

REALIDAD VIRTUAL (RV) INMERSIVA PARA EL APRENDIZAJE EN ARQUITECTURA

IMMERSIVE VIRTUAL REALITY (VR) FOR LEARNING IN ARCHITECTURE

Elizabeth Wagemann, Jaime Martínez

doi: 10.4995/ega.2022.15581

El uso de la realidad virtual (RV) en el diseño de proyectos puede ser una herramienta útil para facilitar el trabajo colaborativo a distancia, la toma de decisiones y el entendimiento espacial. Asimismo, puede ser un buen instrumento en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la arquitectura. Aquí analizamos una experiencia colectiva de trabajo remoto donde estudiantes de arquitectura utilizaron modelación 3D y RV inmersiva en una actividad de dos semanas guiada por docentes. Mediante encuestas, entrevistas, y observaciones, buscamos entender el impacto de estas tecnologías en el proceso creativo, de aprendizaje y representacional de los/las estudiantes. Los resultados muestran que el tiempo de capacitación y experimentación es fundamental, que los equipos docentes requieren mayor aceptación al cambio, que los formatos finales deben ser coherentes con las herramientas usadas, y que existe gran diferencia en la percepción de estas tecnologías entre hombres y mujeres.

PALABRAS CLAVE: MODELACIÓN 3D, REALIDAD VIRTUAL, SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN, APRENDIZAJE VIRTUAL

The use of virtual reality (VR) in project design can be a useful tool to facilitate collaborative remote work, decision-making, and spatial comprehension. Likewise, it can be a good instrument in the teaching-learning process of architecture. Here we analyze a collective remote work experience where architecture students used 3D modeling and immersive VR in a two-week activity led by professors. We seek to understand the impact of these technologies on the creative, learning, and representational processes of the students through surveys, interviews, and observations. The results show that time for training and experimentation is essential, that teaching teams require greater acceptance of change, that the final formats must be consistent with the tools used, and that there is a great difference in the perception of these technologies between men and women.

KEYWORDS: 3D MODELING, VIRTUAL REALITY, REPRESENTATION SYSTEMS, VIRTUAL LEARNING





Nuevos escenarios para el aprendizaje en arquitectura

En la actualidad, los cambios sanitarios, sociales y económicos hacen que la innovación en el área educativa sea un factor clave en la formación académica. La adopción de plataformas virtuales de aprendizaje ha generado un cambio en las políticas universitarias y ha sido necesario encontrar tecnologías que mejoren la interacción docente-estudiante. Por otro lado, el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICS) en las universidades ha respondido a las capacidades y demandas de los , resultando en recursos de gran valor donde los/las estudiantes pasan a ser protagonistas activos del proceso de enseñanza-aprendizaje (Canet-Rosselló et al., 2018). Una de las ventajas de los entornos virtuales es la posibilidad de acercar al alumnado a nuevos medios tecnológicos, metodologías docentes, y modelos de enseñanza- aprendizaje que pueden ser complementarios a la modalidad presencial y que pueden responder a necesidades futuras (Alonso Díaz et al., 2014).

En este escenario, nuevas tecnologías pueden facilitar este proceso de aprendizaje en el campo de la arquitectura. La creación de imágenes 3D a partir de representaciones simbólicas o bidimensionales resulta crucial para la disciplina. Las habilidades espaciales pueden ser mejoradas mediante el modelado 3D, ya que la manipulación de objetos físicos (maquetas) en etapas iniciales permiten desarrollar conexiones mano-ojo, pero en etapas más avanzadas pueden perder su valor didáctico. Entonces, el uso de software especializados permite realizar visualizaciones, ejercicios

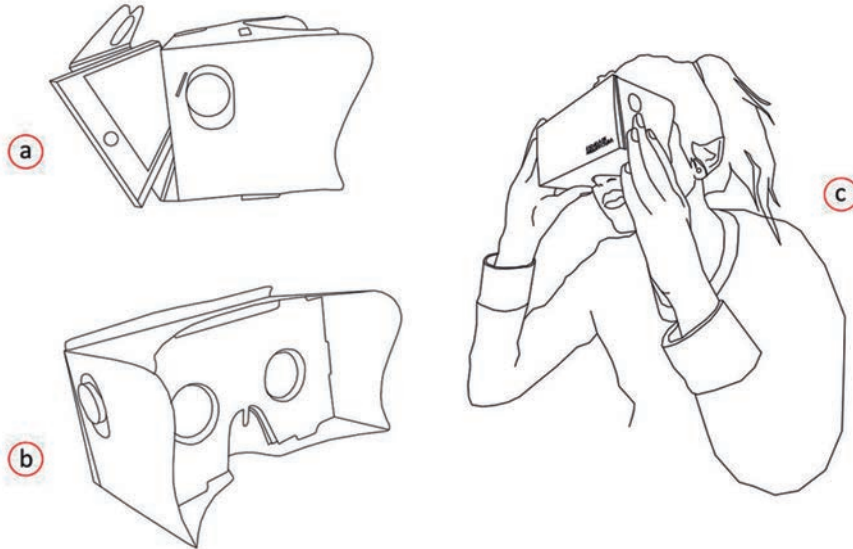
y manipulación de los diseños que además son de bajo costo (Contreras Bravo et al., 2015). Sumado a esto, el uso de la realidad virtual (RV), una tecnología que permite la visualización de modelos tridimensionales (3D) en primera persona de forma inmersiva y no inmersiva mediante dispositivos digitales (Aznar Díaz et al., 2018), puede favorecer el traspaso de información del diseño de los espacios de una forma cercana a la realidad. Hasta hace unos años, existía dificultad para acceder a los dispositivos necesarios, como cascos estereoscópicos, punteros 3D y hardware difíciles de conseguir (Alvarado & Maver, 1999; Aznar Díaz et al., 2018). En la actualidad, existen visores 3D fácilmente asequibles y se ha masificado su utilización mediante dispositivos digitales móviles (Fig. 1).

Dentro de las experiencias de la utilización de RV en la enseñanza de la arquitectura, destacan dos tipos: recorridos virtuales en contextos patrimoniales y el desarrollo de proyectos en espacios virtuales. La pandemia del COVID-19 aceleró la incorporación de nuevas tecnologías en muchas escuelas de arquitectura, las cuales se vieron en la necesidad de continuar de forma remota, incluyendo talleres dedicados al diseño de proyectos. En este contexto, la utilización de la RV aparece como una oportunidad para el aprendizaje desde varios puntos de vista: su capacidad para apoyar el trabajo colaborativo y con el equipo docente a distancia, facilitar un mayor entendimiento espacial al visualizar lo que se está diseñando mediante recorridos virtuales, y entregar nuevas herramientas a los/las estudiantes para enfrentar el mundo laboral. Se presentan aquí los resultados

New scenarios for learning in architecture

Currently, health, social and economic changes make innovation in the educational field a key factor in academic training. The adoption of virtual learning platforms has generated a change in university policies, and it has been necessary to find technologies that improve teacher-student interaction. On the other hand, the use of information and communication technologies (ICTs) in universities has responded to the capacities and demands of digital natives, resulting in resources of great value where students become active protagonists of the teaching-learning process (Canet-Rosselló et al., 2018). One of the advantages of virtual environments is the possibility of bringing students closer to new technological resources, teaching methodologies, and teaching-learning models that can be complementary to the face-to-face format and that can respond to future needs (Alonso Díaz et al., 2014).

In this scenario, new technologies can facilitate this learning process in the field of architecture. The creation of 3D images from symbolic or two-dimensional representations is crucial to the discipline. Spatial skills can be improved through 3D modeling, since the manipulation of physical objects (models) in the initial stages allows the development of hand-eye connections, but in more advanced stages they can lose their didactic value. Then, the use of specialized software allows visualizations, exercises, and manipulation of the designs that are also inexpensive (Contreras Bravo et al., 2015). In addition, the use of virtual reality (VR), a technology that allows the visualization of first-person three-dimensional (3D) models in an immersive and non-immersive way through digital devices (Aznar Díaz et al., 2018), can help information transfer regarding the design of spaces in a way that is close to reality. Until a few years ago, there was difficulty in accessing the necessary devices, such as stereoscopic helmets, 3D pointers, and hard-to-get hardware (Alvarado & Maver, 1999; Aznar Díaz et al., 2018). Currently, there are easily affordable 3D viewers and their use through mobile digital devices has become widespread (Fig. 1).



1

Within the experiences using VR in architecture teaching, two types stand out: virtual tours in heritage contexts and the development of projects in virtual spaces. The COVID-19 pandemic accelerated the incorporation of new technologies in many architecture schools, which were forced to continue remotely, including workshops dedicated to project design. In this context, the use of VR appears as an opportunity for learning from several points of view: its ability to support collaborative work and with the teaching team remotely; to facilitate a greater spatial understanding by visualizing what is being designed through virtual tours, and; to deliver new tools to students to face the world of work. The results of an experience with groups of students who worked remotely guided by professors, shared their 3D models, and used VR as part of a collaborative design process, are presented here.

“Concurso Escuela”: an opportunity for educational innovation ¹

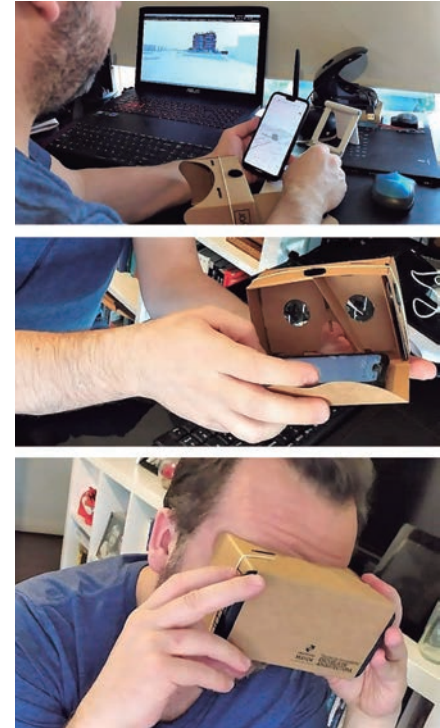
During two weeks in September 2020, 226 students from the School of Architecture of the Universidad Mayor (Chile) from 1st to 5th year participated in an activity performed annually since 1998 called “Concurso Escuela”. In this activity, students and professors set teams to develop proposals for a short period of time, which are

de una experiencia con grupos de estudiantes que trabajaron de forma remota guiados por docentes, compartieron sus modelos 3D y utilizaron la RV como parte de un proceso de diseño colaborativo.

“Concurso Escuela”: una oportunidad de innovación educativa ¹

Durante dos semanas en septiembre de 2020, 226 estudiantes de la escuela de Arquitectura de la Universidad Mayor (Chile) de 1ro a 5to año participaron en una actividad que se realiza anualmente desde 1998 llamada “Concurso Escuela”. En esta actividad, estudiantes y docentes forman equipos para desarrollar propuestas durante un corto periodo de tiempo, las cuales son evaluadas por un jurado externo al finalizar.

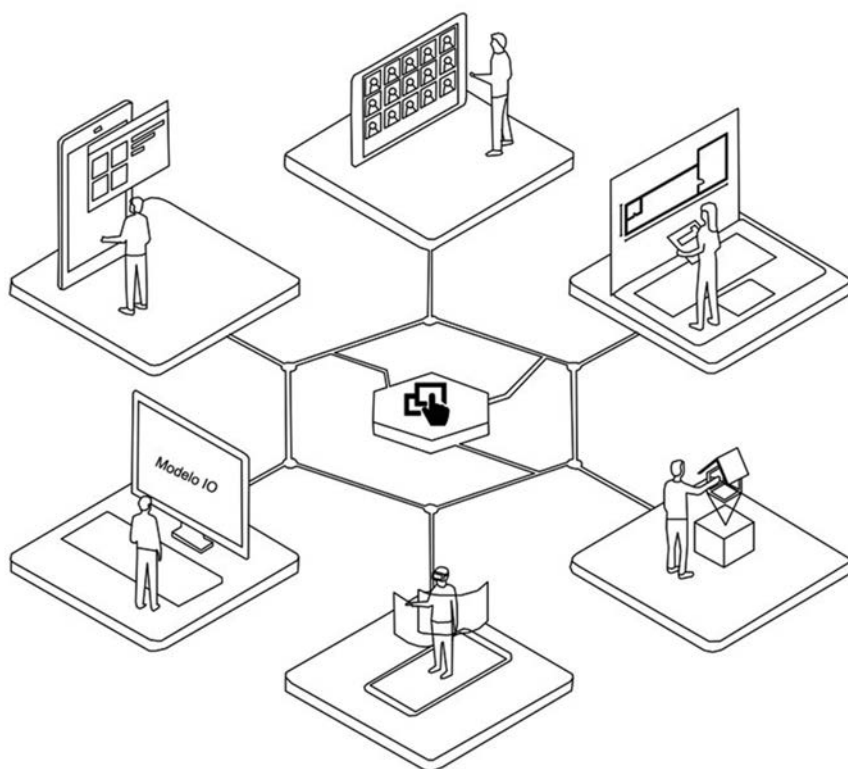
El objetivo de aprendizaje de la actividad es la formulación y elaboración de una intervención arquitectónica temporal que resuelva necesidades a partir de demandas de una comunidad y que son definidas en el encargo inicial del concurso. La me-



2

todoología utilizada es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), donde los/las estudiantes trabajan en equipos de diferentes años de la carrera, a través de proyectos realistas, promoviendo la perspectiva crítica, la toma de decisiones, la planificación del tiempo, comunicación efectiva y síntesis de resultados.

Por primera vez, esta actividad se realizó en formato remoto, mediante reuniones sincrónicas en la plataforma “Blackboard”, debido a las restricciones sanitarias por la pandemia del COVID-19. Para mejorar la experiencia de aprendizaje remoto, se decidió experimentar con el uso de RV mediante la plataforma Modelo.io y lentes (visores) “Google Cardboard” (Fig. 2). Para ello, se realizaron capacitaciones básicas antes de la actividad, lo que permitió enfrentar el inicio del proceso con un conocimiento común sobre las prestaciones de las herramientas, sus entornos y potenciales proyecciones. Posteriormente se distribuyeron visores a estudiantes y docentes, iniciando con ello un camino de exploración y co-construcción de conocimiento



3

y creación. De esta forma, en las reuniones virtuales los equipos podían compartir sus pantallas, subir archivos, dibujos, fotografías, y sus modelos 3D (Fig. 3), contribuyendo así a un aprendizaje situado, colaborativo, altamente estimulante y en construcción permanente.

La plataforma Modelo.io presentaba algunas ventajas para la actividad: a) los modelos se visualizan en la plataforma online a través de navegadores como Google Chrome o Mozilla Firefox, y no requiere la instalación de un software específico; b) modelos 3D pueden ser realizados en distintos programas (Revit, Sketchup, Rhino, etc.) y luego cargados en la plataforma, facilitando las correcciones con el equipo docente, quienes no necesitan manejar un software en particular; c) permite marcar recorridos en planta los cuales se pueden visualizar en 3D (Fig. 4); y finalmente, d) la aplicación puede ser utilizada en los teléfonos móviles y generar una visualización estereoscópica para utilizar con los visores de RV.

El desarrollo de proyectos fue realizado en grupos de 6 a 8 estu-

diantes de al menos 3 años distintos, los cuales fueron guiados por 12 equipos docentes. El diseño debía proponer formas de utilización del espacio público de la feria libre Guanaco Sur (Independencia, Santiago) en el contexto de la pandemia, considerando las distancias requeridas para habitar en esta, según las relaciones con el contexto, accesos, lugares de espera, recorridos, etc. Al finalizar la actividad, los proyectos debían enviarse vía email en láminas en formato pdf junto a un modelo 3D cargado en la plataforma Modelo.io con recorridos y vistas específicas para facilitar la evaluación del jurado, quienes también recibieron visores de RV.

Para comprender el impacto de estas nuevas tecnologías en el proceso de aprendizaje, se realizó un estudio mixto que involucró estudiantes y docentes, mediante una encuesta para conocer la percepción de las/los estudiantes, entrevistas grupales a los equipos docentes y organizadores de la actividad, y observaciones realizadas por el equipo de investigación a las sesiones virtuales. De los/las 226

1. Utilización de Visor Google Cardboard: a) se incorpora el dispositivo móvil dentro del visor con el modelo 3D, b) se cierra el visor con dispositivo dentro, c) se observa el modelo 3D a través del visor. Fuente: elaboración propia

2. Docente visualizando modelo 3D en la plataforma Modelo.io desde su computador a su dispositivo móvil dentro del visor de RV. Fuente: elaboración propia

3. Esquema de proceso de corrección en-línea con equipos docentes. Trabajo remoto en equipo, utilizando diferentes plataformas. Fuente: elaboración propia

1. Usage of the Google Cardboard Viewer: a) the mobile device is incorporated into the viewer with the 3D model, b) the viewer is closed with the device inside, c) the 3D model is observed through the viewer. Source: Authors

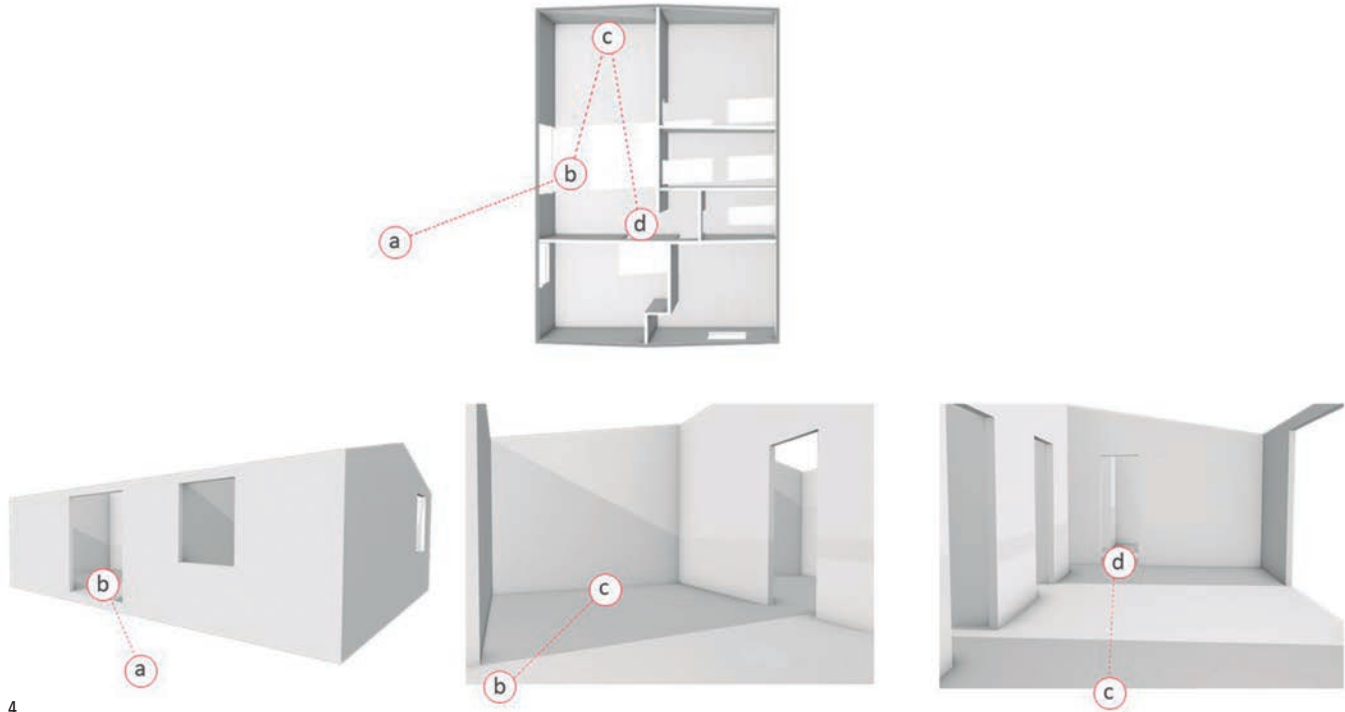
2. Professor viewing a 3D model on Modelo.io platform from his computer to his mobile device within the VR viewer. Source: Authors

3. Online review process scheme with teaching teams. Remote teamwork using different platforms. Source: Authors

evaluated by an external jury at the end.

The learning objective of the activity is the formulation and elaboration of a temporary architectural intervention that solves needs based on the demands of a community and that is defined in the initial commission of the competition. The methodology used is Project-Based Learning (PBL), where students work in teams from different years of the career, through realist projects, promoting critical perspective, decision-making, time planning, effective communication, and synthesis of results.

For the first time, this activity was carried out remotely, through synchronous meetings on the platform "Blackboard", due to sanitary restrictions due to the COVID-19 pandemic. To improve the remote learning experience, it was decided to experiment with the use of VR using the Modelo.io platform and "Google Cardboard" lenses (viewers) (Fig. 2). For this, basic training was carried out before the activity, which allowed us to face the beginning of the process with common knowledge about the benefits of the tools, their environments, and potential projections. Later, viewers were distributed to students and professors, thus initiating a path of exploration and co-construction of knowledge and creation. Thereby, in virtual meetings, teams could share their screens, upload files, drawings, photographs, and their 3D models (Fig. 3), contributing to situated, collaborative, and highly stimulating learning that is under permanent construction.



4

The model.io platform offered some advantages for the activity: a) the models are displayed on the online platform through browsers such as Google Chrome or Mozilla Firefox, and it does not require the installation of specific software; b) 3D models can be created in different programs (Revit, Sketchup, Rhino, etc.) and then uploaded to the platform facilitating revisions with the teaching team, who do not need to use a particular software; c) allows tracing routes in the plans which can be visualized in 3D (Fig. 4); and finally, d) the application can be used on mobile phones and generate a stereoscopic image for use with VR viewers. The development of projects was carried out in groups of 6 to 8 students of at least 3 different academic years, which were guided by 12 teaching teams. The design had to propose ways of using the public space of the "Guanaco Sur Street market" (Independencia, Santiago) in the context of the pandemic, considering the distances required to live in this *new normality*, according to the relationships with the context, accesses, resting areas, routes, etc. At the end of the activity, the projects had to be sent via email in pdf format together with a 3D model uploaded to the Modelo.io platform with specific 3D tours and views to facilitate the evaluation of the jury, who also received VR viewers.

To understand the impact of these new technologies on the learning process, a mixed study was carried out involving students and

estudiantes que participaron en la actividad, 122 accedieron a contestar la encuesta voluntariamente y 7 de los/las 12 docentes participaron en las entrevistas. Tanto la encuesta como las entrevistas se crearon en relación con 4 dimensiones: 1) El nivel de dominio demostrado en el uso de hardware y software de RV; 2) La incorporación de las herramientas de RV y enriquecimiento de los resultados de la representación visual; 3) La comprensión del espacio bi y tridimensional de un proyecto aportado por la RV; y 4) La relación entre las herramientas de RV y aprendizajes significativos.

Análisis: Percepción de la RV en la experiencia de aprendizaje en arquitectura

Nivel de dominio en el uso del software y hardware de RV

Las/los estudiantes en su mayoría consideraron positivo el uso de los visores de RV y la plataforma Modelo.io. Sin embargo, también la mayoría (66,4%) señaló que su manejo de la plataforma es de

un nivel regular o deficiente y un porcentaje menor (33,6%) indicó tener un buen o muy buen uso de la herramienta al finalizar la actividad. Por otro lado, más del 60% evaluó positivamente la capacitación y el manejo de herramientas respecto a lo que sabían antes de la actividad. Por su parte, los/las docentes coincidieron en que el manejo de las herramientas de RV para el proyecto fue bajo y percibieron que aquellos/as con conocimiento previo de modelación y/o de cursos superiores tuvieron mejor manejo de la RV. También, indicaron que los/las estudiantes de 2do y 3er año, pese a su motivación e interés, en muchos casos no manejaban la modelación 3D, lo cual dificultó su incorporación activa en el proceso. En ese sentido, el equipo docente sintió que, al ser herramientas nuevas, se requiere más tiempo para aprenderlas y utilizarlas de forma más íntegra. Como señala uno de los docentes: "...es como las reglas nuevas del fútbol, se prueban en ciertos partidos que son un desastre, pero poco a poco se van enterando".



Incorporación de la RV y enriquecimiento de la representación visual

Alrededor del 70% de los/las estudiantes consideró que la RV enriqueció la representación de sus trabajos. En particular, un alto porcentaje señaló que el nivel logrado en sus representaciones 2D y 3D fue muy bueno o bueno (84,4% y 89,3% respectivamente). Por otra parte, puntuaron positivamente la incorporación de la RV en la actividad (75,4%), sus representaciones visuales con la herramienta virtual (78,7%) y la plataforma Modelo.io para la comunicabilidad del proyecto (68,9%). Por el contrario, el equipo docente consideró que muy pocos estudiantes lograron un desa-

rollo que permitiera usar RV como una herramienta útil para la representación o el proceso proyectual. Pese a esto, en su mayoría consideran que la experiencia enriqueció el proceso. Como señala un docente, la incorporación de estas herramientas permite “vivenciar dimensiones, alturas, verticalidad, cosas de un grado más abstracto respecto a la atmósfera y espacio.” Coinciden con que contaron con poco tiempo para integrar estas herramientas y mencionan que las bases del concurso no permitían explorar y aprender de las herramientas, debido al tipo de proyecto solicitado –una intervención en una feria libre– y al formato de entrega –lámina en pdf y modelo “cargado” en la plataforma (Fig. 5).

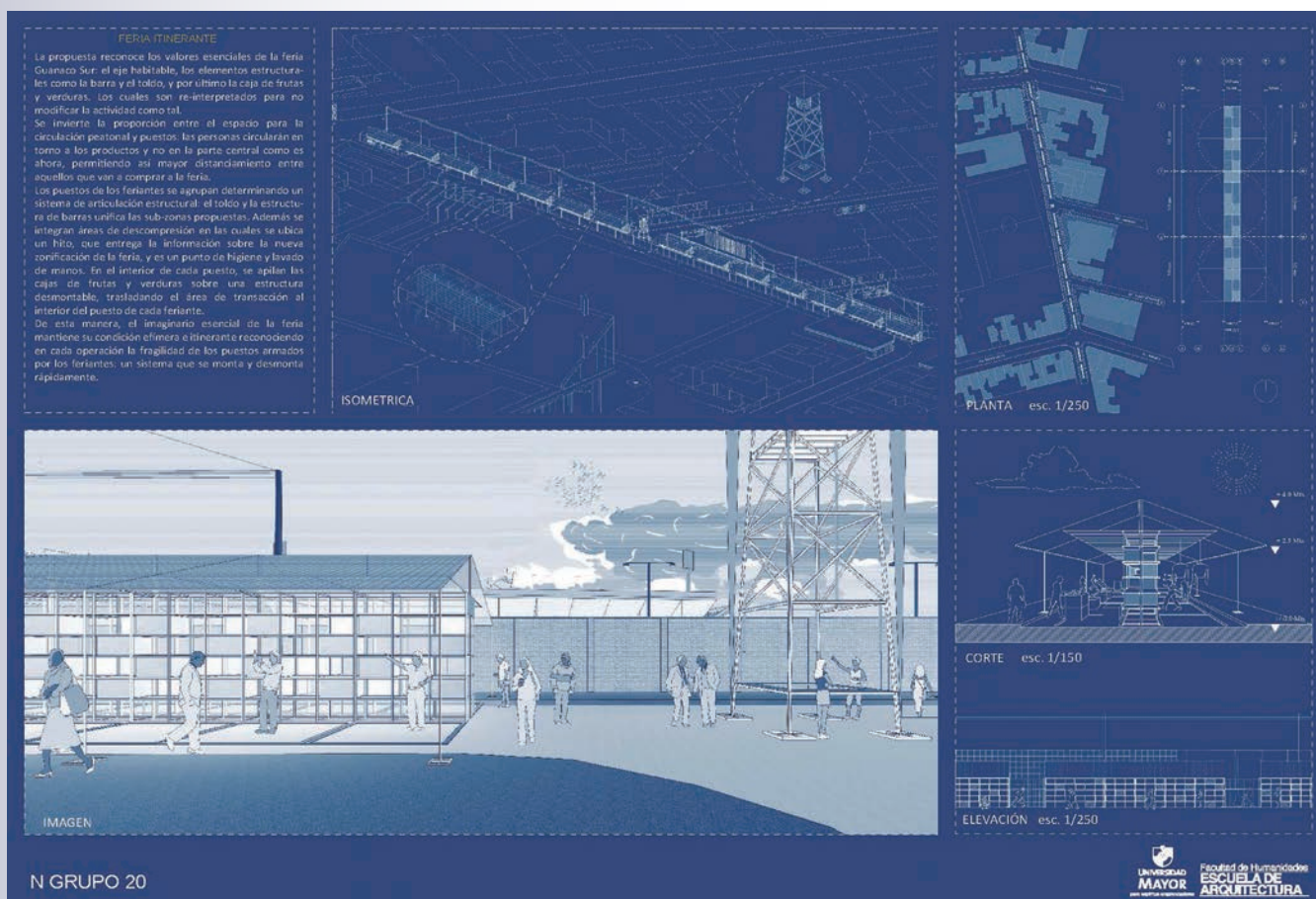
4. Esquema de funcionamiento de recorrido 3D en la plataforma modelo.io. Fuente: elaboración propia

5. Lámina del proyecto ganador del concurso (Grupo 20). Fuente: Estudiantes F. Amarillo O., J. Meza R., N. Zúñiga G., M. Pávez A., M. Alfaro A., B. Silva V., V. Contreras – Docentes A. Braghini, M. Huincahue, J. Barrientos

4. 3D tour process diagram on the model.io platform. Source: Authors

5. Image of the winning project of the contest (Group 20). Source: Students F. Amarillo O., J. Meza R., N. Zúñiga G., M. Pávez A., M. Alfaro A., B. Silva V., V. Contreras – Professors: A. Braghini, M. Huincahue, J. Barrientos

professors, through a survey to recognize the perception of the students, group interviews with the teaching teams and organizers of the activity, and observations made by the research team to the virtual sessions. Of the 226 students who participated in the activity, 122 voluntarily agreed to answer the survey, and 7 of the 12 teachers participated in the interviews. Both the survey and the interviews were created concerning 4 dimensions: 1) The level of proficiency and demonstrated in the use of VR hardware and





software; 2) Incorporation of VR tools and enrichment of visual representation results; 3) The understanding of the two and three-dimensional space of a project contributed by VR, and; 4) The relationship between VR tools and meaningful learning.

Analysis: Perception of VR in the architectural learning experience

Proficiency level in the use of VR software and hardware

Most students considered the use of VR viewers and the Modelo.io platform positive. However, the majority (66.4%) also indicated that their use of the platform is of regular or poor level, and a smaller percentage (33.6%) indicated that they had good or very good use of the tool at the end of the activity. On the other hand, more than 60% positively evaluated the training and the use of tools concerning what they knew before the activity. For their part, the professors agreed that the use of VR tools for the project was low, and they perceived that those with prior knowledge of modeling and/or higher years had better management of VR. They also indicated that the 2nd and 3rd-year students, despite their motivation and interest, in many cases did not handle 3D modeling, which made their active incorporation into the process difficult. In this regard, the teaching team felt that, as they are new tools, more time is required to learn them and use them thoroughly. As one of the teachers points out, "... it's like the new rules of football, they are tested in certain matches that are a disaster, but little by little they find out".

Incorporation of VR and enrichment of visual representation

Around 70% of the students considered that VR enriched the representation of their work. In particular, a high percentage indicated that the level achieved in their 2D and 3D representations was very good or good (84.4% and 89.3% respectively). On the other hand, incorporating VR in the activity (75.4%), its visual representations with the virtual tool (78.7%), and the Modelo.io platform for the communicability of the project (68.9%) scored positively. On the

6. Imágenes del proyecto ganador en la plataforma Modelo.io (Grupo 20). QR permite visualizar el recorrido 3D en la plataforma. Fuente: Estudiantes F. Amarillo O., J. Meza R., N. Zúñiga G., M. Pávez A., M. Alfaro A., B. Silva V., V. Contreras – Docentes A. Braghini, M. Huincahue, J. Barrientos

Comprensión del espacio bi y tridimensional de un proyecto con RV

Todos los ítems en esta dimensión fueron evaluados positivamente, con porcentajes mayores a 70%. Por ejemplo, el 87,7% y el 82,8% consideró positivo el uso de la RV para la comprensión del espacio bidimensional y del espacio 3D, respectivamente, mientras que un porcentaje similar (88,5%) considera que la retroalimentación de sus aprendizajes en la corrección con el equipo docente fue buena o muy buena. En cuanto a la representación y la comprensión del proyecto con RV, cerca del 80% consideró que fue bueno o muy bueno. Por su parte, el equipo docente presentó opiniones divergentes. Algunos señalaron que las herramientas no contribuyeron a la comprensión espacial y que los/las estudiantes desarrollaron el proyecto sin utilizarlas, incorporándolas sólo para el producto final. Por otro lado, otros/as docentes consideran que sí hubo una contribución a la comprensión de la espacialidad, pero coinciden con que hubo poco tiempo para aprender a modelar y utilizar la plataforma Modelo.io. Como señala un docente: "...sí se utilizó el modelo como base y eso, a cierto punto ayudó a los alumnos a comprender el espacio y las calles, el contorno..." (Fig. 6)

Relación entre las herramientas de RV y aprendizajes significativos

El 88% de las/los estudiantes consideró que el uso de estas herramientas aportó positivamente a la comprensión del proyecto. Además, el 81,1% valoró positivamente el

6. Images of the winning project on the Modelo.io platform (Group 20). QR allows to view the 3D tour on the platform. Source: Students F. Amarillo O., J. Meza R., N. Zúñiga G., M. Pávez A., M. Alfaro A., B. Silva V., V. Contreras – Professors A. Braghini, M. Huincahue, J. Barrientos

sentido de utilizar la representación de la arquitectura usando RV. Por otro lado, más del 73% valoró como buena y muy buena la posibilidad de extrapolar los conocimientos adquiridos a otros cursos, las experiencias significativas usando RV, así como el uso de la plataforma en comparación con otras herramientas. No obstante, alrededor del 37% consideró que los aprendizajes logrados con la herramienta fueron regular o deficiente. Por su parte, el cuerpo docente consideró que hubo pocos aprendizajes significativos en relación con el uso de la RV. Indican que el factor principal fue el cambio radical de los procesos, una nueva modalidad del concurso, la nueva forma de enseñar online, y los efectos de la pandemia, lo que significó nuevos desafíos en la interacción, influyendo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el desarrollo del proyecto. Pese a esto, coinciden en que la RV y nuevas plataformas de comunicación remota poseen un gran potencial a futuro. Tal como señala un docente: "*la corrección usando los lentes, metiéndose dentro del modelado genera otro tipo de corrección ...*" *aparecen todas las condiciones de la tridimensionalidad*".

Resultados generales, por sexo y por año de carrera

La figura 7, muestra que en términos generales las/los estudiantes consideran que la herramienta de RV fue un aporte para la comprensión del espacio (dimensión 3), les permitió enriquecer la representación visual (dimensión 2) y en menor medida obtener aprendizajes significativos (dimensión 3). Sin embargo, se autoevalúan con un nivel de dominio bajo de esta tec-



6

nología, siendo la dimensión 1 la peor evaluada. El análisis por sexo muestra que las mujeres asignaron puntajes más bajos que los hombres en todas las dimensiones (Fig. 8). A nivel general, se observan diferencias significativas respecto al dominio de la tecnología, el aporte de la RV en la comprensión del espacio bi y tridimensional y en los aprendizajes significativos. En este sentido, los estudiantes evaluaron de mejor manera que las estudiantes su grado de dominio de las herramientas de RV para representar sus proyectos. Los estudiantes con-

sideran, además, que la plataforma les permitió comprender mejor la representación en 2D y 3D de sus proyectos y obtener aprendizajes significativos con uso de la RV para representar los proyectos en comparación a sus compañeras. En relación con el año de carrera, los/as estudiantes de primer y cuarto año, consideran tener un mayor nivel de dominio de las herramientas de RV, mayor grado de enriquecimiento de las representaciones visuales con RV, mayor comprensión del espacio 2D y 3D, y mayor adquisición de aprendizajes significativos con

contrary, the teaching team considered that very few students achieved a development that allowed using VR as a useful tool for representation or the project process. Despite this, the majority consider that the experience enriched the process. As one professor points out, the incorporation of these tools allows "... to experience dimensions, heights, verticality, things of a more abstract degree with respect to the atmosphere and space". They agree that they had little time to integrate these tools and mention that the contest rules did not allow exploring and learning from the tools, due to the type of project requested – a project in a street market – and the delivery format – pdf sheet and model uploaded to the platform (Fig. 5).

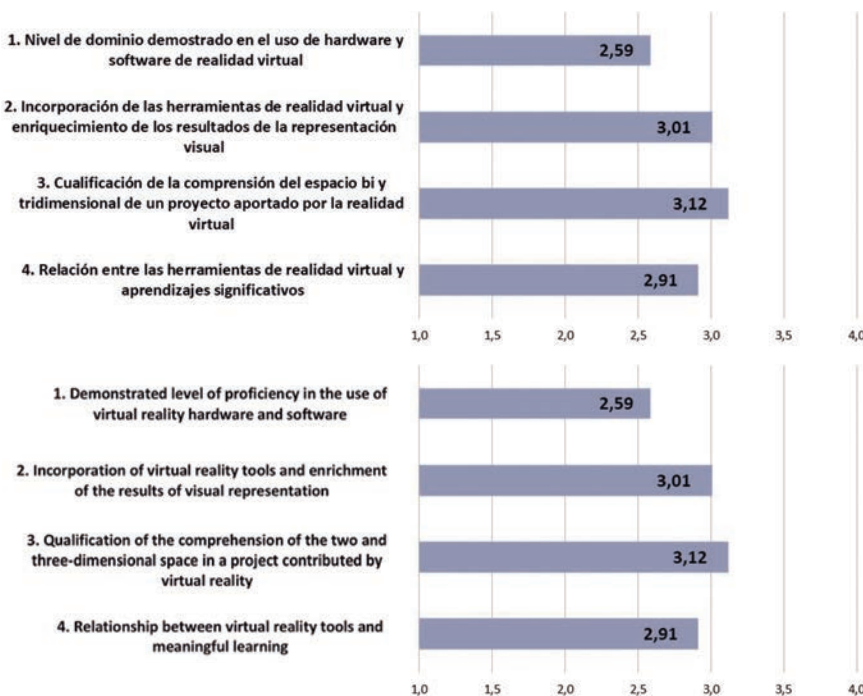


Comprehension of the two and three-dimensional space of a project with VR

All items in this dimension were evaluated positively, with percentages greater than 70%. For example, 87.7% and 82.8% considered the use of VR to be positive for the compression of two-dimensional space and 3D space, respectively, while a similar percentage (88.5%) considered that the feedback from their learning in correction with the teaching team was good or very good. Regarding the representation and understanding of the VR project, about 80% considered it to be good or very good. For their part, the teaching team presented divergent opinions. Some pointed out that the tools did not contribute to spatial comprehension and that the students developed the project without using them, incorporating them only for the final product. As one professor points out, *"they did not use it for the project, they did not use it for the process..."*. On the other hand, other professors consider there was a contribution to the understanding of spatiality, but they agree that there was little time to learn to model and use the Modelo.io platform. As one professor points out: *"... the model was*

estas tecnologías que sus compañeros/as de quinto, tercero y segundo año. Como se indica en la figura 9, los/las estudiantes de quinto año valoraron con puntajes significativamente menores la comprensión del espacio 2D y 3D mediante el uso de RV y los aprendizajes significativos al usar RV.

Considerando que el Concurso Escuela adoptó la modalidad descrita en función de la contingencia sanitaria del COVID-19, no es posible comparar los procesos desarrollados en modalidad virtual con independencia de las herramientas usadas en la enseñanza presencial, puesto que, antes de la pandemia la inclusión de herramientas tecnológicas en los procesos de representación, eran fundamentalmente medios para apoyar la creatividad. Por lo tanto, es difícil establecer relaciones de mejora en la calidad y profundidad las actividades, por no haber referencias anteriores con las cuales comparar.



7. Entre 1 y 1,44 = Deficiente; Entre 1,45 y 2,44 = Regular; Entre 2,45 y 3,44 = Bueno; Entre 3,45 y 4 = Muy bueno.

8. Las barras de color oscuro indican que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el promedio de los ítems evaluados. Entre 1 y 1,44 = Deficiente; Entre 1,45 y 2,44 = Regular; Entre 2,45 y 3,44 = Bueno; Entre 3,45 y 4 = Muy bueno

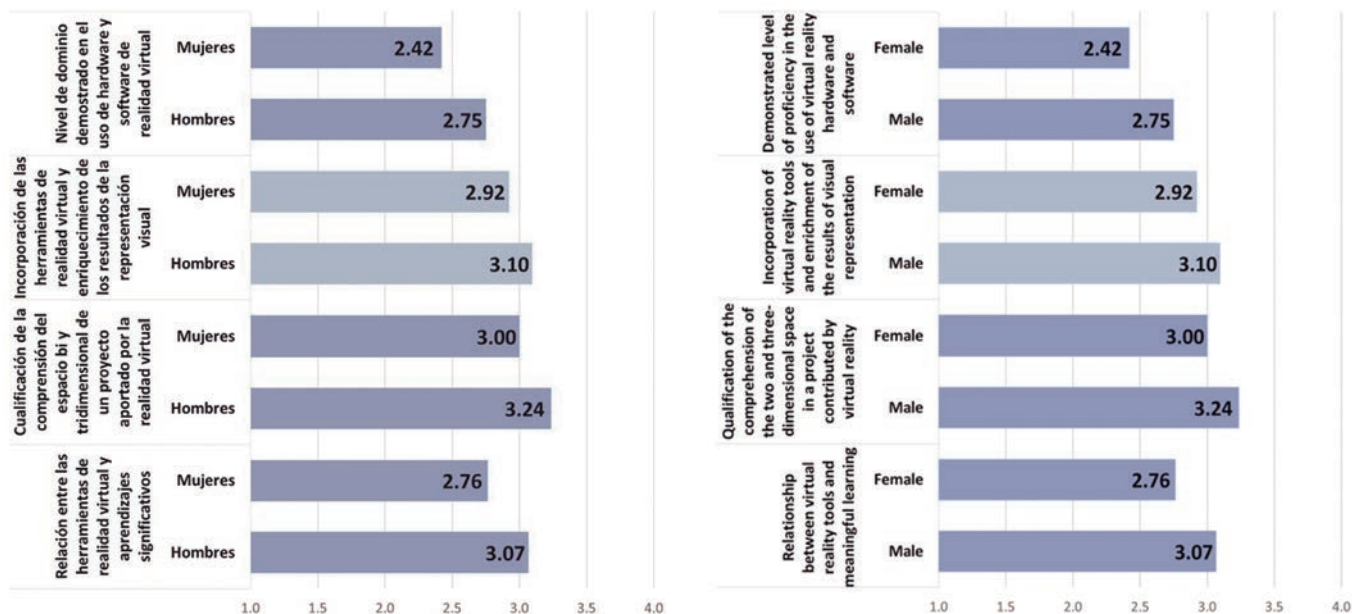
9. Las barras de color oscuro indican que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el promedio de los ítems evaluados. Entre 1 y 1,44 = Deficiente; Entre 1,45 y 2,44 = Regular; Entre 2,45 y 3,44 = Bueno; Entre 3,45 y 4 = Muy bueno.

7. Average according to evaluated dimensions. Between 1 and 1.44 = Poor; Between 1.45 and 2.44 = Regular; Between 2.45 and 3.44 = Good; Between 3.45 and 4 = Very good

8. Average according to dimensions evaluated by sex. Note. The dark colored bars indicate that there are significant differences ($p \leq 0.05$) in the average of the items evaluated. Between 1 and 1.44 = Poor; Between 1.45 and 2.44 = Regular; Between 2.45 and 3.44 = Good; Between 3.45 and 4 = Very good

9. Average according to dimensions evaluated per year. Note. The dark colored bars indicate that there are significant differences ($p \leq 0.05$) in the average of the items evaluated. Between 1 and 1.44 = Poor; Between 1.45 and 2.44 = Regular; Between 2.45 and 3.44 = Good; Between 3.45 and 4 = Very good

Por otro lado, esta actividad no se extendió durante todo el periodo académico, sino que fue desarrollada de forma intensiva durante dos semanas. Aunque la actividad fue evaluada en la asignatura de taller, durante el resto del semestre los/las estudiantes continuaron con sus equipos docentes realizando diferentes proyectos, independientemente de esta experiencia. Sin embargo, igualmente se realizó una comparación del porcentaje de aprobación en las asignaturas de taller (diseño arquitectónico) que participaron en la actividad en relación con años anteriores. Como es posible observar en la figura 10, no se identifica una tendencia clara, ya que de los 8 cursos que participaron en la actividad 4 aumentaron su porcentaje de aprobación entre los años 2019 y 2020 mientras 4 disminuyeron. Asimismo, existe una variabilidad entre los tres años 2018, 2019, y 2020, que es difícil de atribuir a la experiencia del Concurso Escuela, ya que éste se ha desarrollado todos los años, pero sólo en el año 2020 en modalidad virtual y con las herramientas de RV.



8

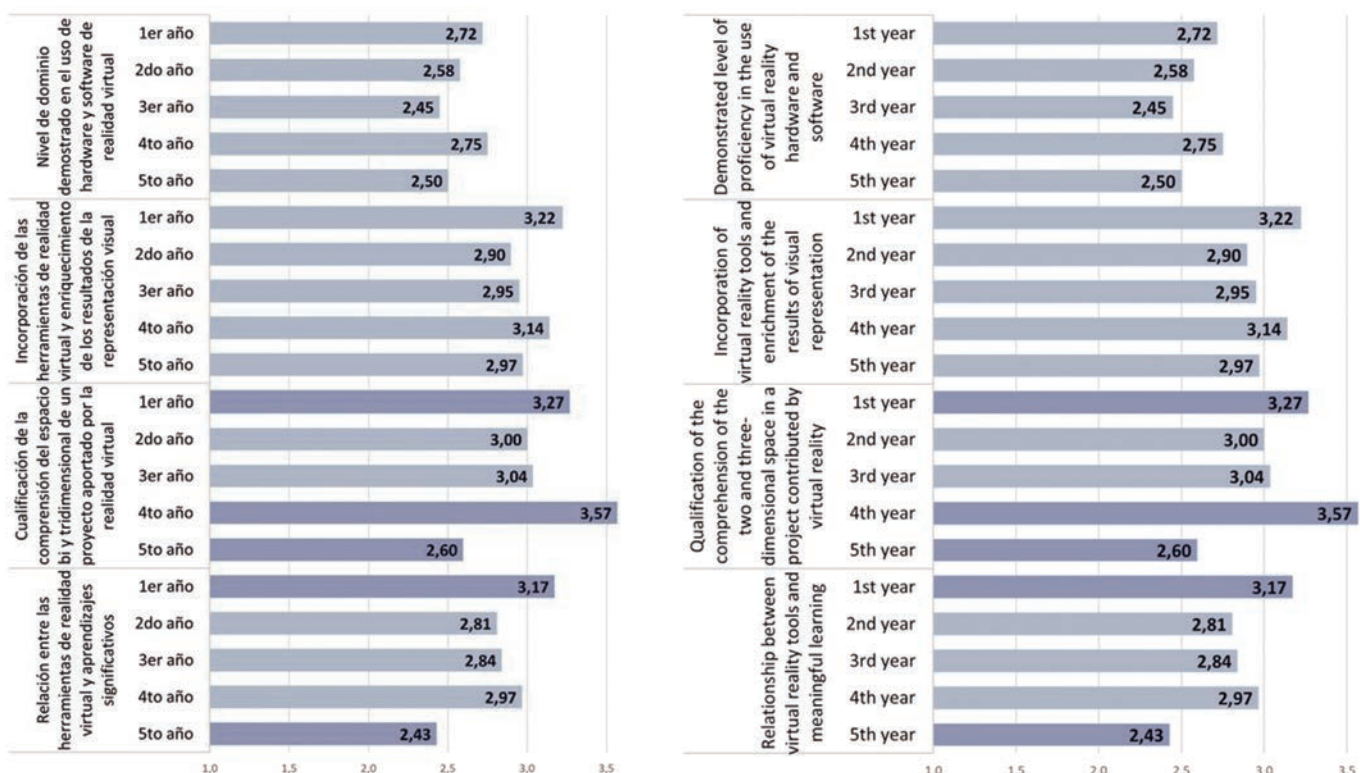
Entonces, no es posible constatar la repercusión positiva de estas experiencias en los rendimientos académicos, considerando que un semestre es un conjunto extenso y complejo de procesos difícilmente modificable por una experiencia parcial, sin continuidad crítica ni

evaluada, ni con una gestión docente alineada con ella. Sin embargo, el Concurso Escuela, en su versión 2020 abrió un camino nuevo, desconocido para la mayoría de los/las docentes y estudiantes, pero altamente desafiante y prometedor. Las bondades de la nueva metodología

used as a base and that, to a certain extent, helped the students to understand the space and the streets, the contour..." (Fig. 6).

Relationship between VR tools and meaningful learning

88% of the students considered that the use of these tools contributed positively to the understanding of the project. In addition,



9



10. Porcentaje de aprobación de la asignatura taller (diseño arquitectónico) por año. Nota. Las flechas ↑↓ indican si aumentó o disminuyó el porcentaje de aprobación entre el año 2019 y el año 2020

10. Percentage of approval of the workshop subject (architectural design) per year. Note. The arrows ↑↓ indicate if the approval percentage increased or decreased between 2019 and 2020

	Asignatura/ Subject	% de Aprobación/% of approval			Cambio/ Change
		2018	2019	2020	2019-2020
1 er año / 1st year	Taller / Studio I	89	50	100	↑
	Taller / Studio II	78	96	84	↓
2do año / 2nd year	Taller / Studio III	68	83	44	↓
	Taller / Studio IV	89	89	86	↓
3 er año / 3rd year	Taller / Studio V	67	94	100	↑
	Taller / Studio VI	83	90	100	↑
4 to año / 4nd year	Taller / Studio VII	100	78	86	↑
	Taller / Studio VIII*	79*	91*	100*	↑
5to año / 5nd year	Taller / Studio IX	75	100	79	↓

10

* No participó en la actividad / Did not participate in the activity

81.1% positively valued the meaning of using the representation of architecture utilizing VR. On the other hand, more than 73% valued the possibility of extrapolating the knowledge acquired to other courses, the significant experiences using VR, as well as the use of the platform in comparison with other tools as good and very good. However, around 37% considered that the learning achieved with the tool was fair or poor. For their part, the faculty considered that there were few meaningful learnings in relation to the use of VR. They indicate that the main factor was the radical change in the processes, a new modality of the contest, the new way of teaching online, and the effects of the pandemic, which meant new challenges in interaction, influencing the teaching-learning process and the development of the project. Despite this, they agree that VR and new remote communication platforms have great potential for the future. As one professor points out: *"revisions using VR viewers, getting into the model generates another type of revisions" ... "all the conditions of three-dimensionality appear"*.

emergen aportando novedad y desafío en un contexto de enseñanza, donde todo es nuevo y diferente.

Conclusiones

Las herramientas de RV pueden permitir a los equipos docentes ampliar y revisar sus paradigmas de representación y en consecuencia proponer nuevos desafíos a los/las estudiantes. Cualificar la forma en que se crea colaborativamente y se comunica un proyecto, es un gran aporte, más aún al hacerlo con nuevas herramientas de representación. Sin duda estas prácticas ayudarán a facilitar el trabajo colaborativo, el pensamiento visual y su resultado expresado como pensamiento gráfico.

Sin duda, lo más enriquecedor de esta experiencia fue la capacidad creativa de estudiantes y docentes para responder a un modelo emer-

gente de educación virtual coaccionado por la contingencia sanitaria, pero que impulsó nuevas estrategias en la gestión de la enseñanza. Considerando que las plataformas virtuales y las herramientas de RV sirven para los objetivos del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se pueden identificar algunas características de funcionamiento en el contexto del Concurso Escuela 2020: Por un lado, la actividad se enfocó en el trabajo colaborativo de estudiantes y docentes, con el fin de alcanzar un objetivo, a través de una experiencia colectiva virtual y remota. En tales circunstancias, los/las estudiantes fueron siempre sujetos activos, capaces de gestionar su aprendizaje, directa y autónomamente, fundamentando sus trabajos técnica y teóricamente a partir de la información provista. Por otro lado, los equipos docentes



a cargo se vieron empoderados en lo disciplinar y en lo andragógico, buscando el acompañamiento y la transmisión de conocimientos actualizados al contexto de la enseñanza virtual para co-construir las experiencias con los estudiantes.

De las dimensiones analizadas, el dominio de las herramientas de RV para el desarrollo y presentación de sus proyectos fue la peor evaluada. Esto podría explicarse por las condiciones excepcionales en las cuales se inició la enseñanza virtual debido a la pandemia. Tanto para estudiantes como docentes la experiencia significó enfrentarse a un escenario nuevo en cuanto al uso y exigencia de herramientas de representación virtual, a trabajar colaborativamente en procesos de co-creación y a retroalimentaciones, no necesariamente sostenidas en las herramientas de representación utilizadas. Por lo tanto, la negativa evaluación del dominio tiene que ver con la incapacidad de contar con un entrenamiento integral o más extendido en el tiempo.

El poco manejo de las herramientas de RV por parte de los/las docentes en el proceso de desarrollo proyectual resultó en un bajo uso de representaciones innovadoras por parte de los/las estudiantes en cuanto a sus resultados gráficos. En relación con esto, el equipo docente fue más crítico de la experiencia, quizás por existir mayor resistencia a nuevas tecnologías, o por tener mayores expectativas de su uso. En este sentido, el resultado óptimo de las herramientas dependerá de un adecuado entrenamiento de docentes y estudiantes, que permitirá no solo un uso productivo, sino también la comprensión del sentido de éstas en los procesos creativos. Las circunstancias actuales de la docen-

cia virtual y lo que vendrá después, invitan a volver a mirar el modo en que las tecnologías han irrumpido en las prácticas de enseñanza y cómo quienes participan en ellas, están obligados a actualizarse, cualquiera sea su contexto.

Las estudiantes realizaron evaluaciones más negativas que sus compañeros, aun cuando se vieron enfrentadas a las mismas facilidades –capacitación, plataforma, y lentes– y dificultades –enseñanza remota y nuevas herramientas. Existe evidencia en otros estudios de que las mujeres se autoevalúan peor en sus habilidades informáticas que los hombres, demostrando mayor ansiedad y menos confianza, lo que puede afectar su desempeño en entornos virtuales de aprendizaje (Ali & Nordin, 2011). Existen diversas razones que pueden explicar esto, como diferencias en el interés y experiencia en videojuegos y tecnologías relacionadas –que los hombres relacionarían con el ocio– así como la masculinización de las tecnologías con el estereotipo de “juguetes para niños”. Por otro lado, las estudiantes podrían asociar esta experiencia a la obtención de resultados óptimos en la representación, y que al no lograrse, tensionan y cuestionan en su proceso de entrenamiento, foco y aprendizajes logrados. Entonces, será fundamental buscar formas de equiparar estas experiencias, debido a los cambios que se visualizan en el futuro cercano en relación con la enseñanza virtual en la arquitectura.

Los/las estudiantes de cursos superiores consideraron que las herramientas de RV no contribuyeron a sus aprendizajes significativos, en comparación a los/las de primero a cuarto año. Tal como indican los

General results, by sex and by year of career

Figure 7 shows that in general terms the students consider that the VR tool was a contribution to the comprehension of space (dimension 3), allowed them to enrich the visual representation (dimension 2), and to a lesser extent obtain meaningful learning (dimension 3). However, they self-assess with a low level of proficiency of this technology, dimension 1 being the worst evaluated. Analysis by sex shows that women assigned lower scores than men in all dimensions (Fig. 8). At a general level, significant differences are observed with respect to the domain of technology, the contribution of VR in the comprehension of two and three-dimensional space, and in meaningful learning. In this regard, male students evaluated their proficiency in VR tools to represent their projects in a better way than female students. Male students also consider that the platform allowed them to better understand the 2D and 3D representation of their projects and obtain significant learning with the use of VR to represent the projects compared to their female peers. In relation to the career year, first- and fourth-year students consider having a higher level of proficiency of VR tools, a greater degree of enrichment of visual representations with VR, greater comprehension of 2D and 3D space, and greater acquisition of meaningful learning with these technologies than their fifth-, third- and second-year peers. As indicated in Figure 9, the fifth-year students rated the comprehension of 2D and 3D space using VR with significantly lower scores and meaningful learning through using VR. “Concurso Escuela” adopted the online mode described here due to the health contingency of COVID-19. Therefore, the processes used in virtual learning cannot be compared independently of the tools used in face-to-face teaching. Before the pandemic, the inclusion of technological tools in the process of representation was fundamentally a means to support creativity. Therefore, it is difficult to establish relations of improvement in the quality and depth of the activities because there are no previous references with which to compare. On the other hand, this activity did not last throughout the academic period but was developed intensively for two weeks. Although the activity was evaluated in



the workshop subject, during the rest of the semester the students continued with their teaching teams carrying out different projects, independent of this experience. However, a comparison was made of the percentage of approval in the workshop subjects (architectural design) that participated in the activity in relation to previous years. As can be seen in Figure 10, a clear trend is not identified, since out of the 8 courses that participated in the activity 4 increased their approval percentage between 2019 and 2020, while 4 decreased. Likewise, there is variability between the years 2018, 2019, and 2020, which is difficult to attribute to the experience of "Concurso Escuela", since it has been developed every year, but only in 2020 in virtual mode and with VR tools. Therefore, it is not possible to verify the positive impact of these experiences on academic performance, considering that a semester is an extensive and complex set of processes that can hardly be modified by a partial experience, without critical or evaluated continuity, nor with teaching management aligned with it. However, "Concurso Escuela", in its 2020 version, opened a new path, unknown to most professors and students, but highly challenging and promising. The benefits of the new methodology emerge providing novelty and challenge in a teaching context, where everything is new and different.

Conclusions

VR tools can allow teaching teams to expand and revise their paradigms of representation and consequently propose new challenges to students. Qualifying how a project is collaboratively created and communicated is a great contribution, even more so when doing it with new representation tools. Undoubtedly, these practices will help facilitate collaborative work, visual thinking and its result expressed as graphic thinking. Undoubtedly, the most enriching of this experience was the creative ability of students and professors to respond to the emerging virtual education model coerced by the health risk, but that prompted new strategies in education management. Whereas virtual platforms and VR tools serve the objectives of Project-Based

equipos docentes, los/las estudiantes de quinto año, al dominar mejor la modelación 3D, sintieron el peso de tener que desarrollar gran parte del proceso para sus equipos, resultando en una experiencia menos satisfactoria. Por otra parte, para los estudiantes de primer año, la experiencia fue mucho más enriquecedora, quizás porque la idea universidad está construida desde sus representaciones culturales, sus imaginarios y sus aspiraciones. Al parecer, el modelo de educación superior tradicional no les generó conflicto con el modelo de universidad remota en tiempos de pandemia, al ser su única experiencia de universidad. Por lo tanto, participaron positivamente del proceso, atendiendo al modelo virtual y a sus prácticas.

Finalmente, según la experiencia de estudiantes y docentes en este ejercicio, las herramientas de RV, así como las plataformas de comunicación a distancia, poseen un gran potencial a futuro para generar aprendizajes significativos, y por sobre todo para retroalimentar y corregir los proyectos de manera sincrónica acorde a los desafíos que implica la educación a distancia.

Enseñar de acuerdo con un nuevo paradigma de educación virtual implica un cambio de mentalidad. Entender que el uso de herramientas de representación –como la RV– son un medio, nunca un fin en sí mismas, significa trasponer un umbral complejo. Para hacerlo, hay que dar sentido a una nueva cultura donde los medios de representación virtual sean valorados como taxonomías prácticas para alcanzar un diálogo enriquecido y actualizado para "decir visualmente" lo que se propone en arquitectura. Construir una cultura de enseñanza en base

a tecnologías, es más productivo y funcional que la tecnología misma. Cuando se pone el medio como lo relevante y no su fin, se corre el riesgo de lidiar constantemente con la obsolescencia. No obstante, una cultura de trabajo metodológico con tecnologías no caduca, solo se cualifica con el paso del tiempo. ■

Notas

1 / Esta investigación fue posible gracias al Fondo de Innovación e Investigación Educativa (FIIED), de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Mayor, Santiago, Chile. Agradecemos a Daniela Jaime Chacana por su asesoría en el análisis de las encuestas y de las entrevistas; y a Constanza Vicencio y Katalina Betanzo por la transcripción de las entrevistas y el desarrollo de material gráfico.

Referencias

- ALI, D. F., y NORDIN, M. S. (2011). Gender Issues In Virtual Reality Learning Environments. *Journal of Edupres*, 1, 65–76.
 - ALONSO DÍAZ, L., GUTIÉRREZ ESTEBAN, P., YUSTE TOSINA, R., ARIAS MASA, J., CUBO DELGADO, S., y DIOGO DOS REIS, A. (2014). Usos de aulas virtuales síncronas en educación superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 45(14), 203–215. <http://dx.doi.org/10.12795/pixel-bit.2014.i45.14>
 - ALVARADO, R. G., y MAVER, T. (1999). Virtual Reality in Architectural Education: Defining Possibilities. *ACADIA Quarterly*, 18(4), 7–9.
 - AZNAR DÍAZ, I., ROMERO RODRÍGUEZ, J. M., y RODRÍGUEZ GARCÍA, A. M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación superior: Una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC*, 7(1), 256. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
 - CANET-ROSSELLÓ, J., ELABERT-AMENGUAL, A., JUANES-JUANES, B., y PASCUAL-GARCÍA, M. (2018). V Grand Tour: La realidad virtual para el aprendizaje de proyectos arquitectónicos. *JIDA'18. VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 488–497. <https://doi.org/10.5821/jida.2018.5509>
 - CONTRERAS BRAVO, L. E., TRISTAN-CHO ORTIZ, J. A., y VARGAS TAMAYO, L. F. (2015). Strategies for spatial skills development through the implementation of ICT. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170536>
-

Learning (PBL), we can identify some working characteristics in the context of “Concurso Escuela 2020”. On the one hand, the activity focused on students’ and professors’ collaborative work to achieve an objective, through a virtual collective experience and remotely. In such circumstances, the students were always active subjects, able to manage their learning directly and autonomously, basing their technical and theoretical works on the information provided. On the other hand, teaching teams were empowered in discipline and andragogic, seeking the support and knowledge transfer updated to the context of virtual learning to co-build experiences with students.

Of the dimensions analyzed, the domain of VR tools for the development and presentation of their projects was the worst evaluated. This could be explained by the exceptional conditions in which virtual learning began due to the pandemic. For both students and professors, the experience meant facing a new scenario in terms of the use and demand of virtual representation tools, to work collaboratively in co-creation processes, and to feedback, but not necessarily supported by the representation tools used. Therefore, the negative evaluation of the domain has to do with the inability to have comprehensive or more extended training in time.

Little use of VR tools by professors in the project development process resulted in low use of innovative representations by students in terms of their graphic results. In relation to this, the teaching team was more critical of the experience, perhaps because there is greater resistance to new technologies, or because they have higher expectations of their use. In this sense, the optimal result of the tools will depend on adequate training of professors and students, which will allow not only a productive use but also an understanding of their meaning in creative processes. The current circumstances of virtual teaching and what will come after, invite us to look again at the way in which technologies have broken into teaching practices and how those who participate in them are obliged to update themselves, whatever their context.

Female students made more negative evaluations than their male peers, even when

they were faced with the same facilities – training, platform, and VR lenses – and difficulties – remote teaching and new tools. There is evidence in other studies that women self-assess their computer skills worse than men, showing greater anxiety and less confidence, which can affect their performance in virtual learning environments (Ali & Nordin, 2011). Various reasons can explain this, such as differences in interest and experience in video games and related technologies – which men would associate with leisure – as well as the masculinization of technologies with the stereotype of “toys for boys”. On the other hand, female students could associate this experience with obtaining optimal results in the representation, and when it was not achieved, they stress and question in their training process, focus and learning achieved. Then, it will be essential to look for ways to equate these experiences, due to the changes that are visualized in the near future concerning virtual education in architecture. Higher courses students considered that the VR tools did not contribute to their significant learning, compared to the first to fourth year students. As the teaching teams indicate, having mastered 3D modeling better, fifth-year students felt the burden of having to develop a large part of the process for their teams, resulting in a less satisfactory experience. On the other hand, for first-year students, the experience was much more satisfactory, perhaps because the idea of university is built from their cultural representations, their imaginations and their aspirations. Apparently, the traditional higher education model did not conflict with the remote university model in times of pandemic, as it was their only university experience. Therefore, they participated positively in the process, attending to the virtual model and their practices. Finally, according to students and professors experience in this exercise, VR tools, as well as distance communication platforms, have great potential in the future to generate meaningful learning, and above all to provide feedback and review projects synchronously according to distance education challenges. To teach according to a new paradigm of virtual education implies a change of mentality. Understanding that the use of

representation tools –such as VR– are a means, never an end in themselves, implies crossing a complex threshold. To do this, a new culture must be given meaning where the means of virtual representation are valued as practical taxonomies to achieve an enriched and updated dialogue to “visually say” what is proposed in architecture. Building a technology-based teaching culture is more productive and functional than technology itself. When you put the means as the relevant thing and not its end, you run the risk of constantly dealing with obsolescence. However, a culture of methodological work with technologies does not expire, it only qualifies over time. ■

Notes

1 / This research was possible thanks to the Educational Innovation and Research Fund (FIED), of the Academic Vice-rectory of Universidad Mayor, Santiago, Chile. We thank Daniela Jaime Chacana for her support in the analysis of the surveys and interviews; and Constanza Vicencio and Katalina Betanzo for the transcription of the interviews and the development of graphic material.

References

- ALI, D. F., & NORDIN, M. S. (2011). Gender Issues In Virtual Reality Learning Environments. *Journal of Edupres*, 1, 65–76.
- ALONSO DÍAZ, L., GUTIÉRREZ ESTEBAN, P., YUSTE TOSINA, R., ARIAS MASA, J., CUBO DELGADO, S., & DIOGO DOS REIS, A. (2014). Usos de aulas virtuales síncronas en educación superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 45(14), 203–215. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2014.i45.14>
- ALVARADO, R. G., & MAVER, T. (1999). Virtual Reality in Architectural Education: Defining Possibilities. *ACADIA Quarterly*, 18(4), 7–9.
- AZNAR DÍAZ, I., ROMERO RODRÍGUEZ, J. M., & RODRÍGUEZ GARCÍA, A. M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: Una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC*, 7(1), 256. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- CANET-ROSSELLÓ, J., ELABERT-AMENGUAL, A., JUANES-JUANES, B., & PASCUAL-GARCÍA, M. (2018). V Grand Tour: La realidad virtual para el aprendizaje de proyectos arquitectónicos. *JIDA'18. VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 488–497. <https://doi.org/10.5821/jida.2018.5509>
- CONTRERAS BRAVO, L. E., TRISTANCHO ORTIZ, J. A., & VARGAS TAMAYO, L. F. (2015). Strategies for spatial skills development through the implementation of ICT. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170536>