

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

The paper was published in the proceedings of XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE) and was edited by Dr. Norma Patricia López Acosta, Eduardo Martínez Hernández and Alejandra L. Espinosa Santiago. The conference was held in Cancun, Mexico, on November 17-20, 2019.

Aprendizaje Activo en Geotécnica: Experiencias y Desafíos

Marcos MUSSO^{a,1} y Leonardo BEHAK^a

^a *Departamento de Ingeniería Geotécnica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay*

Resumen. In the last decades teaching practices have been changed from the expositive lectures to active learning. The focus moved to the professor to the student, who must take on higher involve in the learning process. This approach is based in Constructivist theory and it has been applied in several universities in the world. In this paper two experiences are developed in geotechnical courses to civil engineering and geologist in the Universidad de la República, Uruguay. The methodology applied was active learning, based in Constructivist theory, and the goals were develops skills as working group, oral and writing communication, read geotechnical congress and journal papers, plan and do field and laboratory test. The experiences were evaluated as satisfactory by students because the groups study promotion the deep conceptual understanding and developed interpersonal relationship. The professors should created activities to achieve the goals, then they expend more time in the courses. Finally the professors' opinion is very good and encourages other colleagues to developed change in teaching practices and shares the experiences.

Palabras Clave. Constructivist theory, active learning, geotechnical courses, Uruguay.

1. Introducción

La enseñanza de la geotécnica en las universidades es desarrollada tradicionalmente con clases magistrales, donde el profesor desarrolla los conceptos teóricos y las aplicaciones en un pizarrón enfrente de los alumnos, los cuales están en una actitud pasiva recibiendo el conocimiento. En este proceso se realiza la transferencia del conocimiento geotécnico con los estudiantes en una actitud pasiva, con poca participación e intercambio entre alumnos y profesor. Los conceptos son incorporados mediante la repetición práctica de ejercicios y problemas donde se aplica la teoría, con evaluaciones mediante pruebas teóricas y/o prácticas para determinar si alcanzaron el mínimo exigido para aprobar el curso. Esta forma de enseñar tiene al profesor como el centro del proceso.

Este modelo de enseñanza está basado en la teoría conductista desarrollada por Skinner, entre otros, y muchas veces los profesores aplican este modelo de enseñanza sin conocer el fundamento teórico de esta práctica. Es probable que los actuales profesores de geotécnica cuando eran alumnos tenían clases de esta forma y refuerzan el modelo de enseñanza aplicando el mismo proceso que vivieron. Además en los cursos de posgrado de formación en geotécnica el interés esta dirigido hacia los conceptos y teoría de la

¹ Departamento de Ingeniería Geotécnica, IET, Facultad de Ingeniería, UdelaR. JH Reissig 565, Montevideo, Uruguay. mmusso@fing.edu.uy.

geotécnica, para aplicarlos en las investigaciones que crean nuevo conocimiento en la disciplina. Por lo tanto la formación en didáctica y pedagogía, cuando existe, es un aspecto secundario en el posgrado.

Una alternativa a este modelo conceptual es la aplicación de la teoría constructivista, que tiene sus fundamentos en los conceptos desarrollados por Piaget y Vigotsky. Esta forma de enseñanza cambia el paradigma y coloca el foco del proceso de aprendizaje en el estudiante, quien asume una actitud activa e interactúa con sus compañeros y profesores para construir y desarrollar su conocimiento.

El objetivo de este trabajo es divulgar las experiencias desarrolladas en el modelo conceptual constructivista en algunos cursos de Geotécnica en Uruguay, involucrando a los alumnos y profesores en procesos de aprendizaje activo. El foco de las experiencias fue desarrollar diferentes habilidades y destrezas, integrar la teoría con actividades de campo y laboratorio así como promover el trabajo en grupo, búsqueda y análisis de artículos sobre conceptos geotécnicos así como la expresión oral y escrita.

2. Antecedentes

La mayoría de los cursos de geotécnica en la formación de ingenieros civiles y geólogos se centran en la exposición de contenidos y resolución de ejercicios aplicando los conceptos recibidos, donde el estudiante recibe los conceptos de forma pasiva y reproduce lo que el profesor le transmite. Este modelo es denominado como educación bancaria [1], donde el educador es parte activa de la enseñanza, y el educando es un sujeto pasivo que recibe los contenidos. Esto promueve que los conceptos enseñados se guarden, memoricen y repitan, por lo tanto no se favorece el desarrollo de la creatividad, la transformación y la creación del saber. El conocimiento está en el educador, generándose un proceso de alienación hacia el estudiante. [1] plantea la educación liberadora como la base de acción para mediar los conocimientos entre el educador y el educando, para lo cual es indispensable reconocerse como sujeto consciente. Este modelo rompe con el modelo vertical y propone un modelo que educa en comunión y que implica acciones reflexivas. Aplicar este modelo implica cambios tanto en el docente como en el estudiante respecto del modelo tradicional de enseñanza. Aplicar el concepto de educación liberadora puede realizarse mediante trabajo en grupos, con guías de aprendizaje para que el estudiante participe activamente en la apropiación del conocimiento. Implica romper la actitud pasiva generada en los diferentes niveles de educación desde inicial hasta la universitaria.

El proceso de aprendizaje tiene 4 etapas según [2], por lo cual debe cumplirse cada una de ellas para hacerlo efectivo (Figura 1) e involucra la percepción y el procesamiento de la información. Debería comenzar en una experiencia concreta, sobre la cual se realiza una observación reflexiva. El proceso siguiente es la conceptualización abstracta y culmina cuando aplicamos en una nueva situación realizando una experimentación activa. La forma en la cual cada persona adquiere el conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes se denomina estilo de aprendizaje y considera que los estudiantes tienen preferencia por algún estilo de aprendizaje de los 4 de la Figura 1. Existen estudiantes “asimiladores” quienes aprenden los conceptos y la teoría presentada en un orden lógico. Otros estudiantes aprenden aplicando la teoría a situaciones específicas y prefieren actividades técnicas e impersonales son identificados de “convergente”. En cambio el estilo “divergente” prefiere observar los fenómenos que ocurren, desde varios puntos de vista. Poseen un pensamiento inductivo de lo particular a general. El estilo

“acomodador” prefiere actividades prácticas y experimentales, son intuitivos y prefieren trabajar en equipo.

Algunos de esos estilos son asociados a algunas áreas del conocimiento, aunque no debe ser considerado como el estilo dominante de aprendizaje de los alumnos de las mismas. El estilo “convergente” de aprendizaje se lo asociado a las áreas de ingeniería, economía, medicina, entre otras.

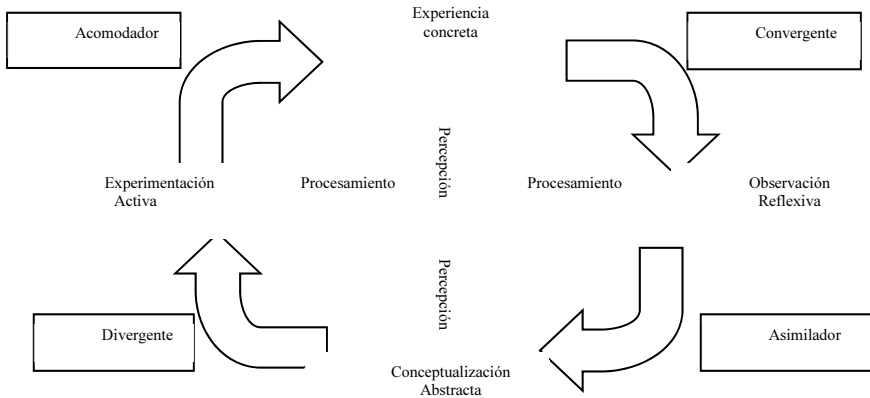


Figura 1. Desarrollo de estilos de aprendizaje [2].

Según [3] los estudiantes adquieren los conocimientos como se muestra en la Figura 2. Considera que existen formas menos efectivas para incorporar los conocimientos como leer, escuchar y ver, y que el mejor desempeño lo obtienen los estudiantes haciendo y explicando a otros estudiantes los conocimientos.

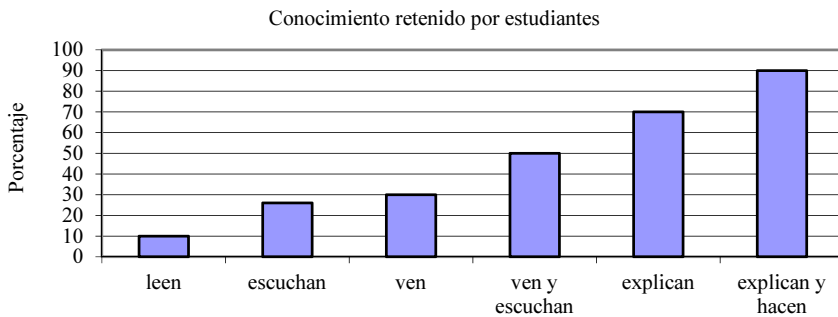


Figura 2. Como los estudiantes aprenden [3].

Otros autores [4] toman como base la información que reciben los estudiantes, considerando como se percibe, retiene, procesa y organiza la misma (Tabla 1). El estilo de aprendizaje de cada alumno depende de la combinación de las 4 formas de manejar la información. Combinando los diferentes estilos propuestos por estos autores podemos tener en una clase 16 estilos de aprendizaje, por lo tanto si no se preparan las aulas para atender los diferentes estilos habrá estudiantes que no aprovechen totalmente las clases.

Los estilos expuestos en la Tabla 1 deben considerarse como orientaciones para conocer las tendencias y preferencias de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y no debe usarse como indicadores de facilidades o dificultades para el aprendizaje [5].

Tabla 1. Estilos de aprendizaje de los estudiantes basado en manejo de la información, [4].

Percibe	Sensorial	Procesa	Activo
	Intuitivo		Pasivo
Retiene	Visual	Organiza	Secuencial
	Verbal		Global

Tomando como base los conceptos desarrollados previamente, se implementaron dos experiencias en cursos con diferentes contenidos y formación inicial de los estudiantes. En la planificación de los cursos se profundizó en:

- a) el **trabajo en equipos** buscando la comprensión de nivel profundo y las capacidades intelectuales, acompañando del desarrollo de destrezas de comunicación y crecimiento profesional. Resulta necesario conocer las condiciones prácticas y organizativas del espacio donde se realizarán las tareas y fomentar el desarrollo interpersonal entre los participantes [6].
- b) el **aprendizaje a través de la colaboración** dado que la universidad actual debe promover la cooperación como una competencia de relevancia educativa clave en el desarrollo del futuro profesional [7].
- c) el **conocimiento producido en la disciplina** debe estar accesible y es relevante que los estudiantes logren apropiarse del mismo usando artículos de congresos y revistas. La lectura de textos es un medio privilegiado para la adquisición de conocimiento en la universidad y presentan dificultades particulares para los estudiantes, para ello es necesario el apoyo de los docentes [8].

2.1. Aplicación a cursos de geotécnica

Considerando los diferentes enfoques basados en la teoría constructivista, se promovieron cambios en dos cursos: el curso de Geología de Ingeniería (80 a 100 alumnos por año) de la carrera de Ingeniería Civil (años 2012 y 2013) y el curso de Mecánica de Suelos (6 a 8 alumnos por año) de la Licenciatura de Geología (años 2016 y 2017). Ambos cursos son semestrales, el primero es obligatorio y el segundo es opcional. En la planificación de los cursos se planteó como objetivos de aprendizaje además de los conceptos específicos de la disciplina: el desarrollo de las habilidades de expresión oral, el trabajo en grupo, la cooperación entre los integrantes del grupo promoviendo el intercambio de opiniones y punto de vista que enriqueciera la asimilación de conceptos explicados por sus pares. Las diferentes actividades que se programaron fueron diseñadas específicamente para cumplir con uno o más objetivos planteados.

- **Curso Geología de Ingeniería**

En este curso se realizaron aulas teórico-prácticas (2 aulas semanales, de 2,5 hs cada una) con el objetivo de acceder al conocimiento de la disciplina de forma integrada y no fragmentada en teórico y práctico como se realizaba anteriormente. La planificación de estas variantes del curso fue coordinada y apoyada por la Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, quienes realizaron el seguimiento de las actividades como observadores en las clases. Todos los docentes del curso (3) participaban en las clases, siendo 1 docente quien coordinaba la actividad de la clase.

Los estudiantes fueron agrupados de a cuatro mediante el sorteo del nombre de un mineral, que cada alumno debía elegir al azar de una caja. El grupo se mantuvo durante todo el curso y la primera tarea del grupo fue hacer una monografía sobre el nombre de su grupo, para luego hacer una presentación oral a toda la clase. Durante todo el semestre se realizaron “quick test” individuales (una prueba con dos preguntas a responder en 5 minutos) previamente a la realización de la práctica, los cuales eran evaluados y se realizaba la devolución al grupo en la siguiente clase. Además se incorporó el estudio de artículos de congresos o revistas de forma individual, realizándose la presentación oral de los mismos por parte de algunos alumnos previamente a las evaluaciones del curso (semanas 7 y 15 del semestre). El contenido de alguno los artículos estudiados se preguntaron en las evaluaciones.

Durante todo el semestre los grupos trabajaron aplicando los conceptos teóricos desarrollados, asimilando la caracterización de suelos y rocas, identificando diferentes rocas en los mapas geológicos de diferentes regiones de Uruguay. La evaluación final es una prueba oral, donde el grupo analiza un conjunto de rocas y suelos de un mapa geológico. Luego cada estudiante explicaba el origen de las mismas, las relaciones estratigráficas y aplicaciones en ingeniería civil. Además se preguntaba sobre otros temas desarrollados en el curso.

- **Curso Mecánica de Suelos**

En este curso se instrumentó una modalidad de teórico-práctico, asociando investigación de campo y laboratorio. Las aulas eran teórico-prácticas (2 semanales, de 2 horas cada una). Se agruparon los estudiantes en grupos de 2 o 3 para desarrollar las actividades de campo y laboratorio. Cada grupo tenía un tema básico de mecánica de suelos (conductividad hidráulica, expansión de suelos arcillosos, resistencia al corte, etc) para desarrollar con ensayos de campo y laboratorio durante el semestre. Para ejecutar estas actividades realizaron el estudio de las normas de ensayo, las cuales fueron presentadas oralmente por un estudiante y discutidas en clase. También realizaron resolución de ejercicios de cada uno de los temas teóricos. Además cada estudiante hizo una revisión sobre la biografía y el desarrollo de conceptos hecho por los fundadores de la Geotécnica (Terzaghi, Casagrande, Bjerrum, Peck, Jiménez Salas, Vargas, Skempton, entre otros), la cual presentaron oralmente en clase.

Las actividades de campo fueron planificadas de forma de que cada grupo, con tema definido previamente, hiciera un muestreo de suelos en sitios definidos por los docentes. Después de la caracterización del sitio, las muestras eran procesadas en el laboratorio por los alumnos realizando la clasificación de suelos y determinando los parámetros de compactación. Luego, dependiendo del tema seleccionado, realizaron los ensayos específicos. Los resultados fueron presentados oralmente a toda la clase, recibiendo de sus compañeros de preguntas sobre el tema expuesto. Para finalizar, con los antecedentes

geológico-geotécnicos del sitio seleccionado y los resultados de campo y laboratorio, realizaron un informe del estilo de una consultoría de estudio geotécnico de sitio.

Para la evaluación de curso se usaron varios componentes: las presentaciones orales, las monografías realizadas, la dedicación a los trabajos grupales en laboratorio y campo, el informe del estudio geotécnico. Finalmente el curso se aprueba con un examen oral sobre los conceptos teóricos de los diferentes temas de la mecánica de suelos.

3. Resultados

La evaluación de cada curso donde se modificó la metodología de enseñanza, promoviendo una participación activa de los estudiantes en el proceso fue todo un desafío para todos los involucrados. Los docentes porque implica una mayor coordinación, preparación, planificación y discusión de actividades que aporten a los objetivos planteados, así como el seguimiento de avances de los grupos. En los estudiantes porque cambia la forma en la cual se imparten el resto de los cursos del semestre y necesitan dedicarle un tiempo específico para el trabajo en grupo.

En el curso de Geología de Ingeniería se realizó la evaluación institucional que se solicita desde la Facultad de Ingeniería a los estudiantes. Los aspectos mejor evaluados fueron: la coordinación entre teórico y práctico, las pruebas estaban acorde con los conocimientos impartidos y las mismas se centraron en la comprensión de los conceptos del curso. Todas estas áreas tuvieron evaluación 4 (en una escala de 1= mala a 5= muy bueno). Las actividades de integración grupal fueron destacadas por los estudiantes, quienes opinaron la necesidad de sentirse parte de un grupo, lo que les permitió afrontar juntos las inseguridades que aparecieron durante el curso y que les ayudó a acercarse a los contenidos del curso. Además contribuyó a llevar al día el curso dado al abordaje interactivo del mismo y a las consultas entre pares del grupo para discutir los conocimientos.

Los 4 aspectos fundamentales del cambio metodológico (clases teórico-prácticas, trabajo e grupo, exposiciones orales y discusión de artículos de congresos o revistas) fueron valoradas como muy positivas, en particular el 74 % se sintió preparado para la instancia de evaluación oral (donde el 55 % era la primera vez que eran evaluados de ésta forma, siendo que estaban en el 6to semestre de una carrera de 10 semestres).

La evaluación global del 80 % de los estudiantes afirma que el curso fue diferente a los que estaba acostumbrados en la Facultad. El rendimiento de los estudiantes fue mejor en las pruebas del 2012 respecto de los años anteriores, aumentando el número de aprobados del 65 % al 82 %. Mayores detalles de la evaluación se encuentran en [5] Musso et al (2014)

En el curso de Mecánica de Suelos no hay evaluación institucional, si una evaluación al final del curso y después de la prueba final. Los estudiantes consideran al curso como muy adecuado, con bastante actividad práctica entre campo y laboratorio.

En los trabajos de campo, la colaboración entre los diferentes grupos fue necesaria para que todos experimentaran las actividades que deben desempeñarse en un estudio de sitio para obtener la información geotécnica relevante para la obra a realizar allí. El curso les brinda herramientas prácticas para el desempeño profesional.

Las actividades de exposición oral les permitieron conocer y consolidar los conceptos de la disciplina. Además conocer mediante la presentación oral de quienes fueron de los fundadores de la disciplina y cuales fueron sus aportes, los involucra para apropiarse de la evolución y progreso del conocimiento en geotécnica.

La presentación del trabajo final, con fechas de entrega establecidas, les exigió una planificación de las actividades de laboratorio y de análisis de los resultados en forma secuencial, que les permitió evaluar la calidad de los mismos y la necesidad o no de repetir ensayos. La evaluación final sobre temas teóricos permitió identificar que los estudiantes se apropiaron de los conocimientos de la disciplina, así como verificar la capacidad de estudiar y exponer oralmente los conceptos de la geotécnica.

Estas primeras experiencias basadas en el modelo conceptual constructivista muestran mayor compromiso y mejores desempeños de los estudiantes. El trabajo colaborativo en los grupos promueve las relaciones interpersonales y la solidaridad entre pares con un objetivo a cumplir. Además posibilita la generación de desafíos de mayor nivel conceptual y de aprendizaje profundo. El aprendizaje de habilidades y destrezas de comunicación escrita y oral son necesarias y deben dedicarse un tiempo específico para aprender éstas técnicas, asumiendo un tiempo mayor de evaluación de parte de los profesores, con el beneficio de una mejor comunicación de los conceptos geotécnicos.

Los desafíos de esta forma de enseñar tienen varias vertientes. Por un lado el compromiso, dedicación y formación de los docentes en los conceptos teóricos del Constructivismo y el desarrollo de prácticas que realmente realicen un aprendizaje activo por parte de los estudiantes. Los salones de clase deben permitir otras formas de enseñanza con el mobiliario adecuado, ya que actualmente se hacen en salones con sillas una al lado de otra, orientadas como en un cine, frente a un pizarrón o una zona de proyección de imágenes mediante computadora. Además los estudiantes deben comprometerse activamente ya que su participación es fundamental en el éxito de la propuesta, que es el de obtener un aprendizaje profundo de los contenidos disciplinarios y del desarrollo de habilidades y destrezas extra disciplina como el trabajo en grupo, la expresión oral y escrita.

Aumentar el número de cursos con este estilo de enseñanza lleva cambios en la institución, minimizando las aulas expositivas magistrales, aumentando el espacio para laboratorios e inversiones en equipos de campo y laboratorio, mayores fondos para gastos de las salidas de campo, dedicación mayor de los docentes a la enseñanza y desarrollando otros vínculos profesor-estudiante comprometidos con el aprendizaje.

4. Conclusiones

El cambio en la modalidad de los cursos de geotécnica fue un reto para estudiantes y docentes. Los cursos involucrados tienen diferentes desafíos por el número de participantes, los conceptos a desarrollar en cada uno, las expectativas de los estudiantes.

El trabajo en grupo y la dedicación al curso genera en el estudiante certezas acerca de su mejor preparación, y alcanza al final del proceso de estudio la aprobación del curso. Se observa una relación positiva en la participación activa del curso con un alto porcentaje de los estudiantes aprobados.

El aprendizaje fue de mayor profundidad, observándose en el desempeño de las evaluaciones de los estudiantes y el manejo de los conceptos de cada curso. Las actividades de integración y de trabajo en grupo fueron destacadas por los estudiantes y valoradas como necesarias por los docentes para el buen desempeño en la apropiación de los conceptos de la geotécnica.

La experiencia de participar en grupos para el aprendizaje resultó satisfactoria tanto en los resultados objetivos medidos, en la opinión de los estudiantes y en la evaluación del grupo docente.

Referencias

- [1] P. Freire, P. (1970) *Pedagogia do oprimido*. 17a edicao. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro, Brasil, 1970.
- [2] D.A Kolb, D.A. *Experiential Learning experience as a source of learning and development*. New Jersey: Prentice Hall. 1984
- [3] J.E. Stice. Using Kolb's Learning Cycle to Improve Student Learning. *Eng. Education*, **77(5)**, (1987), 291-296.
- [4] R. M. Felder, L.K. Silverman (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education *Engr. Education*, **78(7)** (1988), 674-681.
- [5] R. M. Felder, J. Spurlin. Applications, reliability, and validity of the index of learning styles. *Int. J. Engng Ed.* **21(1)**, (2005),103-112.
- [6] K. Exley, R. Dennick. *Enseñanza en Pequeños Grupos en Educación Superior*. Narcea SA Ediciones. Madrid España, 2009.
- [7] D. Durán *Aprender a cooperar: del grupo al equipo*. Capítulo XI En: *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. Pozo, J.I. y del Puy, M. (coords.) Ediciones Morata. Madrid. 2009.
- [8] M. Mateos, M. *Aprender a leer textos académicos: más allá de la lectura reproductiva*. Capítulo VI En: *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. Pozo, J.I. y del Puy, M. (coords.) Ediciones Morata. Madrid. 2009.
- [9] M. Musso, X. Othegui, C. Fagundez. Enseñar Geología de Ingeniería en Uruguay: desafíos de nuevas metodologías. *Revista Brasileira de Geología de Engenharia e Ambiental*, **3**, (2014), 149 – 158.