



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ALUMNO PARA LA MATERIA REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Rubén Darío Morelli

**Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Argentina**

Resumen

Representación Gráfica es una materia de la disciplina Sistemas de Representación, ubicada en el primer año de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario. Integra el Bloque Curricular de Ciencias Básicas junto con las disciplinas de Matemática, Física, Química e Informática. Se dicta en el primero o segundo cuatrimestre del año según la carrera, con un total de 80 horas de reloj a razón de 5 horas semanales, durante 16 semanas. Tiene el formato pedagógico de Taller, modalidad que se basa en un intenso trabajo presencial del estudiante durante todas las clases, con evaluación continua mediante la aprobación de trabajos prácticos. Entre sus características sobresalientes, el aprendizaje en Taller en esta materia implica para los estudiantes la resolución práctica de problemas y situaciones de diseño que son de alto valor para la formación del ingeniero. En el Taller se promueven las actividades socializadas y participativas, fomentando el trabajo colaborativo y en equipo. Los trabajos prácticos tienen diversos diseños pedagógicos: trabajos prácticos individuales donde se dibuja con útiles tradicionales a lápiz, trabajos prácticos de diseño y modelado en sistemas CAD, y trabajos prácticos integradores, donde los estudiantes hacen sus primeras investigaciones y exposiciones trabajando en equipo, entre otras acciones. La cátedra considera al Taller como un dispositivo técnico pedagógico donde se aplica el Enfoque por Competencias, enfoque que actualmente se tiende a aplicar en todas las Facultades de Ingeniería de Argentina, como se aplica en muchas facultades de ingeniería del mundo. En concurrencia, se diseñan actividades de aprendizaje centradas en el alumno, tratando de inducirlo al aprendizaje activo, es decir, que aprenda haciendo, respetando en lo posible los propios estilos de aprender de cada individuo. Se proponen actividades que pretenden ser innovadoras desde lo didáctico, con la inclusión de herramientas de tecnología gráfica para favorecer la comprensión espacial de los objetos y su representación gráfica técnica. Estas herramientas, sin ser excluyentes, son la inclusión del Software Libre CAD además de los programas de diseño tradicionales, el uso de la impresión 3D de los modelos diseñados, la confección de maquetas para el estudio de las formas, y el uso de

la tecnología de Realidad Aumentada como instrumento tanto para complementar la comprensión y verificación de los objetos puestos en posición de uso simulada, como para acceder a bibliografía online, a videos didácticos, y toda información que pueda accederse mediante el escaneo de códigos utilizando la app de Realidad Aumentada desde un smartphone. En este trabajo se muestran ejemplos de trabajos prácticos, tanto individuales como en equipo, realizados por los alumnos, donde se verifica que ellos son los verdaderos protagonistas del propio aprendizaje por encima de todo, logrando las competencias propuestas a través del saber hacer y reflexionar, de la actividad y de la acción, con el convencimiento de que el alumno aprende fundamentalmente de lo que vivencia o descubre por sí mismo.

Palabras clave: aprendizaje activo; competencias; representación gráfica

Abstract

Graphical Representation is a course belonging to the Representation Systems discipline, it's a mandatory subject for first year students of every engineering branches in the National University of Rosario. It is part of the Engineering Core Curriculum, along with subjects from the Mathematics, Physics, and Chemistry disciplines. It's schedule in the first or second semester, according to the engineering branch, with a total classroom time of 80hs, which translates to 5 hours per week during the 16 weeks' period. This course uses a workshop format, modality based in an intense in-class work by the student, during the whole semester, with an implementation of continuous assessment, and practical work as substantial assessment task. One of the most outstanding feature of this modality, is the learning process in the workshop, where the students solve practical problems and design tasks, which are of high value in the engineering training. In the workshop socialized and participatory activities are promoted, encouraging collaborative and team work. The practical work tasks have diverse pedagogical designs: individual assignments where the students draw by pencil with traditional technical drawing elements, individual assignments of design and modelling using CAD systems, and integrated practical work where the students, working in teams, do their first researches and presentations, and many other activities. The teachers consider the workshop as a pedagogical and technical tool where the Competency-based approach is applied. This approach is currently being increasingly applied in every Engineering College in Argentina, as is applied in many Engineering Colleges around the world. Jointly, student-focused learning activities are designed, aiming to introduce the students in active learning, that is to say, they will learn by doing, in accordance where possible with the individual own learning styles. Activities are proposed that pretend to be innovative from a didactical point of view, with the inclusion of graphical technology tools to stimulate objects spatial comprehension and their technical graphical representation. This tools, without being limited to, are the inclusion of open source CAD software in addition to the traditional design software, the use of 3D printing for the designed models, model making for form study and the implementation of Augmented Reality technology as an instrument for both complementing the comprehension and verification of the objects in the simulated position and to access the online bibliography, educational videos, and any information that can be access by means of code scanning using the augmented reality app from a smartphone. In this paper practical works examples are shown, both individual and team tasks, carried out by the students, where one can verify how the students are, above all, the

true protagonist of their own learning process, achieving the proposed competencies by means of the know-how and reflection, the activity and action, with certainty that the student learns fundamentally from what he experiences and discovers by himself.

Keywords: *active learning; competences; graphic representation*

1. Introducción

La materia Representación Gráfica pertenece al área disciplinar Sistemas de Representación, está en el primer año de las carreras de ingeniería y forma parte del bloque curricular de Ciencias Básicas junto con las disciplinas Matemática, Física, Química e Informática. El plan de estudios asigna a esta materia el formato pedagógico de Taller. El programa abarca un continuo de saberes concatenados y apunta al logro de competencias específicas, que refieren a la capacidad del futuro ingeniero de comprender, modelar y representar gráficamente las formas y dimensiones de los objetos, ideas, proyectos y procesos relacionados con la ingeniería. Estos saberes conforman la base del lenguaje gráfico que se aplica en las ciencias y en la industria. A manera de síntesis, los contenidos que sirven como disparador de las estrategias didácticas centradas en el alumno son: los tipos de proyección, el sistema Monge, los sistemas estandarizados ISO (E) e ISO (A), las axonometrías ortogonales y oblicuas, herramientas como el cambio de plano, estudios de los cuerpos poliédricos y de superficies curvas, confección de planos y modelados 2D y 3D utilizando programas CAD, croquis, maquetas de estudio, etc. La cátedra definió un conjunto de once resultados de aprendizaje o competencias específicas, que fueron publicados en un trabajo reciente por Morelli, et al. (2018). Se espera que los mismos sean logrados por los alumnos al finalizar y aprobar el curso. Por ejemplo, son resultados de aprendizaje: a) diseñar y representar objetos tridimensionales mediante proyecciones; b) conocer y aplicar las normas y convencionalismos del dibujo tecnológico; c) resolver problemas de representación aplicando geometría descriptiva; d) modelar tridimensionalmente con software CAD; e) presentar los trabajos prácticos con profesionalismo; f) exponer verbalmente con la terminología técnica adecuada; g) investigar y aprender contenidos de la materia trabajando en equipo, etc. Estos resultados de aprendizaje apuntan a cuatro de las diez competencias genéricas definidas para la ingeniería en Argentina de acuerdo con lo investigado por Morelli, et al. (2008), y el logro esperado es de un nivel básico, pues se está en el primer año de las carreras y el estudiante recién comienza su vida universitaria.

Volviendo al concepto de formato pedagógico de Taller para Representación Gráfica, en la cátedra se considera a este formato en el encuadre de “dispositivo pedagógico”, tal como lo definen Souto, et al. (1999) y donde se aplica el Enfoque por Competencias, enfoque que se pretende para la formación de los ingenieros en Argentina, y como ya se viene aplicando en tantos países del mundo. En concurrence, se diseñan actividades de aprendizaje centradas en el alumno, tratando de inducirlo al aprendizaje activo, es decir, que el estudiante aprenda haciendo, respetando en lo posible los propios estilos de aprender de cada individuo tal como lo pregonan Felder, et al. (1988). Se proponen actividades innovadoras desde lo didáctico, con la inclusión de herramientas de tecnología gráfica para favorecer la comprensión espacial de los objetos y su representación gráfica técnica. Estas herramientas, sin ser excluyentes, son la inclusión del

Software Libre CAD además de los programas de diseño tradicionales, el uso de la impresión 3D para prototipar los modelos diseñados, la confección de maquetas para el estudio de las formas, y el uso de la tecnología de Realidad Aumentada (RA) como instrumento de visualización de modelos de estudio, análisis de los objetos puestos en posición de uso, y también como aplicación para acceder a bibliografía online, a videos didácticos, y toda información que pueda accederse mediante el escaneo de códigos utilizando la app de Realidad Aumentada desde un smartphone.

En este trabajo se muestran ejemplos de trabajos prácticos, tanto individuales como en equipo, realizados por los alumnos, donde se verifica que ellos son los verdaderos protagonistas del propio aprendizaje por encima de todo, logrando las competencias propuestas a través del saber hacer y reflexionar, de la actividad y de la acción, con el convencimiento de que el alumno aprende fundamentalmente de lo que vivencia o descubre por sí mismo.

2. Estado actual de la temática

La ingeniería tiene un papel protagónico en la sociedad del conocimiento debido a la evolución constante de la tecnología. Esta evolución tecnológica impacta en la producción del conocimiento que, como reza el paradigma, es inabarcable. La educación no es ajena a este proceso de evolución en el que los docentes necesariamente deben estar involucrados. La innovación en educación y el emprender experiencias nuevas marcan el camino por donde se debe avanzar. Lo que hoy es novedad, mañana puede ser cosa del pasado. El docente debe afirmar su rol de guía del aprendizaje y saber discernir entre los saberes que se mantienen permanentes a través del tiempo, como la geometría descriptiva para la comprensión de la representación gráfica de los cuerpos por ejemplo, y los saberes que mutan rápidamente por el impacto de la evolución de las tecnologías, como puede ser por ejemplo el método Monge para resolver intersecciones versus las operaciones booleanas en el modelado en sistemas CAD que permiten resolver en instantes y en forma automática dichas intersecciones. Los planes de estudio de las carreras de ingeniería de la Argentina contemplan este aspecto evolutivo y por eso estructuran sus actividades curriculares en cuatro bloques disciplinares: a) Ciencias Básicas; b) Tecnologías Básicas; c) Tecnologías Aplicadas; d) Complementarias. Esta estructura curricular para la formación de ingenieros se debe complementar con la formación continua durante toda la vida activa del ingeniero, para la necesaria actualización profesional. Se acuerda con Morell (2006) cuando afirma que Latinoamérica debe priorizar la formación de ingenieros, donde las escuelas de ingeniería deben equilibrar la triple misión de educar, innovar y servir. Los planes de estudio deben ser innovadores en base al desarrollo de competencias, con docentes que sean guías del aprendizaje y alumnos aprendiendo a trabajar en equipo y en red, y a comunicar incorporando nuevas tecnologías como lo mandan los tiempos actuales. El aprendizaje centrado en el alumno, tema muy bien tratado en el artículo de NC State University (2019), se apoya en tres pilares que son: a) el "Aprendizaje activo" donde los estudiantes se involucran y participan resolviendo problemas, consultando, debatiendo, proponiendo múltiples ideas; b) el "Aprendizaje colaborativo" donde los estudiantes trabajan en actividades de equipo, se definen liderazgos y relacionamientos, aprenden a ser responsables y solidarios; c) la "Enseñanza y aprendizaje inductivo", donde se plantean desafíos, y los estudiantes aprenden en base a investigar, en base

a problemas, en base a proyectos o temáticas disparadoras de un verdadero aprendizaje por descubrimiento.

3. Metodología para el caso de estudio

La Figura 1 grafica la estructura del dispositivo pedagógico de esta materia Taller, que se dicta en una jornada de 5 horas semanales durante un cuatrimestre de 16 semanas.

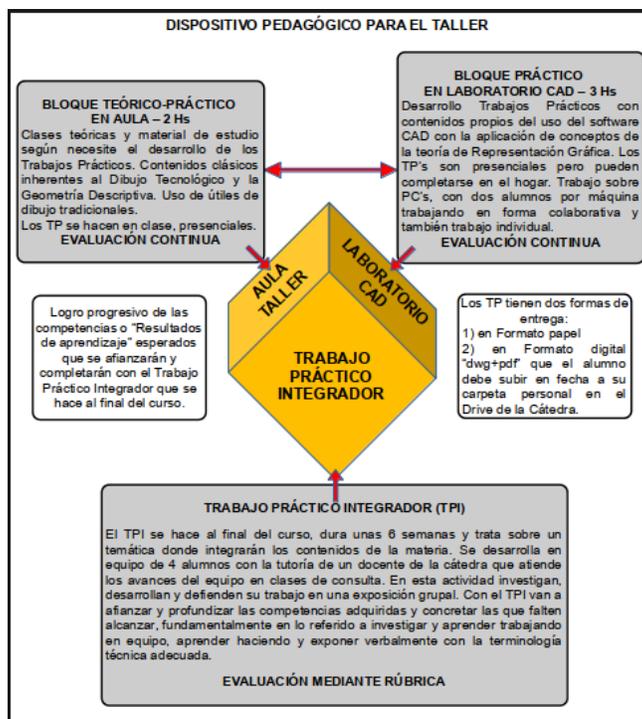


Figura 1. Dispositivo pedagógico de Representación Gráfica

La jornada se organiza en dos bloques: uno teórico-práctico de 2 horas y otro de práctica en Laboratorio CAD que dura 3 horas. Se hacen actividades donde el estudiante aprende a aplicar Normas de Dibujo Técnico, conceptos de Geometría Descriptiva y aprende a dibujar y modelar con programas como AutoCAD y FreeCAD. A partir de la semana 12 se inicia la etapa fundamental que se denomina Trabajo Práctico Integrador (TPI), explicitado por Morelli, et al. (2018), donde los estudiantes trabajan en equipo de 4 personas con un docente tutor y desarrollan una temática donde investigan, aprenden y modelan cuerpos geométricos complejos, confeccionan maquetas y finalmente hacen una exposición oral con entrega de una presentación en papel. Logran competencias referidas a aprender a investigar, a estudiar y trabajar en equipo, a exponer con una correcta terminología técnica, además de consolidar las competencias alcanzadas con la práctica general de la materia. El TPI se evalúa mediante una rúbrica y en forma continua en las consecutivas clases de consultas que hacen los alumnos. Esta actividad se desarrolla en gran parte fuera del horario de clase, en el hogar y en clases de consulta. Las entregas finales incluso las maquetas se fotografían y se socializan publicándolas en el Grupo de Estudio Facebook, grupo solo accesible a los estudiantes y docentes del curso. El dispositivo se

complementa con el uso de herramientas TIC que son: a) página web de la materia, b) Grupo de Estudio en Facebook y c) Google Drive con carpetas por alumno para que suban la parte digital de los trabajos prácticos.

A continuación, se presentan ejemplos de trabajos prácticos donde se aprecia la realización de actividades centradas en el alumno, con apoyo de tecnología: uso de AutoCAD y FreeCAD libre, uso de una aplicación (app) de RA, y ejemplos de TPI donde se muestra el trabajo de equipo con la confección de maquetas de estudio, modelado e impresión 3D. En el diseño de estos trabajos prácticos la premisa es organizar actividades donde el alumno se sienta motivado a realizarlas, a aprender haciendo, a investigar, buscar, consultar y trabajar colaborativamente.

4. Ejemplos donde se verifica el aprendizaje activo y centrado en el alumno

La tecnología de RA es una herramienta muy útil para el aprendizaje en todos los niveles. Permite el acceso rápido y efectivo a bibliografía de texto, audios y videos educativos, y sobre todo a la posibilidad de visualizar modelos tridimensionales con posibilidad de escalarlos, moverlos, rotarlos y situarlos en el espacio en su posición de uso simulada. Y aporta el plus adicional de la utilización positiva del smartphone propio del alumno como herramienta didáctica. La app utilizada se denomina Augment, que es gratuita para el estudiante y de bajo costo para el docente. En la Figura 2 se muestran ejercicios de aplicación del clásico tema “Vistas”: el estudiante debe completar el dibujo de proyecciones en base a la visualización de un modelo 3D que obtienen al escanear un marcador gráfico dado en la hoja de enunciado.



Figura 2. Aprendizaje de “Vistas” en Dibujo Técnico utilizando Realidad Aumentada

En la Figura 3 se muestra el enunciado de un trabajo práctico de modelado 3D con AutoCAD y cómo el alumno accede a bibliografía y a un video didáctico escaneando los marcadores de RA.

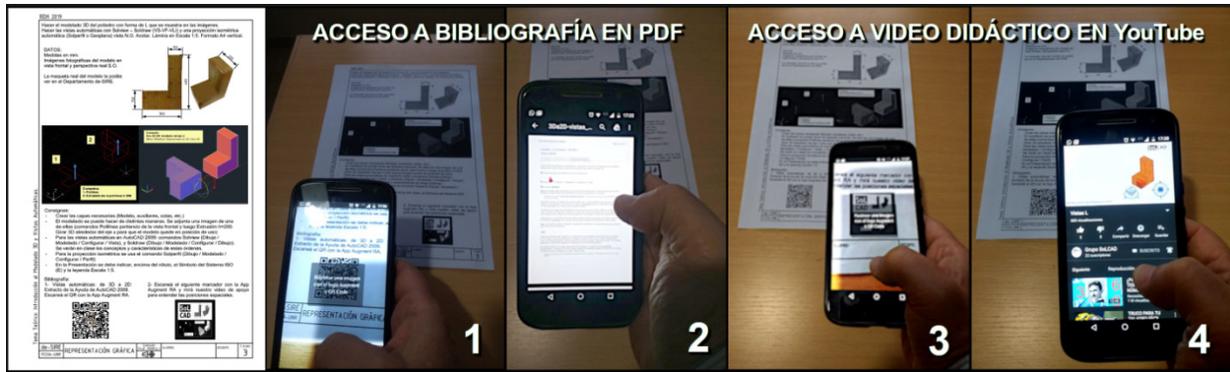


Figura 3. Aprender haciendo uso del smartphone y Realidad Aumentada

La Figura 4 muestra el enunciado de un trabajo práctico de modelado paramétrico 3D con FreeCAD, software libre. Escaneando con la app de RA el código QR puesto en el enunciado, el alumno puede ver inmediatamente en YouTube un video tutorial preparado por la cátedra.



Figura 4. Aprender haciendo uso del smartphone y Realidad Aumentada

La Figura 5 muestra un trabajo práctico de modelado sólido con AutoCAD y cortes, donde se aplican vistas y secciones automáticas. Con RA se visualiza el modelo 3D y su seccionamiento.

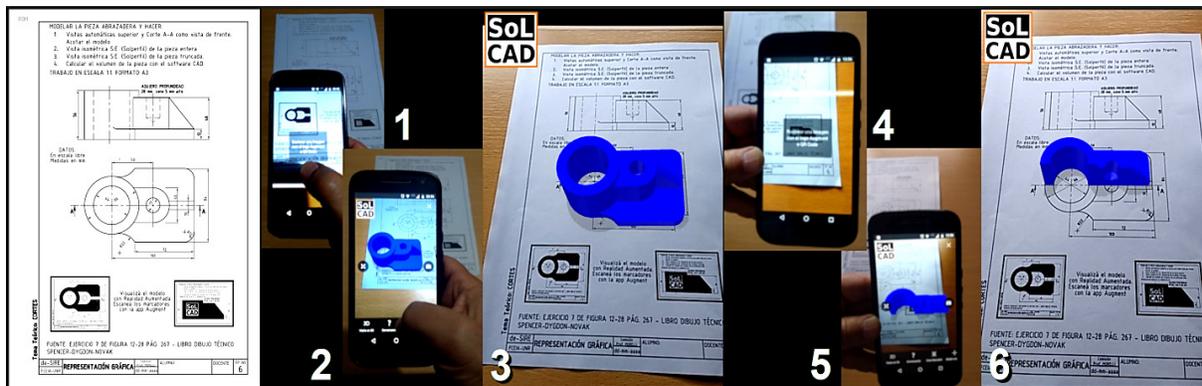


Figura 5. Aprender haciendo uso del smartphone y Realidad Aumentada

El TPI es una estrategia didáctica culminante para el curso donde se completa el logro de los resultados de aprendizaje. En esta etapa el aprendizaje activo se materializa en el trabajo colaborativo y en equipo, la investigación y la tutoría docente. Se consolida el aprendizaje haciendo y reflexionando. La temática que se aborda en el TPI abarca las superficies alabeadas complejas, la intersección de superficies, el modelado 3D con AutoCAD y FreeCAD, la confección de maquetas de estudio materializada con impresoras 3D o con los materiales más adecuados para la comprensión de la geometría. La Figura 6 muestra un ejemplo.



Figura 6. TP Integrador. Trabajo en equipo, colaborativo. Investigación, hacer y reflexionar

En la actualidad esta actividad se organiza a partir de dar a los equipos un tema disparador consistente en diseñar una estructura de juegos infantiles donde intervengan superficies complejas. Ver Figuras 7 y 8 y el enunciado en <http://www.fceia.unr.edu.ar/dibujo/TPI-2019.pdf>

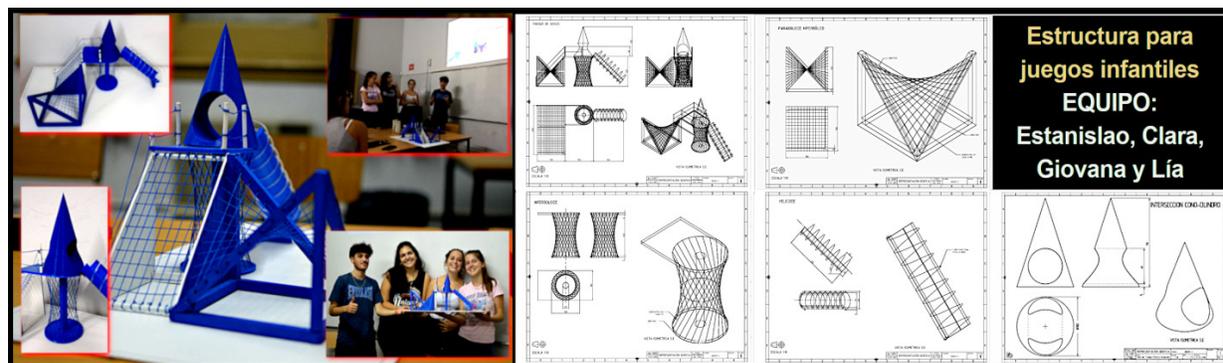


Figura 7. TP Integrador. Aprendizaje activo a partir de un tema disparador: Juegos infantiles

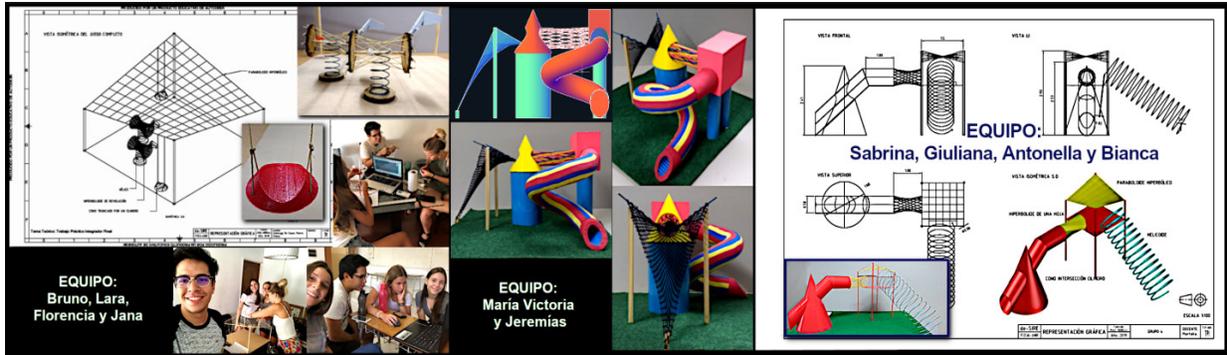


Figura 8. TP Integrador. Aprendizaje activo a partir de un tema disparador: Juegos infantiles

5. Conclusiones

Este trabajo pretende ser un aporte para los docentes de ingeniería en general y del área Sistemas de Representación en particular. Aporte para cambiar el paradigma mental y migrar el estilo de enseñanza centrado en el docente hacia el aprendizaje centrado en el alumno. Se muestran a través de la práctica estrategias innovadoras que incluyen tecnologías, demostrando que el estudiante aprende a través de lo que hace, de sus intereses, de lo que vivencia y descubre, siendo el protagonista de su propio aprendizaje y logrando competencias a través del saber hacer y reflexionar. El docente es guía y mentor de ese aprendizaje activo.

6. Agradecimientos

Agradecimiento para el valioso equipo de docentes de la cátedra de Representación Gráfica: Dana del Valle Martella, Virginia Lomonaco y María José Abdala, quienes trabajan con mucho profesionalismo, pasión y amor por la enseñanza de esta disciplina de la ingeniería.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Felder, R., et al. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. Journal of Engineering Education, Vol. 78 (7), pp. 674-681.

Libros

- Souto M., et al (1999). Grupos y dispositivos de formación: El Dispositivo en el Campo Pedagógico. Ediciones Novedades educativas, Buenos Aires, pp. 67-111.

Memorias de congresos

- Morelli, R.D.; Lenti, C.A. (2008). Educación basada en competencias para el área de Sistemas de Representación. En Actas en CD del VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI), Salta, pp. 2-3.
- Morelli R.D. y Martella D. (2018). Trabajo Práctico Integrador de la materia Representación Gráfica enfocado en la Educación Basada en Competencias”, en Actas IV Congreso Argentino de Ingeniería y X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería, Córdoba, pp. 39-44.

Fuentes electrónicas

- Morell L. (2014, noviembre). Congreso Ingeniería 2014 – Latinoamérica y Caribe. Entrevista. Consultado el 15 de mayo de 2019 en http://www.uniline.com.ar/CAI14/descargas/entrevista_luenymorell.pdf
- NC State University, College of Engineering (2019). Richard Felder’s Legacy Website: Learner-Centered Teaching. Consultado el 15 de mayo de 2019 en <https://www.engr.ncsu.edu/stem-resources/legacy-site/learner-centered/>

Sobre el autor

- **Rubén Darío Morelli:** Arquitecto. Profesor Titular del Departamento de Sistemas de Representación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Investigador categorizado de la Universidad Nacional de Rosario. rumorelli@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)