

Juegos serios para enseñar procedimientos en medicina: caso tubo de tórax

Nicolás Mendoza Ruiz

Departamento de ingeniería de sistemas - Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia

20/11/2011

CONTENIDO

Resumen	4
Agradecimientos.....	4
1 Introducción	4
2 Trabajo previo	5
3 Gameplay.....	11
3.1 Definiciones.....	11
3.1.1 Tarea.....	11
3.1.2 Tarea interactiva.....	12
3.1.3 Secuencia obligada.....	13
3.1.4 Falta no grave	14
3.1.5 Secuencias fijas	15
3.1.6 Secuencias requisito.....	16
3.2 Briefing.....	16
3.3 Ordenamiento de tareas.....	17
3.4 Reproducción de tareas.....	19
4 Algoritmo de relleno de tareas	21
4.1 Buscar secuencias obligadas.....	22
4.2 Reconstrucción de secuencias.....	22
4.3 Separación de tareas.....	22
4.4 Verificación de buen orden.....	23
4.5 Relleno aleatorio de tareas.....	23
5 Niveles	24
5.1 Nivel preliminar	25
5.1.1 Briefing	25
5.1.2 Tareas.....	25
5.1.3 Reglas	27
5.2 Nivel de prueba	27
5.2.1 Briefing	27
5.2.2 Tareas.....	28
5.2.3 Reglas	31

5.3 Nivel de prueba completo	32
6 Resultados	32
6.1 Prueba 1	32
6.2 Prueba 2	34
7 Conclusiones y trabajo futuro	36
Referencias.....	37

RESUMEN

En la actualidad, los estudiantes de medicina cada vez cuentan con menos oportunidades de practicar los procedimientos médicos que son enseñados en las aulas de clase. Diferentes razones contribuyen a este problema como exposición reducida a pacientes reales por razones de responsabilidad médica. A pesar de la existencia de diferentes simuladores físicos como maniquís, el acceso a estos también puede verse reducido por cuestiones de disposición física (usualmente se encuentran en instalaciones especiales con acceso controlado), alta demanda de uso, reparaciones entre otros. En algunos países, existen procedimientos médicos que deben poder ser ejecutados por médicos recién graduados, como lo es el caso de la inserción de tubo de tórax.

El problema anterior expone a los pacientes ante la posibilidad de ejecutar mal algún procedimiento médico medianamente sencillo simplemente por no poner atención a los detalles que sólo se adquieren con la práctica. Este tipo de detalles pueden ir desde el orden de ejecución de los pasos, hasta detalles como la longitud esperada de una herida.

Para disminuir los riesgos del problema anterior, se propone la implementación de juegos serios para enseñar procedimientos médicos de forma que los estudiantes y médicos recién graduados, puedan aprender o reforzar los pasos y detalles que involucran la ejecución de dichos procedimientos. Se toma de referencia la inserción de tubo de tórax como procedimiento a implementar, ya que dicho procedimiento se debe realizar con frecuencia en algunas clínicas y cualquier médico lo debería poder realizar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al profesor Pablo Figueroa por la guía y el apoyo que me brindó durante el desarrollo de este trabajo, respondiendo a todas las inquietudes que surgieron en el camino y brindando un apoyo durante el proceso de desarrollo. Le agradezco mucho al profesor Juan David Hernández, quien contribuyó con una significativa cantidad de contactos y recursos y sin su ayuda el proyecto nunca hubiera nacido ni se hubiera podido llevar a cabo. También agradezco a David Delgadillo, que aportó bastante conocimiento sobre el procedimiento de inserción de tubo de tórax y me ayudó a levantar información valiosa.

1 INTRODUCCIÓN

Aunque pueden existir varias definiciones, en general un juego serio es un juego cuyo propósito no es puramente el de entretener. Su propósito puede ser convencer a la gente de que haga algo, enseñar, dar promoción a una idea, etc. Sin embargo la mayoría de juegos serios se enfocan en enseñar.

Como se explicó anteriormente, los estudiantes de medicina en la actualidad no cuentan con suficientes oportunidades para practicar los procedimientos que son aprendidos en la universidad. Varios de estos procedimientos son requeridos en situaciones que se presentan en hospitales en donde estos estudiantes realizan sus internados, prácticas y demás. Más aún, médicos recién graduados deberían poder realizar ciertos procedimientos.

La inserción de tubo de tórax es uno de esos procedimientos en el que todo médico debería estar en capacidad de realizar exitosamente. Su propósito es evacuar fluido de la cavidad pleural de un paciente. La cavidad pleural es un espacio del cuerpo humano que se encuentra cubierto por la pleura, la cual es una membrana que recubre los pulmones. En palabras más simples, esta cavidad es un espacio que se encuentra entre los pulmones y las costillas. Si se encuentra fluido en esta cavidad, los pulmones no se podrán expandir correctamente y el paciente puede ponerse en riesgo.

El procedimiento consiste en meter un tubo esterilizado en el espacio pleural para que comience a evacuar fluido. El tubo contiene agujeros que facilitan la extracción de fluido. El tubo debe entrar a la persona por el lado del tubo que contiene huecos de forma que la evacuación del fluido sea efectiva. El tubo es conectado a un sistema de drenado que ayuda a evacuar el fluido, ya sea aire o líquido.

El propósito del juego mostrado en este documento es enseñar y/o reforzar los conocimientos que se deben tener para realizar exitosamente una inserción de un tubo de tórax. El gameplay propuesto es suficientemente genérico como para replicar el juego y extrapolarlo a diferentes procedimientos médicos. De hecho el gameplay presentado podría ser usado para enseñar cualquier tipo de proceso que se pueda descomponer en pequeñas tareas.

2 TRABAJO PREVIO

Dada la necesidad de entrenar de una forma eficaz a la gente, una buena cantidad de trabajo se ha hecho alrededor de juegos serios y simuladores. Hoy en día podemos encontrar simuladores para hacer neurocirugía con interfaces que emulan implementos utilizados en cirugía laparoscópica, en donde el usuario puede interactuar con herramientas que se asemejan bastante a lo que se encontrarían en la realidad. Sin embargo, este tipo de simuladores requieren de maquinaria y hardware especializado, lo cual hace difícil llevar la experiencia a otros lados. Este tipo de simuladores ayudan al médico a entrenarse, pero no enseñan un procedimiento como tal. El médico debe saber con anterioridad lo que debe hacer.

Por otro lado, se han hecho juegos serios en medicina con un énfasis especial en la enseñanza de procedimientos como tal. Un ejemplo de esto es un juego realizado en la Universidad de Ontario Instituto tecnológico. En el juego toman la artroplastia total de rodilla, como procedimiento a enseñar. El juego usa controles de un juego de disparos en primera persona para navegar un mundo virtual, que en este caso es un quirófano [1]. Un juego con este tipo de esquema de control, usa el mouse para rotar la cámara (apuntar) y las flechas del teclado (o las teclas WASD) para moverse de posición. El juego muestra la mano del cirujano como cursor. Cuando el jugador apunta hacia algún

lado, el dedo pulgar e índice de la mano apuntan hacia algún objeto para interactuar. Si el objeto aparece con brillo alrededor cuando se le está apuntando, significa que se puede realizar una acción con él. El jugador debe interactuar con los diferentes objetos de la escena (herramientas, utensilios, ayudantes de cirugía, partes del paciente, etc.) en el orden correcto, tomando como referencia el orden “ideal” para realizar el procedimiento. Cada vez que el jugador interactúa con un objeto, una lista de acciones se despliega y el jugador debe seleccionar la correcta. Si el jugador realiza la acción correcta, un “mini juego”, el cual consiste en una pregunta de selección múltiple escogida al azar, se despliega para el jugador conteste. Cuando el jugador comete un error, el asistente hace una animación que expresa enojo, una voz suena expresando enojo y la respuesta correcta es mostrada al jugador junto con una explicación de la razón para la respuesta escogida.



FIG. 1 PANTALLAZOS DEL JUEGO SOBRE CIRUGIA DE RODILLA

En otro ejemplo de un juego serio para medicina, toman la z-plastia como procedimiento a enseñar. La z-plastia es un procedimiento en cirugía plástica cuyo objetivo es mejorar la apariencia estética de las cicatrices. Es un procedimiento que requiere de un buen entendimiento geométrico por parte del médico y la enseñanza tradicional basada en libros de texto no suele ser suficiente [2]. El juego está diseñado para dispositivos multitouch, ya que se requiere rotar, hacer zoom y usar diferentes herramientas, tareas que son más fáciles de hacer con este tipo de interfaces. El juego le permite al usuario seleccionar un conjunto de herramientas usadas en este tipo de procedimientos. Cuando el usuario selecciona una herramienta el juego le permite interactuar con el modelo 3D del paciente, dependiendo de la herramienta se puede hacer una incisión, suturar, etc. Dependiendo del orden en el que fueron ejecutadas las acciones el puntaje sube o baja (comparado con el orden “ideal” de ejecución). También se tienen en cuenta factores como la linealidad de los cortes, la rapidez con que se hace, ángulos en los cortes, entre otros. Adicionalmente se muestra un monitor de signos vitales que le añade estrés al jugador.



FIG. 2 PANTALLAZOS DEL JUEGO

Finalmente encontramos una aplicación para iOS y Android llamada Touch Surgery. Es un producto completo ya lanzado al mercado el cual contiene múltiples niveles para diferentes procedimientos médicos. El usuario debe registrarse en la aplicación, ingresar sus datos personales y debe decirle a la aplicación cuáles son sus intereses médicos. Basado en las respuestas del usuario, se muestra uno de los niveles disponibles para que el usuario complete el tutorial.

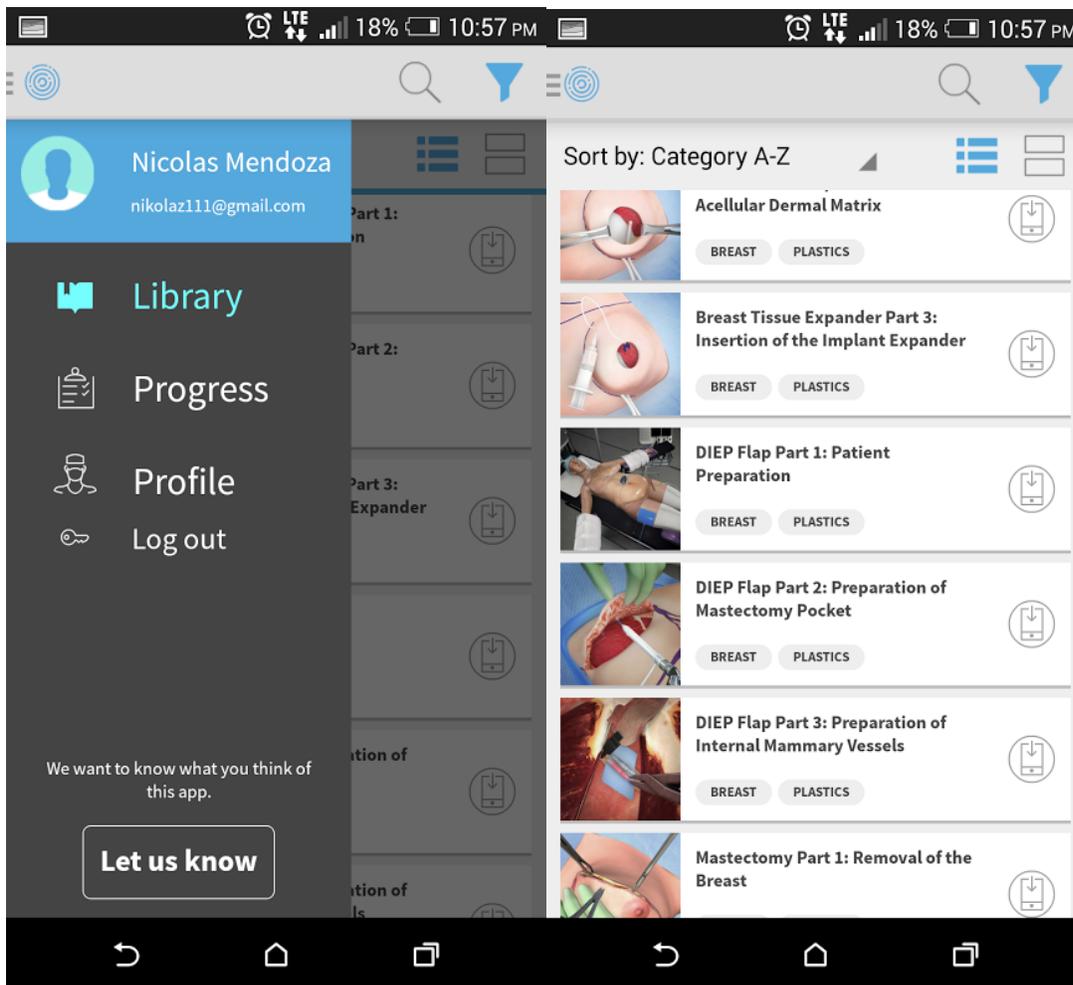


FIG. 3 PANTALLAZOS DEL JUEGO MOSTRANDO LA CUENTA DEL USUARIO Y DIFERENTES NIVELES DISPONIBLES

El juego cuenta con 2 modos: modo enseñanza y modo prueba. El primero es bastante simple, el jugador debe seguir linealmente los pasos establecidos por el juego en donde cada paso muestra una animación y una explicación en texto de lo que se debe hacer en el procedimiento. Algunos de estos pasos muestran un círculo punteado rojo y otro color aguamarina, explicándole al jugador que debe mover el círculo azul hacia el círculo rojo para que el siguiente paso pueda ser mostrado. Una vez el jugador lo mueve al lugar indicado, la animación del siguiente paso se activa. De forma alternativa, el jugador puede saltarse el paso o devolverse al paso anterior usando los botones mostrados en la parte inferior.

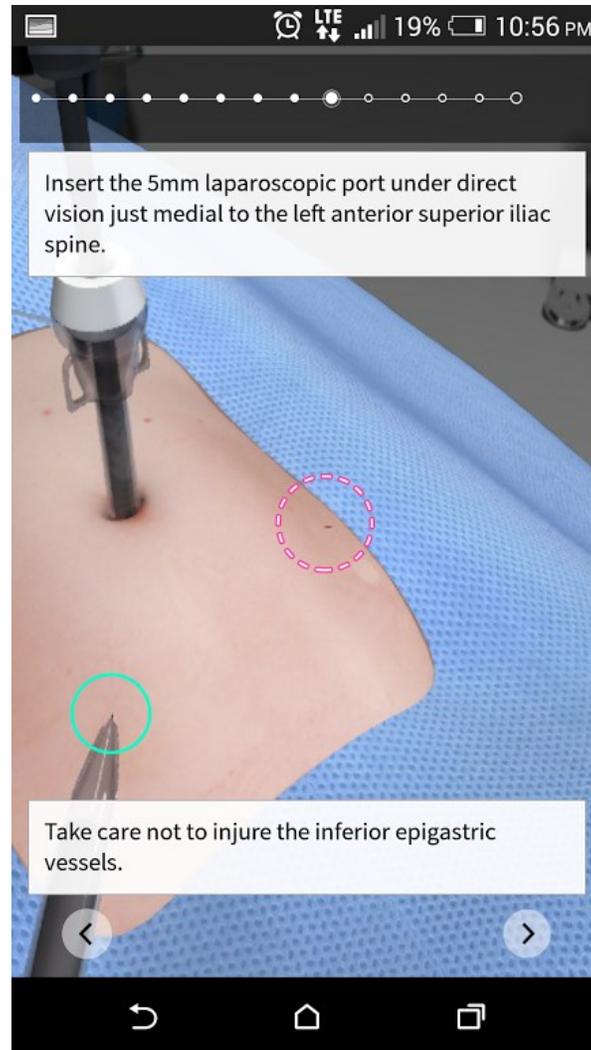


FIG. 4 MODO ENSEÑANZA EN TOUCH SURGERY

En el modo prueba se le pide al jugador seleccionar una de 4 opciones mostradas en la pantalla, cada opción es una acción posible en el juego. El jugador debe seleccionar la opción correcta y si lo hace se le suma 1 punto a su puntaje. En algunos pasos, al jugador sólo se le presenta el círculo de color aguamarina que se encontraba en el modo enseñanza, sin embargo no se muestra en círculo rojo. De esta forma el usuario debe mover el círculo al lugar correcto para avanzar al siguiente paso.

Alternativamente el jugador puede usar el botón de ayuda para que le “soplen” la posición correcta pero no ganará puntos.

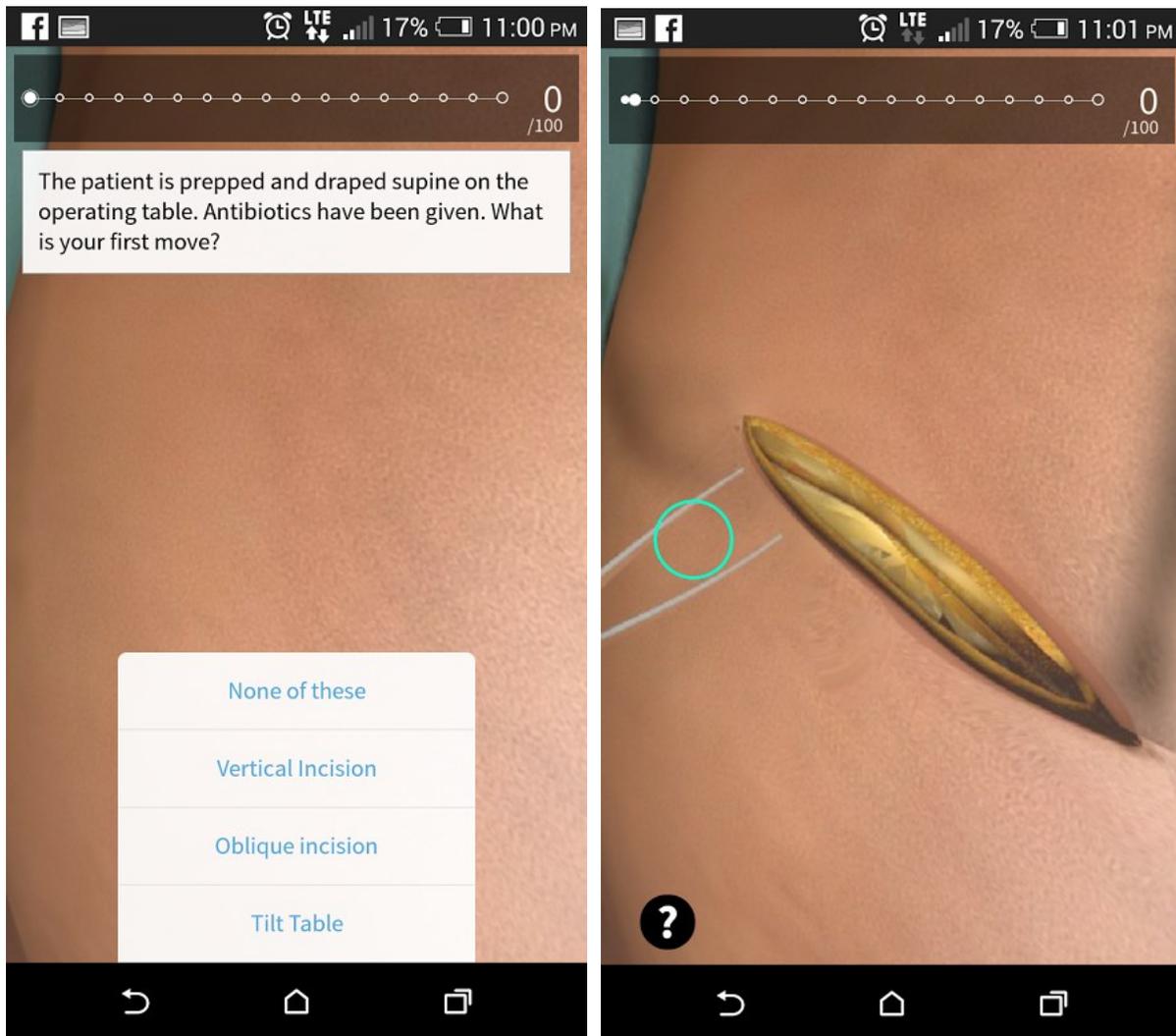


FIG. 5 OPCIONES MOSTRADAS AL JUGADOR EN EL MODO PRUEBA DE TOUCH SURGERY

Finalmente, la aplicación le muestra al jugador su progreso a lo largo del nivel por medio de estadísticas. Si el jugador obtiene menos de 70 puntos, pierde el nivel pero lo puede volver a intentar cuando quiera.

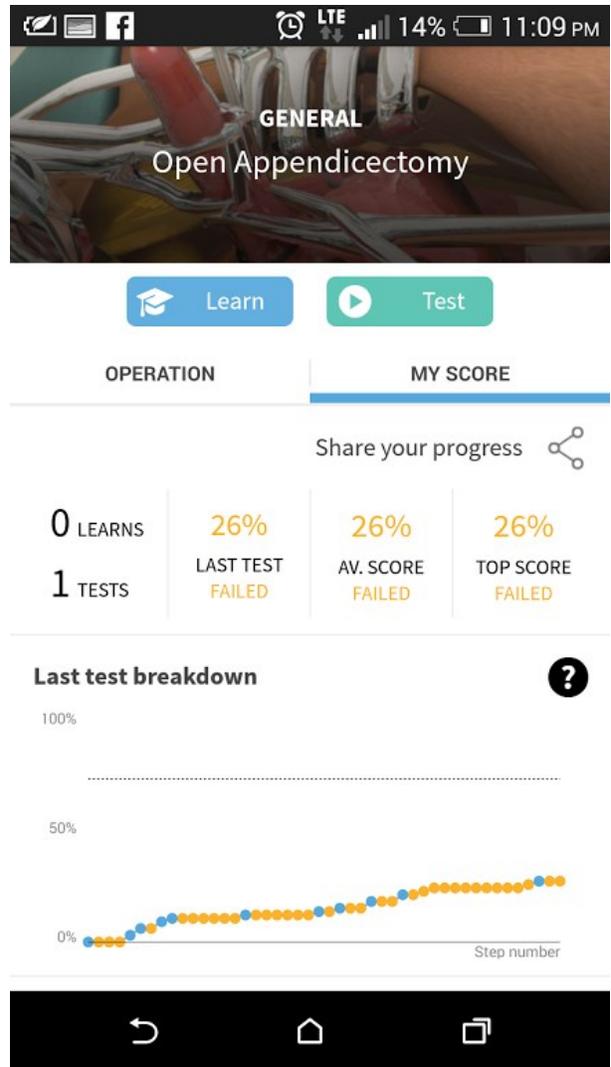
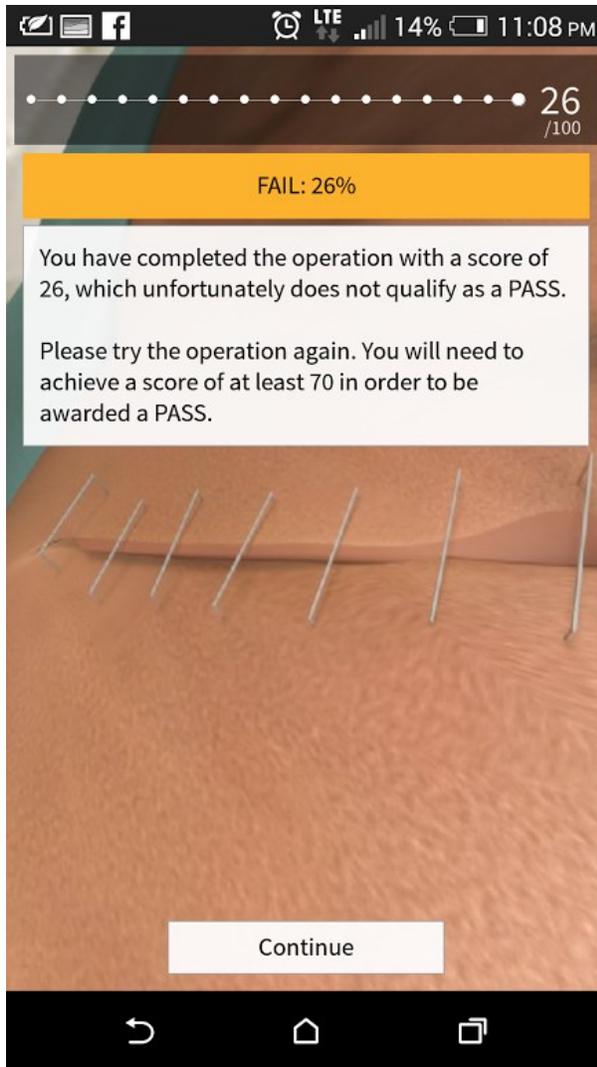


FIG. 6 RESULTADOS FINALES DESPUÉS DE UN INTENTO EN EL MODO PRUEBA

Una revisión del trabajo existente en torno a juegos serios en medicina con énfasis en la enseñanza de procedimientos, nos muestra diferentes aproximaciones al problema. En unas vemos esquemas de control que no necesariamente ayudan al aprendizaje en la medicina (como en el juego de artroplastia de rodilla) como los controles para navegar en primera persona. Aunque la libertad de moverse libremente por el quirófano puede ser divertida, es posible que un jugador no experto se pueda perder y le cueste acostumbrarse al esquema de controles propuesto.

Otros esquemas plantean un gameplay muy especializado en donde el juego se enfoca mucho en el procedimiento a específico a enseñar. Esto puede ser bueno porque permite un buen nivel de profundidad y entendimiento sobre el procedimiento en cuestión, sin embargo en ocasiones puede resultar extenuante la implementación específica de un gameplay como estos. Esto implica una falta de genericidad en el diseño y puede ser difícil extrapolar las lecciones aprendidas en el desarrollo del juego a otros juegos.

Por otro lado, Vemos esquemas de juego genéricos en donde se puede enseñar cualquier tipo de procedimiento (como en Touch Surgery), sin embargo el gameplay del juego no es muy diverso y la mecánica de mover el círculo mostrado en la pantalla no propone un reto muy interesante. En ese orden de ideas, el juego transmite información de forma efectiva pero no tiene mecánicas que le añadan mucha diversión al juego. Termina convirtiéndose en una trivia con buenas animaciones reproduciéndose en el fondo. Cabe anotar que la calidad visual de Touch Surgery es muy buena.

Como se verá más adelante, se propone un juego serio para medicina con un gameplay suficientemente genérico como para enseñar o reforzar conocimientos en cualquier tipo de procedimiento médico. Adicionalmente, el juego propone variaciones para el jugador en donde se pretende enseñar detalles relacionados con el procedimiento y le dan un factor adicional de diversión. De esta forma se plantea un juego que no se limita a un solo procedimiento médico, es un juego que se puede implementar para diferentes procesos y procedimientos (por ejemplo se podría usar para enseñar procesos de inducción en una empresa) que no deja de lado el detalle que se pueda presentar en la ejecución de los mismos.

Para el desarrollo del videojuego se utilizó Unity 4.5.2f1 como motor de juegos. Adicionalmente se usó NGUI versión 3.6.8, un plugin para Unity que ayuda en la creación de interfaces de usuario. Blender fue utilizado para retocar modelos 3D y hacer algunas animaciones. GIMP 2.8 fue utilizado para la creación de las ilustraciones.

3 GAMEPLAY

El juego se divide en dos partes principales: ordenamiento de tareas y reproducción de tareas. La razón de esta división es simple, para que un proceso se ejecute correctamente las tareas que componen el procesos se deben ejecutar en el orden correcto y los detalles de cada tarea se deben tener en cuenta para que cada tarea se complete de forma exitosa. En este orden de ideas, el ordenamiento de tareas es la parte del gameplay que pone a prueba los conocimientos del jugador en cuanto a orden de ejecución y la reproducción de tareas muestra lo que sucede según lo que el jugador haya ordenado. Sin embargo para tener en cuenta los detalles de cada, tarea no es suficiente solamente con mostrar las consecuencias de ordenar las tareas de una forma u otra, es por eso que la reproducción de las tareas pone a prueba al jugador mediante tareas interactivas en donde se pretende medir el nivel de conocimiento del jugador en los detalles de las tareas.

3.1 DEFINICIONES

En esta sección se presentarán algunas definiciones importantes que se deben tener en cuenta para entender el funcionamiento del juego.

3.1.1 TAREA

Todo proceso se puede descomponer en tareas que deben ser ejecutadas en un orden específico. Por ejemplo BPMN es un lenguaje visual utilizado para la documentación y especificación de

procesos [3]. Este lenguaje define “actividades” como la base para la construcción de cualquier proceso. Adicionalmente define “tareas” como un tipo de actividad [4]. Las actividades son el nivel más granular al que se puede llegar dentro de un proceso en este lenguaje, esta definición se usa de la misma manera en este trabajo.

Una tarea representa una acción específica dentro de un proceso, es suficientemente pequeña para ser reconocida y explicada rápidamente y por lo general lleva un verbo en su descripción. No es deseable que las tareas sean demasiado específicas y granulares, por ejemplo al momento de hacer una incisión, no se considera como una tarea: mover “x” centímetros el bisturí. La tarea considerar debe ser “hacer incisión” o algo por el estilo.

Dentro del juego cada tarea cuenta con un título, una descripción y una imagen que represente de alguna forma lo que se hace al ejecutarla. Dentro del juego cada tarea se representa como una tarjeta que muestra el dibujo representativo. Si se desea conocer la descripción de la tarea, se puede ver “al respaldo” de la tarjeta una descripción de lo que representa.

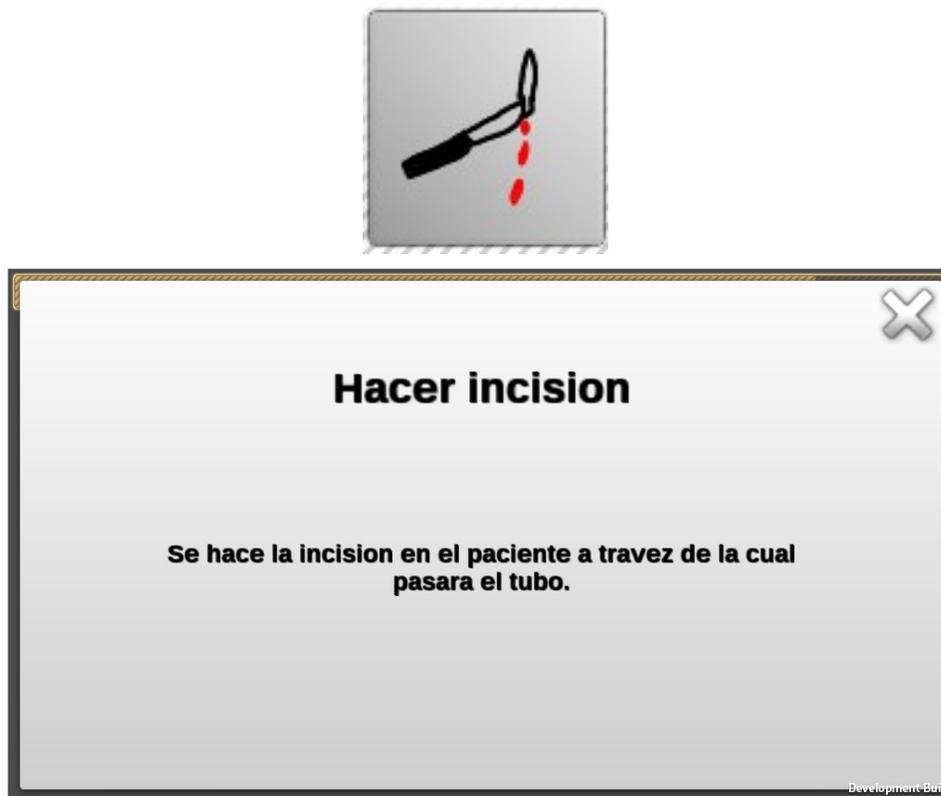


FIG. 7 REPRESENTACIÓN DE LAS TAREAS EN EL JUEGO

Aparte de la información mostrada arriba, cada tarea cuenta con animaciones que muestran al usuario como se debe (o no) desempeñar la tarea. De esta forma el usuario puede observar cual es la forma correcta de hacer las cosas.

3.1.2 TAREA INTERACTIVA

Antes que nada, una tarea interactiva no deja de ser una tarea como las que mencionan anteriormente. Cuenta con las mismas características de las tareas comunes. La diferencia con las tareas normales radica en que estas tareas no se limitan a reproducir animaciones que muestran la forma correcta (o incorrecta) de hacer las cosas, estas tareas cuentan con mecánicas de juego adicionales y encapsuladas que retan al jugador a realizar la tarea correctamente. Esto implica que la tarea cuenta con uno o varios objetivos y con uno a varios factores a medir. Hay mecánicas y gameplay específico a esta tarea que puede ser jugado para medir algún detalle en el jugador a la hora de ejecutar la tarea.

Si el jugador falla de alguna forma, las mecánicas programadas dentro de la tarea se encargarán de generar texto para el jugador, explicando en qué falló. Dado que el jugador puede fallar en diferentes formas al momento de ejecutar una tarea el texto generado debe ser suficientemente completo y específico como para hacerle notar al jugador cuales fueron las partes en donde falló. Razones genéricas como “no completaste satisfactoriamente la tarea”, no son deseables ya que el jugador no podría saber en qué falló y el proceso de aprendizaje no se llevaría a cabo.

3.1.3 SECUENCIA OBLIGADA

Teniendo en cuenta el concepto de “tarea” dentro del juego, con el concepto de secuencia obligada se empieza a ver como se relaciona el orden de las tareas que escoge el jugador dentro del juego. Una secuencia obligada es una secuencia de tareas que deben ser ejecutadas en un orden especial. Es decir si las tareas que ordena el usuario no se ejecutan de acuerdo a lo que dice una secuencia obligada, el jugador pierde el nivel inmediatamente. Se plantea este concepto para tener en cuenta partes de los procedimientos médicos en donde una cosa debe hacerse después de otra cosa en un orden estricto, o las consecuencias pueden ser muy graves. Por ejemplo, si un doctor va a hacer una incisión sobre un paciente sin anestesiarse la zona de la incisión, el paciente va a sentir un dolor muy intenso y seguramente no va a querer seguir adelante con el procedimiento, se quejará y habrá consecuencias para el doctor.

Viendo lo en un sentido más formal, una secuencia obligada cumple las siguientes reglas:

- Es un conjunto de tareas.
- Cada tarea dentro de la secuencia tiene un índice o posición.
- En un mismo nivel, una secuencia obligada no puede contener a una tarea que se encuentre en otra secuencia obligada del mismo nivel.
- El conjunto de todas las tareas encontradas dentro de un nivel debe ser igual la unión de todas las tareas contenidas en las secuencias obligadas del nivel.
- Representan un orden de ejecución de tareas.
- Si el orden de las tareas obligadas no se cumple, el jugador pierde el nivel.

Adicional a esto las secuencias obligadas tienen “razones” que sirven para indicarle al jugador el porqué de sus fallos. Dado que el jugador pierde el nivel si no se cumple lo que dicen las secuencias obligadas, debe haber una explicación para el jugador que le diga la razón de su fallo. Estas razones se encuentran en la mitad de dos tareas cualesquiera contenidas dentro de una secuencia obligada,

es decir que las tareas de una secuencia obligada se encuentran unidas por “razones”. A continuación se muestra una secuencia de forma gráfica.

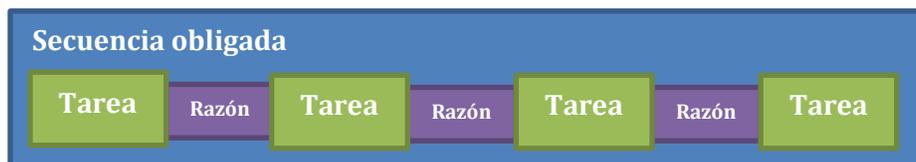


FIG. 8 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA SECUENCIA OBLIGADA

Pueden existir secuencias obligadas que solo tengan 1 tarea. En este caso la secuencia obligada no tendría razones y significaría que la tarea puede ser ejecutada en cualquier orden. En este orden de ideas, si una secuencia obligada tiene N tareas, entonces debe tener N-1 razones. Las razones son mostradas al jugador cuando se detecta que una tarea perteneciente a una secuencia obligada, fue ejecutada sin que se haya ejecutado la tarea anterior antes de la ejecución de la misma.

3.1.4 FALTA NO GRAVE

En un procedimiento médico se pueden cometer errores que no pongan en riesgo significativo pero que pueden afectar de una forma u otra el bienestar del paciente tratado. Para modelar este tipo de situaciones se plantean las “faltas no graves”. Una falta no grave solo tiene sentido entre secuencias obligadas, pues si se usaran las tareas como referencia cabe la posibilidad de que el jugador pierda el nivel por incumplir con una secuencia obligada. Básicamente una falta no grave consta de 2 secuencias obligadas, una razón y una penalidad. Las faltas no graves cumplen con las siguientes características:

- Contienen una dupla de secuencias obligadas S1 y S1. Su orden importa.
 - S1 es la primera secuencia obligada.
 - S2 es la segunda secuencia obligada.
- Tienen una razón que es una cadena de caracteres.
- Tienen una penalidad que se representa con un número real positivo.
- Si S2 se ejecuta inmediatamente después de S1, se penaliza el puntaje del jugador con la penalidad especificada en la falta no grave.

Un ejemplo de una falta no grave es cuando el médico prepara las jeringas de la anestesia antes de hacer la pausa de seguridad. La pausa de seguridad es una tarea en donde se verifican diferentes cosas del procedimiento a realizar (verificar identificación del paciente, lado en que se realiza el procedimiento, etc.), por lo tanto se debe realizar antes de utilizar cualquier recurso importante en la sala de cirugía. Aunque sea algo menor, si en la pausa de seguridad se descubre que hubo una confusión y el paciente que se va a intervenir no es el paciente que estaba esperando el doctor, y ya se han preparado las jeringas con anestesia, esas jeringas con esa anestesia se van a desperdiciar.

Entonces las faltas no graves se activan solamente cuando dos secuencias obligadas se ejecutan en un orden específico. Si eso pasa se penaliza el puntaje del jugador y se muestra una razón que le explica al jugador porque se penalizó la acción que realizó.



FIG. 9 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA FALTA NO GRAVE

3.1.5 SECUENCIAS FIJAS

Existen procedimientos médicos en donde hay acciones que deben ser realizadas de primera o de última o en algún índice. Para verificar estas reglas se plantean las secuencias fijas. Así como en las faltas no graves, las secuencias fijas solo tienen sentido entre secuencias obligadas. Como se verá más adelante los niveles del juego dividen el procedimiento en partes. Por ejemplo, luego de anestesiarse al paciente, lo primero que se debe hacer es verificar que la anestesia haya sido efectiva, y esta es la primera acción que se debe realizar en uno de los niveles del juego.

En este orden de ideas, las secuencias fijas son secuencias obligadas que se deben ejecutar en un cierto momento y cumplen con las siguientes reglas:

- Son secuencias obligadas que se deben ejecutar en un “puesto” fijo.
- Si la secuencia se ejecuta en un “puesto” distinto, el jugador pierde el nivel.
- El número máximo de secuencias fijas corresponde al total de secuencias obligadas del nivel.
- Cada secuencia fija tiene una razón.

Si en un nivel se tuviera el número máximo de secuencias fijas posible, entonces ese nivel solo tendría una forma posible de resolverlo, ya que implicaría darle un puesto a cada secuencia obligada que tenga el nivel. Se puede ver como un arreglo en donde cada casilla del arreglo es una secuencia obligada y el índice en donde esté ubicada la secuencia corresponde al puesto en el que se debe ejecutar.



FIG. 10 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS SECUENCIAS FIJAS

Como se ve en la imagen, el arreglo que contiene las secuencias fijas es del tamaño de la cantidad total de secuencias obligadas existentes en el nivel. El arreglo puede ser vacío, implicando que puede no haber secuencias fijas.

3.1.6 SECUENCIAS REQUISITO

En repetidas ocasiones, se debe haber realizado previamente una tarea para poder realizar otra. Este tipo de requerimientos se pueden modelar con algunas definiciones que se han presentado en este trabajo, sin embargo hace falta algo que permita evaluar si una acción ya fue realizada con anterioridad así no tenga un orden específico. Por ejemplo para meter el tubo de tórax en el paciente, el tubo debe ser preparado (clampeado en ambos extremos), sin embargo la preparación puede realizarse en cualquier momento previo a la inserción del tubo, no es necesario que se prepare inmediatamente antes a la inserción. Sus características son:

- Tienen una secuencia obligada llamada secuencia solicitante.
- Tienen una secuencia obligada llamada secuencia necesaria.
- Tienen una razón.
- Si la secuencia necesaria no se ejecuta antes que la secuencia solicitante, el jugador pierde el nivel.

De igual forma que en las definiciones anteriores, las secuencias requisito cuentan con una razón para mostrar al usuario en caso de que el usuario falle. La razón explicará por qué se debe ejecutar la secuencia necesaria antes de la secuencia solicitante.



FIG. 11 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA SECUENCIA REQUISITO

3.2 BRIEFING

Cada nivel trata un caso médico específico y el jugador necesita saber información del paciente que va a tratar en juego. El jugador necesita información de referencia para poder tomar decisiones correctas dentro del juego. El briefing es una sección dentro del juego que se encarga de comunicarle al jugador la situación a la cual se enfrentará. La información se transmite por medio de texto e imágenes que le explican al jugador el caso médico, los síntomas del paciente y su estado de salud para que él tome decisiones con base a esa información. Adicional a la información clínica del paciente, el briefing informa qué se le ha hecho al paciente en la clínica. Dado que los niveles del juego están diseñados de forma tal que el jugador no ordene de una sola vez todas las tareas involucradas en el procedimiento, el jugador debe saber que tareas han sido realizadas con anterioridad en el paciente. Por ejemplo, antes de hacer la incisión sobre el paciente, se debe haber hecho un lavado quirúrgico y la anestesia debió haber sido administrada correctamente, pero estas

acciones pueden no estar incluidas en el nivel. Es por eso que el jugador debe saber que ya se han realizado esas acciones con anterioridad para que sepa qué es lo primero que debe hacer.



FIG. 12 PANTALLAZO DE LA SECCIÓN DE BRIEFING

Una vez el jugador ha terminado de leer la sección de briefing, puede dar inicio al juego, el cual lo enviará a la sección de ordenamiento de tareas.

3.3 ORDENAMIENTO DE TAREAS

En esta sección del juego el enfoque es evaluar los conocimientos del jugador en cuanto al orden de ejecución de las tareas que componen el procedimiento. Al jugador se le muestra un conjunto de tareas que aparecen en un orden aleatorio.



FIG. 13 CONJUNTO DE TAREAS MOSTRADAS AL JUGADOR

Cada nivel cuenta con un conjunto total de tareas que se rigen bajo las reglas presentadas en la sección de definiciones. Dependiendo del nivel, se le pueden presentar todas las tareas al usuario de una sola vez o se puede presentar un subconjunto de tareas escogidas de forma aleatoria. Esto se hace para quitarle monotonía al juego. De esta forma el jugador puede entrar en el mismo nivel varias veces pero resolviendo un desafío diferente. Si el jugador no sabe de qué se tratan las tareas mostradas, puede hacer clic sobre cada una de ellas para que la tarjeta de descripción de cada tarea se muestre.

El objetivo de esta sección es ordenar las tareas mostradas en el orden de ejecución correcto según el procedimiento médico. El jugador debe arrastrar las tareas mostradas a las casillas que aparecen

en pantalla. Las tareas se ejecutarán en el orden que haya escogido el jugador de izquierda a derecha. Si se equivoca, el jugador puede re ordenar las tareas libremente

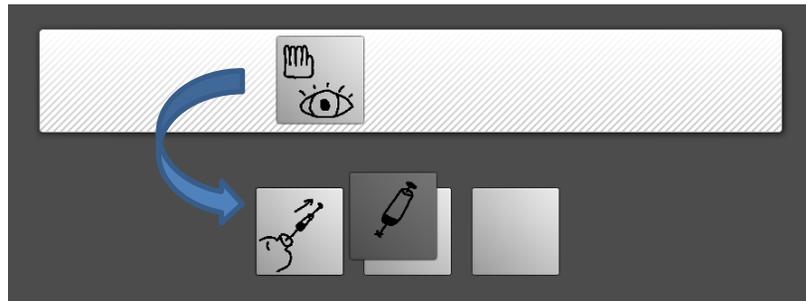


FIG. 14 ARRASTRE DE TAREAS PARA ORDENARLAS

Para introducir estrés adicional en el jugador, el ordenamiento de tareas cuenta con una barra de tiempo. En la vida real, el médico suele contar con una ventana de tiempo limitada para llevar a cabo el procedimiento, razón por la cual se introduce una barra de tiempo que le muestra al jugador con cuanto tiempo cuenta para ordenar todas las tareas. Una vez se termina el tiempo, comienza la reproducción de tareas.



FIG. 15 BARRA DE TIEMPO

Si el jugador termina de ordenar las tareas antes de que se termine el tiempo, puede avanzar a la reproducción de tareas sin necesidad de esperar por medio del botón de inicio.

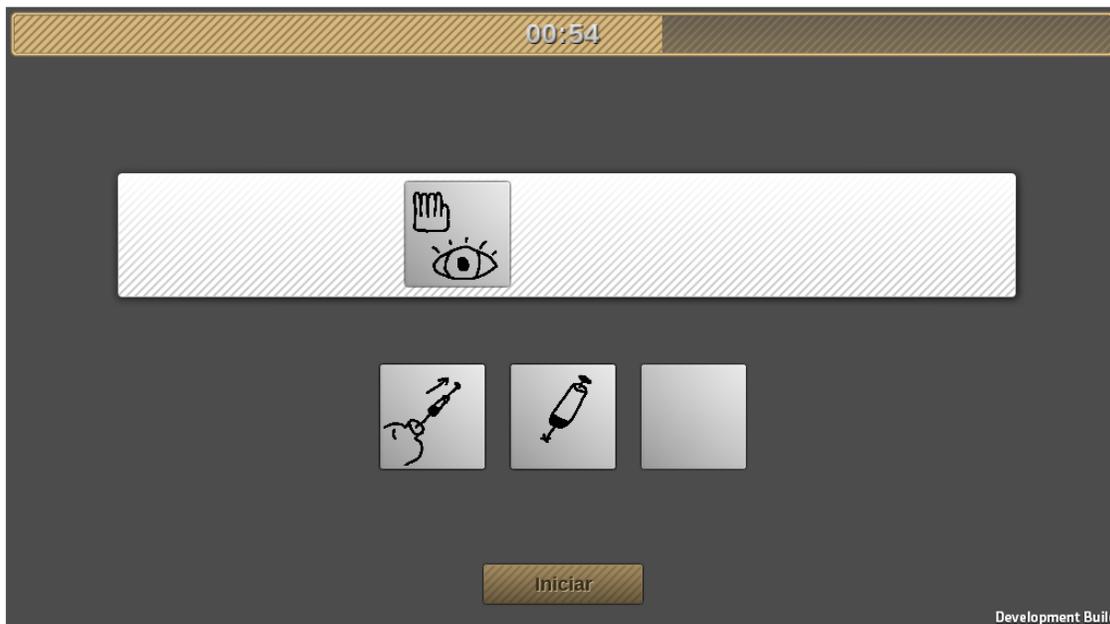


FIG. 16 PANTALLAZO DEL ORDENAMIENTO DE TAREAS

3.4 REPRODUCCIÓN DE TAREAS

Cuando el jugador termina de ordenar las tareas, se procede a ver los resultados de su ordenamiento. Como vimos anteriormente, las tareas presentadas al usuario puede ser el conjunto de todas las tareas del nivel, o un subconjunto de tareas escogidas al azar. Cuando el subconjunto de tareas es escogido, un algoritmo de relleno de tareas (que se verá más adelante) se encarga de poner las tareas que hacen falta dependiendo de lo que el jugador haya escogido.

El primer elemento importante de la reproducción de tareas es la barra de tareas. Es una barra que muestra las tareas que ya se ejecutaron, la que se está ejecutando actualmente y las que vienen a ejecutarse. Es una tira en donde se muestran las tarjetas de las tareas con sus dibujos representativos. Las tarjetas van subiendo a medida que se va avanzando en la reproducción, mostrando un “historial” de reproducción de tareas.

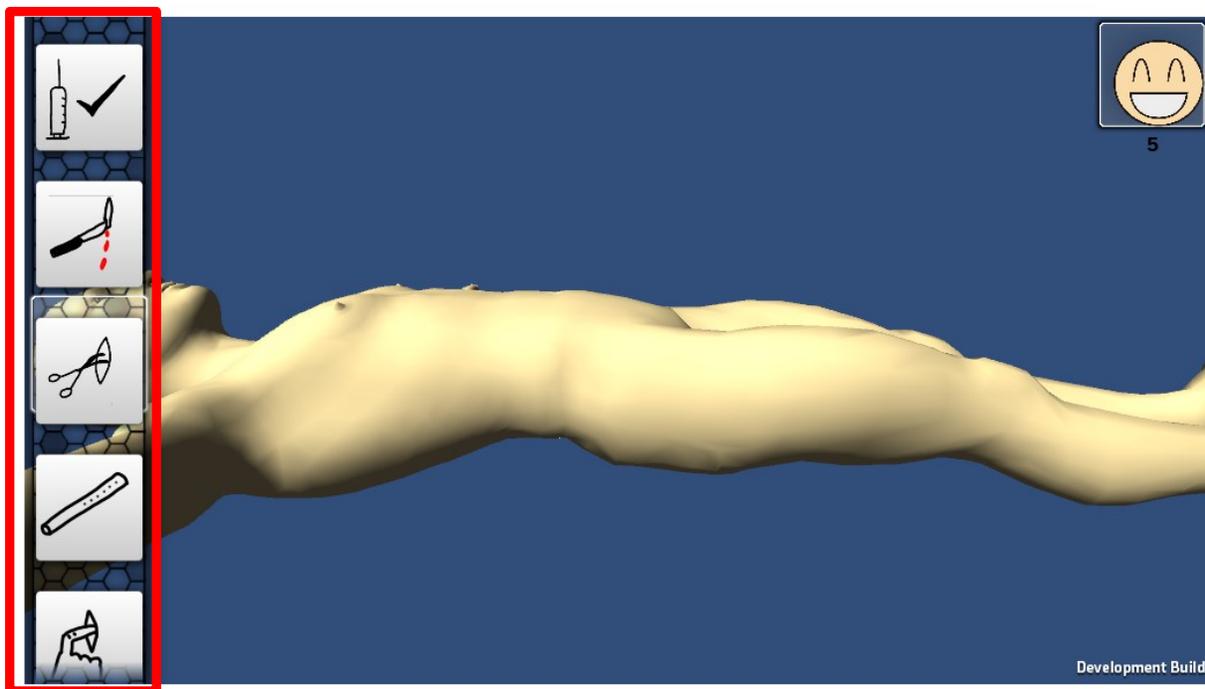


FIG. 17 BARRA DE TAREAS EN LA REPRODUCCIÓN DE TAREAS

El siguiente elemento importante es el indicador de puntaje. Es un cuadro situado en la esquina superior derecha de la pantalla en donde se muestra una “carita” dependiendo del puntaje actual. Las expresiones mostradas en el indicador dan una idea de la “felicidad” o bienestar del paciente. El indicador cuenta con una escala de 5 caritas dependiendo del puntaje del jugador. El puntaje puede ir de 0 a 5, en donde un puntaje de 0 significa perder instantáneamente.



FIG. 18 INDICADOR DE PUNTAJE

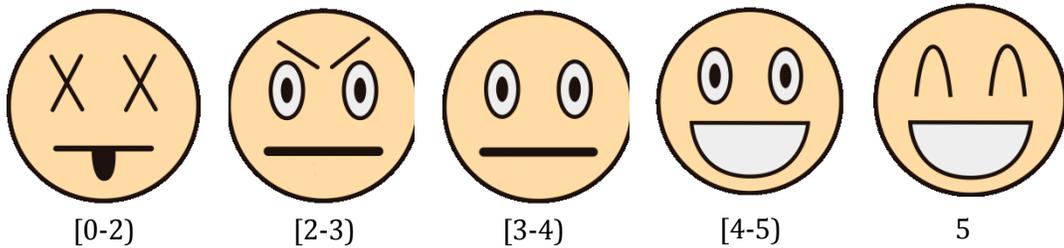


FIG. 19 ESCALA DE "CARITAS" PARA EL PUNTAJE

A medida que se van reproduciendo las tareas, el puntaje del jugador va cambiando de acuerdo a las reglas plasmadas en las definiciones. Adicionalmente, por cada tarea puesta correctamente se le otorga 1 punto al jugador. Cada vez que el puntaje del jugador sube, un color verde sobre la pantalla le indica que hizo algo bien y cada vez que el puntaje baja, un color rojo sobre la pantalla le indica al jugador que hizo algo mal.

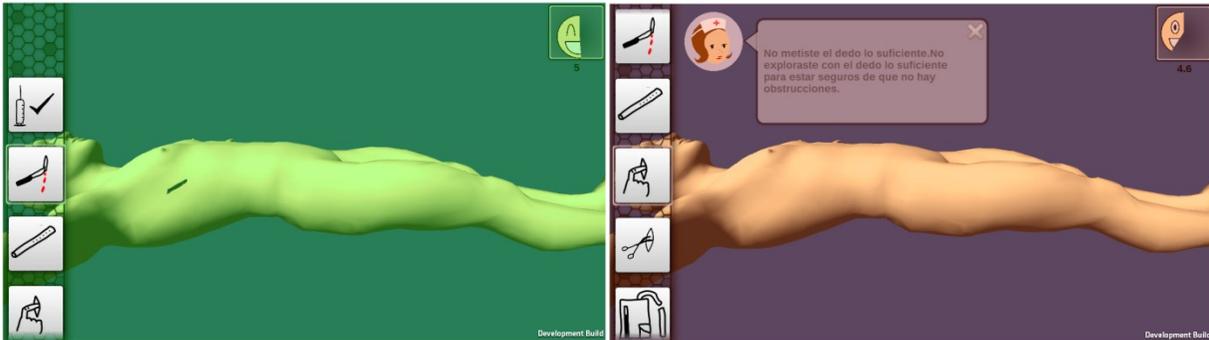


FIG. 20 OVERLAYS ROJO Y VERDE INDICANDO CUANDO EL JUGADOR HACE ALGO BIEN Y CUANDO SE EQUIVOCA

Cuando se procede a reproducir una tarea interactiva (una tarea en donde el jugador debe realizar alguna acción específica) un aviso le indica al jugador que la tarea actual es interactiva y se debe hacer algo. De esta forma el jugador no queda a la espera de una animación en la pantalla y se le invita a que interactúe con el juego.



FIG. 21 AVISO DE INICIO DE UNA TAREA INTERACTIVA

De igual forma que en el ordenamiento de tareas, las tareas interactivas cuentan con un tiempo límite para ser realizadas. Este tiempo se muestra al jugador como una barra de tiempo ubicada en la parte superior de la pantalla.



FIG. 22 BARRA DE TIEMPO EN TAREAS INTERACTIVAS

Ya se ha hablado de las razones pertenecientes a las distintas definiciones que se encuentran en el juego. Estas razones se muestran al jugador en forma de dialogo iniciado por un avatar cuya función es la de informarle al jugador cuales son los errores que ha cometido. El avatar escogido para el juego es una enfermera.

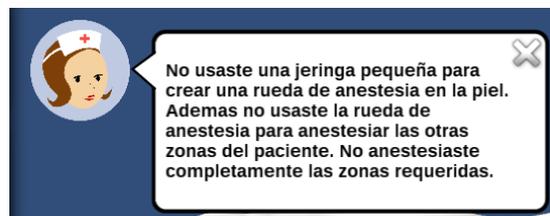


FIG. 23 AVATAR MOSTRANDO AL JUGADOR LAS RAZONES DE UN FALLO

4 ALGORITMO DE RELLENO DE TAREAS

Como se mencionó anteriormente, puede que algunos niveles solo muestren un subconjunto del total de tareas que tienen. En este caso, es necesario que el juego autocomplete las tareas que faltan. Las tareas rellenadas deben ser coherentes con lo que el jugador organizó, de forma que su desempeño sea excelente si las organizó de la forma esperada y que el jugador pierda si incumplió

alguna de las reglas del juego. Se describirá paso a paso el algoritmo implementado para la generación de tareas de relleno.

4.1 BUSCAR SECUENCIAS OBLIGADAS

Lo primero que se debe hacer es tratar de encontrar secuencias obligadas a las cuales pertenezcan las tareas ordenadas por el usuario. Esto se hace con el fin de identificar cuáles son las secuencias obligadas que de una u otra forma deben estar dentro del resultado final.

Para esto se hace un recorrido sobre todas las tareas ordenadas por el usuario y luego se recorre la lista de todas las secuencias obligadas para cada tarea. Luego se recorre la lista de tareas pertenecientes a esa secuencia y se evalúa si la tarea es la misma. Si la tarea es la misma, se afirma que la tarea pertenece a la secuencia obligada y es almacenada en un arreglo temporal.

4.2 RECONSTRUCCIÓN DE SECUENCIAS

Una vez se hayan identificado las secuencias obligadas que se encuentren en las tareas ordenadas por el usuario, se evalúa si todas las tareas ordenadas pertenecen a secuencias distintas. Para las tareas que efectivamente pertenecen a secuencias distintas del resto de tareas, se generan las tareas faltantes en la secuencia obligada de dicha tarea. Por ejemplo, si una tarea T1 Pertenece a una secuencia obligada S1 y no hay más tareas dentro de las tareas ordenadas que pertenezcan a esa secuencia, se genera el resto de la secuencia obligada. A continuación se plantea un caso concreto.

Tareas ordenadas por el usuario: [T1, T2, T3]

Secuencias obligadas del nivel:

S1: [T4, T1, T5]

S2: [T2]

S3: [T7, T6, T3]

En este caso todas las tareas pertenecían a secuencias obligadas distintas, por lo tanto se reconstruye cada secuencia obligada y el resultado final para el usuario depende del orden en el que haya ordenado las tareas.

Resultado final: [T4, T1, T5, T2, T7, T6, T3]

En los casos en donde haya tareas ordenadas por el jugador que pertenezcan a una misma secuencia de tareas, los pasos siguientes en el algoritmo entran en juego.

4.3 SEPARACIÓN DE TAREAS

Si se encuentran tareas que pertenezcan a una misma secuencia obligada, estas tareas son separadas del resto. En el paso anterior sólo se procesaron las tareas en las que no aparecía otra

tarea perteneciente a su secuencia obligada. En este paso lo que se debe hacer es identificar aquellas tareas que sí comparte secuencias obligadas para después procesarlas. Tomando el siguiente caso:

Tareas ordenadas por el usuario: [T1, T2, T3]

Secuencias obligadas del nivel:

S1: [T2, T1, T4]

S2: [T3]

S3: [T5, T6, T7]

En este caso las áreas T1 y T2 comparten la misma secuencia obligada, por lo tanto estas secuencias se separan y son tratadas por aparte.

4.4 VERIFICACIÓN DE BUEN ORDEN

Para las tareas que se separaron en el paso anterior, se debe verificar que el orden dentro de la secuencia obligada esté correcto. Esto quiere decir que las tareas que pertenecen a una misma secuencia obligada, cumplen con lo estipulado por la secuencia obligada. Si una de estas tareas se encuentra ordenada en una posición anterior a otra tarea de la misma secuencia que debería ejecutarse antes, significa que el usuario ordenó mal la tarea. Para ponerlo en perspectiva:

Tareas ordenadas por el usuario: [T1, T2, T3, T4, T5, T6]

Secuencias obligadas del nivel:

S1: [T3, T7, T1]

S2: [T2, T4]

S3: [T9, T5, T8, T6, T10]

En este caso el jugador falló en varios aspectos. En la secuencia obligada S1, T3 va antes de T1 (primer error) y el jugador puso a T1 primero. Después vemos que en la secuencia S2, T4 va después de T2, sin embargo el jugador puso una tarea en la mitad de las dos tareas. En este caso el jugador falló en 2 de las 3 secuencias del nivel. Sin embargo T5 y T6 fueron bien posicionadas. Como T5 y T6 están en un orden correcto según la secuencia, el algoritmo se procede a rellenar las tareas faltantes en la secuencia, en este caso T9, T8 y T10.

De esta forma, este paso se encarga de rellenar las tareas faltantes para las secuencias que están bien ordenadas. Las tareas generadas forman secuencias obligadas completas según la base de datos del nivel. Las tareas que no coincidieron con las secuencias obligadas pasan a ser procesadas en el siguiente paso.

4.5 RELLENO ALEATORIO DE TAREAS

Para las tareas restantes, es decir las tareas que no coincidieron con el orden especificado las tareas de relleno se escogen al azar a partir de las tareas que todavía estén disponibles. Se escogen al azar ya que el jugador va a perder el nivel de todas formas al no cumplir con las secuencias obligadas. Sin embargo se debe respetar el orden en que fueron puestas. Por ejemplo:

Tareas ordenadas por el usuario: [T1, T2, T3, T4, T5, T6]

Secuencias obligadas del nivel:

S1: [T10, T3, T7, T1]

S2: [T9, T11, T2, T4]

S3: [T5, T8, T6]

El usuario falló en ordenar las secuencias T1, T2, T3 y T4 pero debemos poner de alguna forma las tareas que faltan. Las tareas faltantes son T10, T7, T9 y T11 (T8 se excluye porque hace parte de una secuencia obligada que fue bien ordenada por el usuario), por lo tanto las tareas escogidas aleatoriamente deben salir de este conjunto.

Primero se escoge el número de tareas al azar que aparecerán para cada posición. Es decir, antes de la primera tarea mal posicionada (T1) se debe poner de cero a N tareas, siendo N el número de tareas que sobran. Luego se seleccionan las tareas al azar que van a ir en esa posición. Luego se pasa a la siguiente posición (después de la primera tarea mal posicionada) y se repite el proceso. Viéndolo más gráficamente con el caso plateado, las posibles posiciones son:

| * | T1 | * | T2 | * | T3 | * | T4 | * |

En donde cada asterisco marca una posición posible para el relleno de tareas. Una vez se haya obtenido el resultado de la selección aleatoria, se termina el algoritmo.

5 NIVELES

La inserción de tubo de tórax es un procedimiento sencillo comparado con otros procedimientos médicos, sin embargo se deben tener en cuenta todas las precauciones usuales de un procedimiento invasivo. Cuidados como una buena esterilización del lugar, lavado apropiado por parte del médico, posicionamiento adecuando del paciente, entre otros. Sin embargo este tipo de cuidados son conocimientos bien conocidos por cualquier médico, por lo tanto no son prioridad para el juego. El contenido del juego se enfoca en el procedimiento de tubo de tórax como tal, no presta atención a temas como el diagnostico, la esterilización, etc.

En el juego, el procedimiento se divide en dos partes principales: la anestesia del paciente y la inserción del tubo. Dado que la inyección de anestesia sobre el paciente no es algo desconocido para un médico, esta parte del procedimiento se toma como temática para que el jugador se familiarice con los controles y las mecánicas del juego. Por otro lado la inserción del tubo se toma

como el contenido principal del juego, la mayor cantidad de tareas se encuentran concentradas en esta sección y es donde mayor variedad se encuentra.

El juego está diseñado para que el aprendizaje se logre mediante la prueba y error. La idea es que el jugador intente ejecutar el procedimiento con los conocimientos que tiene y a medida que vaya fallando pueda volver a intentarlo tomando en cuenta las explicaciones mostradas por el avatar en la reproducción de tareas.

5.1 NIVEL PRELIMINAR

El objetivo del nivel preliminar es introducir al jugador a las mecánicas del juego. No es un tutorial, sin embargo la dificultad del nivel es mínima de forma que el jugador no se frustre y pueda seguir adelante para conocer todas las mecánicas del juego. El conjunto de tareas que maneja este nivel se centra en la anestesia del paciente.

5.1.1 BRIEFING

El paciente Silvio Parra de 26 años ha sufrido un trauma en el tórax el cual le ha causado un hemotórax. El paciente ha sido trasladado a una sala de cirugía en donde se lleva a cabo una inserción de tubo de tórax como medida terapéutica.

La siguiente es una radiografía tomada al paciente, la cual muestra su estado actual.

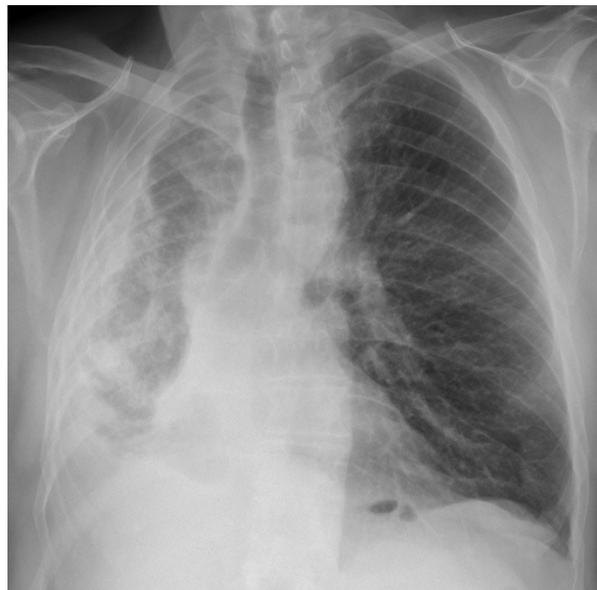


FIG. 24 RADIOGRAFÍA DEL PACIENTE

Usted ya ha preparado el sistema de drenado, se ha vestido adecuadamente, ha ubicado el punto de la incisión, ha hecho un adecuado lavado quirúrgico y ha cubierto al paciente con campos estériles.

5.1.2 TAREAS

En total el nivel cuenta con 3 tareas que se muestran de una sola vez al jugador. No se muestra un subconjunto de las tareas ya que son pocas.

5.1.2.1 T1: Pausa de seguridad

Identificador: pausa-seguridad

Es tarea interactiva: No

Descripción: Se verifica rápidamente la identificación del paciente, la indicación del procedimiento y el lado a intervenir.

Dibujo:



FIG. 25 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.1.2.2 T2: Preparar jeringas

Identificador: armar-jeringa

Es tarea interactiva: No

Descripción: Se preparan las jeringas que se van a utilizar para anestesiarse la zona a intervenir.

Dibujo:



FIG. 26 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.1.2.3 T3: Infiltrar zona

Identificador: infiltrar-zona

Es tarea interactiva: Sí

Descripción: Se aplica anestesia en la zona marcada.

Dibujo:



FIG. 27 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.1.3 REGLAS

5.1.3.1 Secuencias obligadas

S1: [T2]

S2: [T1]

S3: [T3]

5.1.3.2 Secuencias fijas

| | | S3 |

5.2 NIVEL DE PRUEBA

En este nivel se trata la temática principal del juego pues el nivel está compuesto de las tareas principales en la inserción de tubo de tórax. Estas tareas van desde confirmar que la zona haya quedado bien anestesiada hasta suturar el tubo a la piel de la persona. El nivel cuenta con un total de 8 tareas, pero solo se muestran 3 tareas al azar al usuario.

5.2.1 BRIEFING

El paciente Juan Martín de 23 años ha sufrido un trauma en el tórax el cual le ha causado un hemotórax. El paciente ha sido trasladado a una sala de cirugía en donde se lleva a cabo una inserción de tubo de tórax como medida terapéutica.

La siguiente es una radiografía tomada al paciente, la cual muestra su estado actual.

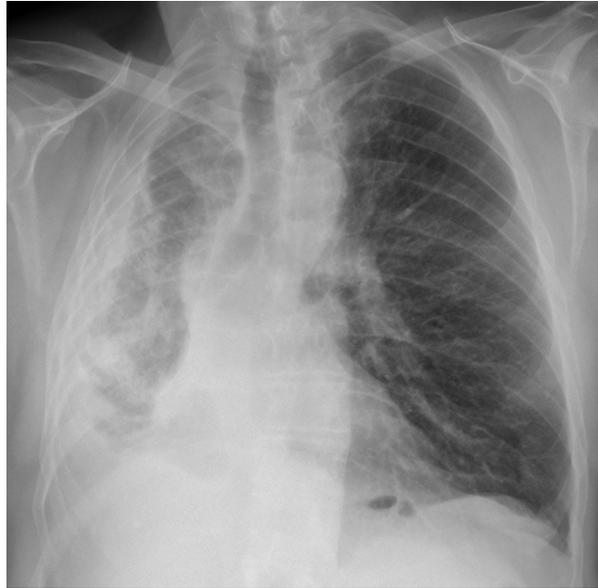


FIG. 28 RADIOGRAFÍA DEL PACIENTE

Usted ya ha preparado el sistema de drenado, se ha vestido adecuadamente, ha ubicado el punto de la incisión, ha hecho un adecuado lavado quirúrgico, ha cubierto al paciente con campos estériles y ha anestesiado correctamente la zona de la incisión.

5.2.2 TAREAS

Como se dijo anteriormente, en total se encuentran 8 tareas en donde se muestra solamente un subconjunto de 3 tareas escogidas de forma aleatoria.

5.2.2.1 T1: Verificar anestesia

Identificador: verificar-anestesia

Es tarea interactiva: No

Descripción: Se verifica que la zona haya quedado anestesiada correctamente.

Dibujo:



FIG. 29 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.2 T2: Hacer incisión

Identificador: hacer-incision

Es tarea interactiva: No

Descripción: Se hace la incisión en el paciente a través de la cual pasara el tubo.

Dibujo:



FIG. 30 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.3 T3: Disecar con pinzas

Identificador: disecar-pinza

Es tarea interactiva: No

Descripción: Disecar con un instrumento curvo como unas pinzas kelly, para abrir paso entre los tejidos.

Dibujo:



FIG. 31 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.4 T4: Disecar con dedo

Identificador: disecar-dedo

Es tarea interactiva: Sí

Descripción: Se mete el dedo por la incisión para abrir paso entre los tejidos.

Dibujo:



FIG. 32 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.5 T5: Alistar tubo

Identificador: alistar-tubo

Es tarea interactiva: No

Descripción: Se prepara el tubo de tórax que va a ser introducido en el paciente.

Dibujo:



FIG. 33 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.6 T6: Preparar sistema de drenado

Identificador: preparar-sistema-drenado

Es tarea interactiva: Sí

Descripción: Se prepara el sistema de drenado de forma que esté listo para extraer fluido.

Dibujo:



FIG. 34 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.7 T7: Meter tubo

Identificador: meter-tubo

Es tarea interactiva: Sí

Descripción: Se introduce el tubo de tórax en el paciente.

Dibujo:



FIG. 35 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.2.8 T8: Fijar tubo

Identificador: fijar

Es tarea interactiva: No

Descripción: Para que el tubo quede estático y no haya complicaciones, se fija al paciente con una sutura.

Dibujo:



FIG. 36 ILUSTRACIÓN DE LA TAREA

5.2.3 REGLAS

5.2.3.1 Secuencias obligadas

S1: [T1, T2]

S2: [T3]

S3: [T4]

S4: [T5]

S5: [T6]

S6: [T7, T8]

5.2.3.2 Secuencias fijas

| | | | | S6 |

5.2.3.3 Secuencias requisito

- Secuencia requisito 1:

Secuencia necesaria: S1

Secuencia solicitante: S2

- Secuencia requisito 2:

Secuencia necesaria: S1

Secuencia solicitante: S3

5.3 NIVEL DE PRUEBA COMPLETO

El nivel de prueba completo utiliza las mismas tareas y las mismas reglas que el nivel de prueba, la diferencia es que este nivel le muestra al jugador las 8 tareas que constituyen el nivel desde el principio. Por eso es llamado “completo”, porque muestra todas las tareas y no escoge tareas al azar.

6 RESULTADOS

Para validar el juego propuesto en este trabajo, se realizaron dos pruebas de usuario con estudiantes de cirugía de la Universidad de los Andes. El objetivo de estas pruebas de usuario era verificar si los estudiantes lograban algún nivel de aprendizaje luego de jugar el juego en varias ocasiones. Por otro lado también se quería ver si los diferentes elementos del juego resultaban intuitivos y efectivos para el jugador además de que tan divertido resultaba el juego.

La metodología para ambas pruebas fue la misma. Primero se hacía una presentación del trabajo en desarrollo, los objetivos de la prueba y el porqué de la actividad. Después se hacía una explicación verbal con ayudas visuales sobre las mecánicas del juego y su funcionamiento. Si alguna persona no entendía algún tema, se solucionaban dudas. Luego los estudiantes pasaban a realizar un test previo, en donde se hacían preguntas relacionadas con el procedimiento de tubo de tórax pero dichas temáticas no se tocaban en el juego. Luego los estudiantes respondían una encuesta previa en donde se preguntaban aspectos demográficos. Acto seguido los estudiantes procedían a jugar los niveles del juego. Cada nivel debía ser jugado 3 veces por los estudiantes. Una vez hayan terminado de jugar, cada estudiante procedía a contestar un test posterior, cuyas preguntas estaban relacionadas con la temática tratada en el juego. Finalmente cada estudiante contestaba una encuesta con preguntas cualitativas sobre el juego.

6.1 PRUEBA 1

Para la primera prueba con estudiantes se contó con una muestra de 12 estudiantes de cirugía. Para esta prueba el juego solo contaba con 2 niveles, el primero era igual al nivel preliminar pero el segundo era la primera versión del nivel de prueba. Este último contaba con 5 tareas y se mostraban todas al usuario. Una de las preguntas hechas a los estudiantes antes de comenzar la prueba era: ¿Aproximadamente cuantas veces ha puesto un tubo de tórax? A esta pregunta sólo 3

estudiantes respondieron que habían puesto un tubo de tórax de 1 a 2 veces, el resto respondió que nunca lo habían hecho. El promedio de edad de los estudiantes es de 21.1 años.

Los resultados finales de los puntajes muestran que efectivamente a medida que los estudiantes realizaban más intentos en el nivel, su puntaje mejoraba. En el nivel preliminar se ve como el promedio mejora progresivamente con cada intento. En el nivel de prueba se ve como los resultados mejoran con el tiempo sin embargo hay una mayor dispersión en los resultados. Se puede ver como casi todos los estudiantes perdieron el nivel en su primer intento, en el segundo hubo varios que mejoraron su puntaje sin embargo la mayoría perdió el nivel y finalmente en el último intento casi ningún estudiante perdió el nivel aunque ninguno logró sacar la puntuación perfecta.

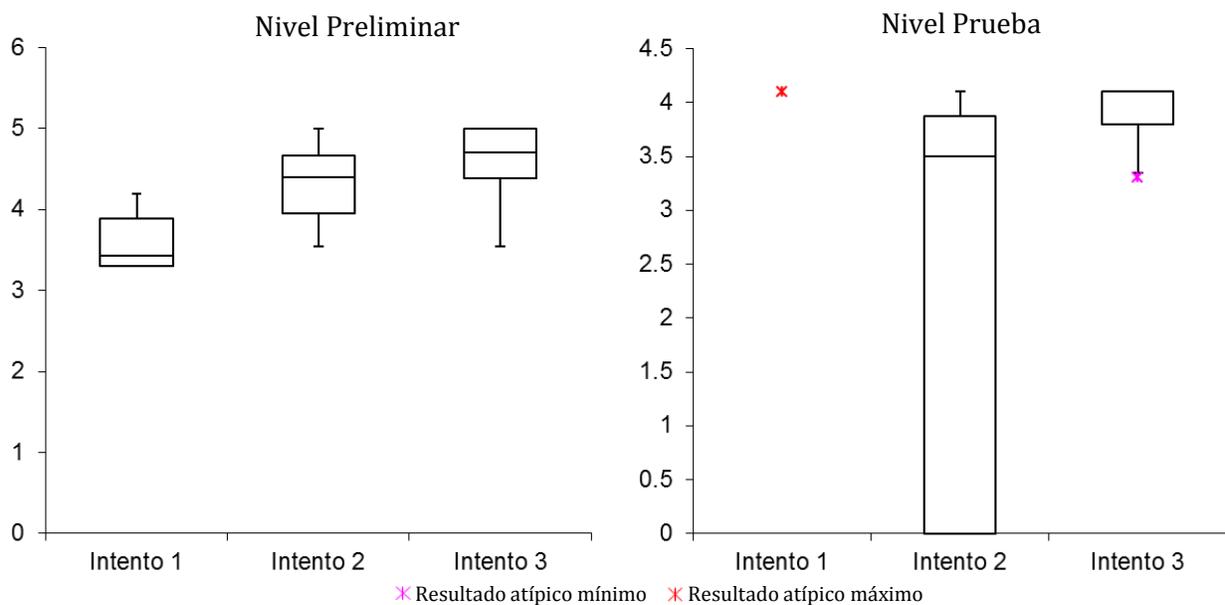


FIG. 37 PUNTAJES DE LOS ESTUDIANTES POR INTENTO

Los tests fueron hechos en formato de pregunta abierta y fueron validados por un experto que proveyó las respuestas a cada pregunta, dando el visto bueno sobre cada test. La evaluación de las respuestas de los estudiantes en cada test se hizo de una forma cualitativa comparando las respuestas del experto con lo que cada estudiante respondió. Para el test previo el promedio de puntaje de los estudiantes sobre una escala de 100 puntos fue de 17.17. En el test previo hubo una pregunta que no se entendió bien por parte de los estudiantes, y el promedio del resultado fue de 17.22 quitando esa pregunta del promedio. Para el test posterior al juego el promedio de los estudiantes fue de 41.25. En este test hubo 5 preguntas en donde la respuesta no se reflejó bien por parte del juego y el promedio de los estudiantes quitando esas 5 preguntas fue de 65.83.

La encuesta cualitativa constaba de 12 preguntas en donde el usuario podía valorar algún aspecto del juego en una escala de 1 a 7. Dentro de las respuestas encontradas, cabe resaltar que las tareas interactivas son un punto alto del juego, ya que la mayoría de respuestas a la pregunta que calificaba este aspecto del juego estuvieron entre 6 y 7. Por otro lado los estudiantes no sintieron

tan claros los momentos en los que fallaron ya que no respondieron con un puntaje muy alto a la pregunta que valoraba si era claro el error que cometían, en esta pregunta las respuestas variaron entre 1 y 5 con una mediana de 2.5.

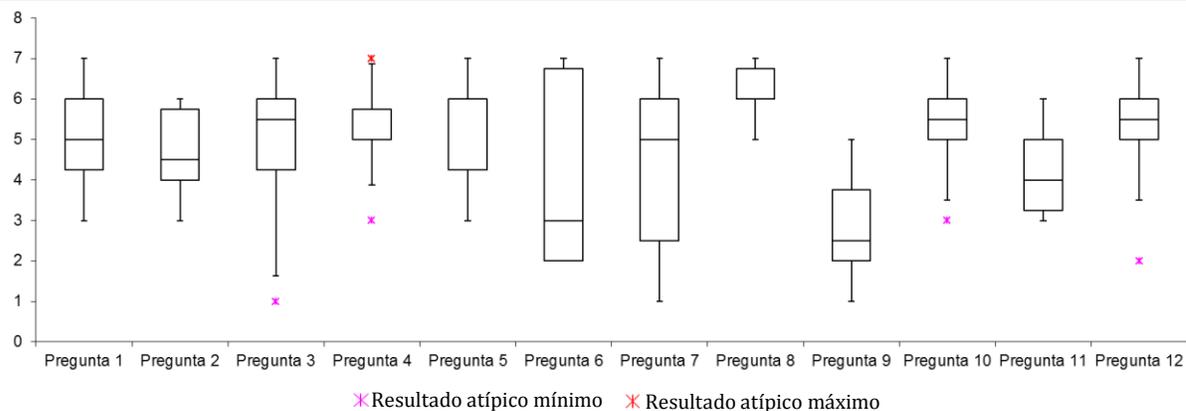


FIG. 38 RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS CUELITATIVAS A LOS ESTUDIANTES

Las preguntas hechas fueron las siguientes:

1. La forma de organizar las tareas es intuitiva
2. El mecanismo para ver la descripción de cada tarea es intuitivo
3. El tiempo dado para organizar las tareas es suficiente
4. En todo momento sabía cuál era la tarea que se estaba realizando
5. Las caritas muestran de forma efectiva mi progreso durante el nivel
6. El color verde y rojo sobre la pantalla muestran efectivamente cuando cometo un error
7. El tiempo dado para realizar una tarea interactiva es adecuado
8. Las tareas interactivas fueron entretenidas
9. En los momentos en los que cometí errores, fue claro cuál fue el error.
10. En general, como te pareció el juego.
11. En general, que tan claras te parecieron las mecánicas.
12. Que tan divertido te pareció el juego.

6.2 PRUEBA 2

Para la segunda prueba se contó con una muestra de 11 estudiantes. En este caso los niveles contaban con las características descritas en la sección “Niveles” de este documento. Para la segunda prueba, los estudiantes contaban con una experiencia parecida a la de los estudiantes del primer grupo pues 4 de ellos respondieron que habían puesto un tubo de tórax de 1 a 2 veces y el resto respondió que nunca lo habían hecho.

En los resultados de los puntajes de juego de los estudiantes, encontramos resultados mixtos. En el nivel preliminar, los resultados se parecen a los de la primera prueba. Se puede ver una progresión incremental hacia un mejor resultado. Por otro lado, para el nivel de prueba los resultados varían bastante, en donde el primer intento de los estudiantes muestra resultados buenos con varias puntuaciones máximas, el segundo intento con valores que sólo oscilan entre la puntuación mínima

y la máxima y el tercero con la misma tendencia del segundo. Al ver los resultados del nivel de prueba completo, se puede ver una progresión hacia la mejoría en cada intento. El primer intento muestra resultados variados que oscilan entre la puntuación máxima y la puntuación mínima, el segundo intento muestra un movimiento significativo hacia la puntuación máxima con algunos puntajes intermedios y finalmente se ve un intento final donde todos los jugadores obtuvieron la puntuación máxima.

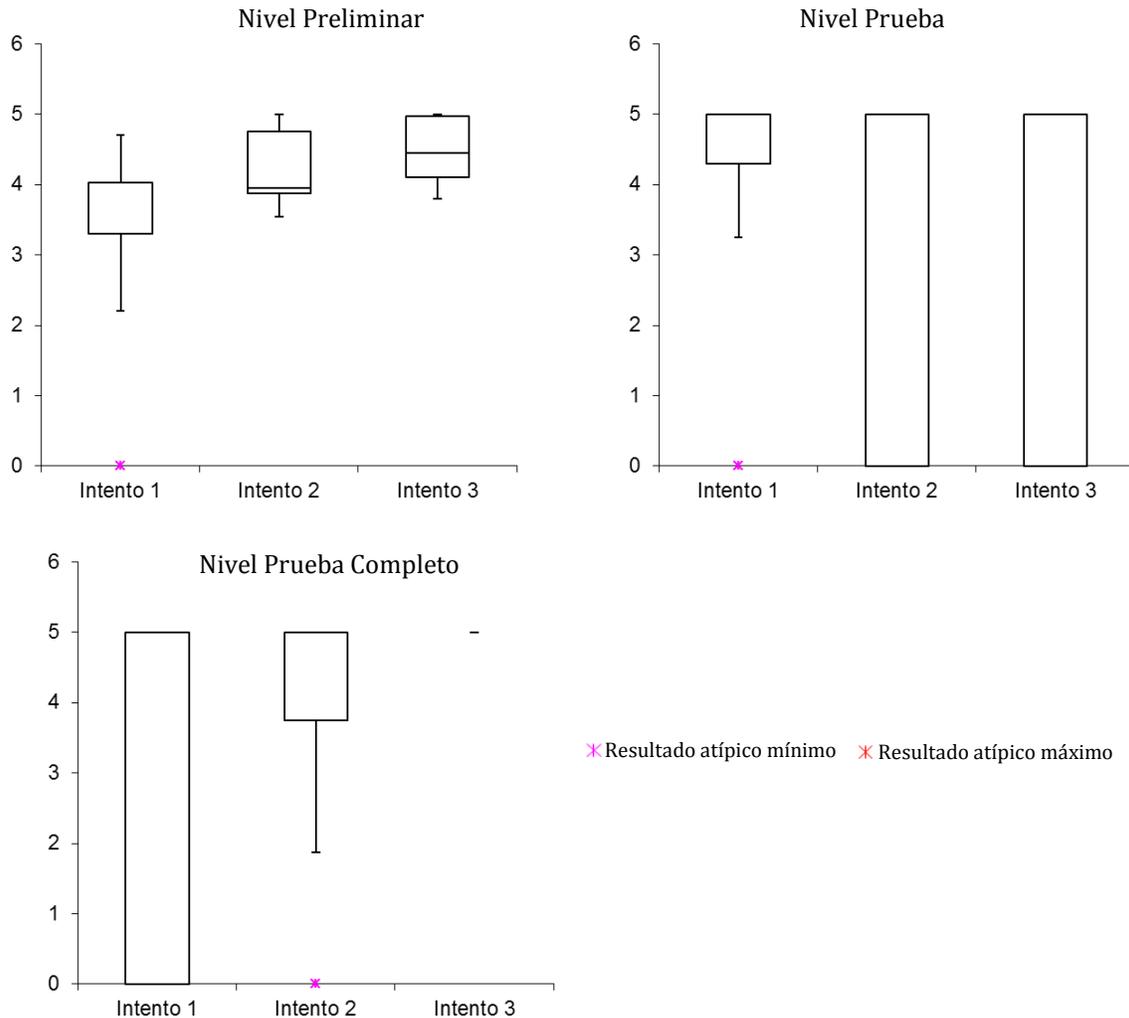


FIG. 39 PUNTAJES DE LOS ESTUDIANTES POR INTENTO

Para la segunda prueba el formato de los tests cambió y se utilizó un formato de selección múltiple. Lo resultados del test previo al juego en promedio en una escala de 1 a 100 fueron de 59.59. Esto muestra un cambio significativo con respecto a la primera prueba, y la razón de este cambio se basa en el formato de selección múltiple, que de una u otra forma guía al estudiante en las respuestas. El resultado promedio para el test posterior fue de 58.33. Esto muestra una variación con respecto a la primera prueba, en donde los resultados del test posterior fueron mejores.

Finalmente, encontramos que en los resultados de la encuesta cualitativa posterior al juego, se percibe por parte de los estudiantes que el tiempo dado para completar las tareas interactivas y para ordenar las tareas en general fue un tiempo razonable. Las preguntas realizadas fueron las mismas de la prueba 1. Es un resultado que contrasta con el resultado de la primera prueba en donde los resultados para estas preguntas no fueron muy negativos, sin embargo hubo un cambio de opiniones en donde se pensaba que el tiempo dado no es el ideal. Por otro lado, en la pregunta 9, que evalúa si los errores cometidos fueron claros para el usuario, se vio un cambio positivo, lo cual indica que el nivel de prueba quedó mejor diseñado.

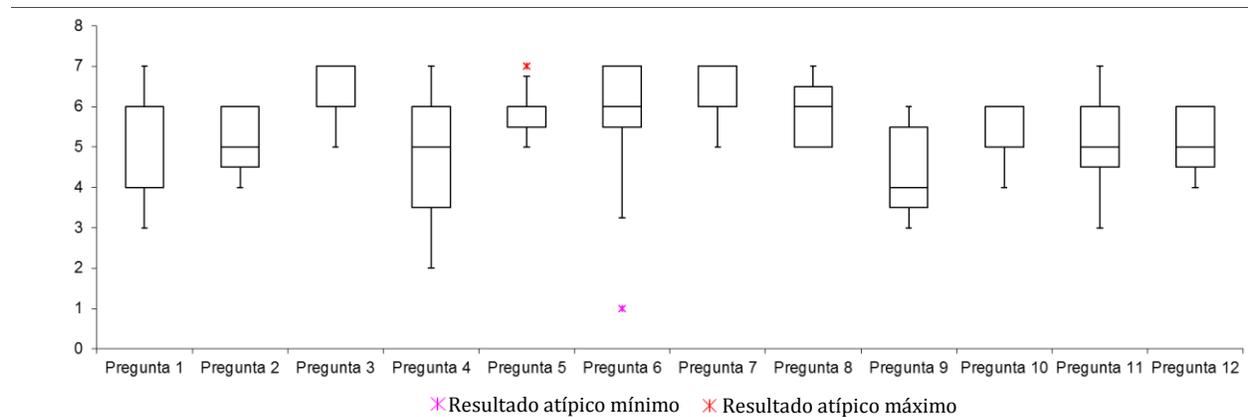


FIG. 40 RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS CUELITATIVAS A LOS ESTUDIANTES

7 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las pruebas muestran resultados mixtos en donde una de las pruebas muestra una transferencia de conocimiento a los estudiantes por parte del juego en donde la evaluación hecha a los estudiantes después de jugar el juego muestra una mejoría significativa en comparación al test hecho antes de jugarlo. La siguiente prueba no muestra una mejoría con respecto al test previo al juego, sin embargo se sabe que el formato de evaluación cambió de una prueba a otra. En la segunda prueba se usa la selección múltiple, la cual puede ser una guía para el estudiante en caso de que no sepa en nada cual puede ser la respuesta ya que por inferencia y descarte, la respuesta correcta se puede adivinar. Esto se ve reflejado en el rango opciones escogidas. Para algunas preguntas del test previo, los estudiantes no seleccionaron absoluto unas de las opciones, lo cual indica que la opción no suponía una distracción significativa y era fácilmente descartada.

Para la fácil creación y edición de niveles, se plantea la creación de un editor que permita crear tareas de forma fácil. El edito puede ser pensado como un plugin para Unity en donde se extienda la interfaz que provee el editor para permitir las funcionalidades de editar tareas. Usando Scrum como metodología para plantear las funcionalidades de un sistema [5], se plantean las siguientes historias de usuario:

- Yo como diseñador de juego quiero crear una tarea de forma que pueda agregar cosas para hacer en el juego.

Para esta historia de usuario el editor debe permitir dar un nombre, un identificador, una descripción en texto e imágenes y debe poder asignarle un dibujo a la tarea. Para el manejo de animaciones, el editor debe permitirle asociar objetos en una escena a la tarea. Adicionalmente, debe existir un secuenciador que le permita al diseñador programar cuales animaciones se van a ejecutar y el orden en el que se van a ejecutar. Esta implementación no es trivial ya que requiere coordinar objetos en una escena, animaciones y debe controlar cuales objetos se pueden ver o no. Para las tareas interactivas, el editor debe permitir editar el tiempo disponible para completar una tarea determinada, así como la generación de plantillas de código, con clases específicas que le den una guía al programador a la hora de implementar las mecánicas de la tarea.

- Yo como diseñador de juego quiero crear una secuencia obligada de forma tal que pueda imponer reglas sobre el nivel.

Ya teniendo un editor de tareas, se puede implementar un editor de secuencias obligadas que permita arrastrar las tareas creadas y se puedan escribir las razones correspondientes para cada intermedio entre tareas. El reto técnico para implementar esta parte del editor no es tan grande como el del creador de tareas.

- Yo como diseñador de juego quiero establecer las secuencias fijas del nivel de forma que pueda imponer reglas sobre órdenes específicos en los cuales se debe ejecutar una tarea.

Si se tiene un editor de secuencias obligadas, las cuales representan la base para construir las reglas de los niveles, se pueden crear editores para los otros tipos de reglas posibles dentro del juego. El caso de las secuencias fijas es uno de ellos.

El editor puede ser tan complejo como se quiera, sin embargo debe cumplir con requisitos mínimos para que pueda ser una herramienta verdadera a la hora de crear videojuegos de forma masiva utilizando el gameplay planteado en este trabajo. Estos requisitos mínimos se materializan en la habilidad de poder editar todas las reglas posibles planteadas en la sección de definiciones. Características adicionales como poder editar fácilmente la apariencia general del juego, un editor avanzado para el briefing de cada nivel sería deseable en el editor pero no serían características fundamentalmente necesarias.

REFERENCIAS

- [1] B. C. B. K. M. P. D. B. A. D. Hamed Sabri, «Serious games for knee replacement surgery procedure education,» *Procedia Social and Behavioral Sciences*, p. 3483–3488, 2010.

- [2] A. K. G. N. B. K. A. D. Robert Shewaga, «Z-DOC: A Serious Game for Z-Plasty,» Toronto, 2013.
- [3] O. M. Group. [En línea]. Available: <http://www.omg.org/bpmn/Documents/FAQ.htm>. [Último acceso: 20 11 2014].
- [4] Lucid Software, «BPMN Activities,» [En línea]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/bpmn/activities>. [Último acceso: 20 11 2014].
- [5] «Scrum Methodology,» [En línea]. Available: <http://scrummethodology.com/scrum-user-stories/>. [Último acceso: 23 11 2014].