Laboratorio virtual para autoaprendizaje en ingeniería. Taquimetría en TOPLAB, LV de observaciones topográficas UPM

Virtual laboratory for Self-learning in engineering. Tacheometry in TOPLAB, UPM VL of topographic observations

José Manuel Benito Oterino[1], Daniel Fernández-Avilés Pedraza[2], Marina Martínez Peña[1], Jose Carlos Salazar Calderón[2], Alberto Sánchez Rupérez[2], Rosa M. Chueca Castedo[1]

josemanuel.benito@upm.es, marina.martinez@upm.es, r.chueca@upm.es, laboratorios.virtuales@upm.es

https://orcid.org/0000-0002-8552-8669 https://orcid.org/0000-0002-9170-9837

[1] Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía
ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

[2] Laboratorios Virtuales. Gabinete de Tele educación, GATE
Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

Resumen- Ante el potencial de los laboratorios virtuales, LV, en la enseñanza en ingeniería y para su explotación en abierto desde el portal de laboratorios virtuales de la UPM, el GIE INNGEO de la ETSITGC ha desarrollado un módulo fundamental para la Taquimetría, con 5 prácticas con estación total, que se suma al módulo inicial de nivelación geométrica de TOPLAB (LV de observaciones topográficas UPM). Supone para las asignaturas de Topografía y Geomática de cualquier ingeniería un recurso didáctico muy apreciado por profesores y alumnos, con el potencial pedagógico y ventajas de los LV (en particular para las observaciones topográficas, dado el alto coste del instrumental y la dependencia de condiciones atmosféricas favorables para poder observar al aire libre). Además, como valor añadido, se han incorporado dos sistemas: un "Tutor virtual" que guía y supervisa la ejecución de cada práctica y un, denominado, "Registro de alumnos" que, para cada usuario, verifica su observación y cálculo proporcionando una retroalimentación inmediata y, para los profesores o gestores, facilita el análisis y evaluación del trabajo realizado. por el alumno en el LV, a través de un registro en web creado expresamente para TOPLAB.

Palabras clave: Simulación virtual, Laboratorio virtual, Observaciones topográficas, Aula invertida, Autoaprendizaje.

Abstract- Given the potential of virtual laboratories, VL, in engineering teaching and for its free exploitation, from the portal of UPM virtual laboratories, the GIE INNGEO of the ETSITGC has developed a fundamental module for Tacheometry, with 5 practices with total station, which is added to the initial geometrical levelling module of TOPLAB (UPM VL of topographic observations). This entails a, highly appreciated by professors and students, didactic resource, for the subjects of Topography and Geomatics at any engineering studies, with the pedagogical potential and advantages of the VL (specially, for topographical observations, given the high cost of equipment and dependency of favourable weather conditions to be able to observe outdoors). In addition, as an added value, two systems have been incorporated: a "Virtual Tutor" that guides and supervises the execution of each practice, and a so-called "Student Register" that, for each user, verifies its observation and calculation, providing immediate feedback, and, for teachers or managers, facilitates the analysis and evaluation of the work carried out by the student in the VL, through a web registration created expressly for TOPLAB.

Keywords: Virtual simulation, Virtual lab, Surveying measurements, Flipped clasroom, Self-learning.

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías basadas en internet, realidad virtual y mejora tecnológica en servidores, están siendo utilizadas para enriquecer el desarrollo de clases prácticas convencionales y suplir algunas de sus carencias. En múltiples estudios se han analizado las aportaciones didácticas que una plataforma de laboratorios virtuales puede ofrecer en la enseñanza, particularmente de las ingenierías, (Lorandi Medina, Hermida Saba, Hernández Silva, & Ladrón de Guevara Durán, 2011), destacando el acceso, en horario totalmente flexible y mediante el uso de un navegador, a un número prácticamente ilimitado de alumnos, a prácticas que requieren instrumental muy costoso, proporcionando una oportunidad inmejorable para el autoaprendizaje adaptado a las necesidades de cada alumno.

Las observaciones topográficas forman parte de las materias básicas en la mayoría de ingenierías (civil, minas, agronómica, forestal, edificación, industrial), así como de las enseñanzas de formación profesional de la rama de construcción.

Los laboratorios virtuales de la UPM (GATE UPM, 2010) nacen en 2010, de la mano de un Proyecto de Innovación Educativa, y permiten la realización de prácticas docentes de las distintas Escuelas de la Universidad Politécnica de Madrid. La plataforma está construida sobre el software de código abierto (OpenSimulator, s.f.), que gestiona los mundos virtuales 3D, en tanto que los objetos están dotados de funcionalidad mediante el lenguaje LSL *(Linden Scripting Language)*.

Uno de los laboratorios virtuales de la UPM es TOPLAB, "Campo virtual de observaciones topográficas", entorno virtual 3D que permite la realización de observaciones y cálculos elementales topográficos; fue puesto en marcha en 2017 por INNGEO (Grupo de Innovación Educativa INNGEO, 2005), con un módulo de nivelación geométrica con 3 prácticas presentadas en CINAIC 2017 (Benito Oterino, Martínez Peña, & Chueca Castedo, 2017) que constituyeron la primera fase de TOPLAB. Durante los dos últimos años se ha implementado un módulo fundamental para la Taquimetría con cinco nuevas prácticas de estación total (ET), además de mejorar la fiabilidad del módulo de nivelación.

DOI: 10.26754/CINAIC.2019.0095

2. Contexto

A. Necesidad

La asignatura "Topografía" impartida en los diferentes planes de estudios de los grados en ingeniería incluye, en la generalidad de los casos, prácticas de campo que han de realizarse con instrumental topográfico muy costoso y, necesariamente, en condiciones atmosféricas favorables. Además, para que el proceso de aprendizaje sea eficaz, es imprescindible el control de la bondad de las observaciones, así como de los cálculos que realizan los alumnos -a partir de los datos registrados- para llegar a los resultados deseados.

En esta línea, TOPLAB se revela como un recurso didáctico muy potente y eficaz para obtener el mayor aprovechamiento de las prácticas de campo (clase invertida), así como para reforzar dichas prácticas y ampliar a otras observaciones que no permita la disponibilidad de instrumental, horario, etc. (auto aprendizaje). Cabe destacar que TOPLAB asiste a los alumnos (y usuarios en general) a través del "Tutor virtual" y mediante los procedimientos implementados de "Verificación", ofreciendo una eficaz retroalimentación inmediata, ya que el alumno comprueba su trabajo justo después de realizarlo y puede completar, corregir, reobservar o recalcular, tantas veces como necesite, hasta llegar a resultados correctos.

Además, TOPLAB facilita la planificación que deben afrontar los docentes en las asignaturas de la materia "Topografía", así como el éxito de los alumnos en sus prácticas de campo en el mundo real, tanto en la fase de observación y registro de datos, como en la fase de cálculo posterior.

B. Objetivos y público objetivo de TOPLAB.

Las prácticas de Taquimetría se han diseñado con el objetivo, no tanto de facilitar el manejo del instrumental topográfico (ET) -cada vez más sencillo dadas sus facilidades electrónicas- cuanto, más interesante desde un punto de vista didáctico, de apoyar al alumno en la sistematización de los procedimientos: registro de los datos obtenidos en las observaciones y cálculos a realizar hasta llegar a los resultados finales.

Este laboratorio, implementado en principio para grados universitarios, es totalmente utilizable en formación profesional y, en general, por cualquier profesional o usuario interesado en el área de las observaciones topográficas.

3. Descripción

Los LV como recurso didáctico requieren, en general, realizar mediciones y valorar las respuestas ante las acciones ejecutadas, por lo que es necesario implementar sistemas que proporcionen esta funcionalidad. Los sistemas implementados en TOPLAB, detallados en las subsecciones C, D, F y G, pueden contribuir al diseño de otros laboratorios virtuales, en particular en ingeniería, que requerirán funcionalidades similares; en cinco LV UPM, que facilitan prácticas de muy diversa índole, está implementado el "Tutor virtual" (configurado para las necesidades de cada LV).

A. Características técnicas

Toda la implementación del laboratorio se ha realizado en distintos lenguajes de programación, que podrían ser utilizados en cualquier LV:

- LSL *(Linden Scripting Language)*, lenguaje de Scripting. Toda la programación dentro del entorno virtual se ha realizado en este lenguaje a través de scripts, archivos que contienen las instrucciones (según el guion topográfico en el diseño de TOPLAB) que se pueden asignar a objetos 3D y elementos de la interfaz para dotarlos de funcionalidad.
- PHP *(Hypertext Preprocessor)*, lenguaje web del lado del servidor que permite generar contenido dinámico.
- *JavaScript*, lenguaje web del lado del cliente; permite añadir funcionalidad a las páginas web.
- C#, lenguaje de programación orientado a objetos basado en .NET.

B. Arquitectura

El laboratorio comprende cinco módulos conectados entre sí conforme se muestra en la figura 1; los diferentes LV UPM se han implementado con arquitecturas muy similares, por lo que este probado modelo puede adoptarse o inspirar para otros LV.

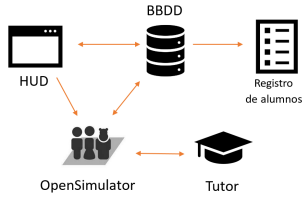

Figura 1: Diagrama de conexiones

- *OpenSimulator*: simulador de mundos virtuales; incluye tanto la lógica como la parte gráfica del laboratorio.
  - Diseño 3D: replica, mediante el programa de modelado 3DS MAX, los elementos del laboratorio real tales como el edificio de la escuela ETSITGC, el terreno (generado a partir de una nube de puntos georreferenciada obtenida mediante un sensor de barrido láser aéreo) y los instrumentos y accesorios topográficos.
- Base de datos: almacena todos los datos básicos relativos a las prácticas, tanto la información general interna de los elementos topográficos de señalización (hitos, clavos, conos, esquinas) cuanto, durante la ejecución de cada práctica por cada alumno, todos los datos particulares de la observación de ese alumno y su progreso en la práctica que se está ejecutando.
- Tutor: está basado en una ontología. Se encarga de registrar las acciones realizadas por el usuario y darle una retroalimentación en función de si se han desarrollado de forma correcta o no. Si la acción se realizó de forma errónea, el tutor emite un mensaje informando de ello, mientras que, si se hizo bien, le indica el siguiente paso a realizar. Este módulo se ha implementado en C#.
- Soporte de la práctica (HUD): el usuario dispone de una ventana anexada a la pantalla, desde la que puede seleccionar la práctica a realizar. Una vez seleccionada, se muestran 3 pestañas (figura 2): Guía, Observaciones, Info:
  - Guía: facilita el guion que contiene los pasos a realizar durante el desarrollo de la práctica en ejecución.
  - Observaciones: da acceso al estadillo específico de la práctica en ejecución, para registrar ordenadamente los datos de la observación y los resultados de los cálculos realizados.
  - Info: permite el acceso a otra información útil para el desarrollo de la práctica, en particular el video tutorial de su realización en el mundo real (Benito Oterino, Martínez Peña, & Chueca Castedo, 2013)

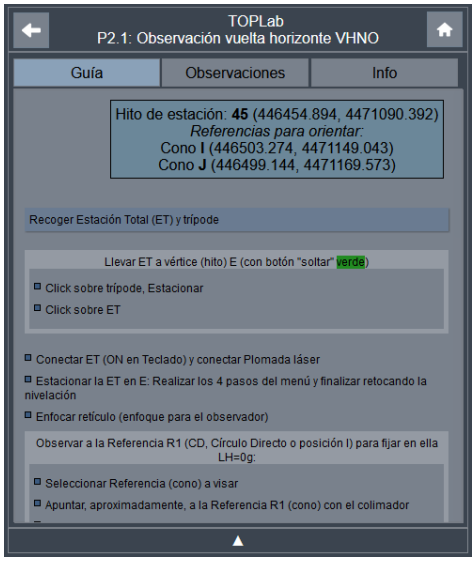

Figura 2: HUD, Guía

Esta parte está íntegramente desarrollada con tecnologías web. Este módulo se ha implementado en JavaScript.

- Registro de alumnos (verificación de observación y cálculo): este módulo permite "verificar y guardar" los datos registrados por el usuario en los estadillos. Se ha implementado en PHP.

C. *Control analítico de las observaciones, Hojas de cálculo*

Para dar soporte a los módulos "HUD" y "Registro de alumnos" se ha programado una hoja Excel, para cada práctica, que recibe y suministra datos con la doble finalidad de:

- Proporcionar los datos de observación que deben mostrar las pantallas virtuales de la ET (figura 3) -lecturas angulares (LH, LV) y, en su caso, distancias (Dg)- a partir de los valores asignados por TOPLAB al inicio de la práctica y que constituyen su Marco de referencia topográfico (referencias materializadas por hitos y conos).

Figura 3: Pantalla de ET, datos de observación (LH, LV, Dg)

- Gestionar el correcto funcionamiento de la utilidad "Verificar y guardar" a través del "Registro de alumnos": contraste de los datos y resultados conforme a los criterios programados en la hoja excel, en una doble comprobación:
  - Los cálculos son correctos/erróneos según las observaciones registradas
  - La observación es fiable conforme al marco de referencia topográfico

D. *Retroalimentación inmediata y evaluación del trabajo del alumno*

Conforme el alumno va desarrollando la práctica, registra en el estadillo oportuno tanto los datos de las observaciones de campo (fondo verde) como los resultados de los cálculos realizados (fondo azul). En la figura 4 se muestran los datos registrados para obtener los ángulos del triángulo (20, 40, 92).

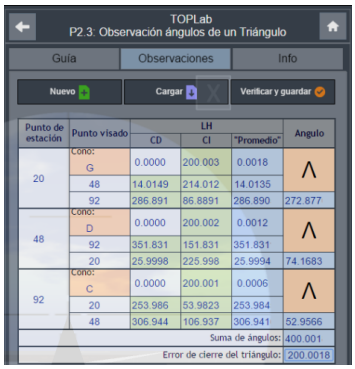

Figura 4: HUD, Observaciones. Datos registrados en estadillo

Una vez accionado el botón "Verificar y guardar", los datos/cálculos se devuelven, al instante, sobre el propio estadillo (figura 5) con un código de color (verde/rojo para valores numéricos; fondo de celda verde/rojo para la fiabilidad de la observación), proporcionando así una eficaz retroalimentación al usuario que, en caso de "rojo", puede corregir y volver a "verificar" tantas veces como necesite.

Figura 5: HUD Observaciones, Datos verificados en estadillo

Estos datos/cálculos se almacenan en la base de datos y son accesibles, a través de una página web (figura 6), por el profesor para su análisis y evaluación. Éste puede seguir la evolución del alumno en cada práctica, a través de las "verificaciones" realizadas y el nivel de acierto alcanzado en cada una de ellas.

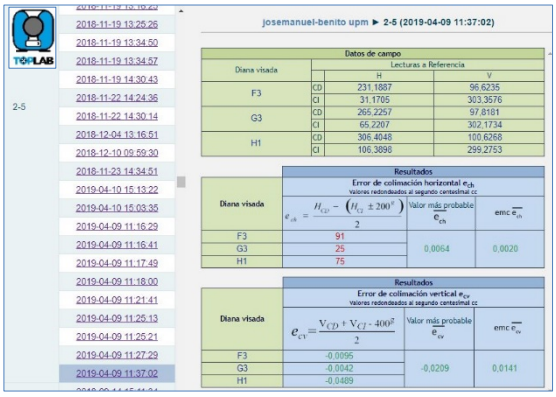

Figura 6: Registro de datos de los alumnos en web

E. Prácticas de Taquimetría

Las 5 prácticas con ET (figura 7) se han planificado como actividades ordenadas y progresivas para que el alumno logre las competencias oportunas; comprenden trabajos de medida de ángulos y distancias, así como la verificación angular de la ET.

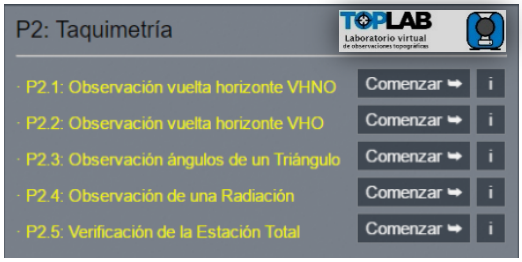

Figura 7: Menú de prácticas de Taquimetría

F. Alcance y funcionamiento del "Tutor virtual"

Este sistema, de gran utilidad en el seguimiento de las prácticas, está completamente implementado en las cuatro primeras y parcialmente en las restantes, previéndose su finalización próximamente.

Antes de su inclusión en el LV, el tutor debe ser configurado, para cada práctica, de la siguiente forma:

- Dividir la practica en acciones (atomizar la práctica).
- Ordenar las acciones (se pueden emplear los operadores AND y OR)
- Definir si una acción es bloqueante o no.
- Marcar tiempo mínimo y máximo (si existe) para que una acción se pueda realizar o para que se dé por realizada.
- Definir dependencias e incompatibilidades entre acciones.
- Redactar la serie de mensajes que se emplearán para dar retroalimentación a los usuarios, en función de las acciones que vayan realizando (pueden ser de confirmación, de error o de ayuda).

Una vez implementado, cuando se registra el usuario en el sistema del Tutor, se carga la configuración de la práctica. De esta forma, el tutor ya está preparado para funcionar correctamente: va entregando distintos mensajes al alumno, en función de las acciones que realiza, y va controlando si la práctica se ejecuta correctamente (permitiendo o no, avanzar a la acción siguiente).

Simultáneamente, va realizando un registro exhaustivo de la práctica, tanto de las acciones realizadas correctamente como de los errores que se van produciendo por cada alumno. Toda esta información se almacena en una ontología, que permite obtener, a través de una serie de inferencias, información relevante sobre el desarrollo de la práctica como, por ejemplo, el lugar de la práctica donde se cometen más errores (permitiendo al profesor su identificación y mejora), la secuencia exacta de acciones que el alumno ha realizado en cada práctica o el porcentaje de alumnos que es capaz de recuperarse de cada punto de error.

Se ha tenido muy en cuenta la idoneidad de no guiar en exceso el trabajo del alumno, distinguiendo entre acciones indeseables, que conviene corregir según se producen, y otras en las que se ha considerado que ciertos errores pueden suponer "una oportunidad para aprender" por lo que es preferible dejar al alumno evolucionar, en espera de que él mismo reconduzca el procedimiento inadecuado que está desarrollando. Con esta idea se pretende que el "Tutor virtual" deje acciones libres para que el alumno pueda equivocarse hasta el punto en que se considera oportuno reconducir el trabajo inadecuado para evitar que se produzca el bloqueo de TOPLAB.

G. Posibilidad de realizar una práctica en varias sesiones de trabajo

TOPLAB permite, análogamente a como ocurre en el mundo real, interrumpir el *trabajo de campo* en determinadas fases del mismo para continuar en otra sesión posterior y, en todo caso, registrar los datos de observación y dejar pendiente para más tarde la realización de los cálculos, (*trabajo de "gabinete")* (Figura 8).

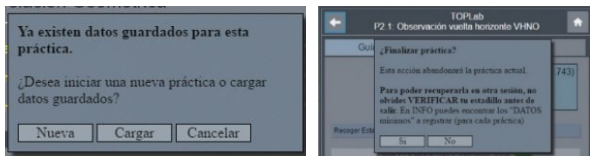

Figura 8: Elección en entrada/salida de la práctica

4. Resultados

A. Impacto

Todas las prácticas TOPLAB están siendo utilizadas, experimentalmente, en la ETSITGC por alumnos de grado y de Certificado de profesionalidad. En el curso 2018-19, como refuerzo a sus observaciones de campo, dos grupos de 1er curso han realizado las prácticas del módulo de Taquimetría y un grupo de 2º curso las prácticas del módulo de nivelación. En general se ha logrado el objetivo planteado de asentar conocimientos y corregir errores cometidos en las diferentes fases de estos procesos, obteniendo los alumnos "verificaciones" satisfactorias:

- 51 alumnos han trabajado el presente curso con TOPLAB. Han "Verificado" 95 prácticas, recibiendo retroalimentación en 455 ocasiones.
  - Con el módulo de Taquimetría trabajaron 48 alumnos, verificaron 84 prácticas y recibieron retroalimentación en 385 ocasiones (Tabla 1).

Tabla 1
2018-19. Prácticas "Verificadas" y retroalimentación

Usuarios	Prácticas de Taquimetría					Total Verificaciones
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
Han verificado	47	16	16	4	1	**84**
Retroalimentación	240	67	62	15	1	**385**

El impacto en usuarios externos a la UPM, de los que se desconoce su formación, motivación y, en general procedencia, es todavía reducido ya que aún TOPLAB no ha sido promocionado externamente. No obstante, al estar en abierto, ya se están registrando en la web usuarios desconocidos que acceden al laboratorio virtual, entran en las prácticas y "Verifican" su trabajo:

- 8 usuarios han trabajado de 1 a 3 prácticas, acumulando 11, y solicitando un total de 46 verificaciones.

En el último trimestre del año en curso está previsto dar a conocer el funcionamiento del módulo de Taquimetría a profesores de Topografía, tanto de escuelas UPM como de otras universidades, que mostraron su interés tras la presentación que en su día se hizo de la versión beta en pruebas.

B. Evaluación del impacto

En espera de la operatividad prevista por la Analítica de aprendizaje planteada en el Proyecto de innovación educativa "Analíticas de aprendizaje en el LV TOPLAB", el "Registro de alumnos" en web, además de proporcionar la funcionalidad descrita en la sección 3, subsección D, está siendo un eficaz instrumento para la *evaluación indirecta* del impacto. Proporciona valiosa información sobre la utilización de TOPLAB y la evolución y logros de sus usuarios:

- Número y procedencia de usuario
- Prácticas más utilizadas y/o verificadas
- Número de prácticas iniciadas y no acabadas, número de intentos para finalizar satisfactoriamente cada práctica, prácticas finalizadas satisfactoriamente.

Desde el 14 de febrero de 2018 en que opera la última versión en web del "registro de alumnos", se han registrado 93 usuarios que han verificado 163 prácticas, recibiendo retroalimentación en 950 ocasiones (Tabla 2).

Tabla 2
Prácticas "Verificadas" y retroalimentación

Usuarios	Prácticas								Total Verif.
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
Han verificado	32	7	7	68	20	19	8	2	**163**
Retroalimentación	126	33	55	457	87	88	68	36	**950**

Para la evaluación directa del impacto, en mayo de 2019, se ha adaptado y ampliado la encuesta elaborada en google en 2017 (Benito Oterino J. , 2017-2019) incluyendo la valoración de la usabilidad de las 5 nuevas prácticas de Taquimetría con ET.

Un grupo de 16 alumnos de los grados en ingeniería en TIG y en ingeniería Geomática, usuarios de las prácticas de Taquimetría, ha realizado la encuesta en mayo del año en curso; en la figura 9 se recogen los resultados en términos de la media obtenida para cada una de las veinte preguntas planteadas. (1: "Totalmente en desacuerdo" a 4: "Totalmente de acuerdo)

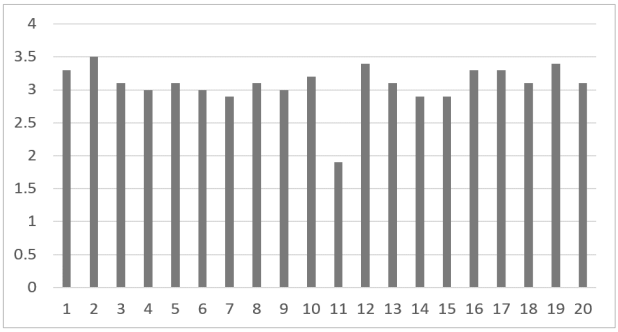

Figura 9: Gráfico con resultados de la encuesta

La media obtenida es de 3.2/4 (exceptuando, satisfactoriamente, la pregunta 11: *"He necesitado realizar varias veces cada práctica en TOPLAB para asimilarla totalmente"*). Son resultados muy similares a los que se obtuvieron en su día para el módulo de nivelación. Si acaso puede señalarse que ahora, para el de Taquimetría, los alumnos manifiestan su acuerdo en menor medida ligeramente (tan solo -0.4 en el caso más dispar) con las preguntas 3, 4, 5, 17 y 18, relacionadas con la comprensión del método de observación, el complemento a la docencia presencial y el apoyo al autoaprendizaje. Parece razonable que en estos aspectos el alumno encuentre mayor dificultad, dada la mayor complejidad de los procedimientos de Taquimetría frente a los de nivelación. En todo laboratorio virtual se obtiene mayor rendimiento a partir de un cierto entrenamiento para familiarizarse con la forma de proceder en el mundo virtual; esto se hace más evidente cuanto mayor es la dificultad de la práctica a realizar. Así ocurre en TOPLAB con las prácticas de Taquimetría con ET, dada la dificultad de este procedimiento que requiere mayor dedicación en el mundo real y mayor entrenamiento en el LV.

C. Resultados de aprendizaje

Después de realizar con éxito las prácticas de Taquimetría en TOPLAB, el alumno habrá adquirido las competencias correspondientes a los siguientes resultados de aprendizaje:

- Dominar las operaciones que conlleva la correcta utilización de los equipos topográficos utilizados en los métodos de Taquimetría, así como la verificación de su estado.
- Asimilar los procesos de observación característicos de cada una de las prácticas.
- Dominar los cálculos conducentes a la obtención de los resultados esperados para cada práctica.

En el curso 2018-19, veintidós alumnos, especialmente motivados, han contribuido a analizar los resultados derivados de la utilización de TOPLAB. Para ello han realizado tareas voluntarias implementadas en Moodle, basadas en las prácticas virtuales que debían realizar a partir de los conceptos adquiridos en el curso reglado y la utilización de las hojas Excel programadas en las distintas tareas del curso, para resolver los cálculos requeridos por TOPLAB:

- Presentaron 40 tareas, de las que 35 fueron calificadas positivamente. Para ello realizaron 53 prácticas en TOPLAB y recibieron retroalimentación en 243 ocasiones conforme se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
2018-19. Tareas basadas en prácticas TOPLAB (Taquimetría)

Tareas moodle	VH	T	Rad	V. ET
Entregadas	20	15	4	1
Calificadas +	16	14	4	1

Prácticas TOPLAB	Prácticas de Taquimetría					Total Verificaciones
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
Verificadas	20	14	14	4	1	**53**
Retroalimentación	115	62	50	15	1	**243**

Nota: VH=Vuelta de horizonte; T=Triángulo; Rad=Radiación; V=Verificación

Estos alumnos, después de realizar las tareas basadas en TOPLAB, han mejorado las competencias obtenidas a partir de realizar sus prácticas del curso reglado (observación, registro de datos, cálculo y obtención de resultados en el mundo real); consecuentemente han mejorado su calificación.

La posibilidad de la repetición de las distintas prácticas con diferentes datos de entrada ha contribuido a reforzar conceptos, sistematizar cálculos y, lo que es más importante hoy en día cuando la captura del dato no es la operación más compleja, analizar los resultados, con especial atención a su bondad, fiabilidad y comparación de precisiones.

5. Conclusiones

La sostenibilidad del módulo de Taquimetría, al igual que el de nivelación geométrica, está garantizada por la fiabilidad de la plataforma *3dlabs.upm* en que está alojado TOPLAB (Laboratorios Virtuales GATE UPM, Benito Oterino, & Chueca Castedo, 2017), junto con los demás laboratorios virtuales de la UPM, bajo el soporte técnico del GATE.

- Algunas actualizaciones de la plataforma *Opensimulator* pueden requerir efectuar cambios en la programación o en el entorno 3D. Además, esta plataforma tiene muchas limitaciones técnicas que impiden realizar ciertas acciones como arrastrar un objeto.
- Con el fin de seguir avanzando en el desarrollo del laboratorio, se ha optado por estudiar la integración de los distintos laboratorios de la UPM en una nueva plataforma implementada con *Unity*, donde no habría algunas de las restricciones mencionadas previamente.
- La comprobación de la respuesta de TOPLAB ante el acceso simultáneo de múltiples usuarios ha sido testada mediante la organización, desde 2017, de siete sesiones especiales (figura 10) bajo la supervisión de los técnicos del GATE, coincidentes con las sucesivas versiones implementadas. La concurrencia de 20 alumnos en cada sesión ha permitido corregir, en tiempo real, fallos puntuales del sistema y comprobar la fortaleza de TOPLAB ante las pruebas de estrés.

Figura 10: Prueba de estrés. Alumnos y sus avatares en el LV

La experiencia proporcionada por TOPLAB es transferible a otros LV, en ingeniería y en otras áreas, especialmente a aquellos en los que la métrica y el número de objetos sea un factor fundamental.

- Especial importancia ha tenido la recreación del "campo virtual de prácticas" incluyendo todas las referencias materializadas mediante señales (hitos, clavos, conos, esquinas), convenientemente georreferenciadas, imprescindibles para la toma de datos de la observación correspondiente a cada práctica y la posterior comprobación de la bondad de los resultados obtenidos (fiabilidad de la observación).
- La comunicación entre los sistemas que componen las prácticas junto con la integración del HUD, desarrollado completamente con tecnologías web, permiten ampliar las funcionalidades dentro del entorno virtual. El elevado número de objetos empleado dificulta el control de las distintas acciones. Estos deben conocer el estado actual de la práctica, que se almacena en un elemento central y se proporciona cuando es necesario.

La explotación del módulo "TUTOR" para la autoevaluación, con el fin de proporcionar una calificación automática (en base a criterios establecidos, aprovechando la información suministrada sobre el comportamiento del usuario), será un gran estímulo para los profesores responsables de cursos de elevada matrícula en los que el docente no tiene la posibilidad de hacer un estudio pormenorizado del trabajo realizado por cada alumno.

El entorno virtual es un factor motivador de la implicación del alumno.

La retroalimentación se manifiesta como fundamental para que el usuario no abandone el proceso tras la sensación de vacío a la que sus acciones erróneas pudieran conducirle.

Las prácticas de Taquimetría de TOPLAB facilitan el autoaprendizaje muy eficazmente ya que cada alumno planifica su trabajo, realiza las observaciones oportunas registrando los datos de campo y calcula para obtener los resultados esperados en cada práctica, empleando el tiempo que necesita.

La integración del LV y la enseñanza reglada se ha revelado como una contribución excelente para apoyar el comportamiento perfectamente estructurado y analítico de los alumnos implicados.

Agradecimientos

Los profesores de Topografía del GIE INNGEO manifiestan su agradecimiento a los técnicos de la sección de laboratorios Virtuales del GATE no firmantes, por su colaboración.

Referencias

Benito Oterino, J. (Junio de 2017-2019). *Google Drive. Formulario "Observaciones topográficas con TOPLAB".* Obtenido de https://goo.gl/forms/FADtRf4GKMxsZ4h22

Benito Oterino, J. M., Martínez Peña, M., & Chueca Castedo, R. M. (2017). Aprendizaje con simulación virtual. Una aplicación a la nivelación topográfica. *CINAIC.* Zaragoza. http://dx.doi.org/10.26754/CINAIC.2017.000001_102.

Benito Oterino, J., Martínez Peña, M., & Chueca Castedo, R. (2013). El vídeo didáctico, facilitador del aprendizaje / autoaprendizaje. *CINAIC*, (págs. 325-330). Madrid. http://138.4.83.137/dmami/documentos/liti/ACTAS_CINAIC_2013.pdf.

GATE UPM. (2010). *3dlabs.upm*. Obtenido de https://3dlabs.upm.es

Grupo de Innovación Educativa INNGEO. (2005). *INNGEO*. Obtenido de http://grupos.topografia.upm.es/inngeo

Laboratorios Virtuales GATE UPM, Benito Oterino, J., & Chueca Castedo, R. (2017). *UPM[3DLabs] TOPLAB*. Obtenido de https://3dlabs.upm.es/laboratorios.php#lab29

Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., & Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista internacional de educación en ingeniería*, 24-30.

OpenSimulator. (s.f.). Obtenido de http://opensimulator.org/wiki/Main_Page