

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE MICROSCOPIA VIRTUAL PARA
APOYAR DOCENCIA UNIVERSITARIA.**

LUIS MIGUEL BRIONES MONTECINOS

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN INFORMÁTICA MÉDICA.

Director de Tesis: Prof. Dr. Steffen Härtel

2016

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE MICROSCOPIA VIRTUAL PARA
APOYAR DOCENCIA UNIVERSITARIA.**

LUIS MIGUEL BRIONES MONTECINOS

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN INFORMÁTICA MÉDICA.

Director de Tesis: Prof. Dr. Steffen Härtel

2016

DEDICATORIA

A mi hermosa familia, que siempre me permitió tomar mis propias decisiones y construir mi propio camino, esa libertad es lo que soy hoy en día.

A la luz de mi vida, mi mujer Cristina y mi pequeño Francisco, siempre han creído en mí y han estado a mi lado en cada uno de mis desafíos. Son sin duda lo más hermoso que me ha regalado la vida, y doy gracias a Dios por tener la posibilidad de disfrutarlos día a día.

Gracias Cristina y Francisco por enseñarme cada día a disfrutar la vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi familia, especialmente a mis padres que construyeron la persona que soy hoy en día, me formaron con valores que hoy encuentro fundamentales, me enseñaron a disfrutar las cosas simples de la vida, y eso se los agradeceré por siempre.

Por supuesto a Cristina, mi compañera incondicional en este viaje que decidimos emprender hace algo más de una década, eres un pilar fundamental en este hermoso camino. Y como no agradecer también a Francisco, el fruto de este amor que con su sonrisa nos enamora cada día.

A Steffen y Eugenia por su gran apoyo y confianza durante el desarrollo de este proyecto. Y también a todas las personas que de algún modo contribuyeron en este trabajo.

Finalmente a mis amigos, que son parte fundamental en mi vida.

INDICE

1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	4
3. Introducción.....	6
4. Hipótesis	12
5. Objetivo general	12
6. Objetivos específicos	12
5. Materiales y métodos	13
5.1. Ingeniería de requerimientos.....	13
5.1.1. Captura de requerimientos.....	14
5.1.1.1. Entrevistas	15
5.1.1.2. Prototipos.....	16
5.1.2. Análisis de requerimientos	16
5.1.2.1. Clasificación de requerimientos	16
5.1.2.2. Modelado conceptual.....	17
5.1.2.3. Negociación de requerimientos.....	18
5.1.2.4. Especificación de requerimientos	18
5.2. Plan de desarrollo	19
5.2.1. Modelo de prototipos.....	19

5.2.2. Aspectos técnicos de la implementación.....	20
5.3. Creación de cursos pilotos.....	20
5.4. Puesta en marcha y evaluación de la plataforma.....	22
6. Resultados	24
6.1. Implementación.....	24
6.2. Usabilidad y accesibilidad	30
6.3. Aprendizaje y valoración	34
6.4. Comparación de recursos virtual – presencial	37
7. Discusión.....	39
8. Conclusión	45
9. Bibliografía	46
10. Anexos	49
10.1. Evaluación de la plataforma “ <i>Patologi - Virtuelmikroskopi/Med</i> ”	49
10.2. Consentimientos informados entrevistas.....	51
10.3. Encuesta electrónica y validación	53
10.4. Especificación de requerimientos de software	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos funcionales y usuarios que los utilizan. -----25

Tabla 2 Propiedades requeridas del sistema. -----25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Whole Slide Image - Estructura de datos piramidal. ----- 7

Figura 2 Diagrama Caso de Uso global de la plataforma web de MV para su uso en docencia universitaria. -----26

Figura 3 Apariencia del curso piloto de Carcinoma Espinocelular creado para la puesta en marcha de la plataforma. -----28

Figura 4 Encuesta electrónica. -----29

Figura 5 Conexión remota y dispositivos electrónicos utilizados por los estudiantes. -----30

Figura 6 Usabilidad de la plataforma. -----31

Figura 7 Facilidad para encontrar células o estructuras dentro del tejido. -----32

Figura 8 Dificultades y limitaciones de la plataforma. -----33

Figura 9 Características más valoradas de la plataforma. -----34

Figura 10 Utilidad de la microscopía virtual para estimular el aprendizaje. -----35

Figura 11 Comentarios y sugerencias para mejorar la plataforma. -----36

Figura 12 Función para agregar anotaciones en una placa virtual. -----36

Figura 13 Uso de plataforma de microscopía virtual como complemento al uso de microscopio convencional. -----37

Figura 14 Preferencia sobre la herramienta a utilizar para cursos de Patología o Histología.-----38

1. RESUMEN

La Microscopia Virtual (MV) es una herramienta tecnológica que permite la visualización de imágenes digitales microscópicas de gran resolución a través de un computador, *tablet* o teléfono celular, imitando la funcionalidad de un microscopio óptico tradicional [1]. La MV resuelve en gran medida problemas inherentes de la microscopia convencional, como por ejemplo: i) acceso limitado a microscopios, ii) acceso a laboratorios para realizar tinción de muestras, iii) escaso tiempo de contacto entre estudiantes, docentes y el material de trabajo, iv) riesgo de romper placas histológicas v) imposibilidad de compartir y publicar anotaciones, vi) cambio de intensidad de la tinción debido al transcurso del tiempo, vii) dificultades logísticas para administrar y almacenar placas histológicas y viii) dificultad de marcar puntos o regiones de interés [2].[3].[4]. Las limitaciones mencionadas se acrecientan aún más en regiones de Chile que no cuentan con acceso a laboratorios o infraestructura adecuada.

La MV está siendo utilizada en ámbitos de patología y anatomía, reuniones clínicas tumorales, cursos en línea, workshops virtuales e iniciativas en educación a nivel escolar, universitario y educación continua [5]. En asignaturas tales como Histología y Patología, que tradicionalmente utilizan microscopios para que los estudiantes visualicen y analicen muestras de tejido [6], es donde la MV posibilita en gran medida el uso de plataformas especializadas para el logro de aprendizajes específicos [2]. En este sentido, fuera de Chile se han implementado con éxito y muy buena aceptación, numerosas plataformas digitales, accesibles a través de internet por la comunidad

estudiantil y docente. A modo de ejemplo, cabe mencionar la plataforma *Patologi - Virtuelmikroskopi/Med* [7], ampliamente utilizada para apoyar la docencia biomédica en *Aarhus University*, Dinamarca.

Tomando en consideración el hecho de que en Chile no se cuenta con soluciones de este tipo, esta tesis se enfocó en el diseño e implementación de una plataforma de MV que permita dar apoyo a la docencia universitaria, tomando como eje principal el desarrollo de una solución a medida para los docentes locales, orientado a la obtención de un producto flexible, multiplataforma y en lenguaje español. Bajo este contexto, se creó un curso piloto de Patología Oral para la carrera de Odontología de la Universidad de Talca. Adicionalmente, se diseñó y aplicó a los estudiantes una encuesta electrónica con el propósito de evaluar la experiencia usuaria frente a la utilización de la plataforma.

Los resultados fueron agrupados en tres categorías de análisis, I) Usabilidad y accesibilidad, II) Aprendizaje y valoración, y III) Comparación de recursos en las modalidades virtual/presencial. Las dos primeras categorías son relevantes para la correcta adopción de tecnología en el sector educativo, ya que impactan directamente tanto en la experiencia usuaria como en la potencialidad de aprovechar de la manera más adecuada los beneficios intrínsecos que tiene la MV. El análisis de la tercera categoría, mostró una clara preferencia de los estudiantes para utilizar herramientas de MV en sus cursos de Patología o Histología, además de su uso como complemento a la microscopía convencional, lo que va en concordancia con el lineamiento que siguen los docentes interesados en implementar esta nueva aproximación.

Los resultados obtenidos mediante la encuesta electrónica, permitieron definir trabajos futuros tendientes a introducir mejoras en la plataforma, tanto en términos funcionales, como también en contenidos, apuntando a mejorar la experiencia usuaria y la correcta apreciación del material en cada curso.

2. ABSTRACT

Virtual Microscopy (VM) is a technological tool that allows microscopic visualization of high resolution digital images through a computer, tablet or mobile phone, mimicking the functionality of a traditional optical microscope [1]. VM solves several inherent problems of conventional microscopy, such as: i) limited access to microscopes, ii) limited access to laboratories for histological procedures and sample staining, iii) students are in contact with working material for small amounts of time, iv) risk of breaking histological slides, v) inability to share and publish annotations, vi) fading of staining due to the passage of time, vii) logistical difficulties of managing and storing histological slides and viii) difficulty of marking points or regions of interest on the slides [2][3][4]. These limitations are further amplified in remote regions of Chile that do not have access to laboratories or adequate infrastructure.

VM is being used in areas of pathology and anatomy, tumor clinical meetings, online courses, virtual workshops and education initiatives in school, undergraduate and continuing education [5]. In courses such as Histology and Pathology, which traditionally use microscopes in order for the students to visualize and analyze tissue samples [6], it is where VM enables the use of specialized platforms to achieve specific learning [2]. In this regard, many digital platforms accessible via Internet by student and faculty communities have been successfully implemented outside of Chile and have been well received. For example, the platform Patologi - Virtuelmikroskopi/Med [7] widely used to support biomedical teaching at Aarhus University, Denmark.

Taking into consideration that Chile does not have solutions like the previously mentioned, this thesis focused on the design and implementation of a VM platform to support university teaching, focusing primarily on the development of a solution for local teachers, aimed at obtaining a flexible multiplatform product, that is also implemented in native Spanish language. In this context, a pilot course of Oral Pathology for the career of Dentistry at the University of Talca was created. Additionally, an electronic survey was designed and applied to the students with the purpose of evaluating the user experience regarding the platform use.

The results were grouped into three categories of analysis, I) Usability and accessibility, II) Learning and assessment, and III) Comparison of resources in the virtual/presential modalities. The first two categories are relevant to the successful adoption of technology in the educational area, because both directly impact the user experience and the potential to properly take advantage of the intrinsic benefits of VM. The analysis of the third category, showed a clear preference of students to use VM tools in their courses of Pathology and Histology, in addition to use as a complement to conventional microscopy, which is in line with the guidelines followed by teachers interested in implementing this new approach.

The results obtained with the survey, allows us to discern new ways to improve the platform, in functional terms, as well as in content, aiming to improve the user experience and correct assessment of the material in each course for future work.

3. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de áreas como la microscopia y las tecnologías de la información (TIC), han permitido utilizar microscopios escaneadores de tejido para digitalizar placas histológicas completas. El proceso de escaneado genera un archivo digital llamado *Whole Slide Imaging* (WSI) o placa virtual, las cuales gracias a la MV se pueden visualizar, navegar y anotar a través de internet [9], utilizando un software visualizador que emula el comportamiento de un microscopio óptico convencional [10]. El archivo WSI es una estructura compleja de datos, formada por múltiples imágenes de diferente magnificación y resolución, las que se ordenan bajo una estructura piramidal (Figura 1) [11]. La altura de la pirámide corresponde a los distintos niveles de magnificación disponibles en la placa virtual, cada uno formado por una serie de pequeñas imágenes, dispuestas como bloques contiguos. Esta estructura facilita la consulta rápida de subregiones arbitrarias de la placa virtual [11], sin necesidad de cargar la imagen completa para su visualización. Este punto cobra especial relevancia al considerar que el tamaño de un archivo WSI puede ir desde unos cientos de megabytes hasta varios gigabytes. A modo de ejemplo, al digitalizar con un objetivo de 40X una placa histológica de tamaño estándar (15x20mm), se genera una placa virtual de 60.000 por 80.000 píxeles, equivalentes a 15 gigabytes de tamaño, por lo que evidentemente no es factible cargar la imagen completa para su visualización tal como se realiza con imágenes tradicionales.

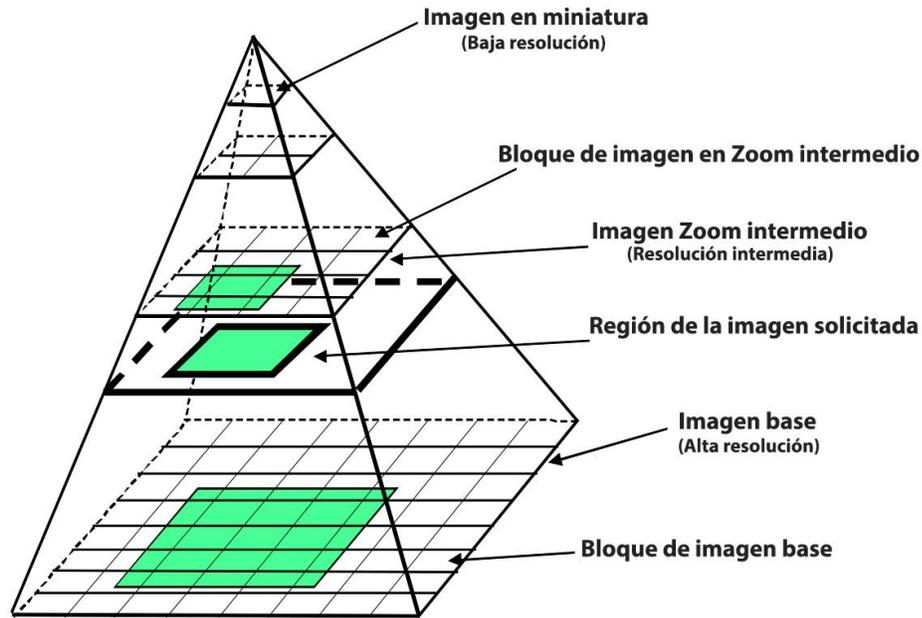


Figura 1 Whole Slide Image - Estructura de datos piramidal. Se observa la distribución de los niveles de magnificación a través de la altura de la pirámide, y cada nivel se organiza por una serie de pequeñas imágenes dispuestas como bloques contiguos para formar la imagen final.

Para dicho propósito, existe *software* especializado para la visualización de WSI, tanto a través de internet como localmente. Algunos de ellos tienen la posibilidad de añadir características adicionales en su funcionamiento, como por ejemplo, presentar una vista general de la placa virtual en miniatura, referencias a la posición dentro de ella, o el nivel de magnificación actual. Esto permite a los usuarios mantener a la vista la orientación y el contexto de exploración en el que se encuentran. Adicionalmente, la vista en miniatura ayuda a que usuarios inexpertos mantengan una clara ubicación de la región que están explorando en la placa virtual, lo que no suele ser evidente bajo un microscopio convencional [6].

Desde la aparición de esta tecnología, la MV ha sido utilizada en campos diversos tales como patología y anatomía, telemedicina, reuniones clínicas tumorales, cursos en línea, workshops virtuales e iniciativas en educación a nivel escolar, universitario y

educación continua [5]. Es en el área educacional donde el presente estudio se centrará en más detalle ya que, tradicionalmente los cursos de Histología y Patología en docencia universitaria se realizan en modalidad presencial en una sala acondicionada para que los preparados histológicos sean visualizados y analizados a través de microscopios ópticos convencionales. Este proceso tiene asociado las siguientes limitaciones: i) acceso limitado a microscopios, ii) acceso limitado a laboratorios para tinción de muestras, iii) escaso tiempo de contacto entre estudiantes y el material de trabajo, iv) riesgo de romper placas histológicas v) imposibilidad de compartir y publicar anotaciones, vi) dificultad de marcar puntos o regiones de interés, vii) cambio de intensidad de la tinción con el tiempo, viii) dificultades logísticas para administrar y almacenar placas histológicas, y ix) presenciabilidad en el mismo lugar que el equipamiento y el preparado histológico [2]·[3]·[4]. Las limitaciones mencionadas se acrecientan aún más en regiones de Chile donde no se cuenta con laboratorios e infraestructura adecuada.

La MV cumple un rol fundamental al resolver las problemáticas mencionadas anteriormente, permitiendo además mejorar la experiencia de estudio tanto para docentes y estudiantes que utilicen este tipo de herramienta tecnológica. Uno de los beneficios que muchas veces se deja en segundo plano es que, desde el punto de vista educativo, el uso de placas histológicas virtuales permite que todos los estudiantes puedan trabajar con la misma imagen, y el docente tiene la posibilidad de asegurarse de que la placa virtual utilizada sea la mejor y más representativa de su colección para el objetivo de su clase. De este modo, placas convencionales de calidad inferior que podrían ser recibidas por los estudiantes, o la poca habilidad para manejar

técnicamente un microscopio no interfieren con la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Internacionalmente existen diversas plataformas *web* que utilizan la MV para realizar cursos de Histología y Patología [12]: i) *Histologiekurs, Zurich University*, Suiza [13], ii) *Mainzer Histo Maps, Johannes Gutenberg University Mainz*, Alemania [14], iii) *NYU Virtual Microscope, New York University, USA* [15], iv) *ScanScope Images, Zurich University*, Suiza [16], v) *Virtuelle Pathologie Magdeburg, Otto von Guericke University, Magdeburg*, Alemania [17]. En general, estas plataformas presentan funcionalidades básicas de WSI, como navegación a través de la placa virtual, y posibilidad de añadir anotaciones y puntos de interés. Sin embargo, solo *NYU Virtual Microscope* cuenta con soporte para dispositivos móviles como teléfono celular y *tablet*. Varias plataformas utilizan *Adobe Flash* para implementar el visualizador de WSI, lo que requiere la instalación previa de un *plug-in* en el navegador *web* para su funcionamiento. Esto constituye una limitación para algunos dispositivos móviles que no soportan dicha instalación, además de requerir la intervención del usuario en este procedimiento. Otras plataformas utilizan la tecnología de *HTML5* y *Javascript*, lo que resuelve la necesidad de *plug-in* de terceros en los navegadores *web*, sin embargo, no cumplen con la totalidad de las exigencias que se están buscando en herramientas de este tipo, como por ejemplo portabilidad, usabilidad, multiplataforma, entre otras.

La plataforma *Patologi - Virtuelmikroskopi/Med* [7] es una herramienta muy utilizada y bien evaluada por parte de la comunidad docente y estudiantil de *Aarhus University*, Dinamarca. Por ese motivo, y gracias a acuerdos de colaboración con sus creadores, se realizó un trabajo preliminar en el cual se la evaluó funcionalmente esta plataforma,

con el objetivo de analizar una posible adaptación a la realidad local. La evaluación se basó en la etapa de ingeniería de requerimientos, lo que permitió evaluar si dicha plataforma cumplía funcionalmente con los requisitos identificados. Finalmente se desechó la opción de reutilizar y adaptar esta plataforma hacia una versión local (Anexo: 10.1 Evaluación de la plataforma “*Patologi - Virtuelmikroskopi/Med*”), reafirmando la decisión de un desarrollo propio, el cual estará diseñado e implementado con orientación a usuarios nacionales, garantizando de esta forma un alto grado de cumplimiento de sus necesidades.

Este trabajo de tesis consta de tres etapas:

- i. La primera dedicada a la ingeniería de requerimientos, que busca conocer el dominio del problema, así como documentar y analizar las necesidades de los usuarios.
- ii. La segunda etapa se enfoca en el diseño e implementación de una plataforma *web*, que se adapte a la realidad local y a sus necesidades, tomando en consideración la información adquirida previamente.
- iii. La tercera etapa consiste en la evaluación de la experiencia usuaria de los estudiantes frente a la realización de un curso piloto en la plataforma.

Con el fin de realizar un desarrollo e implementación concordante con los criterios mencionados anteriormente, se tomó la decisión de utilizar como base el marco de trabajo *Bootstrap* [18], debido a que se requirió ir creando rápidamente prototipos funcionales. Dicho marco de trabajo permite realizar esto de manera eficiente y con un

diseño muy bien logrado. *Bootstrap* utiliza *HTML5*, *CSS* y *Javascript* lo que garantiza su buen funcionamiento en cualquier navegador *web* y dispositivo móvil. Finalmente, se utilizará el visualizador de WSI *OpenSeadragon* [19] que no requiere el uso de *plugin* de terceros, ni la instalación de *software* externo por parte del usuario. De esta forma se espera contribuir a mejorar la experiencia usuaria y la compatibilidad de la plataforma diseñada con una amplia gama de dispositivos electrónicos.

Como etapa final, y bajo un contexto de colaboración con regiones de Chile que requieren este tipo de herramientas, se generó un convenio de cooperación en informática médica, telemedicina y patología digital para la innovación en salud electrónica entre la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, y la Facultad de Ciencias de la Salud y Escuela de Medicina de la Universidad de Talca [8]. Este convenio permitió consolidar un vínculo con docentes de Patología Oral de la Universidad de Talca, logrando implementar uno de sus cursos en la plataforma VirtualMicro creada en esta tesis, posibilitando realizar la puesta en marcha con estudiantes de dicha universidad. La puesta en marcha consistió en un curso de Carcinoma Espinocelular, para estudiantes de tercer año de la carrera de Odontología. Posteriormente se evaluó a través de una encuesta electrónica, la experiencia usuaria de los estudiantes frente al uso de la plataforma. Los resultados obtenidos son auspiciosos en términos de usabilidad y valoración en contraste a la metodología convencional con la cual fue comparada y son al mismo tiempo motivantes para seguir mejorando y ampliando la gama de cursos disponibles para ser implementados en otras universidades.

4. HIPÓTESIS

El diseño e implementación de una plataforma de microscopía virtual para apoyar docencia universitaria, tendrá una aceptación positiva en la comunidad estudiantil local, en términos de experiencia usuaria.

5. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una plataforma de microscopia virtual para apoyar docencia universitaria, evaluando la experiencia usuaria de estudiantes universitarios frente a su uso.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general y puesta a prueba de la hipótesis de trabajo implicó la realización de los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar proceso de ingeniería de requerimientos, para la evaluación y creación del plan de desarrollo de la plataforma web de microscopia virtual.
2. Diseñar e implementar plataforma web de microscopia virtual.
3. Crear un curso piloto dentro de la plataforma web de microscopia virtual para su puesta en marcha, específicamente en un curso de Carcinoma Espinocelular, para estudiantes de tercer año de la carrera de Odontología de la Universidad de Talca.
4. Evaluar la experiencia usuaria de estudiantes universitarios frente al curso piloto, utilizando una encuesta electrónica como instrumento de adquisición.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se detallará en profundidad cada una de las etapas metodológicas seguidas en este trabajo de tesis. Comenzando con la etapa de ingeniería de requerimientos, donde se extrae toda la información necesaria desde los usuarios para realizar un diseño e implementación acorde a sus necesidades. Luego se adentrará en el plan de desarrollo, en el cual se pueden encontrar los detalles técnicos de la implementación de la plataforma. Para finalizar, las últimas dos secciones están dedicadas a detallar la etapa de creación del curso piloto para la puesta en marcha de la plataforma y la evaluación de la misma.

5.1. INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos son la base para el desarrollo y planificación de un proyecto informático y constituyen la definición de lo que los usuarios, clientes, proveedores o empresas, necesitan de un potencial nuevo sistema, así como también establecen lo que el sistema debe hacer para satisfacer esas necesidades [20]. El proceso de captura, análisis y validación de los requerimientos del cliente es llamado 'ingeniería de requerimientos', siendo su objetivo entregar una especificación de lo que se necesita para la implementación adecuada de un *software*, y de esa forma comprender mejor las necesidades reales de los usuarios, y al mismo tiempo diseñar un plan de implementación realista y consistente.

La etapa de ingeniería de requerimientos comenzó con la captura de necesidades de los docentes locales, la cual fue realizada a través de reuniones periódicas utilizando prototipos y entrevistas [21], debido a que es la técnica que logra capturar mayor

cantidad y calidad de información de los usuarios [22]. Posteriormente, se realizó el proceso de análisis de requerimientos, el cual se enfocó en identificar los flujos de información entre usuarios y el sistema, las funciones específicas del sistema, y las características y restricciones del diseño. Adicionalmente, para facilitar el análisis y evaluación de esta etapa, se diagramaron los requerimientos identificados como casos de uso. Finalmente se creó una especificación de requerimientos bien definida y validada por los usuarios. A continuación se detalla en más profundidad cada uno de los pasos realizados en esta etapa.

5.1.1. CAPTURA DE REQUERIMIENTOS

La captura de requerimientos es una tarea compleja dentro de la ingeniería de *software*, debido a que los usuarios suelen tener dificultades para describir lo que necesitan, y pueden omitir información relevante, o simplemente pueden no estar dispuestos a cooperar [21]. Dado que esta etapa es fundamental para la obtención de productos de calidad, se realizó con especial atención, ya que errores durante la captura de requerimientos se arrastraran durante el diseño e implementación del proyecto, y por consiguiente no se obtiene el *software* que el usuario realmente requería.

Existe una diversidad de técnicas para realizar la captura de requerimientos, las que han sido ampliamente descritas en la literatura [20]. Este proyecto en particular utilizó dos de ellas, entrevistas y prototipos.

5.1.1.1. ENTREVISTAS

La realización de entrevistas es el método más utilizado para la captura de requerimientos, ya que es la forma más directa para conocer lo que necesitan los involucrados en el proyecto. Se recomienda sin embargo, combinar la realización de entrevistas con otras técnicas que permitan complementar el proceso de captura de requerimientos, debido a que una de las limitaciones de la entrevista es que solo permiten mostrar un punto de vista a la vez, y distintos usuarios pueden tener aproximaciones diferentes sobre alguna situación particular, por lo que hay que saber cómo afrontar estos conflictos y proponer estrategias para solucionarlos [23].

Existen dos tipos de entrevistas, i) entrevistas estructuradas, donde se sigue un conjunto de preguntas planificado, y ii) entrevistas no estructuradas, en las que no existe un plan definido. En este proyecto las entrevistas estuvieron compuestas de una mezcla de ambos tipos, ya que se partió con preguntas base, de las cuales se fueron desprendiendo otras interrogantes durante el transcurso de la conversación.

Con la realización de entrevistas para la captura de requerimientos se obtuvieron variados beneficios, ampliamente descritos en la literatura [23]. Por una parte, se le entregó inmediatamente atención personalizada al usuario, haciéndolo parte de este importante proceso, y por otra, se generó un dialogo fluido con los usuarios, donde se plantearon todas las dudas que iban surgiendo durante el transcurso de la entrevista, con el objetivo de no dejar preguntas sin resolver.

5.1.1.2. PROTOTIPOS

Como se describe en la literatura, la creación de prototipos y su discusión durante reuniones o entrevistas constituye una forma efectiva de descubrir y validar requerimientos [23]. Esta estrategia tuvo como objetivo principal mejorar la adquisición y calidad de los requerimientos, ya que un buen prototipo facilita que los usuarios planteen de mejor manera sus necesidades. Esta etapa fue ejecutada con especial atención, ya que la creación de un mal prototipo (muy completo o muy atractivo visualmente), puede causar que los usuarios consideren cumplidas sus necesidades en el proyecto, y sientan esa instancia como una aprobación del mismo.

Para descubrir requerimientos utilizando prototipos se aplicó un ciclo simple de indagación, el cual constó de tres fases [23]: i) escuchar cuidadosamente, ii) creación de prototipo, y iii) presentación del prototipo.

5.1.2. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

La etapa de análisis de requerimientos tuvo como finalidad: i) identificar conflictos existentes entre algunos de los requerimientos encontrados, ii) descubrir las restricciones o limitaciones que tendrá el *software*, y iii) definir cómo debe interactuar el sistema con los respectivos usuarios. En este trabajo, el proceso se dividió en cuatro etapas que se detallan a continuación:

5.1.2.1. CLASIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos identificados en las etapas tempranas del desarrollo deben estar descritos en forma precisa, y el primer paso para lograr este objetivo es su

clasificación, la cual consta de dos grandes grupos, requerimientos funcionales y no funcionales.

Los requerimientos funcionales definen el comportamiento del *software* frente a determinadas situaciones. Son vistos como las capacidades o características que tiene un determinado sistema, debido a que describen las funciones que el *software* puede realizar. Un requerimiento funcional también puede ser determinado, si existe un conjunto de pasos de prueba con el que se pueda validar su comportamiento [21], describiendo de esta forma las transformaciones que el sistema debe realizar sobre ciertas entradas, para producir las correspondientes salidas.

Los requerimientos no funcionales, no tienen relación directa con la funcionalidad específica de un *software*, si no que están relacionados con características secundarias [21], como por ejemplo, rendimiento, requisitos de mantenimiento, requisitos de seguridad, requisitos de fiabilidad, requisitos de interoperabilidad, portabilidad, usabilidad, entre otras.

5.1.2.2. MODELADO CONCEPTUAL

Dentro de la etapa de análisis de requerimientos, el tomar problemas del mundo real y representarlos como modelos conceptuales fue de gran ayuda para comprender el contexto donde se desarrolla el problema, y como se plantea su solución. Existen muchos modelos que pueden ser de ayuda en esta etapa, como modelos de estado, modelos de objetos, modelos de datos. En este caso particular, se utilizaron diagramas de casos de uso para representar el comportamiento del sistema, ya que un caso de uso corresponde a todas las formas posibles de utilización de un sistema para lograr

un objetivo particular para un usuario determinado [24]. Por lo tanto, el conjunto de todos los casos de uso refleja todas las maneras útiles de emplear un sistema. Cabe destacar que la notación utilizada para crear los diagramas de casos de uso fue el lenguaje estándar de modelado UML (*Unified Modelling Language*) [25].

5.1.2.3. NEGOCIACIÓN DE REQUERIMIENTOS

En esta etapa se discutieron aquellos requerimientos en los cuales algunos usuarios tenían conflicto, por ejemplo, al solicitar funcionalidades incompatibles con el sistema. Estas incompatibilidades podían deberse a la relación entre requisitos y recursos, entre requisitos funcionales y no funcionales, entre otros. En esta etapa no se tomaron decisiones arbitrarias frente a estos conflictos, si no que se discutieron con las partes involucradas [21]. También se utilizó esta instancia para priorizar funcionalidades junto al cliente, donde en conjunto se discutió y organizó el desarrollo de algunos requerimientos frente a otros.

5.1.2.4. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

El objetivo de esta etapa fue documentar los requerimientos en forma clara y precisa, con el propósito de evitar posibles interpretaciones erróneas. Se recomienda que la creación de este documento se realice cuando el proceso de análisis esté avanzado, de manera que los requerimientos por parte de los usuarios estén ya consolidados [21].

Los documentos resultantes fueron revisados sistemáticamente, evaluados y aprobados, tanto por el desarrollador como por los usuarios (Anexo: 10.4 Especificación de requerimientos de software). Cabe destacar que estos documentos

contienen desde información de requerimientos de alto nivel del sistema, hasta especificaciones detalladas de requerimientos del *software*, que el usuario debe validar y aprobar.

5.2. PLAN DE DESARROLLO

La elección de un paradigma sobre el ciclo de vida de un proyecto es fundamental para su correcta ejecución, ya que define los lineamientos de desarrollo que se seguirán en cada etapa, repercutiendo directamente en la forma de trabajar y avanzar. Es por ello que en este trabajo de tesis se optó por seguir una aproximación evolutiva, en la cual con la ayuda de prototipos y múltiples iteraciones con los usuarios, se fueron refinando aspectos del diseño e implementación. Adicionalmente, en esta sección se detallarán aspectos importantes del plan de desarrollo de la plataforma, como son la metodología de desarrollo, lenguajes de programación y bases de datos, entre otros.

5.2.1. MODELO DE PROTOTIPOS

El modelo de prototipos pertenece a la clase de los modelos de desarrollo evolutivos, y sus bases se fundamentan en el proceso de desarrollo de una versión de prueba de un sistema o de alguno de sus componentes, con el objetivo de clarificar requerimientos junto a los usuarios o identificar consideraciones críticas del diseño [26]. Este proceso fue de gran ayuda tanto para el desarrollador como para los usuarios, ya que permitió utilizar esta versión de prueba y verificar lo que realmente necesitan. Adicionalmente, permitió al desarrollador mejorar sus competencias

técnicas al abordar el problema tempranamente, y con ello consolidar de mejor forma la factibilidad de la solución propuesta.

5.2.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Como se mencionó previamente, para la implementación de la plataforma de MV se utilizó como base el marco de trabajo *Bootstrap* [18], con el objetivo de implementar rápidamente los prototipos funcionales, sin perder la posibilidad de tener un diseño de la interface de usuario de gran nivel.

El lenguaje de programación utilizado para desarrollar la plataforma fue HTML5 [27], el cual es semántico, flexible y multiplataforma [28]. Adicionalmente fue acompañado de una hoja de estilo en cascada (CSS3) en su tercera versión [27] para definir la presentación y apariencia de la plataforma. Para la creación de las funcionalidades del lado del servidor, se utilizó el lenguaje de programación PHP [27], con el sistema de gestión de base de datos MySQL [27], ya que son de código abierto y se ajustan perfectamente a los requerimientos que presenta este proyecto.

Para la implementación del visualizador de WSI se utilizó *OpenSeadragon* [19], que es un visualizador de código abierto y cuenta con la documentación necesaria para poder integrar sin problemas *software* de terceros dentro de este desarrollo. Adicionalmente el estar desarrollado en Javascript lo hace compatible con múltiples plataformas.

5.3. CREACIÓN DE CURSOS PILOTOS

Los docentes encargados de los cursos de Histología de la Universidad de Chile, y Patología Oral de la Universidad de Talca, desarrollaron previamente guías docentes en las cuales se detalla todo el material que es utilizado en una clase tradicional, es

decir, especificación de la placa histológica en estudio, descripción de la misma, introducción del tema a tratar, objetivos del curso, y un conjunto de preguntas para guiar el desarrollo efectivo de la guía por parte del estudiante. Dichas guías docentes se adaptaron para ser utilizadas en una plataforma digital, con el apoyo y supervisión de la Coordinadora de la Unidad de Desarrollo Docente de la Dirección de Pregrado (Carolina Figueroa San Martín), en el marco de los lineamientos del Modelo Educativo de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, en lo que respecta a recursos educativos que permitan alcanzar aprendizajes profundos y duraderos, colocando el desafío en que el desarrollo y pertinencia del material pedagógico debe estar alineado con los aprendizajes de los estudiantes y seguir una secuencia de aprendizaje utilizando una planificación de Syllabus que oriente el proceso.

Finalizada la etapa de desarrollo e implementación, se contó con una versión funcional de la plataforma, la cual estuvo habilitada y disponible para que el contenido de estas guías docentes fuese incorporado de forma definitiva. Por este motivo, el desarrollador junto con los docentes realizó en conjunto un proceso de adecuación de las guías dentro de la plataforma, buscando que el contenido estuviera disponible de la mejor forma posible, sin perjudicar la usabilidad ni el diseño de la interface de usuario. Esto permitió contar con cursos pilotos disponibles para su uso formal en asignaturas de ambas universidades.

5.4. PUESTA EN MARCHA Y EVALUACIÓN DE LA PLATAFORMA

Con los cursos pilotos montados en la plataforma, se realizó la puesta en marcha para el curso de Patología Oral, de tercer año de la carrera de Odontología de la Universidad de Talca. Este curso fue realizado en una sala tradicional, donde los estudiantes pudieron utilizar sus computadores personales para ingresar a la plataforma. La actividad tuvo una duración de 90 minutos y fue realizada por un total de 80 estudiantes, quienes fueron divididos en 2 grupos en jornadas distintas, con el propósito de facilitar la interacción con el docente frente a dudas y consultas.

Estos estudiantes han cursado previamente la asignatura de Histología como prerrequisito, por lo que han tenido experiencia en el análisis de placas histológicas en laboratorios de microscopía convencional. Particularmente, dentro del curso de Patología Oral donde se realizó la puesta en marcha, los estudiantes realizaron clases prácticas en un laboratorio tradicional durante gran parte del semestre, programando la realización de la última sesión práctica de este curso sobre la nueva plataforma de MV. Esto permitió evaluar a través de una encuesta electrónica [29]:[30] creada y aplicada a través de *google forms*, la experiencia de uso que tuvieron los estudiantes durante la realización de este curso piloto. Dicha encuesta fue validada por la metodóloga Carolina Figueroa San Martín. El detalle de las preguntas realizadas y su validación puede ser visto en la sección de anexos (Anexo: 10.3 Encuesta electrónica y validación). Una vez terminada la puesta en marcha, se recopilaron las apreciaciones

que tuvieron los estudiantes frente a esta nueva herramienta tecnológica, comparado con la experiencia que han tenido previamente con microscopía convencional.

6. RESULTADOS

6.1. IMPLEMENTACIÓN

Los resultados del objetivo específico número uno, correspondientes al proceso de ingeniería de requerimientos, permitieron conocer de forma precisa las necesidades que tienen los docentes locales, ya que en una instancia inicial fueron entrevistados para obtener una primera aproximación de la plataforma *web* que esperaban tener.

Producto del análisis de esta entrevista inicial, se desarrolló un primer prototipo con funcionalidades limitadas, que constó de una página estática que presentaba la descripción de la actividad y visualización de placas virtuales. La estructura y características de este prototipo fueron evaluadas constantemente por los docentes locales, permitiendo de este modo refinar las funcionalidades y comportamiento de la plataforma, en términos tanto funcionales como no funcionales. Como se mencionó previamente (Sección 5.1.2.1), los requerimientos funcionales se relacionan directamente con los servicios específicos que la plataforma entrega a los usuarios [31], mientras que los requerimientos no funcionales se relacionan con propiedades del sistema, tales como atributos de calidad, portabilidad, rendimiento o seguridad [31]. Las Tablas 1 y 2 presentan un resumen de los requerimientos identificados, junto con los actores involucrados en cada uno de ellos.

Tabla 1 Requerimientos funcionales y usuarios que los utilizan.

Requerimientos funcionales	Administrador	Docente	Estudiantes
Habilitar o inhabilitar usuarios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Crear curso y su contenido	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualizar preparados histológicos virtuales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Acceso a descripción de las imágenes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Realizar curso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ver y crear anotaciones	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ver y crear regiones de interés	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Crear evaluación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realizar evaluación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ver calificaciones	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 2 Propiedades requeridas del sistema.

Requerimientos no funcionales
Requisitos de rendimiento
Usabilidad
Multiplataforma
Portabilidad
Disponibilidad

En cada reunión se incrementaron gradualmente las características del prototipo en base a la información recolectada en las sesiones previas (incorporación de sección de preguntas, barra de calibración, anotaciones, entre otras.), con el objetivo de contar con las funcionalidades precisas, las que fueron implementadas en la versión final. Esta metodología iterativa, permitió crear un plan de desarrollo más robusto, con priorización de funcionalidades.

El proceso de modelado conceptual con diagramas de casos de uso, complementó el trabajo realizado en la etapa de ingeniería de requerimientos, dado que facilitó la creación de un marco de trabajo para el desarrollo y validación de las funcionalidades

dentro del sistema. Adicionalmente, para los usuarios resultó útil visualizar escenarios de interacción entre los distintos actores dentro de un sistema, y corregir posibles errores de interpretación o agregar y quitar funcionalidades dependiendo de las necesidades reales que tienen frente al proyecto. Bajo este contexto, se creó un diagrama de casos de uso global de la plataforma (Figura 2), en el que se aprecia la estructura de interacción entre los usuarios (docente, estudiante, administrador) y las respectivas funcionalidades de la plataforma a las que tienen acceso.

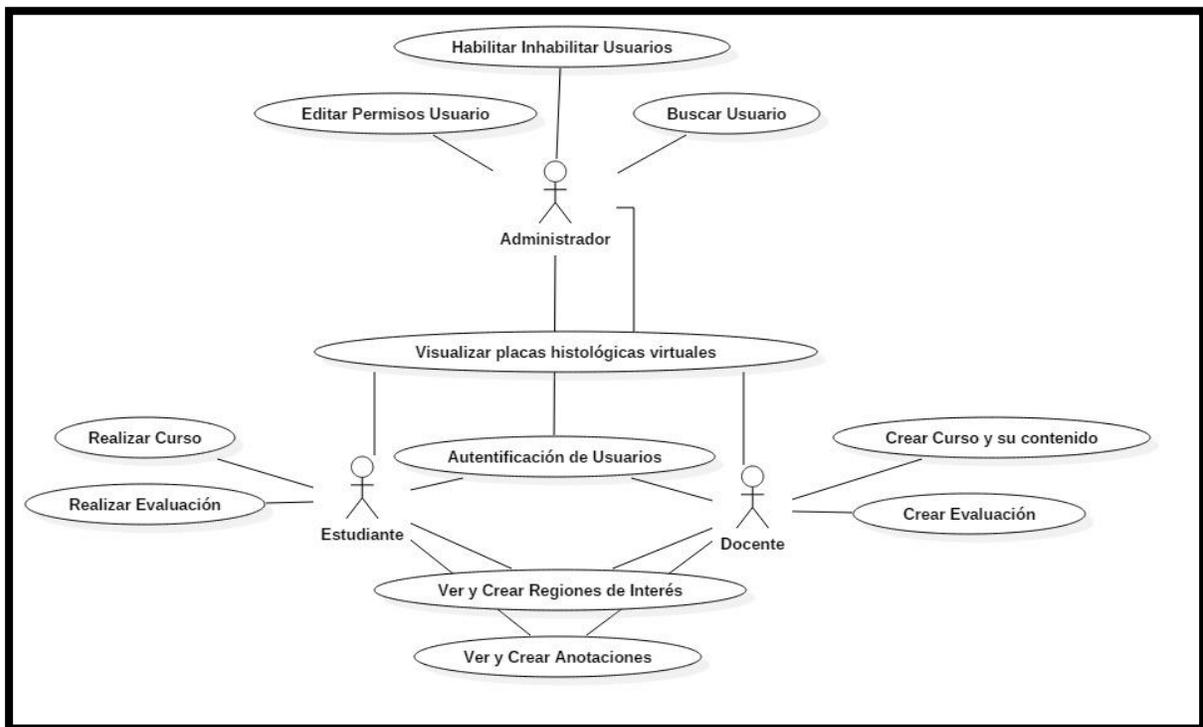


Figura 2 Diagrama Caso de Uso global de la plataforma web de MV para su uso en docencia universitaria. Se pueden ver los 3 actores (Administrador, Docente, Estudiante) dentro del sistema y las diferentes funcionalidades que tienen permitido realizar.

Con respecto al segundo objetivo, correspondiente a diseñar e implementar la plataforma web de microscopía virtual, se buscó lograr una apariencia amigable, minimalista e intuitiva, donde la disposición de cada sección de la plataforma tuviera

sentido práctico, sin interferir en la facilidad de uso, ni en la interacción interfaz-usuario. Esta etapa fue de suma importancia, ya que cada elemento visual de la plataforma juega un rol importante dentro de la experiencia usuaria, por ejemplo, la posición de cada elemento, los colores, el tipo y tamaño de letra, etc. Luego de algunas iteraciones con los docentes, la plataforma en desarrollo se convirtió en una interfaz amigable y agradable al usuario (Figura 3).

Como etapa paralela al diseño, se desarrolló la implementación de la estructura final de la plataforma, junto con el contenido preliminar de cada sección. Inicialmente los docentes adaptaron las guías de cada curso, junto a todas sus actividades, para ser implementadas en una plataforma de MV. Como fue destacado anteriormente (Sección 5.3), el proceso de adaptación de las guías docentes utilizó la metodología Syllabus, bajo asesoría y supervisión metodológica.

La estructura de las guías docentes y el flujo de trabajo del estudiante a través del curso instalado en la plataforma, fue revisado conjuntamente durante cada iteración que se realizó con los docentes, hasta llegar a una estructura de consenso (Figura 3). Esta presenta tres secciones principales, la primera muestra la lista de cursos disponibles para cada estudiante (Figura 3A), quien puede seleccionar el que corresponda dentro de la lista, la segunda permite obtener el detalle de todas las actividades que conforman dicho curso (Figura 3B), por ejemplo, actividades motivacionales, introducción, actividades con placas virtuales y conclusiones. La tercera sección corresponde a la vista específica de una actividad determinada (Figura 3C). En la figura se muestra la Actividad 2, que requiere que el estudiante utilice una

placa virtual, con su respectiva descripción y sección de preguntas que guían la exploración de la placa virtual por el estudiante.



Figura 3 Apariencia en pantalla del curso piloto de Carcinoma Espinocelular creado para la puesta en marcha de la plataforma. (A) Lista de cursos disponibles para cada usuario, (B) Lista de actividades dentro de cada curso, (C) Vista específica de una actividad que requiere el uso de una placa virtual.

La etapa posterior al diseño e implementación de la plataforma, fue el desarrollo del objetivo número 3, correspondiente a la creación del curso piloto de Carcinoma Espinocelular para la puesta en marcha de la plataforma. Este curso fue dirigido a

estudiantes de tercer año de la carrera de Odontología de la Universidad de Talca, y fue implementado en la plataforma gracias al trabajo en conjunto entre el docente a cargo del curso, la metodóloga y el desarrollador, tal como se describió anteriormente (Sección 5.3).

Conjuntamente con la creación del curso piloto, se diseñó una encuesta electrónica (Figura 4), con el objetivo de evaluar la experiencia usuaria de los estudiantes. La encuesta constó tanto de preguntas abiertas como de selección múltiple. En este último caso existen preguntas con alternativas únicas de respuesta, y otras donde el estudiante puede seleccionar más de una alternativa como respuesta.

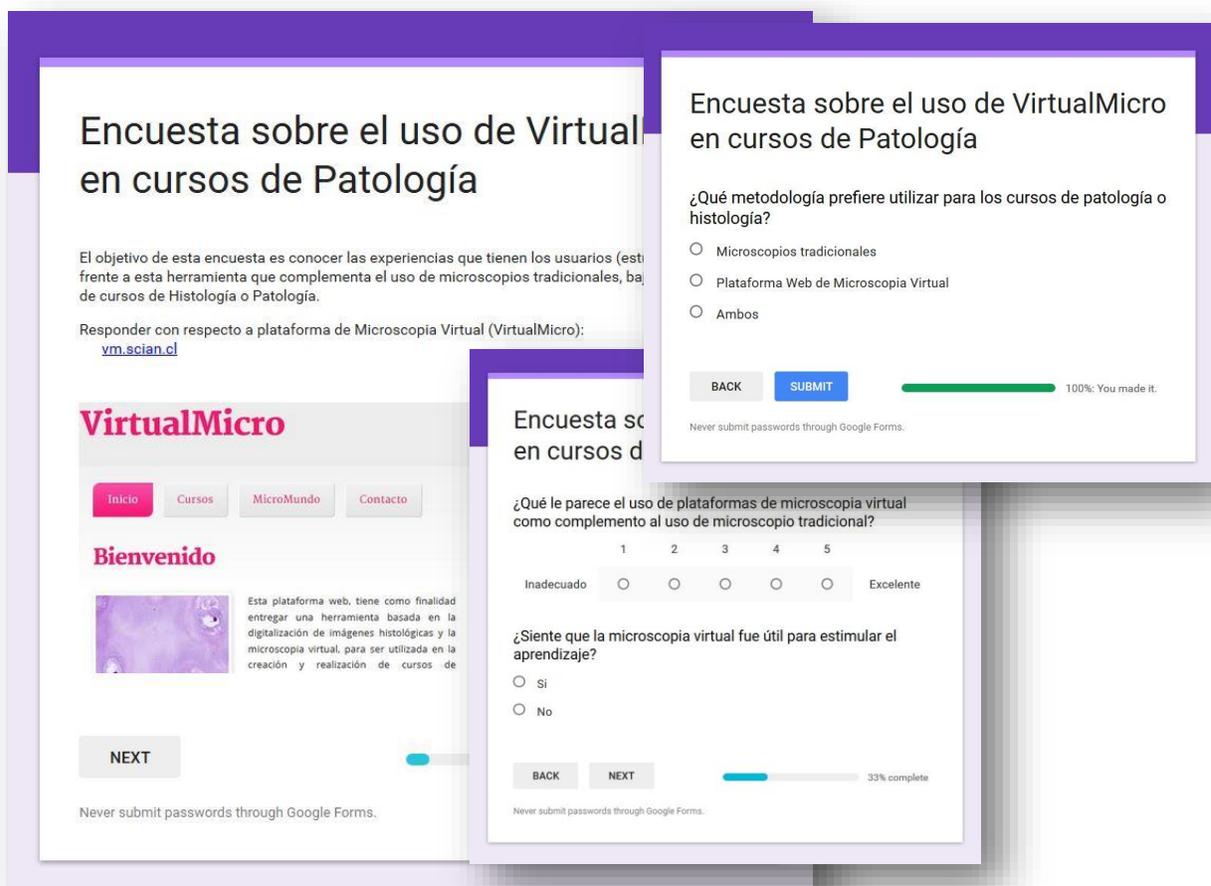


Figura 4 Encuesta electrónica. Ejemplo de distintas secciones de la encuesta electronica realizada a estudiantes de la Universidad de Taca.

Un total de 69 estudiantes respondieron la encuesta electrónica, cifra que corresponde al 86% de los estudiantes que realizaron el curso. Los resultados fueron agrupados y categorizados en tres dimensiones de análisis:

- Usabilidad y accesibilidad
- Aprendizaje y valoración
- Comparación de recursos virtual – presencial

6.2. USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD

La primera dimensión de análisis estuvo enfocada en la usabilidad y accesibilidad de la plataforma. Dentro de esta categoría el 97% de los encuestados declara tener acceso a internet desde su hogar (Figura 5A), lo que facilita la obtención de toda la potencialidad de apoyo docente de este tipo de herramientas tecnológicas. Adicionalmente, la mayoría de los estudiantes manifestó que utiliza dispositivos móviles para apoyar su estudio (Figura 5B).

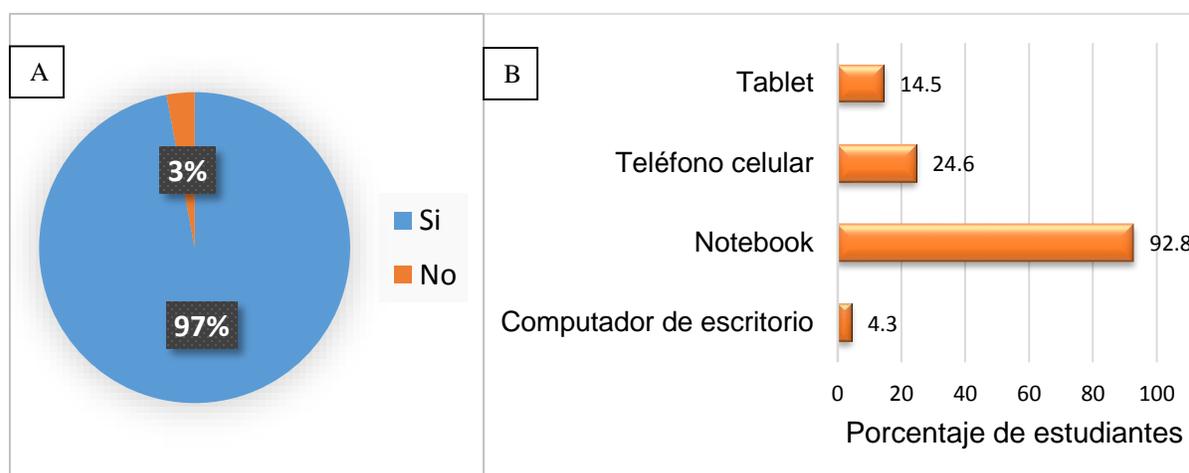


Figura 5 Conexión remota y dispositivos electrónicos utilizados por los estudiantes. (A) Porcentaje de estudiantes que cuentan con acceso a internet desde su hogar. (B) Distribución de los dispositivos electrónicos que los estudiantes utilizan para apoyar su estudio (Posibilidad de responder por más de una opción a la vez).

Con respecto al diseño de la plataforma, la facilidad de uso es un punto importante adicional a la tecnología de implementación y el correcto funcionamiento en diversos dispositivos. Frente a este aspecto, el 85% de los estudiantes encuestados manifestó que le fue fácil o muy fácil utilizar la plataforma (Figura 6).

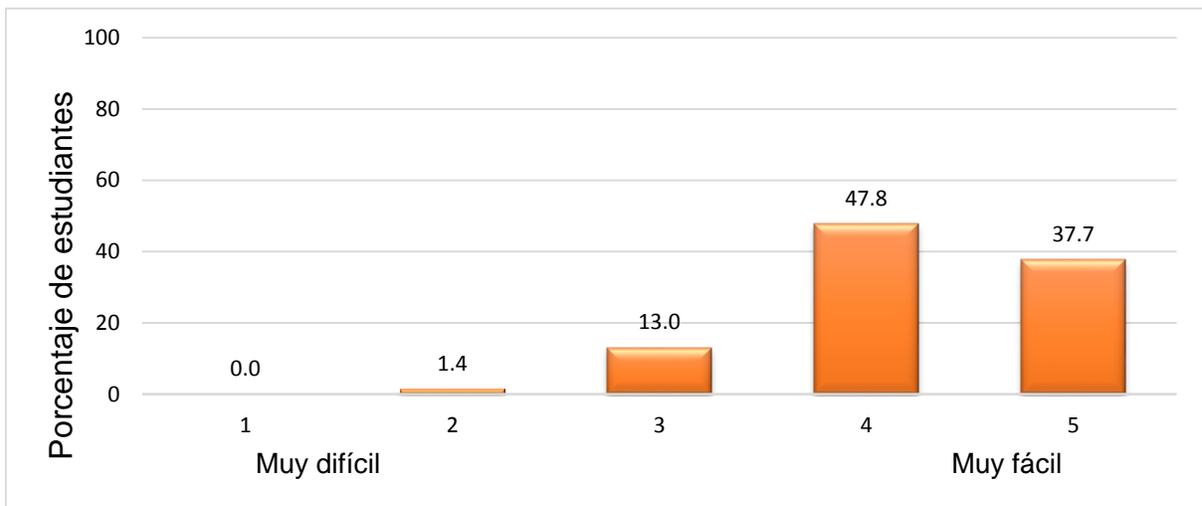


Figura 6 Usabilidad de la plataforma. Distribución del grado de facilidad de uso de la plataforma manifestado por los estudiantes.

La usabilidad en una plataforma de MV debe reflejarse en sus múltiples funcionalidades, resolviendo las dificultades intrínsecas que presentan las metodologías tradicionales, por ejemplo, facilitar el proceso de búsqueda e identificación de estructuras dentro de una placa virtual (Figura 7), evitando que la falta de habilidades técnicas por parte del estudiante frente al manejo de un microscopio convencional, interfiera en el logro adecuado del objetivo del curso.

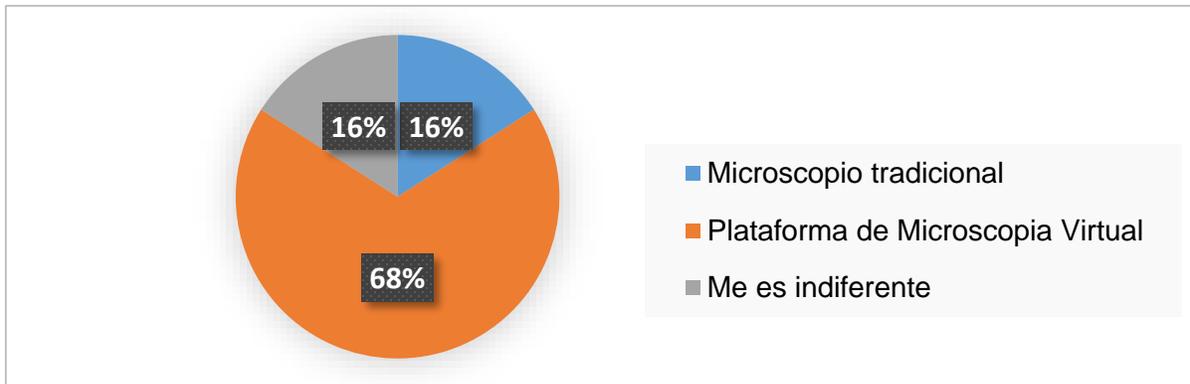


Figura 7 Facilidad para encontrar células o estructuras dentro del tejido. Preferencia de los estudiantes frente a Microscopio tradicional o Plataforma de MV con relación a la facilidad de encontrar células o estructuras dentro de un tejido.

Adicionalmente, mediante pregunta abierta se indagó por dificultades o limitaciones presentadas durante el uso de la plataforma (Figura 8), donde destacó un problema con la conexión a internet, el cual aunque ajeno a este proyecto, es un tema a considerar en este tipo de soluciones basadas en TIC. Otro punto importante es la calidad de imagen de las muestras utilizadas, calidad que puede ser cuestionada por los estudiantes al no tener conocimientos referentes a la magnificación que se está visualizando, ni al límite de la resolución en microscopia, tema que será retomado en la sección de discusión. Por otra parte, un 14% de los estudiantes manifestaron la necesidad de contar con la notación de aumentos simulando los utilizados en un microscopio tradicional (5x, 10x, 20x, etc.), funcionalidad que será incorporada en futuras versiones de la plataforma.

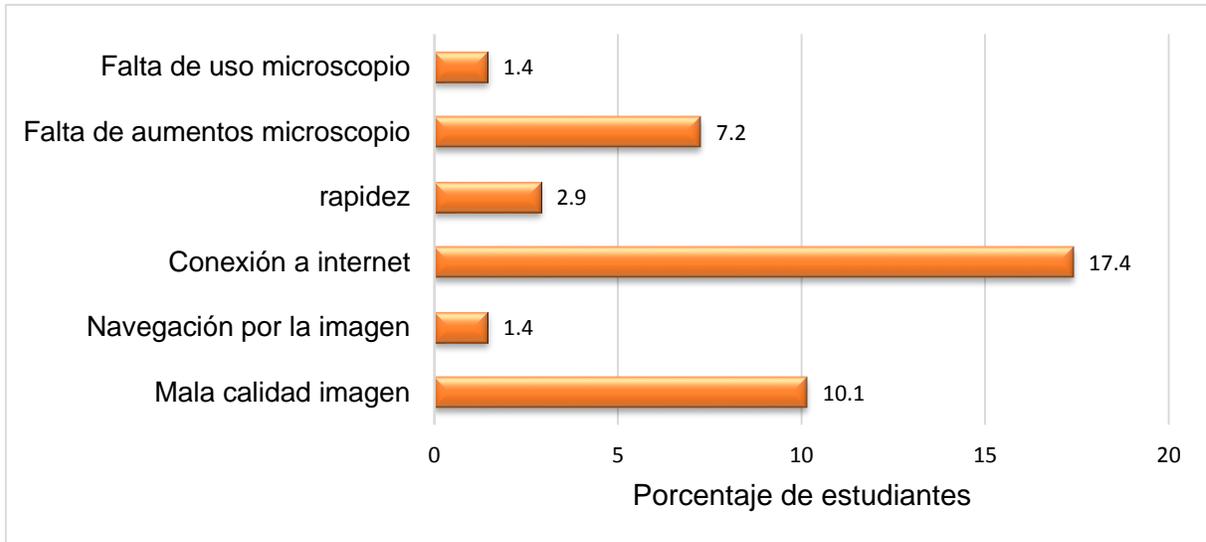


Figura 8 Dificultades y limitaciones de la plataforma. Histograma de las limitaciones y dificultades mencionadas abiertamente por los estudiantes frente al uso de la plataforma.

En síntesis, en términos de usabilidad y accesibilidad por parte de los estudiantes encuestados, se encontró que prácticamente la totalidad de los estudiantes cuentan con acceso a internet desde sus hogares, lo que refleja a su vez el uso de diversos dispositivos móviles para apoyar el proceso de estudio. Adicionalmente, la plataforma creada logró altos niveles de aprobación en términos de la facilidad de uso, apoyando la aceptabilidad de la incorporación de esta herramienta. Sin desmedro de lo anterior, se obtuvo información relevante para la mejora de la plataforma, tanto en términos funcionales (notación de aumentos de microscopio), como también en contenidos (actividad inicial de resolución en microscopía), lo que sin duda mejorará la experiencia usuaria y la correcta apreciación del material en cada curso.

6.3. APRENDIZAJE Y VALORACIÓN

Esta dimensión de análisis tiene mucha relevancia para el proyecto, ya que captura la valoración que atribuyen los estudiantes a la plataforma diseñada (Figura 9), y el grado de incentivo para desarrollar un estudio de forma más autónoma. En términos generales, los estudiantes valoran las características que aporta la MV al desarrollo de herramientas para apoyar el proceso educativo. Principalmente se valora la accesibilidad, ya que la plataforma permite acceso al material de estudio en cualquier momento y desde cualquier lugar en el que cuenten con acceso a internet. Otras características que fueron destacadas son la rapidez de actualización de la imagen al realizar cambios de magnificación, y la fácil navegación a través de la placa virtual, constituyendo estas las principales diferencias entre la nueva metodología y la aproximación tradicional. La facilidad de uso descrita en la dimensión de análisis anterior, destaca también entre las valoraciones más altas.

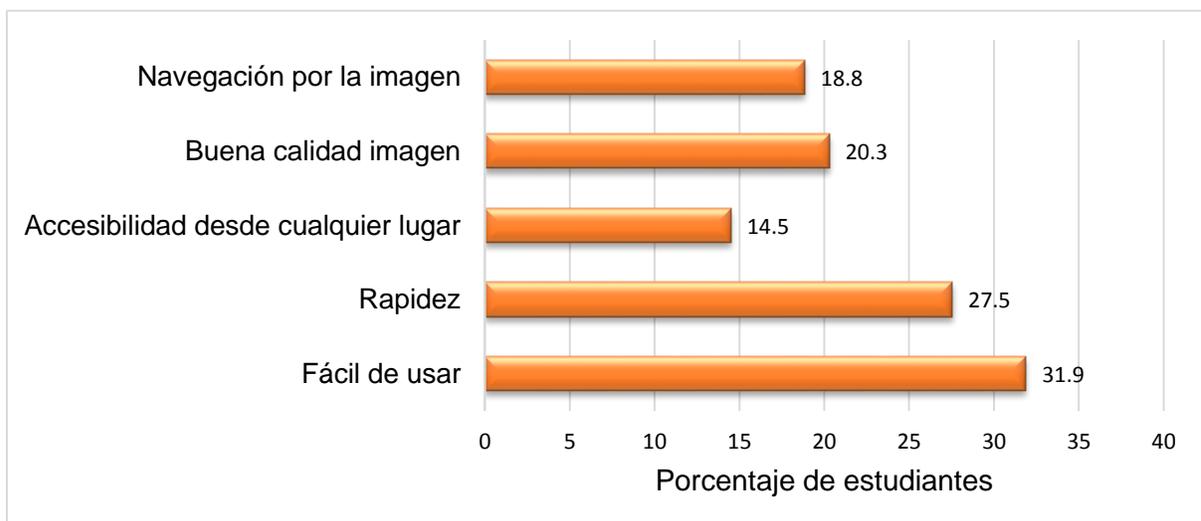


Figura 9 Características más valoradas de la plataforma. Histograma de las características más valoradas de la plataforma para su uso en cursos de Histología o Patología.

Adicionalmente, uno de los conceptos importantes que se desea destacar en esta dimensión de análisis es la autonomía del estudio y la estimulación del aprendizaje (Figura 10), ya que la inserción de una herramienta tecnológica dentro de un proceso formativo tradicional, trae consigo transformaciones y cambios importantes en la organización tanto de la docencia como también en el proceso de aprendizaje por parte del estudiante, los cuales serán analizados en la sección de discusión.

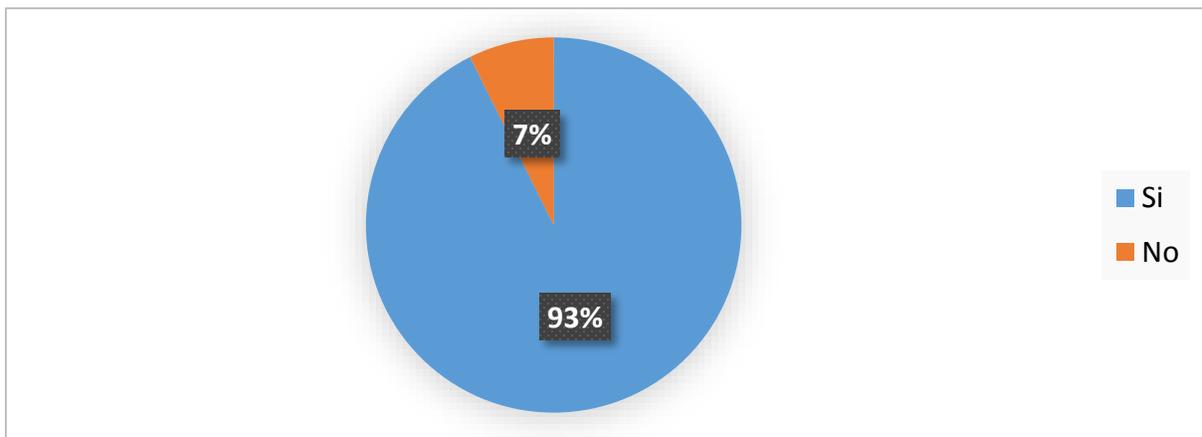


Figura 10 Utilidad de la microscopia virtual para estimular el aprendizaje. Distribución de estudiantes que sienten que la MV fue útil para estimular el aprendizaje, aspecto clave para poder contribuir en la autonomía del estudio.

Por otra parte, cuando se analizan los comentarios y sugerencias que tienen los estudiantes con respecto a la plataforma (Figura 11), destacan dos aspectos que no han sido mencionadas anteriormente: 1) La posibilidad de contar con una mayor cantidad de placas virtuales para cada actividad, y así poder realizar un análisis comparativo más profundo, punto que siempre estará definido por los objetivo de aprendizaje de cada actividad; 2) La necesidad de contar con una función que permita crear anotaciones dentro de la placa virtual, funcionalidad que ya ha sido incorporada en la versión actual de la plataforma (Figura 12).

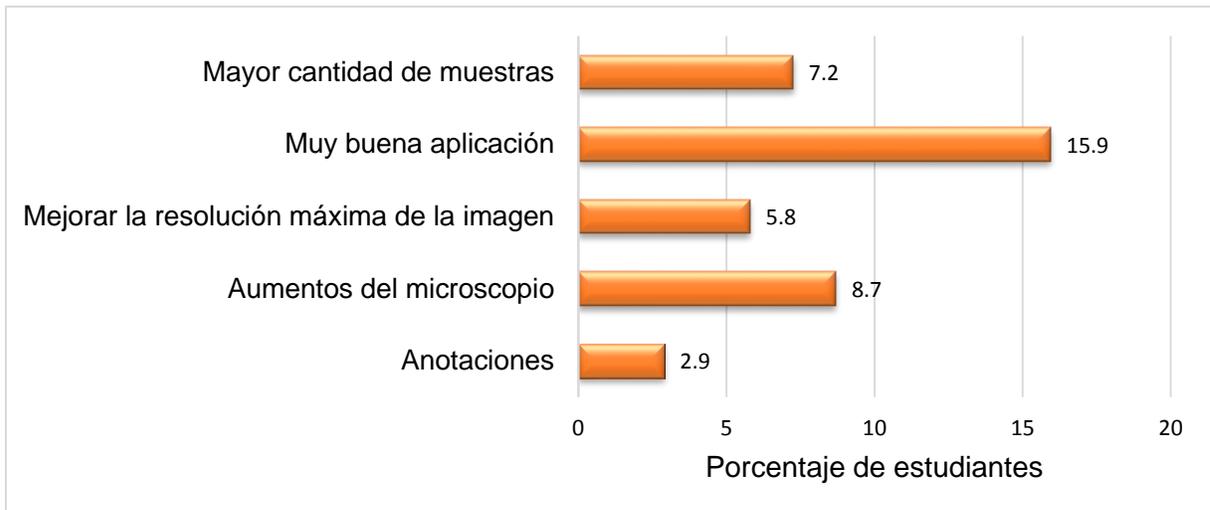


Figura 11 Comentarios y sugerencias para mejorar la plataforma. Histograma de los comentarios y sugerencias realizados por los estudiantes frente al uso de la plataforma.



Figura 12 Anotaciones de interés en una placa virtual. Se observa la incorporación de la función para agregar anotaciones dentro de una placa virtual, seleccionando el área a cubrir y su respectiva descripción.

6.4. COMPARACIÓN DE RECURSOS VIRTUAL – PRESENCIAL

La tercera y última dimensión de análisis, tiene relación con la comparación de recursos de las modalidades virtual/presencial. Frente a esta disyuntiva, la comunidad estudiantil encuestada se manifestó a favor del uso de plataformas de MV como complemento al uso de microscopía convencional para realizar cursos de Patología o Histología (Figura 13). Cabe destacar que todos los estudiantes encuestados han tenido en ocasiones previas cursos de Histología utilizando la metodología tradicional, por lo que evalúan esta comparación en base a su experiencia previa.

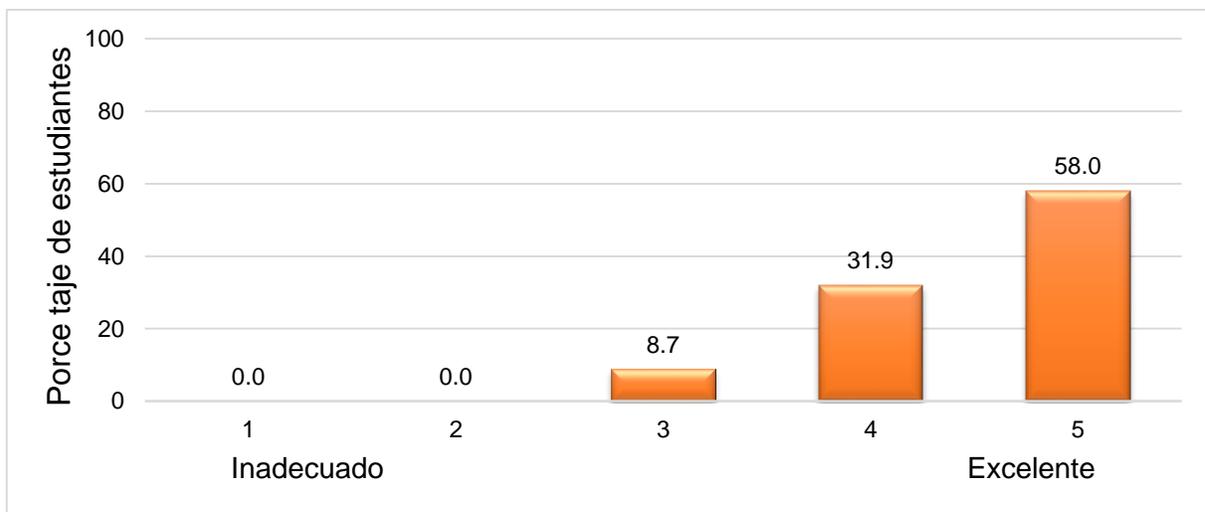


Figura 13 Uso de plataforma de microscopía virtual como complemento al uso de microscopio convencional. Opinión de los estudiantes frente a la utilización de la plataforma de MV como complemento a la microscopía tradicional.

Analizando en más detalle la preferencia de los estudiantes hacia plataformas de MV frente a la utilización de microscopios convencionales (Figura 14), el 45% de los estudiantes optó exclusivamente por el uso de una plataforma de MV, en comparación

con el 13% que prefirió la utilización de microscopios convencionales. El 42% restante se inclinó por la opción de utilizar ambas metodologías en sus cursos, lo que va en concordancia con estrategias como *blended learning*, donde se procura encontrar el mejor balance entre las actividades que se realizan presencialmente y las que se realizan de forma virtual.

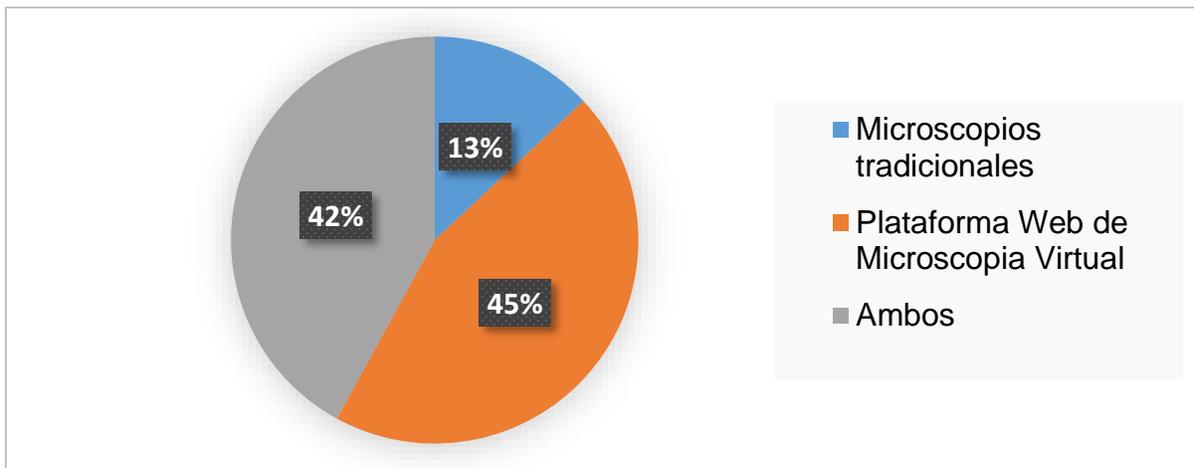


Figura 14 Preferencia sobre la herramienta a utilizar para cursos de Patología o Histología. La mayor parte de los estudiantes manifiesta su preferencia hacia el uso de la plataforma de MV y su uso complementario con la microscopia tradicional en cursos de Patología o Histología.

7. DISCUSIÓN

Como ha sido ampliamente descrito [32], la metodología de desarrollo iterativa basada en prototipos utilizada dentro de este trabajo de tesis, demostró ser una buena alternativa para optimizar el ciclo de vida del desarrollo de *software*, ya que la buena captura y refinamiento de requerimientos durante el desarrollo del proyecto, mejoró la descripción de las necesidades reales de los usuarios, ayudando a adaptar de mejor forma el avance real del proyecto, y mejorando la comunicación entre usuarios y desarrollador. De esta forma se obtuvo una plataforma acorde a lo que se requería, disminuyendo la necesidad de realizar correcciones posteriores de funcionalidades mal diseñadas. Bajo el mismo contexto, la decisión de incorporar la participación temprana de los docentes locales en la fase de documentación de requerimientos, así como durante todo el proceso de desarrollo del proyecto, fue de fundamental importancia para su éxito final, pues se ha mostrado en la literatura que si los usuarios sienten que sus necesidades están cubiertas en la solución, y fueron además parte del proceso de creación, el grado de aceptación aumenta y se sienten altamente motivados a utilizarla [33].

Al desarrollar herramientas basadas en TIC, el acceso a ellas por parte del público objetivo es siempre un factor relevante. El hecho que el acceso a internet por parte de los estudiantes sea cada vez mayor [34], posibilita que se extraiga el máximo provecho a soluciones tecnológicas como la plataforma de MV creada en este trabajo de tesis. Adicionalmente, un mayor grado de accesibilidad a internet facilita el uso de diversos dispositivos electrónicos para acceder de forma remota al material de estudio [35]. Este

punto cobra particular relevancia frente a la decisión de crear esta plataforma entregando desde el inicio un buen funcionamiento y compatibilidad, independiente del dispositivo por el cual se accede al contenido. Por otra parte, un punto igual de relevante planteado para el desarrollo de esta plataforma es la usabilidad, donde se obtuvieron muy buenos resultados por parte de la comunidad estudiantil, tanto a nivel de facilidad de uso como también en la valoración hacia la inclusión de esta plataforma en sus cursos. Esto es de vital importancia, ya que como se describe en la literatura, una interface amigable juega un rol fundamental en la inserción de tecnología en áreas mayormente tradicionales como lo es la educación, ya que la primera impresión que tienen los usuarios, es lo que marca la aceptación a lo largo del tiempo [36].

Un punto que puede afectar negativamente la apreciación hacia la MV, es la calidad de imagen de las placas virtuales utilizadas. Esta puede ser cuestionada por usuarios que no tienen conocimientos referentes a la magnificación de una imagen, ni al límite de resolución óptica en microscopia. Este aspecto motivo la decisión de incluir una actividad inicial en las futuras versiones de cada curso, para explicar en forma resumida los conceptos básicos en esta materia y así lograr una interpretación correcta de lo que se está visualizando.

Con respecto a la segunda dimensión de análisis, la comunidad estudiantil valoró en muy buena medida las características que entrega la plataforma:

- i. Facilidad de uso.
- ii. Navegación por la placa virtual.
- iii. Accesibilidad.
- iv. Buena calidad de imagen.

Destacando el interés del estudiante a utilizar esta plataforma para fortalecer su estudio. Esta plataforma se aprecia como una potente herramienta para apoyar la docencia universitaria, especialmente cuando el actual proceso de enseñanza requiere cambios de paradigma para enfrentar el creciente aumento del número de estudiantes ingresando a las universidades chilenas y como es natural, con diversas formaciones académicas y socio culturales.

En las carreras del área de la salud se requiere, entre otras temáticas, que los estudiantes internalicen en sus primeros años una base de conocimientos teórico prácticos sobre Histología. Tradicionalmente las sesiones prácticas se realizan en laboratorios durante un periodo restringido de tiempo, donde muchas veces no se cuenta con un microscopio para cada estudiante, y existe una heterogeneidad natural en las placas histológicas que cada estudiante analiza. Es aquí donde las TIC y en particular la plataforma de MV creada, entregan la posibilidad de democratizar el acceso a material de calidad y durante el tiempo que requiera cada estudiante para lograr aprendizajes significativos a su propio ritmo. Esto propende a convertir al estudiante en un actor preponderante dentro de su propio proceso formativo, entregándole la responsabilidad para organizar autónomamente su tiempo de estudio no presencial, fortaleciendo de esta manera el aprendizaje activo. La MV al facilitar la navegación a través de una placa virtual completa, permite al estudiante recorrer cada nivel de magnificación de forma intuitiva, dando libertad absoluta al proceso exploratorio. De esta manera, el estudiante puede organizar su propio proceso de aprendizaje, focalizando su análisis basado en sus inquietudes, o apoyándose en las indicaciones y descripciones realizadas por el docente. La aplicación de la encuesta

electrónica permitió obtener comentarios y sugerencias, que permitirán implementar mejoras frente al desarrollo de futuros cursos, tales como:

- i. Agregar la notación de aumentos de microscopios.
- ii. Contar con mayor cantidad de muestras para análisis comparativo cuando sea requerido por el objetivo del curso.
- iii. Incluir una actividad inicial sobre resolución en microscopía.
- iv. Crear anotaciones dentro de una placa virtual.

Si bien el objetivo de la tesis no fue evaluar el nivel de conocimientos o competencias adquiridas utilizando la metodología tradicional versus la MV, existe evidencia dividida en la literatura acerca de los beneficios que otorga en el proceso de enseñanza. Por una parte hay trabajos que indican que no hay desmedro en la adquisición de los aprendizajes entre ambas aproximaciones [37], por lo que la adopción de la MV trae como beneficio todas las ventajas que han sido previamente mencionadas [2],[4],[6]. Sin embargo, otras investigaciones manifiestan que la incapacidad de lograr mejoras en los niveles de aprendizaje, se debe fundamentalmente a que la incorporación de las TIC se realiza de forma aislada, viéndolas simplemente como herramientas tecnológicas, y no integrando estratégicamente su uso con todos los elementos que conforman el proceso de enseñanza (docente, estudiantes, aspectos organizacionales, objetivos y contenidos de la asignatura, estrategias y metodologías, entre otras) [38]. Se requiere la incorporación de aspectos metodológicos para que el uso de TIC repercuta en los objetivos y competencias que se quieren alcanzar.

Por otra parte, estudios que reportan diferencias entre las modalidades Virtual/Presencial, describen mejoras en las competencias o habilidades para

reconocer estructuras en el tejido, así como mejoras en el análisis de casos por parte de estudiantes que utilizaron MV, en comparación con los estudiantes que utilizaron microscopía tradicional [39]. Incluso algunos estudios manifiestan beneficios en el incremento de discusiones grupales utilizando MV, dada la facilidad de compartir entre compañeros ciertas interrogantes frente a la pantalla del computador [6], la cual se convierte efectivamente en un microscopio común para el grupo.

El desarrollo de la tesis presentada, genera satisfacción por el trabajo realizado, pero también despierta una serie de cuestionamientos sobre aspectos que quizás se pudieron haber enfrentado de manera distinta, lo que es valorable desde un punto de vista formativo. En primer lugar, al inicio del proyecto se pudo haber dedicado más tiempo a evaluar la integración de una herramienta de visualización de placas virtuales, dentro de un ambiente educativo virtual como Moodle [40], pensando que el producto logrado se podría integrar de manera más fácil al funcionamiento natural que tienen muchas instituciones educacionales que utilizan este tipo de plataformas. En segundo lugar, al analizar los resultados de la encuesta electrónica aplicada durante la puesta en marcha, surgen nuevas interrogantes que hubiera sido interesante incluir, como por ejemplo, preguntar sobre la preferencia de utilizar microscopios convencionales o MV para las clases de Histología: si bien la MV fue ampliamente aceptada, no se indagó mayormente en las razones de esa preferencia.

A la vista de los resultados obtenidos, surgen proyecciones futuras, en las que resaltan aspectos que complementan de mejor forma los resultados del actual trabajo. En primer lugar, la posibilidad de extrapolar la experiencia adquirida hacia iniciativas en

educación continua y Diplomados. Un ejemplo particularmente provechoso es el desarrollo de cursos de entrenamiento para becados en Patología, donde la temática tiene un atractivo impacto, al poder digitalizar y conservar casos patológicos interesantes, como también biopsias procesadas con fluorescencia, cuya calidad decrece naturalmente con el tiempo, o citología miscelánea. Estos casos se pueden compartir a distancia entre colegas o se pueden utilizar para entrenamiento, sin desmedro de la calidad durante el transcurso del tiempo, lo que no es posible de realizar utilizando microscopia convencional.

La segunda proyección, aun no explotada, es la utilización de nuestra plataforma en programas de capacitación docente, ya que es una herramienta tecnológica accesible para la creación de contenido y aplicación a distancia. Esto permite que docentes con mayor nivel de experiencia, puedan crear actividades de capacitación para docentes que requieran subir su nivel de experticia y así enfrentar desafíos mayores de cara a su comunidad estudiantil.

La tercera proyección, que es el paso más cercano a realizar, es continuar con la inserción de esta plataforma en otros cursos universitarios, conjuntamente con la creación de nuevos instrumentos evaluativos, tomando en cuenta los aspectos aprendidos en la ejecución de este trabajo de tesis y buscando responder preguntas como: Bajo una perspectiva metodológica, ¿la incorporación de una plataforma de MV en cursos de Histología y Patología repercute en la adquisición de nuevas competencias o habilidades por parte de la comunidad estudiantil?

8. CONCLUSIÓN

Esta tesis constituye la primera iniciativa en Chile para crear una plataforma especializada de MV, estableciendo por lo tanto una metodología para abordar este desarrollo tecnológico. Se puede afirmar que dicha metodología resultó adecuada para una implementación rápida, concordante con los requerimientos de los usuarios. La plataforma de MV diseñada apoya en forma efectiva la docencia universitaria y resuelve problemáticas inherentes a la realización de asignaturas de Histología y Patología que utilizan la metodología convencional.

La alta aprobación obtenida por parte de los estudiantes en términos de experiencia usuaria y la alta valoración de sus características, constituyen evidencias que respaldan la incorporación de esta herramienta tecnológica al proceso de enseñanza-aprendizaje.

El uso de la plataforma despierta una natural motivación en los estudiantes, los que pasan a ser participantes activos dentro de su proceso formativo, empoderándolos con la responsabilidad de organizar su tiempo de estudio no presencial de forma autónoma.

Las conclusiones de este trabajo llevan de manera natural a potenciar el incremento del número de cursos disponibles en la plataforma y a diversificar su aplicación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. S. Weinstein, A. R. Graham, L. C. Richter, G. P. Barker, E. a. Krupinski, A. M. Lopez, K. a. Erps, A. K. Bhattacharyya, Y. Yagi, and J. R. Gilbertson, "Overview of telepathology, virtual microscopy, and whole slide imaging: prospects for the future," *Hum. Pathol.*, vol. 40, no. 8, pp. 1057–1069, 2009.
- [2] F. R. Dee, "Virtual microscopy in pathology education," *Hum. Pathol.*, vol. 40, no. 8, pp. 1112–1121, 2009.
- [3] F. P. Paulsen, M. Eichhorn, and L. Bräuer, "Virtual microscopy-The future of teaching histology in the medical curriculum?," *Ann. Anat.*, vol. 192, no. 6, pp. 378–382, 2010.
- [4] K. E. Brick, N. I. Comfere, M. D. Broeren, L. E. Gibson, and C. N. Wieland, "The application of virtual microscopy in a dermatopathology educational setting: Assessment of attitudes among dermatopathologists," *Int. J. Dermatol.*, vol. 53, no. 2, pp. 224–227, 2014.
- [5] L. Pantanowitz, J. Szymas, Y. Yagi, and D. Wilbur, "Whole slide imaging for educational purposes.," *J. Pathol. Inform.*, vol. 3, p. 46, 2012.
- [6] P. W. Hamilton, Y. Wang, and S. J. McCullough, "Virtual microscopy and digital pathology in training and education," *Apmis*, vol. 120, no. 4, pp. 305–315, 2012.
- [7] Aarhus University, "Patologi - Virtuelmikroskopi/Med." [Online]. Available: medicin.patologi.org. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [8] "Convenio De Cooperación En Informática Medica, Telemedicina Y Patología Digital Para La Innovación En Salud Electrónica Entre La Universidad De Talca Y La Universidad De Chile." 2015.
- [9] M. M. Triola and W. J. Holloway, "Enhanced virtual microscopy for collaborative education.," *BMC Med. Educ.*, vol. 11, no. 1, p. 4, 2011.
- [10] B. K. Chiu, K. Solez, and C. M. Sergi, "Digital Pathology for E-Learning and Digital Education – A Review," *J. Inf. Technol. Appl. Educ.*, vol. 3, no. 4, p. 164, 2014.
- [11] P. DICOM Standards Committee, Working Group 26, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): Supplement 145: Whole Slide Microscopic Image IOD and SOP Classes," *DICOM Stand.*, pp. 1–59, 2010.
- [12] C. Brochhausen, H. B. Winther, C. Hundt, V. H. Schmitt, E. Schömer, and C. J. Kirkpatrick, "A Virtual Microscope for Academic Medical Education: The Pate Project," *Interact. J. Med. Res.*, vol. 4, no. 2, p. e11, 2015.
- [13] A. A. Moch H, "Histologiekurs Departement Pathologie der Universität Zürich." [Online]. Available: <http://www.pathol.uzh.ch/histologiekurs/>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [14] L. R. Windoffer R, "Mainz Histo Maps." [Online]. Available: <http://www.mhm.uni-mainz.de/>. [Accessed: 09-Sep-2015].

- [15] NYU School of Medicine, “NYU Virtual Microscope.” [Online]. Available: <http://education.med.nyu.edu/virtualmicroscope/>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [16] “Zurich University - ScanScope Images.” [Online]. Available: <http://idscanscope1.uzh.ch:1270/>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [17] “Virtuelle Pathologie Magdeburg.” [Online]. Available: http://patho.med.uni-magdeburg.de/Virtuelle_Pathologie/index.shtml. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [18] “Bootstrap.” [Online]. Available: <http://getbootstrap.com/>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [19] “OpenSeadragon.” [Online]. Available: <http://openseadragon.github.io/>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [20] E. Hull, K. Jackson, and J. Dick, *Requirements Engineering*, vol. 13. 2006.
- [21] IEEE, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge Version 3.0 (SWEBOK Guide V3.0)*. 2014.
- [22] A. Davis, O. Dieste, A. Hickey, N. Juristo, and A. M. Moreno, “Effectiveness of requirements elicitation techniques: Empirical results derived from a systematic review,” *Proc. IEEE Int. Conf. Requir. Eng.*, pp. 176–185, 2006.
- [23] I. Alexander and L. Beus-Dukic, *Discovering requirements: how to specify products and services*. 2009.
- [24] I. Jacobson, I. Spence, and K. Bittner, “Use-case 2.0,” *Ivar Jacobsen Int.*, no. December, 2011.
- [25] B. Bruegge and a H. Dutoit, “Object-oriented software engineering,” *ACM SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, vol. 25, p. 65, 2000.
- [26] V. S. . B. Gordon J. M., “Rapid prototyping: Lessons Learned,” *IEEE Softw.*, vol. 12, no. 1, pp. 85–95, 1995.
- [27] R. Nixon, *Learning PHP, MySQL, JavaScript, CSS & HTML5*, Third Edit. 2014.
- [28] G. Anthes, “HTML5 leads a web revolution,” *Commun. ACM*, vol. 55, no. 7, p. 16, 2012.
- [29] J. a Neel, C. B. Grindem, and D. G. Bristol, “Introduction and evaluation of virtual microscopy in teaching veterinary cytopathology.,” *J. Vet. Med. Educ.*, vol. 34, no. 4, pp. 437–444, 2007.
- [30] M. Merk, R. Knuechel, and A. Perez-Bouza, “Web-based virtual microscopy at the RWTH Aachen University: Didactic concept, methods and analysis of acceptance by the students,” *Ann. Anat.*, vol. 192, no. 6, pp. 383–387, 2010.
- [31] Ian Sommerville, *Ingeniería de software*, Novena edi. 2011.
- [32] F. Paetsch, a Eberlein, and F. Maurer, “Requirements engineering and agile software development,” *WET ICE 2003. Proceedings. Twelfth IEEE Int. Work. Enabling Technol. Infrastruct. Collab. Enterp. 2003.*, pp. 1–6, 2003.
- [33] V. V. Das, “Involvement of users in software requirement engineering,” *Proc. - 10th Int. Conf. Inf. Technol. ICIT 2007*, pp. 230–233, 2007.

- [34] Subsecretaría de Telecomunicaciones, “Sector Telecomunicaciones Primer Semestre 2015,” 2015.
- [35] S. De Telecomunicaciones, “Resultados Encuesta Nacional de Acceso y Usos de Internet,” 2015.
- [36] P. Yan and J. Guo, “The research of Web usability design,” *2010 2nd Int. Conf. Comput. Autom. Eng.*, vol. 4, pp. 480–483, 2010.
- [37] A. D. Donnelly, M. S. Mukherjee, E. R. Lyden, and S. J. Radio, “Online education in cytotechnology programs: A pilot study,” *J. Am. Soc. Cytopathol.*, 2015.
- [38] J. Cabero, “Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC),” *Tecnol. Cienc. y Educ.*, vol. 1, pp. 19–27, 2015.
- [39] Y. Tian, W. Xiao, C. Li, Y. Liu, M. Qin, Y. Wu, L. Xiao, and H. Li, “Virtual microscopy system at Chinese medical university: an assisted teaching platform for promoting active learning and problem-solving skills.,” *BMC Med. Educ.*, vol. 14, no. 1, 2014.
- [40] W. H. Rice and W. Rice, *Moodle E-Learning Course Development*. 2006.

10. ANEXOS

10.1. EVALUACIÓN DE LA PLATAFORMA “*PATOLOGI - VIRTUELMIKROSKOPI/MED*”

Resultados de la evaluación de la plataforma “Patologi - Virtuelmikroskopi/Med”, donde se detallan los requerimientos funcionales y no funcionales que debería tener la plataforma, los actores involucrados dentro del sistema, y finalmente si la plataforma danesa cumple o no con estos requisitos.

Requerimientos funcionales	Administrador	Docente	Estudiantes	Patologi – Virtuelmikroskopi/Med
Autenticación de los usuarios	Esencial	Esencial	Esencial	<input checked="" type="checkbox"/>
Gestión de usuarios	Esencial			<input checked="" type="checkbox"/>
Visualizar placas virtuales		Esencial	Esencial	<input checked="" type="checkbox"/>
Creación de un curso	Esencial	Deseado		<input checked="" type="checkbox"/>
Crear evaluación		Deseado		<input type="checkbox"/>
Realizar curso			Esencial	<input checked="" type="checkbox"/>
Realizar evaluación			Deseado	<input type="checkbox"/>
Ver y crear anotaciones		Deseado	Deseado	<input type="checkbox"/>
Ver y crear regiones de interés		Opcional	Opcional	<input type="checkbox"/>

Requerimientos no funcionales	Patologi - Virtuelmikroskopi/Med
Requisitos de rendimiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>
Disponibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>
Portabilidad	<input type="checkbox"/>
Multiplataforma	<input type="checkbox"/>
Usabilidad	<input type="checkbox"/>

Tempranamente se descubrieron limitaciones claves que presenta la plataforma danesa, tanto en funcionalidades, como en requerimientos no funcionales. La limitación más importante y clave para el proyecto, es el plugin utilizado para visualizar las WSI, ya que requiere la instalación y mantención constante de software de terceros (Java) en las computadoras donde se desee utilizar, lo cual es una potencial causa de error durante la puesta en marcha, agregando complejidad técnica hacia el usuario, en desmedro de la usabilidad del sistema. Adicionalmente no cuenta con soporte para plataformas móviles, por lo que en futuras etapas del desarrollo no se podría considerar esta característica.

Existiendo algunas deficiencias en otros requerimientos de menor prioridad, se tomó la decisión de no utilizar la plataforma *medicin.patologi.org* por las razones anteriormente descritas, dado a las claras limitaciones que generaría optar por esta solución.

10.2. CONSENTIMIENTOS INFORMADOS ENTREVISTAS

Consentimiento Informado para Participantes de Investigación.

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por Luis Briones Montecinos, del programa de Magister en Informática Médica, de la Universidad de Chile. La meta de este estudio es el diseño e implementación de una plataforma de Microscopía Virtual para apoyar docencia escolar, universitaria y educación continua.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una serie de reuniones. Esto tomará aproximadamente 30 minutos de su tiempo, durante 5 sesiones aproximadamente.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas serán totalmente anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Luis Briones. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es diseñar e implementar una plataforma de Microscopía Virtual para apoyar a la docencia

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente 30 minutos, durante 5 sesiones aproximadamente.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Luis Briones al correo electrónico luism.briones@gmail.com.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

Daniel Duggest O. [Firma] 05-01-2016
Nombre del Participante Firma del Participante Fecha

Consentimiento Informado para Participantes de Investigación.

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por Luis Briones Montecinos, del programa de Magister en Informática Médica, de la Universidad de Chile. La meta de este estudio es el diseño e implementación de una plataforma de Microscopía Virtual para apoyar docencia escolar, universitaria y educación continua.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una serie de reuniones. Esto tomará aproximadamente 30 minutos de su tiempo, durante 5 sesiones aproximadamente.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas serán totalmente anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por el Sr. Luis Briones Montecinos. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es diseñar e implementar una plataforma de Microscopía Virtual para apoyar docencia escolar, universitaria y educación continua.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente 30 minutos, durante 5 sesiones aproximadamente.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Luis Briones al correo electrónico luis.briones@gmail.com.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

Eugenia Díaz Guerra



5 Enero 2016

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

10.3. ENCUESTA ELECTRÓNICA Y VALIDACIÓN

El objetivo de la encuesta electrónica fue conocer las experiencias que tuvieron los estudiantes (usuarios), frente al uso de la plataforma de microscopia virtual en el contexto del curso de Carcinoma Espinocelular, desarrollado para estudiantes de tercer año de la carrera de Odontología de la Universidad de Talca. Esta encuesta electrónica fue creada y aplicada a través de la plataforma *google forms*.

- ¿Qué dispositivo electrónico utiliza generalmente para apoyar su estudio?
Puede marcar más de una opción
 - Computador de escritorio
 - Notebook
 - Tablet
 - Teléfono celular
 - Otro:

- ¿Cuenta con acceso a internet desde su hogar?
Incluido acceso a internet desde su teléfono celular
 - Si
 - No

- ¿Qué le parece el uso de plataformas de microscopia virtual como complemento al uso de microscopio tradicional?

Escala del 1 a 5, siendo 1 Inadecuado y 5 Excelente.

- ¿Siente que la microscopia virtual fue útil para estimular el aprendizaje?
 - Si
 - No

- ¿Qué piensas acerca de la facilidad de uso de la plataforma VirtualMicro?

Escala del 1 a 5, siendo 1 Muy difícil y 5 Muy fácil.

- ¿Qué le parece la velocidad con la que puede navegar a través de la muestra de tejido?

Escala del 1 a 5, siendo 1 Muy lento y 5 Muy rápido.

- En términos de facilidad para encontrar células o estructuras dentro del tejido, ¿Dónde le parece más fácil realizar esta actividad?
 - Microscopio tradicional
 - Plataforma de Microscopia Virtual
 - Me es indiferente

- ¿Qué características de una plataforma como VirtualMicro, valora para su uso en cursos de patología?

Respuesta texto libre.

- ¿Qué dificultades o 10. limitaciones tuvo al utilizar la plataforma VirtualMicro?

Respuesta texto libre.

- Entrégnanos tus comentarios y sugerencias para mejorar esta plataforma.

Respuesta texto libre.

- ¿Qué metodología prefiere utilizar para los cursos de patología o histología?

- Microscopios tradicionales
- Plataforma Web de Microscopia Virtual
- Ambos

Proceso de validación de la encuesta

Se envía un correo a la experta en educación (Carolina Figueroa San Martín), magisterio en ciencias de la educación con mención en tecnologías educativas del Consorcio Europeo Euromime, quien realiza la evaluación con el objetivo de proveer información para mejorar la encuesta con la finalidad que cumpla con el nivel de la muestra, el propósito y los objetivos del estudio. El procedimiento utilizado correspondió a una revisión del instrumento generando una tabla de sugerencias y comentarios que favoreciera la discusión con el investigador.

En relación a la revisión de la experta consideró elementos de forma y fondo:

1. La claridad de las preguntas y la relevancia de las mismas
2. Si el enunciado es correcto y comprensible, y si las preguntas tienen la extensión adecuada.
3. Secuencia lógica de las preguntas
4. Tipos de preguntas más adecuados.
5. Si es correcta la categorización de las preguntas en relación a los objetivos propuestos por el investigador.
6. El número adecuado de preguntas
7. Si el tiempo que toma contestarlo es o no apropiado.
8. El tipo de contenido en relación a los objetivos
9. La inclusión de la mayor cantidad de temas que den cuenta de los objetivos.

Posterior a la revisión se enviaron sugerencias de cambio de preguntas, eliminación de algunas de ellas, uso apropiado de las palabras, o modificaciones en el formato de la encuesta.

El instrumento fue devuelto con los cambios y la experta lo devolvió validado.

10.4. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

1. Introducción

Este documento tiene como objetivo detallar las especificaciones de forma clara y precisa, tanto de los requerimientos funcionales como no funcionales, capturados durante la etapa de ingeniería de requerimientos. Adicionalmente, se deja constancia sobre las personas involucradas en el proyecto y sus roles dentro del mismo. De esta manera se tiene fácil acceso al detalle de las diferentes funcionalidades que tendrá la plataforma, las cuales se definieron en común acuerdo entre el equipo desarrollador y los usuarios.

1.1. Propósito

Este documento tiene como propósito ser revisado sistemáticamente, evaluado y aprobado, ya sea por el equipo desarrollador, como también por los usuarios involucrados en el proyecto.

1.2. Personal involucrado

Nombre	Steffen Härtel
Rol	Gestionar y supervisar
Categoría profesional	Jefe de proyecto
Responsabilidades	Gestionar y supervisar avance y cumplimiento del proyecto.
Información de contacto	shartel@med.uchile.cl

Nombre	Luis Briones Montecinos
Rol	Implementación de proyecto
Categoría profesional	Ingeniero desarrollador
Responsabilidades	Diseñar e Implementar plataforma Web de Microscopia Virtual
Información de contacto	Luism.briones@gmail.com

Nombre	Eugenia Diaz
Rol	Docente Universidad de Chile
Categoría profesional	Usuario clave docencia
Responsabilidades	Entregar información sobre el sistema, flujo de información y requisitos.
Información de contacto	eudiaz@med.uchile.cl

Nombre	Daniel Droguett
Rol	Docente Universidad de Talca
Categoría profesional	Usuario clave docencia
Responsabilidades	Entregar información sobre el sistema, flujo de información y requisitos.
Información de contacto	ddroguett.o@gmail.com

Nombre	Carolina Figueroa San Martin
Rol	Validación metodológica
Categoría profesional	Metodóloga Universidad de Chile
Responsabilidades	Proceso adaptación guías docentes y validación de encuesta electrónica.
Información de contacto	carofigueroasm@u.uchile.cl

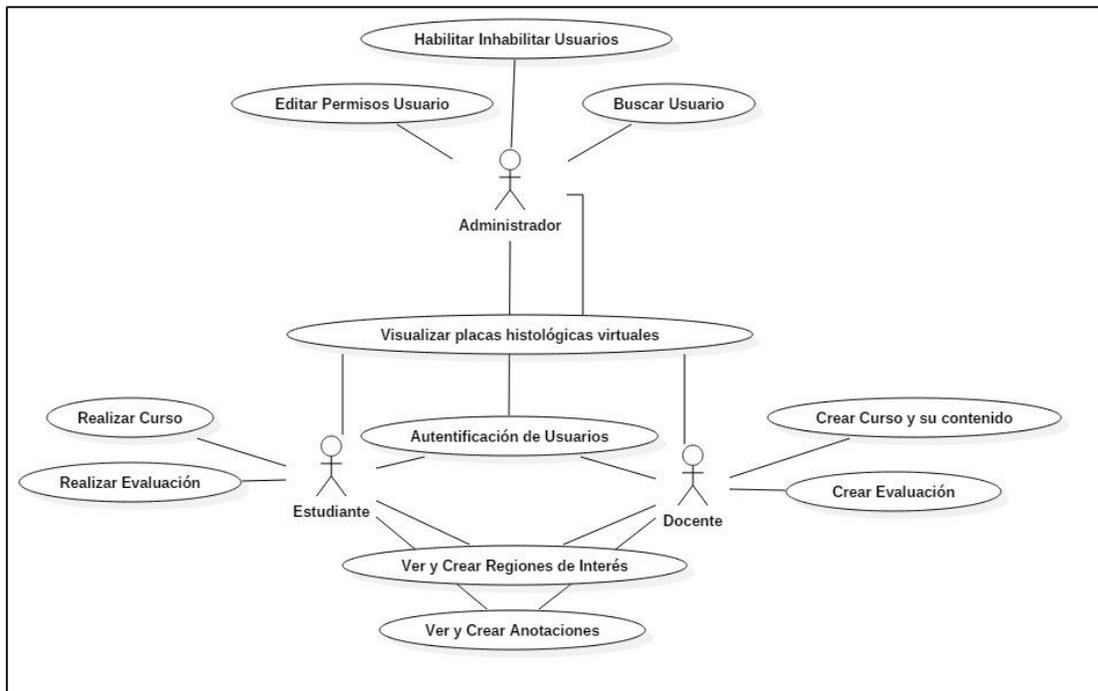
2. Descripción general

2.1. Perspectiva del producto

El software a desarrollar será una plataforma web, que utilizara herramientas de la microscopia virtual, para crear cursos universitarios de Histología y Patología.

2.2. Funcionalidad del producto

En el siguiente diagrama de caso de uso global del sistema, se pueden ver las funcionalidades recolectadas en la etapa de ingeniería de requerimientos, como también la interacción de los distintos usuarios con el sistema completo.



2.3. Características de los usuarios

Tipo de usuario	Administrador
Formación	Ingeniero
Habilidades	Manejo de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).
Actividades	Generar y mantener cuentas de usuarios, junto a la definición de perfiles y roles dentro de la plataforma.

Tipo de usuario	Docente
Formación	Licenciado
Habilidades	Manejo de los contenidos y actividades de los cursos a implementar en la plataforma.
Actividades	Crear todo el contenido y actividades del curso que se desea implementar en la plataforma.

Tipo de usuario	Estudiante
Formación	Estudiante de pregrado
Habilidades	Conocimientos básicos en el uso de computador y navegación por internet.
Actividades	Realización de cursos dentro de la plataforma.

2.4. Restricciones

La plataforma será desarrollada utilizando el framework bootstrap, con lenguajes de programación PHP, HTML y Javascript, con integración a una base de datos relacional MySQL.

2.5. Suposiciones y dependencias

Ninguna.

2.6. Evolución previsible del sistema

Posible integración con sistema de realización de evaluaciones con corrección automática, y generación de reportes de las mismas.

3. Especificación de requisitos

3.1. Requisitos funcionales

A continuación se detallan los requerimientos identificados y acordados con los usuarios, que tienen directa relación con la funcionalidad de la plataforma.

3.1.1. Requisito funcional 1

Numero	RF1
Nombre	Autenticación de los usuarios.
Descripción	La plataforma debe permitir a cada usuario el ingreso del nombre y contraseña, para poder ingresar al sistema.
Proceso	Al ingresar a la plataforma a través de un navegador web, se deberá ir al menú "Cursos", donde encontrara el formulario de validación, acá deberá ingresar su nombre de usuario y contraseña correspondiente. Si no hubo ningún error en los datos ingresados, dará acceso a la lista de cursos disponibles, si no, emitirá un mensaje de error.
Grado de necesidad	Esencial

3.1.2. Requisito funcional 2

Numero	RF2
Nombre	Gestión de usuarios (buscar, crear, modificar, eliminar)
Descripción	La plataforma debe permitir al administrador, buscar, crear, modificar o eliminar usuarios del sistema.
Proceso	El administrador tendrá acceso a una zona restringida de administración, donde validando sus datos de usuario y contraseña, podrá buscar, crear, modificar y eliminar usuarios directamente desde la base de datos del sistema.
Grado de necesidad	Esencial

3.1.3. Requisito funcional 3

Numero	RF3
Nombre	Visualizar placas virtuales
Descripción	La plataforma debe permitir la correcta visualización de una placa virtual.
Proceso	Cuando un usuario, ya sea administrador, docente o estudiante, ingresa a un curso determinado, podrá tener acceso a una o más actividades en las que hay placas virtuales disponibles. Por lo que la plataforma debe permitir la correcta visualización de la placa virtual correspondiente, independiente del dispositivo electrónico utilizado para ingresar.
Grado de necesidad	Esencial

3.1.4. Requisito funcional 4

Numero	RF4
Nombre	Creación de un curso
Descripción	El docente debe tener la posibilidad de crear un nuevo curso dentro de la plataforma.
Proceso	El docente al ingresar a la plataforma con su usuario y contraseña, podrá dirigirse al menú "Crear curso", donde podrá ingresar el nombre del curso y la descripción del mismo.
Grado de necesidad	Deseado

3.1.5. Requisito funcional 5

Numero	RF5
Nombre	Crear evaluación
Descripción	El docente debe tener la posibilidad de crear una nueva evaluación dentro de la plataforma.
Proceso	El docente debe ingresar a la plataforma con su usuario y contraseña, luego podrá dirigirse al menú "Crear evaluación", donde podrá ingresar una serie de preguntas relacionadas con cierta actividad dentro de un curso.
Grado de necesidad	Deseado

3.1.6. Requisito funcional 6

Numero	RF6
Nombre	Realizar curso
Descripción	El estudiante debe tener la posibilidad de realizar un curso dentro de la plataforma.
Proceso	El estudiante debe ingresar a la plataforma con su usuario y contraseña, luego podrá ver una lista de los cursos que tiene disponible para realizar, podrá ingresar al curso de su interés, donde posteriormente podrá encontrar una lista de las actividades relacionadas con este curso, las cuales podrá realizar en forma secuencial.
Grado de necesidad	Esencial

3.1.7. Requisito funcional 7

Numero	RF7
Nombre	Realizar evaluación
Descripción	El estudiante debe tener la posibilidad de realizar una evaluación dentro de la plataforma.
Proceso	El estudiante debe ingresar a la plataforma con su usuario y contraseña, luego de ingresar a un curso determinado, podrá encontrar actividades que estén vinculadas con una evaluación, que consta de una serie de preguntas relacionadas con la placa virtual que se esté analizando en esa actividad. La plataforma deberá permitir el ingreso de las respuestas y guardarlas en el perfil del usuario correspondiente.
Grado de necesidad	Deseado

3.1.8. Requisito funcional 8

Numero	RF8
Nombre	Ver y crear anotaciones
Descripción	Tanto docentes como estudiantes podrán crear nuevas anotaciones en una placa virtual dentro de la plataforma.
Proceso	Cuando un usuario ingresa a una actividad determinada donde tiene acceso a la visualización de una placa virtual, podrá ver las anotaciones que estén en la placa virtual, o seleccionar la opción de "Crear una anotación" en la región de la placa virtual que el decida, ingresando un nombre y una descripción a dicha anotación.
Grado de necesidad	Deseado

3.1.9. Requisito funcional 9

Numero	RF9
Nombre	Ver y crear regiones de interés
Descripción	Tanto docentes como estudiantes podrán ver y crear nuevas regiones de interés en una placa virtual dentro de la plataforma.
Proceso	Cuando un usuario ingresa a una actividad determinada donde tiene acceso a la visualización de una placa virtual, podrá ver regiones de interés que estén en la palca virtual, o seleccionar la opción de “Crear región de interés” en la región de la placa virtual que él decida, ingresando un nombre y una descripción a dicha región de interés.
Grado de necesidad	Opcional

3.2. Requisitos no funcionales

3.2.1. Requisitos de rendimiento

Como se verá a continuación, no se requiere grandes servidores *web*, ni infraestructura de red avanzada para alojar y obtener un buen rendimiento de esta plataforma, ya que los recursos utilizados para la ejecución de la plataforma son divididos entre el servidor y el cliente, todo esto de forma transparente para el usuario.

- **Servidor web:**
 - Sistema operativo: Debian 6 (Linux)
 - Memoria RAM: 4 Gb
 - Procesador: Intel(R) Xeon(R) CPU X3430 2.4GHz

- **Prueba ancho de banda:** Se realizó una prueba del ancho de banda necesario para montar la plataforma en un servidor *web* cualquiera. El caso de prueba fue con un usuario conectado y realizando un curso completo por el tiempo de 1 hora, tiempo que normalmente dura un curso. Con la ayuda de los registros en el servidor *web* se corroboró la cantidad de información descargada hacia el usuario, que en este caso fueron 10 Mb en total. Por lo que se extrapoló a 100 estudiantes que se conectarían simultáneamente, y se obtuvo que se requiere un ancho de banda de 2.34 Mb/seg, lo cual es una demanda bastante asequible.

3.2.2. Seguridad

La seguridad de la plataforma estará respaldada mediante el requerimiento de autenticación de cada usuario que desee ingresar al sistema, resguardando de esta manera posibles malos usos.

Adicionalmente, se harán respaldos periódicos de la base de datos cada vez que se agregue un nuevo curso.

3.2.3. Disponibilidad

La plataforma cuenta con un alto nivel de disponibilidad, el que solo se ve afectado por razones de fuerza mayor, como por ejemplo caídas de la conexión de internet por parte del proveedor, o bloques de tiempo fuera de línea por mantenimiento del servidor, situaciones que ocurren con muy baja frecuencia.

3.2.4. Portabilidad

Una de las decisiones de utilizar los lenguajes de programación usados, y la base de datos usada, es que son portables dentro de cualquier servidor web, tanto Windows como Linux. Adicionalmente, tanto del punto de vista del servidor, como del cliente, no tiene dependencias hacia software de terceros.

3.2.5. Multiplataforma

Una de las características que tiene esta plataforma, es que fue desarrollada con lenguajes de programación y *frameworks responsive*, por lo tanto se adaptará automáticamente a los distintos dispositivos electrónicos utilizados para acceder a su contenido.

3.2.6. Usabilidad

La interface gráfica de la plataforma *web* debe cumplir con un grado basal de usabilidad y diseño, el que se acordará gradualmente junto a los usuarios, conservando un estilo minimalista, modular y sin intervención de usuario para el correcto funcionamiento, tanto en distintos navegadores *web* como distintos dispositivos electrónicos.