



## **EL ESPACIO DE APRENDIZAJE EN LAS AULAS PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO APOYADO EN TECNOLOGÍAS DEL MIT ("TEAL CLASSROOMS")**

### *THE LEARNING SPACE FOR THE MIT TEAL "TECHNOLOGY ENABLED ACTIVE LEARNING" CLASSROOMS*

*John W. Belcher*

[jbelcher@mit.edu](mailto:jbelcher@mit.edu)

*Departamento de Física del MIT*

#### **RESUMEN:**

Tratamos la naturaleza del espacio de aprendizaje utilizado en las clases de introducción a la física del MIT. Estos espacios educativos se han diseñado para la interacción, tanto en términos de experimentos de escritorio, planteamiento y resolución de problemas en clase aprovechando las pizarras colocadas en el perímetro de la sala, y "preguntas sobre conceptos" que se responden de forma anónima durante los períodos de formación. Exponemos los resultados de la evaluación de esta forma de enseñar comparados al formato tradicional de clases magistrales en la enseñanza de la física en el MIT. También tratamos los cambios que estamos contemplando en el formato de clase TEAL a la luz de una gran inversión del MIT y del compromiso con el aprendizaje online a través de *edX* y *MITx*.

**Palabras clave:** Enseñanza activa, enseñanza semipresencial, metodologías de enseñanza.

#### **ABSTRACT:**

We discuss the nature of the learning space used in MIT's introductory physics classrooms. These learning spaces are designed for interaction, both in terms of desktop experiments, "in-class" problems done on whiteboards on the perimeter of the room, and "concept questions" answered anonymously during periods of instruction. We discuss the results of the assessment of this way of teaching compared to the traditional lecture/recitation format of teaching physics at MIT. We also discuss changes we are contemplating in the TEAL class format in light of MIT's large investment in and commitment to online learning through *edX* and *MITx*.

**Keywords:** Active learning, blended-learning, learning methodologies.

## 1. EL ESPACIO DE APRENDIZAJE Y LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN CLASE.

El Proyecto “Aprendizaje Activo Posibilitado por la Tecnología” (Technology Enabled Active Learning Project, TEAL) fue un proyecto de cinco años orientado al cambio en el formato de enseñanza de la física de primer año en el MIT, financiado por el Fondo d'Arbeloff para la Excelencia en la Educación del MIT y la Alianza MIT/Microsoft iCampus. En otoño del 2000, empezamos este proyecto con un pequeño prototipo de asignatura impartida a 150 estudiantes. En el año académico 2013-2014, ya se enseñaba en este formato introducción a la física a todos los estudiantes de primer año del MIT, con la excepción de dos asignaturas menores de carácter marcadamente matemático, y una asignatura para estudiantes cuya formación en física es menos avanzada.



*Figura 1: Una imagen de la Clase-Estudio d'Arbeloff del MIT. La sala tiene 13 mesas, cada una de las cuales proporciona asiento a 9 estudiantes (tres grupos con tres estudiantes por grupo). Hay 8 pantallas alrededor del perímetro de la sala, que se pueden levantar para dejar espacio adicional para una pizarra durante el planteamiento y resolución de problemas en clase.*

La aproximación en el proyecto TEAL es una fusión de clases magistrales, y experiencias prácticas de laboratorio convertida en una experiencia tecnológica y colaborativamente rica para los nuevos estudiantes de primer año. Un aspecto clave de la pedagogía subyacente es el espacio de aprendizaje, y TEAL se enseña en dos aulas especialmente diseñadas. Los estudiantes se juntan en grupos de nueve, formando doce grupos aproximadamente, durante cinco horas a

la semana. Los alumnos se exponen a una mezcla de clases instructivas, trabajo de laboratorio con experimentos de escritorio, y trabajo colaborativo en grupos más pequeños de tres, en un entorno informático rico (un portátil conectado en red por cada tres estudiantes, cada uno vinculado a los experimentos para posibilitar la adquisición de datos). Los experimentos de escritorio y el análisis de datos experimentales con ayuda del ordenador proporcionan a los estudiantes una experiencia directa con los fenómenos principales. Para conceptualizar esta experiencia se proporciona ayuda a los estudiantes mediante clases instructivas de carácter formal e informal, apoyadas en software interactivo rico en recursos multimedia para la simulación y visualización.

Este formato de "participación interactiva" reemplaza lo que se ha estado haciendo durante muchos años en las asignaturas de introducción a la física, el llamado formato clase magistral. En el MIT se requiere que todos los estudiantes cumplan los Requisitos Generales del Instituto (los "GIRs"), que consisten en dos módulos de matemáticas, dos de física, uno de química, y uno de biología. El tamaño de la clase que ingresa en el MIT es del orden de mil estudiantes, por lo tanto las asignaturas de introducción a la física que cursan la mayoría de los alumnos para cumplir este GIR tiene clases de quinientos o más estudiantes. El formato de clase magistral para estas asignaturas tan numerosas consistía en tres horas de clase por semana en un aula grande con cientos de alumnos presentes, y dos horas adicionales de sesiones de resolución de problemas en grupos mucho más pequeños, de veinte a treinta alumnos. Desde principios de 1970, no había sesiones de laboratorio separadas asociadas a la asignatura de introducción a la física.

¿Qué fue lo que motivó la transición de clase magistral a participación interactiva TEAL, dos maneras muy diferentes de enseñar introducción a la física? Primero, el formato tradicional de clase magistral para enseñar física de primer año en el MIT tenía una ratio de asistencia del 40-50%, incluso con profesores realmente buenos, y una ratio de 10% o superior de suspensos (comparada con la ratio de 5% de suspensos en los otros GIRs). Segundo, la existencia de una serie de innovaciones educativas en la enseñanza de la física de primer año en otras universidades diferentes al MIT durante las últimas décadas que demuestran que cualquier pedagogía usando métodos de "participación interactiva" da lugar a mayores mejoras en el aprendizaje comparados con el formato tradicional de clase magistral. Finalmente, la línea principal de las asignaturas de introducción a la física en el MIT no tuvo un componente de laboratorio durante treinta años. Por tanto, las razones que motivaron el cambio al formato TEAL fueron aumentar la participación de los estudiantes en la asignatura y también las mejoras en el aprendizaje derivado de ella, empleando métodos de enseñanza que habían tenido éxito en otras instituciones, así como reintroducir el componente de laboratorio en la línea principal de las asignaturas de física después de su ausencia durante 30 años.

La Figura 2 muestra una escena del aula TEAL durante la resolución de un problema en clase. Durante esta clase, los estudiantes habían recibido previamente unas clases breves sobre la materia y visto problemas de ejemplo elaborados por el profesor. En este punto en el tiempo, están realizando un "nuevo" problema parecido al que había elaborado el profesor, trabajando en pequeños grupos y con las pizarras para reconstruir una solución conjunta de forma

colaborativa. Este tipo de actividades interactivas da cuenta de aproximadamente el 30% del tiempo de clase. Durante estos períodos, hay en el aula entre cuatro y cinco miembros del equipo docente para servir de apoyo a los estudiantes mientras realizan el problema. El equipo docente está formado por un profesor, un estudiante graduado y tres o cuatro estudiantes de grado, los cuales actúan como ayudantes del profesor. Los ayudantes del profesor no graduados tienen que haber cursado la asignatura previamente y haberla superado con nota, y se les paga por esta tarea.



*Figura 2: Estudiantes en un aula TEAL durante la resolución de un problema en clase. Observar que las pantallas están levantadas de forma que haya más espacio disponible de pizarra para la resolución colaborativa del problema.*

## 2. EXPERIMENTOS DE ESCRITORIO Y VISUALIZACIONES

Para dar una idea de otros usos que hacemos de la tecnología en las clases TEAL, se puede considerar el experimento de la Ley de Faraday que hacen los estudiantes en la asignatura introductoria 8.02, Electromagnetismo I. En este experimento, los estudiantes mueven una bobina de alambre a través del campo magnético de un fuerte imán de tierras raras y miden y representan gráficamente la corriente inducida en la bobina utilizando una interfaz de A a D y software de trazado (Figura 3). Antes de que los estudiantes realicen este experimento se imparte una clase formal de tipo instructivo sobre la Ley de Faraday para explicar la idea principal en términos teóricos. Es después entonces cuando se les presenta el experimento. Sin embargo, antes de que lo lleven a cabo, se les pide que hagan una serie de predicciones sobre lo que deberían ver en las diferentes fases del experimento, basándose en la explicación teórica que acaban de escuchar. Ellos hacen esas predicciones utilizando un dispositivo de encuesta que puede mostrar sus respuestas de manera anónima en forma de histograma en las pantallas del

aula. El profesor no continúa hasta que los alumnos han predicho de forma correcta el resultado de las diferentes fases del experimento.

Entonces, después, los estudiantes llevan a cabo el experimento y comprueban si las medidas reales coinciden con las predicciones que han hecho. Después del experimento, el profesor vuelve a la teoría partiendo de lo que se acaba de medir, volviendo a hacer preguntas empleando el dispositivo de votación para averiguar si los estudiantes han entendido las bases de este fenómeno físico. A través de este proceso, el profesor utiliza visualizaciones que muestran aspectos del fenómeno electromagnético que no se pueden ver en situaciones normales. En este experimento, hemos desarrollado un applet de Java que muestra el campo magnético del imán y el de la corriente inducida en un anillo a medida que éste se mueve pasado el imán (ver Figura 4).



*Figura 3: Estudiantes de TEAL llevando a cabo el experimento de escritorio de la Ley de Faraday*

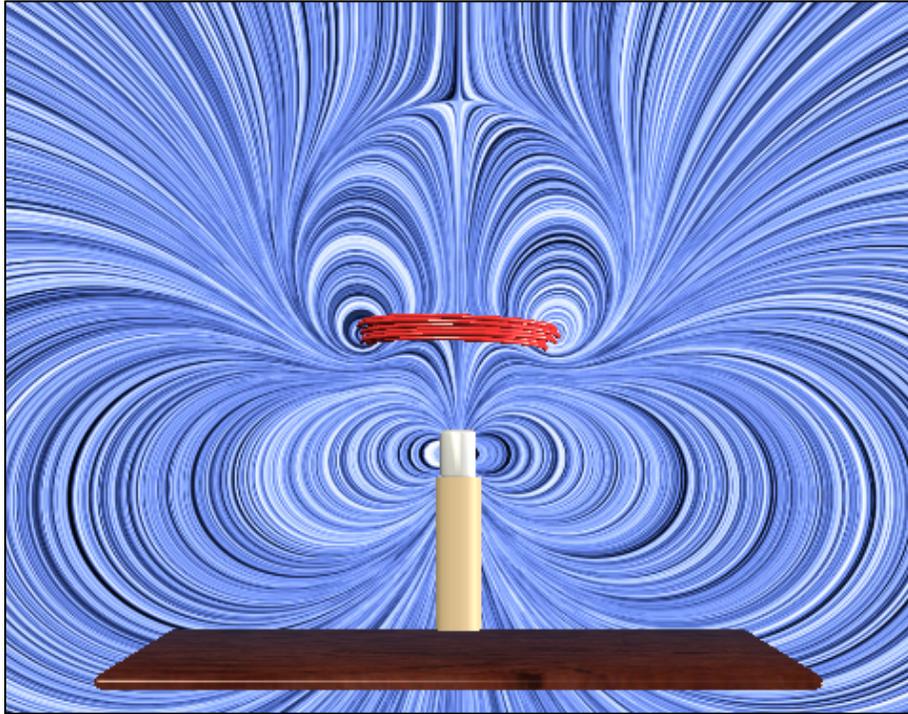


Figura 4: Un applet 3D interactivo en Java basado en el experimento de la Figura 3, con una representación del campo magnético a causa del imán y la corriente inducida en el aro de alambre.

### 3. VALORACIÓN

El Proyecto TEAL presentó un esfuerzo sólido de valoración y evaluación continua desde sus inicios. Este esfuerzo fue liderado por el profesor Judy Yehudit Dori miembro de la facultad del Departamento de Educación en Tecnología y Ciencia del Instituto Tecnológico. Se utilizaron diversidad de técnicas de evaluación, incluyendo exámenes presenciales tradicionales, grupos de discusión o focales, cuestionarios, y pruebas pre y post. Esta evaluación mostró que las mejoras en el aprendizaje en TEAL son de un factor de uno y medio a dos mayor que las producidas con el formato tradicional de clase magistral.

Para explicar esta afirmación, aquí nos centramos en los resultados de las pruebas pre y post. Estas pruebas están formadas por 25 preguntas de opción múltiple que cubren conceptos básicos de electromagnetismo. La Figura 5 muestra los resultados de las pruebas pre y post de la primavera del 2003 (Dori & Belcher 2005). Los resultados se representan según tres categorías de puntuaciones de los alumnos: Alta (*High*), Intermedia (*Intermediate*), y Baja (*Low*). La separación entre esas categorías nos permite estimar la efectividad de la formación teniendo en cuenta las diferencias en la formación previa del alumnado; la separación se realiza utilizando la puntuación de los alumnos en el pre-test. La diferencia entre las puntuaciones de las pruebas pre y post es una medida de la efectividad de la formación. En cada categoría relacionada con la formación previa del alumnado, hay una mejora sustancial del pre-test al post-test.

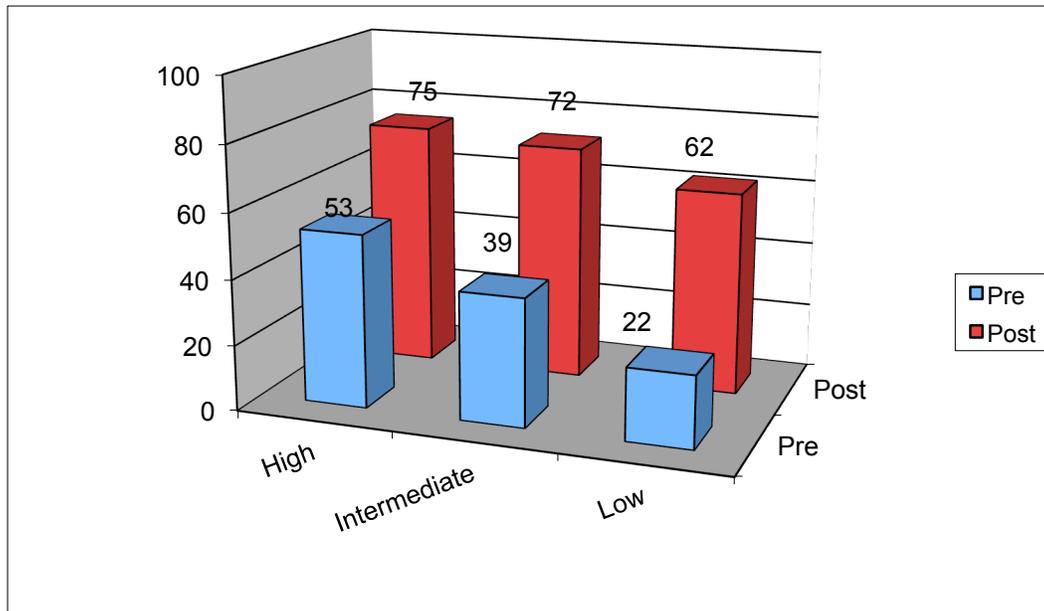


Figura 5: Resultados del Pre- y Post-test en la primavera del 2003

Para poder cuantificar más este incremento, la Tabla 1 muestra estos resultados en la forma habitual para estudios de evaluación utilizando la mejora normalizada  $\langle g \rangle$ , definida como

$$\langle g \rangle = \frac{\%Correct_{post-test} - \%Correct_{pre-test}}{100 - \%Correct_{pre-test}}$$

Al calcular  $\langle g \rangle$  estamos normalizando la mejora del estudiante en su puntuación del pre al post-test al máximo de mejora posible. También se muestran en la Tabla 1 los resultados de las pruebas pre y post para un grupo control de 121 voluntarios de la asignatura en la primavera del 2002, que fue impartida en el formato de clase magistral tradicional.

La Tabla 1 demuestra que en el verano del 2003 nuestras mejoras normalizadas del aprendizaje se habían extendido ampliamente a través de todos los niveles de formación previa del alumnado. Es decir, que el sistema de formación tiene el mismo efecto positivo porcentualmente independientemente de la formación previa del alumno. A través de esta medida, las mejoras en el aprendizaje en el TEAL de la primavera del 2003, fueron aproximadamente el doble de las del grupo control con clases magistrales tradicionales de la primavera del 2002. El hecho de que los métodos de enseñanza de participación interactiva produzcan alrededor del doble que la media normalizada de mejoras en el aprendizaje cuando se compara con la formación tradicional, replica los resultados de estudios obtenidos en otras universidades (Hake, 1998).

Grupo	TEAL a gran escala primavera 2003		Grupo control con Clases magistrales primavera 2002	
	N	Mejora	N	Mejora
Todos	514	0.52	121	0.27
Alta	40	0.46	19	0.13
Intermedia	176	0.55	50	0.26
Baja	298	0.51	52	0.33

Tabla 1: Mejoras Normalizadas de las pruebas Pre y Post para los períodos indicados

#### 4. ORIENTACIONES FUTURAS

En los últimos dos años, ante la rapidez en que evolucionan las tecnologías, la dirección del MIT ha iniciado un esfuerzo enérgico para redefinir su misión educativa. En diciembre del 2011, el MIT lanzó una iniciativa de aprendizaje en línea entonces llamada *MITx*, diseñada para ofrecer una selección de asignaturas del MIT a través de una plataforma de aprendizaje interactiva en línea. En mayo del 2012, le siguió el anuncio de lanzamiento de *edX*, una nueva y ambiciosa alianza entre el MIT y Harvard para ofrecer formación en línea a estudiantes de cualquier parte del mundo. De acuerdo con Drew Faust, el presidente de Harvard, una de las metas clave de este esfuerzo era “mejorar la experiencia educativa de los alumnos que estudian en nuestras aulas y laboratorios.” En noviembre del 2012, el MIT creó la Oficina de Aprendizaje Digital (ODL), dirigida por el profesor Sanjay Sarma. El propósito de la ODL es valorar de qué manera los nuevos modelos de formación en línea, como la plataforma de aprendizaje online *edX*, pueden integrarse en la formación de los estudiantes presenciales del MIT, al mismo tiempo que también se permita a estudiantes de todo el mundo el acceso a las experiencias formativas con calidad del MIT.

Como respuesta a estos desarrollos, el Departamento de Física del MIT, bajo la dirección del profesor Edmund Bertschinger, decidió desarrollar una versión online de Electromagnetismo I, llamada 8.02x. Esta asignatura se inició en línea el 18 de febrero del 2013 y acabó el 17 de junio del 2013, y estaba abierta al mundo. La decisión de comenzar con 8.02x fue debida a que el Departamento tenía disponibles una gran cantidad de recursos digitales para electromagnetismo: Las clases del profesor Walten Lewin de su asignatura presencial impartidas en el verano del 2002; y un libro de texto de electromagnetismo y una serie de simulaciones y visualizaciones de electromagnetismo creadas durante el proceso de desarrollo del currículum para TEAL 8.02. Se registraron un total de 38.163 personas para 8.02x, y 1721 obtuvieron el certificado de finalización al acabar la asignatura. En conjunto, 8.02x fue claramente bien recibido por la mayoría de los estudiantes que la cursaron. La pregunta “¿cuánta probabilidad hay de que recomiendes 8.02x a un amigo?”, dio una puntuación de 9,43 en una escala de 0 a 10, siendo 10 totalmente probable. Cuando se les preguntó a los estudiantes en qué grado estaban de acuerdo con que las visualizaciones TEAL les ayudaron a alcanzar las metas de la

asignatura o a aprender, los resultados fueron de 4,5 en una escala de 0 a 5, siendo 5 “totalmente de acuerdo”.

Una vez ofrecida de forma exitosa la asignatura 8.02x en línea a nivel mundial, la siguiente meta del Departamento de Física del MIT es cómo aprovechar la potencialidad de la plataforma *edX* para mejorar la calidad de nuestras asignaturas presenciales TEAL. Una clase “invertida” se da cuando ésta se presenta online fuera del aula mientras que en el aula se realiza el trabajo práctico (grupos de discusión, deberes, experimentos). TEAL ya está medio-invertida, pues alrededor del 50% del tiempo de clase se dedica a la discusión en grupo, resolución de problemas in situ y experimentos prácticos. Tenemos previsto experimentar con el formato TEAL 8.02 haciendo uso de las posibilidades de la plataforma *edX* para ofrecer más contenido y evaluación en línea, fuera del aula. Con el tiempo que de esta forma queda liberado del aula, queremos incrementar la efectividad del tiempo de clase presencial dedicado a la participación interactiva. Tenemos la intención de trabajar con el Laboratorio de Enseñanza y Aprendizaje del MIT para realizar una evaluación formativa que nos ayude a mejorar el uso del potencial de la plataforma *edX* cuando se vuelva a ofrecer TEAL 8.02 en un futuro. En concreto, queremos explorar la cuestión más amplia, “¿Qué recursos en línea ayudan a los estudiantes a responder qué tipo de problemas de la forma más efectiva?” Para ello, prevemos una evaluación exhaustiva para comparar las partes medio-invertida y completamente invertida de 8.02 presencial, incluyendo la recogida de la opinión de los estudiantes y los profesores y la evaluación de las mejoras en el aprendizaje de los alumnos.

Este es un momento único para la educación, y tenemos la sensación de que el futuro reside en la distribución y evaluación de contenido pasivo, combinada con participación interactiva presencial en el aula. Es lo que se conoce como modelo semipresencial o invertido, y esta es la meta hacia la que nos dirigimos.

## REFERENCIAS

- Dori, Y. J., & Belcher, J. (2005). How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts? *Journal of the Learning Sciences*. doi:10.1207/s15327809jls1402\_3
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*

### Para citar este artículo:

Belcher, J.W. El espacio de aprendizaje en las aulas para el aprendizaje activo apoyado en tecnologías del MIT ("TEAL Classrooms"). *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 47. Recuperado el dd/mm/aa de [http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec47/n47\\_Belcher.html](http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec47/n47_Belcher.html)

Fecha de recepción: 13-11-2013

Fecha de aceptación: 10-02-2014

Fecha de publicación: 03-04-2014