

# **Ingeniería y Óptica Geométrica**

## **Una Estrategia Didáctica**

Norma Yolanda Haudemand  
*Departamento de Materias Básicas*  
*Facultad Regional C. del Uruguay-UTN*  
*Concepción del Uruguay, Argentina*  
*haudemann@frcu.utn.edu.ar*

Jorgelina Nadal  
*Departamento de Materias Básicas*  
*Facultad Regional C. del Uruguay-UTN*  
*Concepción del Uruguay, Argentina*  
*jorgelinanadal@frcu.utn.edu.ar*

Liliana Marina Bonin  
*Departamento de Materias Básicas*  
*Facultad Regional C. del Uruguay-UTN*  
*Concepción del Uruguay, Argentina*  
*lilianabonin@frcu.utn.edu.ar*

Darío Rodolfo Echazarreta  
*Departamento de Materias Básicas*  
*Facultad Regional C. del Uruguay-UTN*  
*Concepción del Uruguay, Argentina*  
*echazad@frcu.utn.edu.ar*

### **Resumen**

Este trabajo se encuentra enmarcado en el proyecto de investigación "e-curriculum: flexibilización del curriculum hacia la sociedad del conocimiento complejo en las carreras de ingeniería". Con el propósito de incentivar el desarrollo de competencias en el marco de los entornos virtuales, -escritura académica, conocimientos sobre Óptica Geométrica- se propuso a los alumnos de ingeniería la presentación por grupos de un proyecto de investigación utilizando como recurso una plataforma educativa. Se pautaron entregas graduales, las que fueron devueltas acompañadas de comentarios. Se habilitaron foros de consulta, de entregas, de devoluciones y tutorías presenciales. Para la aprobación final del trabajo les fue solicitada una aplicación a la especialidad de ingeniería en curso y la

exposición oral. Los resultados obtenidos mostraron una marcada aceptación y cumplimiento de lo pautado así como también un progreso académico.

### **1. Problema**

¿Cómo enseñar Óptica Geométrica y perfeccionar la escritura académica desde un entorno virtual?

### **2. Objetivos**

Lograr que los alumnos:  
Adquirieran conocimientos sobre Óptica Geométrica  
Perfeccionen la escritura académica específica de la asignatura.

Desarrollen competencias en el uso de TIC y en situaciones ingenieriles.

### 3. Introducción

En la antigüedad ya era conocido el fenómeno de la propagación rectilínea de la luz (del latín *lux*, *lucis*) y tiene su base experimental en la formación de sombras de objetos a partir de focos luminosos puntuales. Dos filósofos y matemáticos griegos, Empédocles y Euclides, escribieron sobre este tema. Arquímedes en el siglo III antes de Cristo utilizó con fines bélicos las nociones entonces disponibles sobre la marcha de los rayos luminosos en espejos y lentes. Con posterioridad, Descartes, pasó a considerar la luz como una onda de presión que se transmite a través del éter.

Más tarde Fermat enuncia el principio del tiempo mínimo y con él deduce la ley de refracción descubierta experimentalmente por Snell en el año 1621.

Para la Óptica Geométrica, la luz se propaga en línea recta a una velocidad aproximada de  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ . La naturaleza ondulatoria de la luz no es tenida en cuenta debido a que aquí la luz es como un conjunto de corpúsculos que se desplazan linealmente y pueden colisionar y, según el medio en que se propaga, se puede determinar qué camino sigue el rayo. Éstos rayos pueden ser absorbidos, reflejados o refractados respondiendo a las leyes de la mecánica.

Roger Bacon, que vivió entre los años 1210-1292, talló y pulió los primeros lentes con forma de lenteja, de allí deriva el nombre de lente. Este fraile franciscano inglés que descubre las propiedades de una lente para aumentar el tamaño de la escritura, es considerado el creador de los anteojos que mejoran la visión (Aristegui et al., 1999, p. 288) [1]. Así como este hecho contribuyó, en aquella época, a mejorar la calidad de vida de las personas de visión dificultosa y de edad avanzada, en la actualidad la fibra óptica ha optimizado las telecomunicaciones. En la fibra óptica un haz de luz queda completamente encapsulado y se propaga por su interior con un ángulo de incidencia por encima del ángulo límite o crítico. Este fenómeno físico conocido como reflexión total, se explica considerando a la luz propagándose desde el punto de vista de la Óptica Geométrica. Ésta se ocupa entonces, de la trayectoria de los rayos luminosos.

En cuanto a la escritura académica, Carlino (2005) considera que son los docentes, especialistas en la materia, las personas idóneas para contribuir al desarrollo de esta competencia, ya que poseen los conocimientos que los estudiantes tratan de dominar; “se trata de una cultura compleja que suele permanecer implícita en las aulas universitarias”. Más adelante en su libro afirma:

Que la escritura plantee problemas en la educación superior no se debe, entonces, sólo a que los estudiantes vengan mal formados de los niveles educativos previos. Las dificultades resultan inherentes a cualquier intento de aprender algo nuevo. Lo que ha de ser reconocido es que los modos de escritura esperados por las comunidades académicas universitarias no son la prolongación de lo que los alumnos debieron haber aprendido previamente. Son nuevas formas discursivas que desafían a todos los principiantes y que, para muchos de ellos, suelen convertirse en barreras insalvables si no cuentan con docentes que los ayuden a atravesarlas (p.23). [2]

Siguiendo a esta autora, los docentes de este proyecto, proponemos a los alumnos un camino para que los jóvenes universitarios puedan introducirse en la cultura ingenieril desempeñando un rol activo en la redacción de un proyecto de investigación.

La escritura de textos académicos en el nivel superior es considerada como un proceso el que consta de una etapa de planificación, una de redacción y una de revisión. Estas etapas no son sucesivas, sino que hay momentos que se superponen, se repiten, se corrigen imperfecciones hasta arribar a la versión definitiva.

Pensamos que la conformación de grupos, ordenados libremente, permiten llevar adelante un trabajo colaborativo interesante, promover valores y constituirse en propuestas de enseñanzas y aprendizajes innovadores. Que los estudiantes universitarios asuman el cambio y se sientan parte de un trabajo colectivo es sólo una cuestión de actitud que los profesores como mediadores podemos favorecer y guiar.

Un pensamiento con el que coincidimos, sostiene que: ...las obras colectivas producen y sostienen la solidaridad grupal, ayudan a formar una comunidad de aprendizaje y especializan la tarea que realiza cada miembro del grupo. La creación de obras colectivas promueve en un grupo formas compartidas y negociables de pensar. Además, externalizar el trabajo mental produce un registro de los esfuerzos mentales de los involucrados; un registro que está fuera de sus mentes, como un bosquejo o un borrador, que puede ser revisado y enriquecido (Litwin et al., 2005, p. 34-35) [3].

La comunicación entre pares juega un papel clave en la estimulación de un aprendizaje ubicuo que surge de un conjunto de experiencias atesoradas desde disímiles contextos. Al hablar de aprendizaje ubicuo nos estamos refiriendo a un nuevo paradigma educativo que, en gran medida, surge por el emergente crecimiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) difundidas por los nuevos dispositivos digitales tales como computadoras personales, teléfonos del tipo smartphone, tablets, etc. El aprendizaje no ocurre sólo en

el aula, sino en cualquier momento y en cualquier lugar y es el desarrollo tecnológico el que permite, a través de los dispositivos portátiles, que ese aprendizaje sea cada vez más frecuente.

Las TIC en la educación constituyen un interesante desafío para los docentes a la hora de elegir propuestas de buenas enseñanzas y aprendizajes. La diversidad de fuentes de información hace necesario una orientación en cuanto a la selección de las búsquedas. Se incorpora una tarea que trasciende el ámbito de la clase, en espacio y tiempo, y eso conlleva a que los alumnos por grupo tomen decisiones en forma autónoma, que se involucren responsablemente, que consulten a sus docentes.

Si bien las TIC han originado expectativas similares a las que provocó la televisión en cuanto a transformar la educación, se ha encontrado resistencia en hogares e instituciones. Poco a poco estas barreras van cediendo frente a la diferencia entre las habilidades enseñadas y las requeridas en el campo profesional. Es necesario pensar en modelos de aprendizaje continuos, graduales y flexibles que no sólo promuevan la adquisición de contenidos, sino que también estimulen el desarrollo de competencias que respondan a las demandas del mundo actual.

Las mejoras profundas en educación no son simples ni rápidas, muchas veces las instituciones se muestran reacias a repensar el rol que les compete, el modelo tradicional no tiene porque desaparecer, sólo que a veces es insuficiente.

En el libro de Cobo y Moravec (2011) [4] se puede leer: “El desafío de las competencias digitales es que requieren ser estimuladas mediante experiencias prácticas. Además de conocer la funcionalidad instrumental de un software o dispositivo, se requiere ser capaz de aplicar el pensamiento complejo para resolver problemas de diversas maneras”.

Si bien los dispositivos digitales han permitido en la era actual disponer de un flujo de información abundante, Manes y Niro (2014) [5] coinciden en que una computadora, por el momento, no puede igualar el cerebro humano y lo fundamentan al decir que:

El cerebro tiene una capacidad plástica para remodelar sus circuitos que aún la tecnología no ha logrado igualar. Muchos modelos de inteligencia artificial computarizados están en desarrollo para intentar imitar la forma en que la información se adquiere, pero la complejidad del cerebro –y su plasticidad– excede la comparación con una computadora. Será muy difícil crear una simulación parecida a la del cerebro humano por su capacidad única de adaptarse a un contexto en cambio permanente (p. 51-52).

El aprendizaje basado en competencias, conocimientos y destrezas, puede ampliar las dimensiones del aprendizaje tradicional y enriquecerlo,

sin necesidad de permanecer por años en la universidad estudiando.

El enfoque del aprendizaje a lo largo de la vida no plantea que uno tenga que pasarse toda la vida en la universidad. Sin embargo, sí sugiere que un individuo deberá comprender el aprendizaje como un proceso continuo y abierto, capaz de combinar la adquisición de conocimientos explícitos (codificados o sistematizados) con aquellos conocimientos tácitos y habilidades blandas que demanda la sociedad global en distintos contextos y etapas de la vida (Cobo, C. y Moravec, J., 2011).

La Ciencia es una actividad teórica y práctica, esto nos conduce a certificar que en su enseñanza, el laboratorio es un elemento imprescindible. “Nada de lo que vamos a decir va a ser comprendido de una manera verdaderamente eficaz a menos que el lector se sienta aludido personalmente, a menos que tenga una experiencia directa más allá de la descripción que uno haga de ella” (Maturana y Varela, 2003, p.7) [6].

El objetivo primordial de las prácticas de laboratorio es fomentar una enseñanza más movilizadora, más participativa donde se promueve el método científico y con él la habilidad de observación y espíritu crítico. El alumno se familiariza con el manejo de instrumentos y aparatos y se enfrenta a situaciones problemáticas que debe resolver en forma autónoma fortaleciendo así el pensamiento divergente.

#### 4. Metodología

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el año 2015 como el Año Internacional de la Luz y de las Tecnologías basadas en la Luz. Esto denota la importancia que se le otorgó a la luz y sus aplicaciones. En coincidencia con este hecho y el que la Universidad Tecnológica Nacional redujo la duración de las carreras de Ingeniería de seis años a cinco se vio la necesidad de dispersar contenidos esenciales de Física III en diversas asignaturas de la plantilla curricular que estuvieran en condiciones de asumir su desarrollo. A Física I le correspondió el tratamiento de Óptica Geométrica. Física I en las carreras de Ingeniería aborda contenidos de mecánica y como última unidad propone estudiar fundamentos de Óptica Geométrica. Es así como los docentes de la cátedra les proponen a los alumnos de 2º año de Ingeniería en Sistemas de Información y de 1º año de Ingeniería Civil y Electromecánica trabajar algunos conceptos referidos a la misma mediante la presentación de un proyecto de investigación, el que es pautado por etapas. En la primera se les explica que este trabajo está enmarcado en el proyecto de investigación "e-curriculum: flexibilización del curriculum hacia la sociedad del conocimiento complejo en las carreras de ingeniería", perteneciente al Grupo de Estudio y Seguimiento del Diseño

Curricular (GESDC). Se les suministra una guía para la confección del proyecto de investigación, lo más aproximado posible a las normas internacionales de presentación de trabajos académicos. En esta misma ocasión se acuerda la formación de grupos integrados por no más de cuatro alumnos, a ello acompañan la presentación de una carátula y la formulación de los objetivos. En la segunda entrega es requerido el desarrollo de los contenidos que se incluyen en la Unidad n° 11 – Óptica Geométrica del programa de Física I, contenidos que se detallan a continuación:

- La luz. Fuentes de luz y espectros. Longitudes de onda y colores.
- Carácter ondulatorio y comportamiento dual desde el punto de vista de la mecánica cuántica.
- Velocidad de la luz. Propagación en distintos medios.
- Reflexión de la luz. Definición, elementos y leyes.
- Refracción de la luz. Definición, elementos y leyes.
- Ángulo límite. Reflexión total. Fibra óptica.

El proyecto de investigación hasta aquí consta de carátula, objetivos del trabajo y desarrollo teórico de los contenidos involucrados.

Por cada entrega se realiza una devolución sobre el mismo documento enviado con notas/comentarios que serán tenidos en cuenta para la entrega siguiente.

Con posterioridad a la devolución de la segunda entrega y antes de la entrega final se llevan a cabo experiencias de laboratorio tendientes a resaltar los fenómenos de reflexión, refracción, verificación de sus leyes, se calcula el ángulo límite, se observa el fenómeno de reflexión total y su aplicación en prismas rectángulos isósceles.

En la tercera entrega, entrega final, se les solicita una aplicación tecnológica referida a los contenidos involucrados que resulten de utilidad en la especialidad ingenieril que cursan, además del relato de las experiencias de laboratorio, de la introducción y conclusiones.

La entrega final tiene una evaluación con aprobado/con correcciones/desaprobado para lo cual se tuvo en cuenta:

- Claridad de expresión, redacción
- Uso del lenguaje formal y propio de la disciplina
- Los desarrollos teóricos y su aplicación a la ingeniería
- Cumplimiento de las normas, entrega y presentación.

Todas estas indicaciones fueron volcadas en la plataforma virtual Moodle y para cada instancia se fue abriendo gradualmente un foro de consultas, entrega

de trabajos y devolución de los mismos con las correcciones si las hubiere. Además de las tutorías virtuales se establecieron apoyos optativos semanales con presencia de todos los integrantes del grupo, realizando de esta manera un seguimiento continuo y en proceso, guiando el avance del trabajo. Como cierre del proyecto de investigación los grupos realizan una presentación de sus respectivos trabajos con recursos TIC a su elección. El trabajo completo tuvo una duración aproximada de 3 meses.

La metodología utilizada procura contribuir al desarrollo “competencias” (Ruth Isabel Lorenzana Flores, 2012) [7] fundamentales para el futuro ejercicio de la profesión. Las competencias adquiridas se refieren al autoaprendizaje de conocimientos básicos de la Óptica Geométrica, a su aplicación en la carrera de ingeniería, perfeccionamiento de la escritura académica y uso de herramientas TIC, alcanzando de este modo los objetivos propuestos al inicio del trabajo.

## 5. Resultados y Discusión

Los aprendizajes alcanzados en Física I se evaluaron por medio de tres parciales durante el cuatrimestre. Si la calificación en cada uno de ellos es de 7 o superior a él, están en condiciones de promocionar la materia. Como instancia final para alcanzar la promoción responden a un examen globalizador en el cual se incluyen tres preguntas referidas a Óptica geométrica.

A fin de evaluar los resultados alcanzados con la metodología propuesta se graficaron en porcentajes la cantidad de preguntas bien respondidas antes de la propuesta del proyecto de investigación –años 2012 y 2013- gráficos 1 y 2 con la de los años posteriores -2014 y 2015- gráficos 3 y 4 cuando se puso en práctica la nueva propuesta.

Cabe aclarar que sobre la propuesta original aplicada en el año 2014 se realizaron ajustes. Al año siguiente, en el 2015, se incorporaron, antes de la entrega final las experiencias de laboratorio y su relato en la redacción del proyecto y, una vez aprobado el escrito, las exposiciones orales por grupos. Ambas incorporaciones parecieran ser un acierto y en el correr del 2016 volveremos a indagar cómo responden los estudiantes a la propuesta que involucra a la Óptica Geométrica.

Los resultados obtenidos con esta metodología resultan alentadores, muestran una marcada aceptación y cumplimiento de lo pautado así como también un progreso académico.

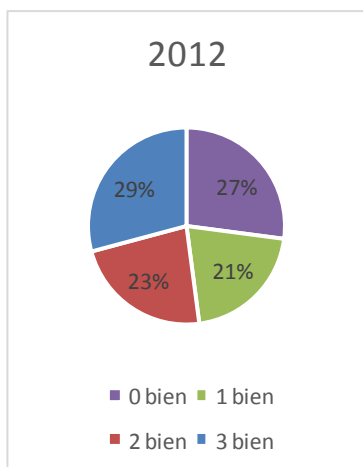


Gráfico 1

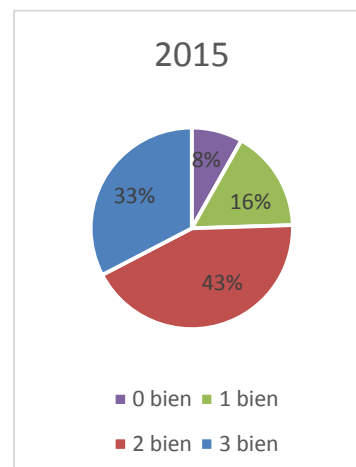


Gráfico 4

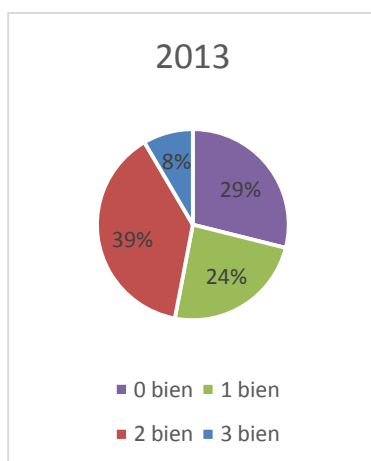


Gráfico 2

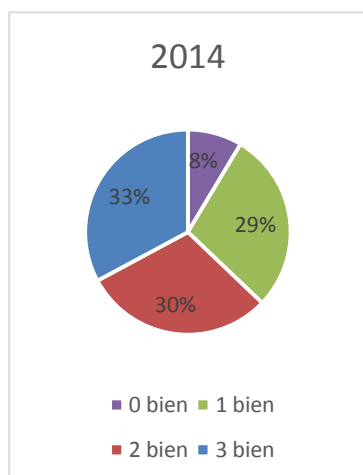


Gráfico 3

Una vez concluidas todas las actividades referidas a sucesivas presentaciones parciales hasta la devolución del trabajo final, se realizaron encuestas anónimas a los estudiantes a fin de conocer su opinión y evaluar algunos aspectos de la metodología empleada. En el Anexo se muestra tal encuesta.

De los 14 grupos conformados, sólo uno no concluyó el trabajo y de los 13 trabajos áulicos con seguimiento uno no fue aprobado por lo que traducidos en porcentajes, el 93% de los alumnos cumplen con la presentación del trabajo y de ellos el 92% lo aprueban.

## 6. Conclusiones

La implementación de estrategias didácticas que estimulen el aprendizaje colaborativo a través de la resolución de trabajos escritos complejos posibilita que el estudiante aborde en profundidad la temática desde diversas fuentes bibliográficas y asuma un rol activo desde la escritura. El texto resultante ya no es ajeno, es el producto de su proceso de aprendizaje, el cual ha permitido que enfoque este marco teórico hacia la especialidad de la carrera que están cursando.

El andamiaje virtual aportado por los docentes durante la elaboración de los borradores está orientado por los objetivos que el mismo grupo redactó, lo cual permite capitalizar sus aciertos y dificultades, ya que en las entregas siguientes podrán ampliar su debate grupal y reformular las estrategias de lectura y de escritura en pos de un trabajo a largo plazo. La aula virtual de la materia es el espacio dinámico de encuentro, los borradores con las devoluciones sirve de base para que todos los integrantes del equipo produzcan nuevos avances.

La actividad final de esta secuencia, la socialización a través de una exposición grupal, es un momento en el que los estudiantes pueden proponer la discusión disciplinar. La Facultad Regional Concepción del Uruguay tiene la

posibilidad de trabajar con grupos áulicos reducidos, no más de 50 alumnos por comisión, que podrán escuchar y debatir 13 producciones en un contexto de confianza para el aprendizaje.

Las propuestas analizadas en la investigación "e-curriculum: flexibilización del curriculum hacia la sociedad del conocimiento complejo en las carreras de ingeniería" reflejan la complementariedad de las actividades presenciales con aquellas virtuales, potenciando la participación de cada estudiante en su equipo de estudio y de cada equipo en el colectivo, formando una comunidad de aprendizaje.

## 7. Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad Regional de Concepción del Uruguay dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional por su parmente apoyo en pos de la mejora en la enseñanza de la Física.

## 8. Referencias

- [1] Aristegui, R., Baredes, C., Dasso, J., Delmonte, J, Fernández, D., Sobico, C. y Silva, A. (1999). *Física I*. Buenos Aires: Santillana Polimodal
- [2] Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad: Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina S.A.
- [3] Litwin, E., Maggio, M. y Lipsman, M. (2005). *Tecnologías en las aulas: Las nuevas tecnologías en las prácticas de enseñanza*. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- [4] Cobo, C. y Moravec, J. (2011). *Aprendizaje Invisible: Hacia una nueva ecología de la educación*. España: col.leccióTransmedia XXI (versión digital)
- [5] Manes, F. y Niro, M. (2014). *Usar el cerebro: Conocer nuestra mente para vivir mejor*. Buenos Aires: editorial Planeta.
- [6] Maturana, R. y Varela, F. (2003). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*. Buenos Aires: Lumen.
- [7] Lorenzana Flores, R. (2012). *La evaluación de los aprendizajes basada en Competencias en la enseñanza universitaria: La evaluación por competencias.pdf*. Honduras, [Fecha de consulta: 27/10/2013].

## 9. Anexo

### Encuesta anónima

Las preguntas y los resultados se indican a continuación:

1- ¿Cuán compleja les resultó esta actividad?

Muy compleja 8%  
Medianamente compleja 84 %  
Nada compleja 8%

2- ¿Se sintieron acompañados por los docentes durante el desarrollo de la actividad?

Si 89%  
No 11%

3- ¿En qué grado piensan que mejoraron la lectura y escritura en la universidad?

Muy alto 31 %  
Alto 69 %  
Bajo 0%

4- ¿De acuerdo a las exigencias del programa los aprendizajes alcanzados sobre Óptica Geométrica los consideras

Muy suficientes? 62%  
Suficientes? 31%  
Poco suficientes? 7%

5- ¿La búsqueda de una aplicación a la ingeniería resultó

Muy dificultosa? 23 %  
Poco dificultosa? 69 %  
Sin dificultad? 8 %

- 6- ¿Qué beneficios o inconvenientes encontraron con esta metodología?
- El tiempo requerido para la concreción final del proyecto es alto
  - En los encuentros presenciales no todos los integrantes se hicieron presentes
  - Fue una actividad motivadora.
  - Nos costó encontrar la aplicación tecnológica.