia y jefe de la sección de endodoncia, en la convocatoria?
  - Sí, no
- ¿Fue fácil identificar el botón que permitía continuar la navegación?
  - Sí, no

#### 4.4.2.2 Vista general de casos

Cuando el estudiante llega a esta etapa se le muestra la cantidad total de casos que tiene que realizar, los casos aprobados y reprobados junto con las tres dificultades que existen en Realteeth. La vista general de los casos se muestra en la Fig. 34, posteriormente se mostrarán las preguntas de esta etapa

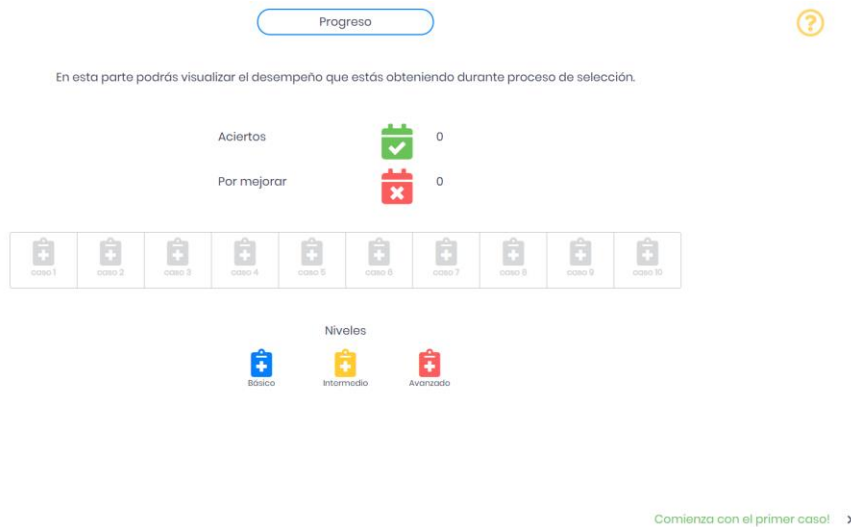


Fig. 34 Vista general de casos

- ¿Pudiste identificar las reglas de juego fácilmente?
  - Sí, no
- ¿Identificaste el número de casos a realizar?
  - Sí, no
- ¿Identificaste los posibles niveles que existen en Realteeth?
  - Sí, no
- ¿El color de los niveles es acorde con la dificultad de estos?
  - Sí, no
- ¿Los colores te ayudan a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?
  - Sí, no
- ¿Los íconos mostrados te ayudaron a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?
  - Sí, no
- ¿Fue fácil identificar el botón que permitía comenzar/continuar la navegación?
  - Sí, no

#### 4.4.2.3 Especificación de caso

Como se puede observar en la Fig. 35 se muestra un motivo de consulta e historia de la enfermedad al lado izquierdo, en el derecho se encuentran las posibles rutas que un estudiante puede tomar para desarrollar el caso, a continuación se mostrarán las preguntas para ésta etapa

Motivo de consulta  
e historia de la enfermedad actual

Motivo de consulta: Paciente de 30 años de sexo masculino sin antecedentes sistémicos y asintomático que asiste a consulta para revisión. Durante la remisión se encuentra pústula en la zona inferior derecha entre el 46 y 47, por lo que se pide consulta con endodancia.



Fig. 35 Especificación de caso

- ¿Identificaste el motivo de consulta?
  - Sí, no
- ¿Identificaste las cinco rutas existentes (Dolor, examen clínico, pruebas clínicas, radiografías, diagnóstico)?
  - Sí, no
- ¿Los colores diferencian los elementos (títulos, botones y secciones) mostrados en la pantalla?
  - Sí, no

#### 4.4.2.4 Desarrollo de ruta

El desarrollo de una ruta se muestra en la Fig. 36 y Fig. 37, donde se puede observar que existen preguntas que brindaran información al estudiante para generar un diagnóstico. posteriormente se mostrarán las preguntas de esta etapa

Análisis de dolor

Qué deseas preguntar:

¿Siento dolor?

¿Algo origina el dolor?

¿Dónde es el dolor?

¿Es constante?

¿Cuál es la intensidad?

Paciente asintomático que refiere que nunca ha presentado sintomatología. Su última visita al odontólogo fue hace cinco años cuando le realizaron cambio de las restauraciones por resina.

[Realizar análisis >](#)

Fig. 36 Desarrollo de ruta del dolor

Examen radiográfico

Por cada una de las opciones elige "Sí" ✔ o "No" ✘ dependiendo la imagen.



Corona Clínica	Sí	No
Fractura coronal	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Obturación coronal	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Obturaciones extensas	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Obturaciones profundas	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Obturaciones cercanas a la pulpa	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Calificación de la cámara pulpar	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Caries coronal profunda	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Caries coronal extensa	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>
Caries coronal cercana a la pulpa	<span style="color: green;">✔</span>	<span style="color: red;">✘</span>

[Realizar análisis >](#)

Fig. 37 Desarrollo de ruta radiográfica



- ¿Fue claro identificar las preguntas?
- ¿La calidad de las radiografías fue buena?
- ¿Fue claro identificar las secciones gracias a las flechas que se encontraban en la pantalla?
- ¿Las respuestas dadas por las preguntas brindan una información útil para construir un diagnóstico?
- ¿Fue fácil identificar botones, imágenes y títulos?
- ¿Fue fácil identificar el botón para continuar la navegación?

#### 4.4.2.5 Análisis de ruta

El análisis de una ruta se muestra en la Fig. 38, allí se muestran preguntas generales y específicas si existe un diente a analizar, el estudiante tiene que responder cada una de estas, dependiendo las respuestas registradas se construye una realimentación que se mostrara al finalizar el caso.

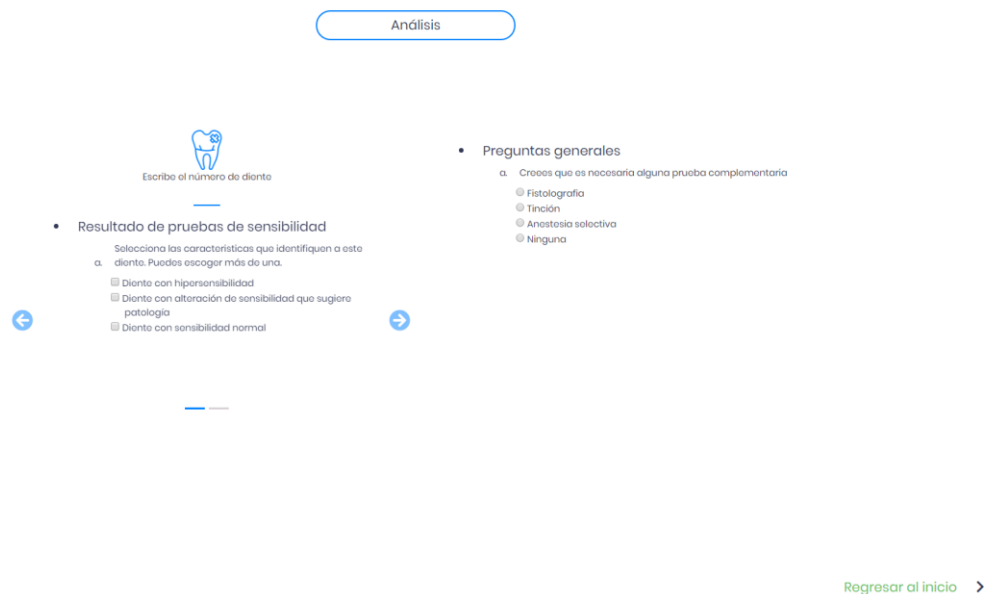


Fig. 38 Análisis de una ruta

Las preguntas que se utilizaron para ésta etapa fueron:

- ¿Es claro el lugar donde se debe poner un número de diente?
- ¿Fue claro identificar las secciones gracias a las flechas que se encontraban en la pantalla?
- ¿Fue claro cuándo seleccionar solo una respuesta?
- ¿Fue claro cuándo seleccionar más de una respuesta?

#### 4.4.2.6 Progreso de casos

El progreso de casos se muestra en la Fig. 39, el cual muestra cuál es el progreso que tienen los estudiantes dentro de RealTeeth, posteriormente se especificarán las preguntas de esta etapa



Fig. 39 Progreso de casos

- ¿Es fácil identificar el número de aciertos que llevas en la convocatoria?
- ¿Es fácil identificar el número de casos por mejorar que llevas en la convocatoria?
- ¿Los colores te ayudan a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?
- ¿Los íconos mostrados te ayudaron a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?
- ¿Es fácil identificar qué caso fue aprobado?
- ¿Es fácil identificar qué caso fue reprobado?

#### 4.4.2.7 Encuesta general

Para finalizar se realizó una encuesta general sobre RealTeeth, la cual hace énfasis en el uso de todo el sistema y el impacto que tuvieron las personas al utilizarlo, para crear esta encuesta se contó con la ayuda del diseñador experto, de encuestas de la NASA[48] y evaluaciones psicométricas, ASQ[49].

- Me gustaría usar Realteeth frecuentemente
- Es fácil la navegación dentro de Realteeth
- La información que presenta cada caso en Realteeth podría concordar con la vida real
- Realteeth tiene una presentación simple y limpia.
- Creo que Realteeth fue fácil de usar
- Creo que necesitaría una persona que me brinde ayuda/soporte para usar Realteeth
- Creo que una persona aprendería a usar Realteeth rápidamente
- Necesito tener conocimientos de base, previos, de endodoncia antes de usar Realteeth
- Comentarios

Se aplicaron estas encuestas a 21 personas, estos eran estudiantes de odontología y profesionales expertos de endodoncia, estos pueden ser observados realizando la prueba de usabilidad en la Fig. 40. Para la primera etapa identificada del customer journey se obtuvieron las siguientes respuestas.

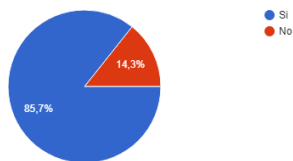


Fig. 40 Estudiantes y expertos realizando la prueba de usabilidad

#### 4.4.2.8 Resultados de la etapa inicio de la convocatoria

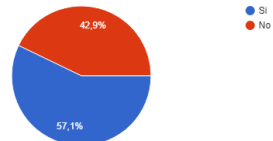
¿Fue claro que estabas participando en una convocatoria?

21 respuestas



¿Identificaste los dos cargos ofrecidos, diagnosticador-endodoncia y jefe de la sección de endodoncia, en la convocatoria?

21 respuestas



¿Fue fácil identificar el botón que permitía continuar a la siguiente pagina?

21 respuestas

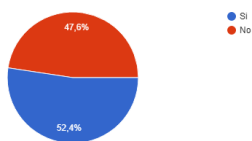


Fig. 41 resultados de la etapa inicio de convocatoria

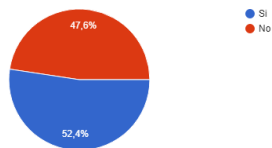
De los resultados obtenido se puede concluir que fu claro que se estaba participando en una convocatoria la cual ofrecía dos cargos diferentes. Sin embargo, un poco mas de la mitad de la población encuestada identifico el botón que permitía continuar a la siguiente página.

Dentro de los comentarios generales que los estudiantes y expertos brindaron de rescato que para esta etapa sería bueno tener más motivación dentro de la historia ya sea mencionando los salarios que cada uno de los cargos tendría.

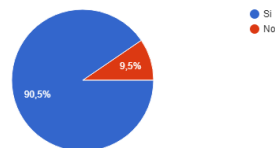
#### 4.4.2.9 Resultados de la etapa vista general de casos

Para la etapa vista general de los casos se obtuvieron las siguientes respuestas

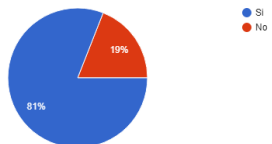
¿Pudiste identificar las reglas de juego fácilmente?  
21 respuestas



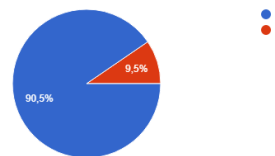
¿Identificaste el número de casos a realizar?  
21 respuestas



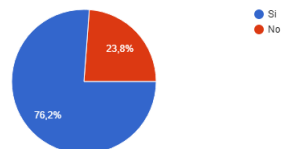
¿Identificaste los posibles niveles que existen en Realteeth?  
21 respuestas



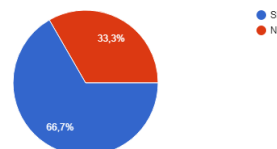
¿El color de los niveles es acorde con la dificultad de estos?  
21 respuestas



¿Los colores te ayudan a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?  
21 respuestas



¿Los íconos mostrados te ayudaron a identificar los elementos (niveles, aciertos, títulos, ayudas) de la pantalla?  
21 respuestas



¿Fue fácil identificar el botón que permitía comenzar/continuar la navegación?  
21 respuestas

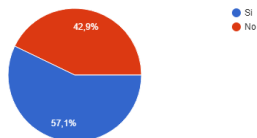


Fig. 42 Resultados etapa vista general de casos

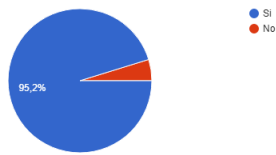
Dentro de esta etapa se puede concluir que las persona tuvieron dificultad identificando el botón que permitía comenzar la navegación, los elementos mostrados en la pantalla y las reglas de juego. Las personas encuestadas opinaron que sería buen mencionar que es necesario ingresar a cada una de las rutas del caso ya que si no se realizan todas estas en orden su posibilidad de obtener una buena calificación en cada caso sería muy baja.

Además, comentaron que les gustaría un cambio de colores en la dificultad de los niveles que fuese como la escala que utilizan los bomberos (amarillo, naranja, rojo). Finalmente, el botón de continuar a otra sección debería ser mas grande ya que no es visible a primera vista.

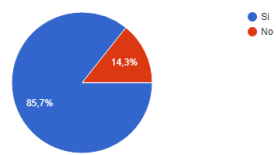
#### 4.4.2.10 Resultados de la etapa especificación de caso

Como se menciona anteriormente, esta etapa tiene tres preguntas, los resultados se muestran en la Fig. 43

¿Identificaste el motivo de consulta?  
21 respuestas



¿Identificaste las cinco rutas existentes (Dolor, examen clínico, pruebas clínicas, radiografías, diagnóstico)?  
21 respuestas



¿Los colores diferencian los elementos (títulos, botones y secciones) mostrados en la pantalla?  
21 respuestas

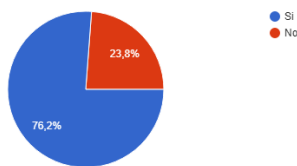


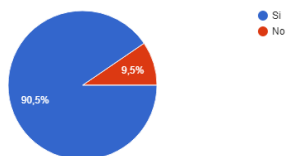
Fig. 43 Resultados de la etapa especificación de caso

Según los resultados obtenidos se puede decir que esta sección no tuvo tantos comentarios solo existió dificultad identificando los elementos mostrados en pantalla. A pesar de esto las personas encuestadas comentaron que sería bueno especificar que es necesario entrar a todas las rutas, una de las ideas que dieron es que se presentara un tutorial o un video introductorio.

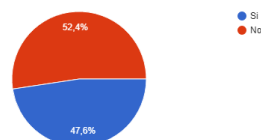
#### 4.4.2.11 Resultados de la etapa desarrollo de ruta

Esta etapa tuvo 6 preguntas, los resultados se muestran en la Fig. 44

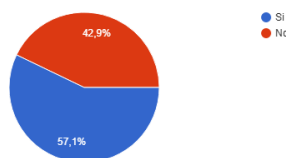
¿La calidad de las radiografías fue buena?  
21 respuestas



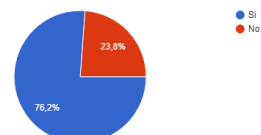
¿Fue claro identificar las secciones gracias a las flechas que se encontraban en la pantalla?  
21 respuestas



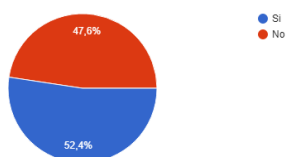
¿Fue claro identificar las preguntas?  
21 respuestas



¿Las respuestas dadas por las preguntas brindan una información útil para construir un diagnóstico?  
21 respuestas



¿Fue fácil identificar botones, imágenes y títulos?  
21 respuestas



¿Fue fácil identificar el botón para continuar la navegación?  
21 respuestas

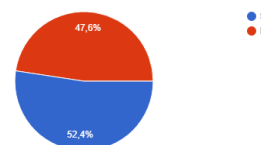


Fig. 44 Resultados de desarrollo de ruta

Un punto crítico que se identificó fueron las flechas que identificaban las secciones, los estudiantes comentaron que estos iconos no se veían muy bien ya que tenían un color claro, algo ideal es que este color sea un poco más fuerte que resalte este icono. Por otro lado, es necesario que se informe que unas preguntas no aportan puntos y otras si ya que cuando se obtenía una respuesta negativa siempre tenían la impresión de que se les estaban restando puntos.

Algo a resaltar dentro de esta sección es que las radiografías se consideraron de buena calidad y la información brindada por las pruebas fue útil para construir un diagnóstico.

#### 4.4.2.12 Respuestas de la etapa análisis

Al analizar las respuestas obtenidas en esta etapa, ver Fig. 45, se pudo observar que existían problemas similares con la identificación de las secciones que tenían los iconos de flecha, también comentaron que el color era muy claro. Algo a resaltar era la falta de alertas que existían en RealTeeth ya que si no se ingresaba el número del diente en algunas secciones te dejaba continuar sin informar que eso restaría puntos al momento de calificar el caso.

Por otro lado, las personas identificaron fácilmente cuando seleccionar una o varias respuestas e identificaron donde poner el número de diente si era necesario.

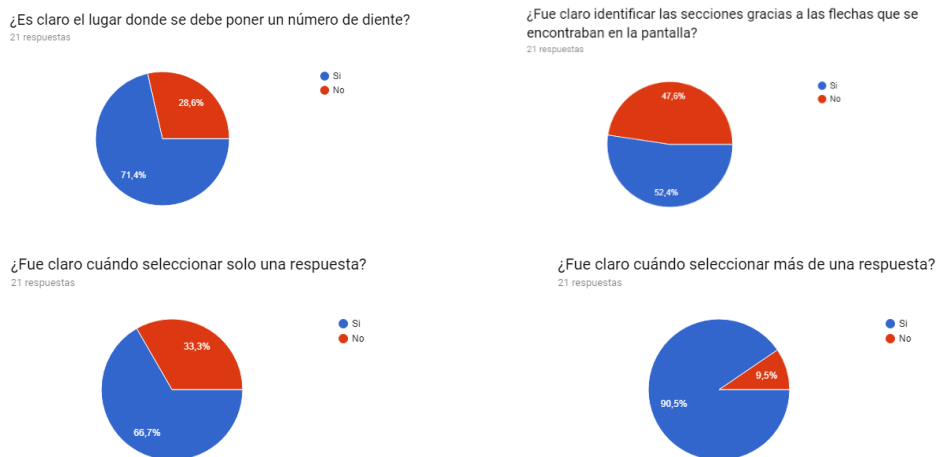


Fig. 45 Resultados de la etapa análisis

#### 4.4.2.13 Resultado de la etapa progreso de casos

De los resultados obtenidos en esta etapa, ver Fig. 46, se puede concluir que la única cosa que las personas no pudieron identificar claro fueron la cantidad por casos a mejorar que llevaban hasta el momento.

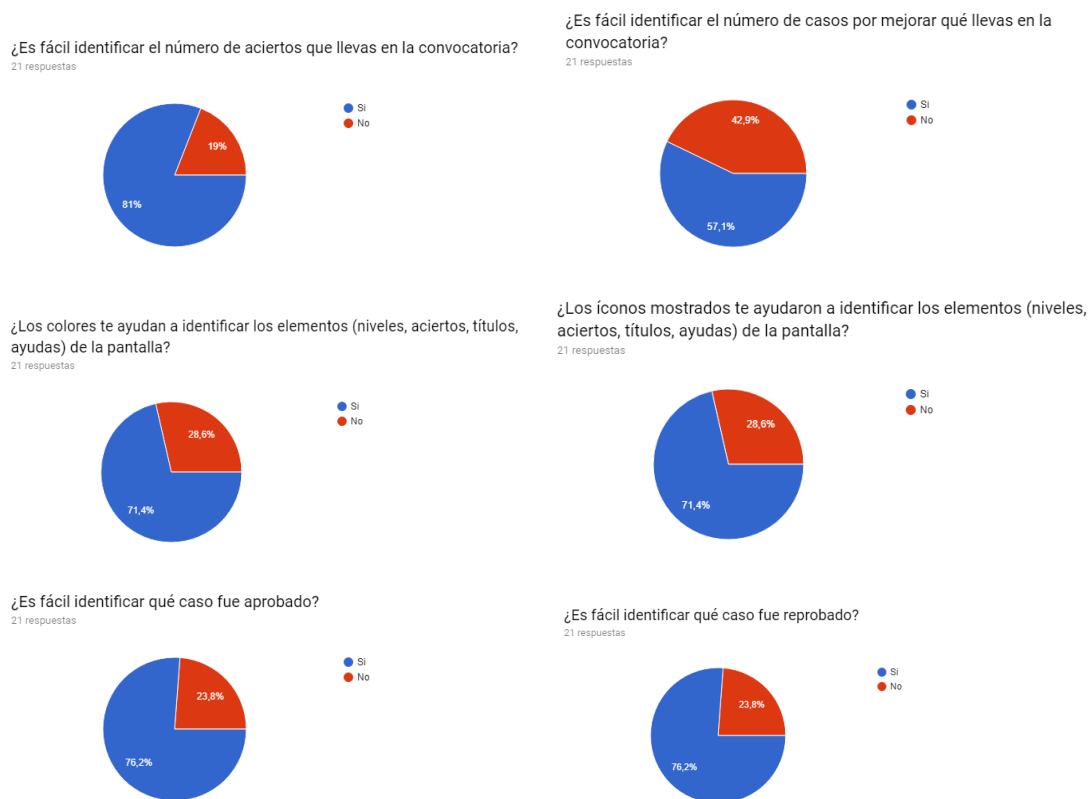


Fig. 46 Resultados de la etapa progreso de casos

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada una de las etapas se puede decir que la etapa en la cual los usuarios de RealTeeth encontraron más dificultad fue en el desarrollo de la ruta ya que no eran claras muchas cosas, se hizo clara la falta de instrucciones que tenía esta sección, esto es una clara oportunidad de mejora que tiene RealTeeth en este momento.

#### 4.4.2.14 Respuestas de encuesta general de RealTeeth

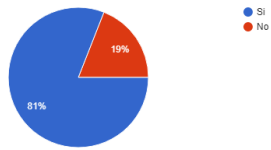
Dentro de los resultados obtenidos en esta encuesta se puede evidenciar que un 52% de las personas creen que es fácil la navegación y un 66% creen que fue difícil la navegación de RealTeeth, cuando se decidió preguntar por qué no les pareció fácil, la razón más común fue que había cosas que no tenían instrucciones como el hecho de no poner un número de diente hacia que se perdieran puntos. Por otro lado, se identificaron oportunidades de mejora las más importantes fueron:

- Crear alertas que informen a la persona que es necesario llenar campos
- Crear un tutorial que muestre como se interactúa con Realteeth
- Mostrar cual pregunta fue incorrecta y cuál era la respuesta correcta.

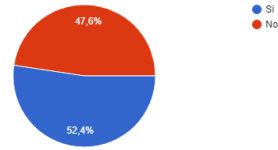
Así mismo, se encontraron resultados donde los estudiantes comentaron que si les interesaría utilizar Realteeth como herramienta de estudio. Además, el 100% de los estudiantes cree que la información presentada en RealTeeth podría concordar con la vida real.

El 66% de los estudiantes sintió que RealTeeth tiene una presentación simple y limpia. También, ellos sienten que una persona aprendería a usar RealTeeth rápidamente.

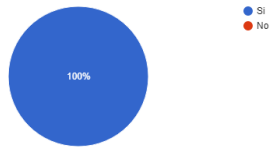
Me gustaría usar Realteeth frecuentemente  
21 respuestas



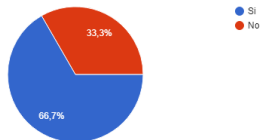
Es fácil la navegación dentro de Realteeth  
21 respuestas



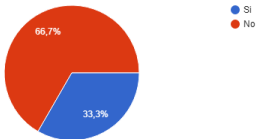
La información que presenta cada caso en Realteeth podría concordar con la vida real  
21 respuestas



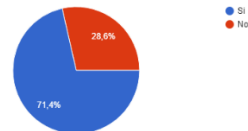
Realteeth tiene una presentación simple y limpia  
21 respuestas



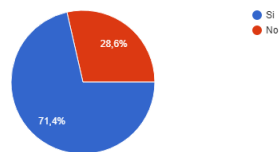
Creo que Realteeth fue fácil de usar  
21 respuestas



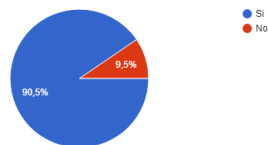
Creo que necesitaría una persona que me brinde ayuda/soporte para usar Realteeth  
21 respuestas



Creo que una persona aprendería a usar Realteeth rápidamente  
21 respuestas



Necesito tener conocimientos base, previos, de endodoncia antes de usar Realteeth  
21 respuestas



Por último, se obtuvieron comentarios positivos frente a RealTeeth, los cuales fueron:

- Es algo que no existe en preclínica, sería interesante que lo utilizaran dentro de la clase para estudiar mejor
- Fue interesante, durante la materia nunca se había hecho algo así
- Se realiza un cierre en la brecha que existe en la teoría y la practica

#### 4.4.3 Pruebas de adaptación

En esta sección, decidimos hacer una prueba que muestra el progreso de cada estudiante, nos gustaría hacer claro que el perfil de usuario, perfil del caso, modelo de dominio y algoritmo de prioridad trabajan juntos para asignar casos a cada estudiante dependiendo del rendimiento que obtuvo en RealTeeth.

El caso de estudio muestra dos estudiantes diferentes que han completado 10 casos, ambos han fallado en 2 casos, pero es necesario saber cuál fue el camino para cada uno de ellos. La primera imagen va a ser sobre el estudiante A y la otra sobre el estudiante B.





*Fig. 47 Estudiante A*



*Fig. 48 Estudiante B*

Incluso cuando obtuvieron la misma cantidad de casos y casos fallidos, no desarrollaron los mismos casos. Como se muestra, el estudiante A obtuvo un camino con 3 casos básicos, 3 casos intermedios, 3 avanzados y finalmente 1 caso intermedio perdido. Por otro lado, el estudiante B nunca alcanzó un nivel de dificultad avanzado. Concluyendo que Realteeth está seleccionando casos basados en el rendimiento que tiene un estudiante cuando lo está usando.

Según el resultado que tenga un alumno en la rúbrica, puede subir, mantenerse o bajar de nivel. En el primer caso, un estudiante aumentará de nivel si tiene tres casos aprobados consecutivos, donde un caso aprobado es aquel que ha perdido menos de cuatro puntos.

Para subir de nivel, no está permitido solo con un caso debido a que solo una combinación de síntomas es posible, con dos se rectifica que el estudiante puede seguir el proceso en la segunda combinación; finalmente, con tres existen más combinaciones, donde el estudiante muestra que

es capaz de seguir un proceso semiológico y concluir un diagnóstico ignorando el nivel de caso del paciente.

Para mantenerse en el mismo nivel, el alumno solo puede perder al menos 4 puntos. Por otro lado, el alumno bajará al nivel si pierde más de 4 puntos. Se elige el número 4 ya que un estudiante no debería perder 2 rutas completas; máximo debe perder una ruta totalmente.

Un estudiante como mínimo podría perder un criterio de ruta, si el criterio perdido no es fundamental para el diagnóstico, aprobará el caso; de lo contrario, se perderán puntos en cuanto al diagnóstico.

## 5 Lecciones aprendidas

Dentro del desarrollo de RealTeeth la comunicación durante el proyecto fue muy importante y que era necesario que dos áreas distintas, Odontología e Ingeniería, entablaran objetivos comunes y llegaran a acuerdos donde los dos pudiesen salir beneficiados, fue difícil, a pesar de esto, las constantes reuniones, reportes y preguntas ayudaron en este proceso.

También podemos decir que para crear este proyecto fue necesario hablar con más áreas distintas a Endodoncia e Ingeniería, para crear RealTeeth se necesitó el criterio de diseñadores, expertos en experiencia de usuario, profesionales en educación, entre otros, sin la interacción de todas estas áreas no se hubiese podido crear el sistema que actualmente se tiene.

Por otro lado, fue evidente la diferencia que existe entre los lenguajes que habla una persona que pertenece a Ingeniería y una persona de Odontología, fue necesario que los desarrolladores entraran al mundo de endodoncia y las expertas conocieran temas de bases de datos y código para que entendieran que es lo que se está haciendo para que se cumplan los objetivos que ellas habían planteado.

A pesar de que se hizo un trabajo con diseñadores, expertos en educación y endodoncia, aun a faltan aspectos que permitan a los estudiantes interactuar, de una mejor manera, con RealTeeth. No obstante, esta es la base que abre las puertas a un gran campo de trabajo interdisciplinar, mostrando varias oportunidades en las cuales seguir trabajando.

Para crear RealTeeth no solo fue necesario tener habilidades de programación en php, fue necesario aprender tecnologías frontend, es decir, html, CSS, Twig, entre otros. Además de habilidades de programación, las habilidades de comunicación fueron parte fundamental para este proyecto. En conclusión, todo proyecto tiene una parte de habilidades duras, como programación, y habilidades blandas como la comunicación y el saber expresar las ideas de una manera que sea clara para la otra parte.

## 6 Conclusiones

Gracias a RealTeeth hemos demostrado que se puede crear un trabajo interdisciplinar entre Ingeniería y Odontología, específicamente en la rama de Endodoncia, donde se tenga en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes para disminuir la brecha que existe entre la teoría y la práctica de los estudiantes de preclínica.

Gracias a la personalización pudimos recomendar casos a cada uno de los estudiantes dependiendo las características que tenían en un perfil de estudiante anteriormente definido,

logrando resultados donde los estudiantes se sentían interesados, retados y motivados a realizar el uso de una aplicación que apoye su aprendizaje.

Además, descubrimos que, dentro de la Pontificia Universidad Javeriana, en la materia de preclínica no existe una herramienta como esta que promueva y apoye el proceso de aprendizaje que tiene que realizar cada uno de los estudiantes. Algunos de los estudiantes comentaron que les interesaría que este proyecto fuese aplicado en esta materia ya que es muy importante y tiene un gran impacto en sus carreras profesionales ya que esta materia muestra las bases que deben tener para realizar un diagnóstico adecuado

Por medio de Realteeth ellos pueden tener casos reales donde pueden realizar un proceso semiológico en el cual obtienen información de pacientes, cerrando una brecha que existe entre lo teórico y lo práctico

Dentro de Realteeth, se identificó una estructura que permitiera estandarizar un caso clínico de Endodoncia, además por medio de un análisis de trabajos relacionados se pudo identificar las falencias que existen o tienen algunos de los proyectos que se utilizan en diversas áreas, para así utilizarlas como las nuevas fortalezas de RealTeeth.

Por otro lado, Realteeth está enfocada a las dimensiones predominantes en los estudiantes de odontología, además, se definió un algoritmo que pudiese recomendar casos a estudiantes de Odontología teniendo en cuenta el desempeño que tienen al usar RealTeeth.

Finalmente, es necesario aclarar que en un principio se tuvo muchas ideas de personalización sin embargo las beneficiarias del proyecto quería que este tuviese un enfoque más educativo en el cual se pudiese realizar un análisis en el proceso de aprendizaje que cada estudiante tenía dentro de RealTeeth, por ende no se podían saltar rutas o partes del proceso que aun así ellos debían tener conocimiento previo, este sistema identifica debilidades y fortalezas para cualquier estudiante en cualquier etapa de aprendizaje que este lleve.

## 7 Trabajo futuro

RealTeeth marca la base para una amplia área de investigación, ya que este proyecto muestra que si es importante seguir realizando investigaciones en este campo y que ha tenido un impacto positivo en cada uno de los estudiantes que decidió usar el sistema.

Uno de los aspectos en los que se propone trabajar es en el mejoramiento de la usabilidad, ya que la usabilidad es un trabajo iterativo que siempre tiene aspectos por mejorar, se propone realizar mejoras teniendo en cuenta la encuesta de usabilidad utilizada en este proyecto, así las personas que utilicen el sistema tendrán una curva de aprendizaje menor a los primeros usuarios.

Debido a que en la actualidad los dispositivos móviles tienen un gran impacto es necesario que RealTeeth no solo se quede como una aplicación web, se propone crear una aplicación móvil para Android y IOS, la cual consuma los servicios que ofrece actualmente RealTeeth para que los estudiantes puedan ingresar y apoyar su proceso de aprendizaje desde el dispositivo que deseen

Actualmente, RealTeeth está basado en una arquitectura MVC se propone pasar a una arquitectura de microservicios, ya que así se mejoraría la comunicación con sistemas externos

que necesiten servicios de RealTeeth, por otro lado, si llega a fallar algo, solo se verá afectado el microservicio que haya fallado y no toda la aplicación.

Como trabajo futuro se propone realizar una prueba de RealTeeth con estudiantes de la asignatura de clínica que no hayan tenido ninguna experiencia con el sistema, así se podrán comparar los resultados con una población que haya utilizado RealTeeth

- [1] L. Gómez, *MANUAL DE ESTILOS DE APRENDIZAJE MATERIAL AUTOINSTRUCCIONAL PARA DOCENTES Y ORIENTADORES EDUCATIVOS*. 2004.
- [2] E. Sanchez and J. Hooker, "Sistema de Recomendación de Actividades para Profesores basado en factores motivacionales de los estudiantes," 2015.
- [3] Y. Naudet and I. Lykourantzou, "Personalisation in Crowd Systems," in *2014 9th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization*, 2014, pp. 32–37.
- [4] S. Gallacher *et al.*, "Personalisation in a System Combining Pervasiveness and Social Networking," in *2011 Proceedings of 20th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, 2011, pp. 1–6.
- [5] L. Castilla and C. Trujillo, "Endodoncia Alternativa de tratamiento para un diente joven: reporte de caso clínico," 2014.
- [6] D. Carolina, C. Trujillo, J. Carlos, and S. Ospina, "CONTAMINACIÓN ENDODÓNTICA: FORMACIÓN Y PERSISTENCIA DE LESIONES PERIRRADICULARES DERIVADOS DE PROCESOS RESTAURATIVOS. (CONTAMINACIÓN VÍA CORONAL)," 2013.
- [7] P. Biljanović and E. and M.-M. Croatian Society for Information and Communication Technology, *MIPRO 2012 : Proceedings, 35th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, May 21-25, 2012, Opatija, Croatia*. Croatian Society for Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, 2012.
- [8] K. M. Devi, M. Krishna, and V. Muralidharan, "Empowering IT education in rural India," in *2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 2013, pp. 1–4.
- [9] C. Guevara and J. Aguilar, "Model of adaptive learning objects for virtual environments," in *2016 XLII Latin American Computing Conference (CLEI)*, 2016, pp. 1–10.
- [10] V. H. Medina Garcia, R. R. Guerrero, and J. N. P. Castillo, "Knowledge transfer model to optimize the use of virtual learning objects in learning systems," in *2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, 2014, pp. 63–68.
- [11] R. Felder and L. Silverman, "LEARNING AND TEACHING STYLES IN ENGINEERING EDUCATION," 1988.
- [12] H. Ned, *The creative brain*. Búfalo: Brain books, 1989.
- [13] L. Gomez N and A. Aduna L, "Manual de estilos de aprendizaje," *Mater. Autoinstruccional para docentes y orientadores Educ.*, 2004.

- [14] M. Universitario, "LA TEORÍA DE LAS INTELIGENCIAS MÚLTIPLES EN LA ENSEÑANZA DE ESPAÑOL," no. 2010, pp. 1–66, 2013.
- [15] RAE, "DLE: semiología - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario," 2017. [Online]. Available: <http://dle.rae.es/?id=XXy9QSK>. [Accessed: 14-Nov-2017].
- [16] D. Rodriguez-Andres, M.-C. Juan, R. Molla, and M. Mendez-Lopez, "A 3D Serious Game for Dental Learning in Higher Education," in *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2017, pp. 111–115.
- [17] D. B. Arnold, A. M. Day, M. R. Goetz, A. Courtenay, and H. I. Graham, "Virtual teeth for endodontics training and practice," in *2000 IEEE Conference on Information Visualization. An International Conference on Computer Visualization and Graphics*, pp. 597–604.
- [18] W. Jiang, T. Min, W. Guofeng, Z. Shaofeng, and C. Jihua, "Application of Web Based Course on Case Based Learning in Prosthodontics Teaching," in *2015 7th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2015, pp. 390–393.
- [19] Y.-Y. Jiang and W.-T. Hu, "The Study of Practical Teaching of Oral Health Education Named 'Going-Out'," in *2015 7th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2015, pp. 701–704.
- [20] L. Pereira, J. Ranali, R. Takase, and M. Rocco, "Dental Simulator," 2016. [Online]. Available: <http://www.dentalsimulatorapp.com/>. [Accessed: 05-Dec-2016].
- [21] Planmeca, "Planmeca mRomexis movil," 2014. [Online]. Available: <http://www.planmeca.com/es/software/movil/>. [Accessed: 05-Dec-2016].
- [22] L. Zhang, J. Fan, M. Tian, G. Wu, S. Zhang, and J. Chen, "Use of Tooth Guide Trainer on Dental Students' Training of Shade Matching," in *2015 7th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2015, pp. 718–722.
- [23] Cheng-Yi Yang, Yu-Sheng Lo, and Chien-Tsai Liu, "Developing an interactive dental casting educational game," in *2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology*, 2010, pp. 437–440.
- [24] M. Javaid, S. Ashrafi, M. Zefran, and A. D. Steinberg, "ToothPIC: An Interactive Application for Teaching Oral Anatomy," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 184–189, Apr. 2016.
- [25] OdontoSmarth, "Odontosmart | App para estudiantes de odontología," 2016. [Online]. Available: <http://odontosmartapp.com/>.
- [26] I. M. Amin, W. A. R. Wan Mohd Isa, A. F. Sidek, H. Ibrahim, and Z. A. Zulkipli, "Investigating motivational dimensions for e-learning: A case study of dental students," in *2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium (BEIAC)*, 2013, pp. 214–218.
- [27] T. N. Bogoni, G. de O. Feijo, R. K. Scarparo, and M. S. Pinho, "Endodontic Simulator for Training the Access to the Pulp Chamber and Root Canal Preparation Tasks," in *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2016, pp. 523–525.
- [28] L. ISO-FORM, "BoneBox™ - Dental Lite - Aplicaciones de Android en Google Play," 2014. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iSOFORM.DentalLite>. [Accessed: 05-Dec-2016].

05-Dec-2016].

- [29] M. Kolesnikov, M. Zefran, A. D. Steinberg, and P. G. Bashook, "PerioSim: Haptic virtual reality simulator for sensorimotor skill acquisition in dentistry," in *2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2009, pp. 689–694.
- [30] L. Yang, D. Liu, H. Li, Q. Si, and B. Liu, "Effect of the Preclinical Small-Class Mode of Oral Medicine Teaching," in *2016 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2016, pp. 144–146.
- [31] D. Wang *et al.*, "iDental: A Haptic-Based Dental Simulator and Its Preliminary User Evaluation," *IEEE Trans. Haptics*, vol. 5, no. 4, pp. 332–343, 2012.
- [32] Fungameco, "Real Tooth Morphology Free - Aplicaciones de Android en Google Play," 2014. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fungameco.teethfree2>. [Accessed: 05-Dec-2016].
- [33] "ASHYI - Planificador dinámico de actividades." [Online]. Available: <http://ashiy.javeriana.edu.co/proyecto/index.html>. [Accessed: 25-Mar-2015].
- [34] C. Boesch and S. Boesch, "Creating adaptive quests to support personalized learning experiences when learning software languages," in *2013 IEEE 63rd Annual Conference International Council for Education Media (ICEM)*, 2013, pp. 1–7.
- [35] C. Mejia, S. Gomez, L. Mancera, and S. Taveneau, "Inclusive Learner Model for Adaptive Recommendations in Virtual Education," in *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2017, pp. 79–80.
- [36] Q. Luo, "Teaching resources recommendation system based on personality design," *Proc. Sixth Int. Conf. Mach. Learn. Cybern. ICMLC 2007*, vol. 7, no. August, pp. 4154–4158, 2007.
- [37] V. Naik and V. Kamat, "Adaptive and Gamified Learning Environment (AGLE)," in *2015 IEEE Seventh International Conference on Technology for Education (T4E)*, 2015, pp. 7–14.
- [38] Wen-Ting Chen, Jung-Chuan Yen, and Man-Kwan Shan, "Integration of transfer of learning to the adaptive learning environment," in *Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, 2005, pp. 498–500.
- [39] R. R. Ibatullin and E. S. Anisimova, "Construction of individual educational trajectory of students based on e-learning," in *2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, 2016, pp. 1–4.
- [40] IEEE, "830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications," p. 40, 1998.
- [41] Amazon, "Capa gratuita de AWS," 2017. [Online]. Available: [https://aws.amazon.com/es/free/?sc\\_channel=PS&sc\\_campaign=acquisition\\_CO&sc\\_publisher=google&sc\\_medium=english\\_cloud\\_computing\\_hv\\_b&sc\\_content=aws\\_core\\_e&sc\\_detail=aws&sc\\_category=cloud\\_computing&sc\\_segment=188871827997&sc\\_matctype=e&sc\\_country=CO&sc\\_kwci](https://aws.amazon.com/es/free/?sc_channel=PS&sc_campaign=acquisition_CO&sc_publisher=google&sc_medium=english_cloud_computing_hv_b&sc_content=aws_core_e&sc_detail=aws&sc_category=cloud_computing&sc_segment=188871827997&sc_matctype=e&sc_country=CO&sc_kwci). [Accessed: 15-Nov-2017].
- [42] FileZilla, "FileZilla - The free FTP solution," 2017. [Online]. Available: <https://filezilla-project.org/>. [Accessed: 15-Nov-2017].

- [43] M. Li, H. Ogata, B. Hou, N. Uosaki, and Y. Yano, "Personalization in context-aware ubiquitous learning-log system," *Proc. 2012 17th IEEE Int. Conf. Wireless, Mob. Ubiquitous Technol. Educ. WMUTE 2012*, pp. 41–48, 2012.
- [44] PHPUnit, "PHPUnit," 2018. [Online]. Available: <https://phpunit.de/>. [Accessed: 15-May-2018].
- [45] R. C. Martin, *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Pearson Education, 2008.
- [46] G. K. Arora, *Solid Principles Succinctly*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.
- [47] "Usability Metrics - A Guide To Quantify The Usability Of Any System - Usability Geek," 2018. [Online]. Available: <https://usabilitygeek.com/usability-metrics-a-guide-to-quantify-system-usability/>. [Accessed: 14-May-2018].
- [48] NASA, "NASA Task Load Index," 2018.
- [49] J. R. Lewis, "PSYCHOMETRIC EVALUATION OF AN AFTER-SCENARIO QUESTIONNAIRE FOR COMPUTER USABILITY STUDIES : THE ASQ," 1991.