

# Proyecto MECESUP UCH0403

## Informe de la visita realizada a Boston y San Juan

*Patricio Poblete, Ximena Vargas*

*Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad  
de Chile*

### 1. Introducción

Como parte de las actividades del proyecto MECESUP UCH0403 "Renovación curricular de la enseñanza de la ingeniería en la Universidad de Chile y en la Pontificia Universidad Católica de Chile", los autores de este informe realizaron una visita a diversas universidades del área de Boston (Estados Unidos) en la semana del 17 al 22 de julio de 2006, y luego asistieron a la Internacional Conference on Engineering Education ICEE2006, que se realizó en San Juan (Puerto Rico) entre el 24 y el 28 de julio. Esta visita tuvo por propósito conocer la experiencia de diversas escuelas de Ingeniería líderes en el mundo, en relación a los temas que aborda el proyecto.

En base a los contactos realizados en Boston como a los que se hicieron en la conferencia ICEE2006, podemos señalar que los objetivos del viaje se lograron plenamente. Se obtuvo información actualizada y pertinente para el proyecto, y se establecieron relaciones de trabajo que permitirán llevar a cabo actividades programadas para más adelante dentro del mismo proyecto, en especial asistencias técnicas y visitas de expertos externos.

En lugar de detallar en forma cronológica las actividades realizadas, hemos preferido agrupar los elementos pertinentes de las distintas entrevistas sostenidas en torno a los temas principales de interés para el proyecto, los cuales se detallan en las secciones siguientes.

## 2. Cursos de ingeniería basados en proyectos

Uno de los aspectos que el proyecto aborda es la innovación en la metodología docente. En general, las metodologías modernas buscan pasar de un esquema tradicional en que el profesor es el protagonista en la sala de clases a otro en que los alumnos adquieren un rol activo.

Una de las formas en que se manifiesta este paradigma es a través de cursos que buscan involucrar a los alumnos en la ejecución de proyectos, trabajando en equipo. En muchos casos, estos cursos comienzan desde el primer semestre, como una forma de mostrar al alumno desde el principio las tareas en las que deberá trabajar como ingeniero, para aumentar su motivación y empezar a desarrollar habilidades de trabajo en equipo, de comunicación, de desarrollo de proyectos, etc.

Uno de los académicos que se ha destacado por ser pionero en aplicar este



tipo de enfoques es el profesor **Woodie Flowers**, del Departamento de Ingeniería Mecánica de MIT. En la reunión sostenida con el profesor Flowers, éste nos relató la experiencia de varios años en el curso *2.009 Product Engineering Processes*<sup>1</sup>, que se encuentra al final del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica. En él, los alumnos tienen que llevar a cabo un proyecto que aborde todas las etapas del desarrollo de un producto, desde su concepción

hasta tener un prototipo funcionando. Las condiciones bajo las cuales deben trabajar, y que buscan simular las que encontrarían en el mundo real, se resumen en el lema del curso:

*A problem too big, a team too large,  
a time too short, and a budget too small*

En la visita al Pappalardo Laboratory, en donde se realiza el trabajo de este curso, pudimos ver algunos de los productos elaborados por los alumnos, por ejemplo, un flotador salvavidas teledirigido y un dispositivo con control remoto para sostener la cuerda de un muro de escalada, entre muchos otros. En todos los años que lleva el curso, nunca un equipo ha fracasado en la tarea que se ha propuesto.



El éxito de este curso ha llevado a la introducción de cursos similares en el currículum, dado que se estimó que la adquisición de ese tipo de competencias debía comenzar en forma más temprana. En particular, este enfoque se encuentra también en el curso *2.007 Design and Manufacturing I*, en el cual los alumnos también deben trabajar en equipos para diseñar y construir máquinas a control remoto que compitan en un evento que se realiza al final del semestre. El énfasis está en aplicar el método científico al proceso de diseño.

En vista de lo positivo de los resultados obtenidos en estos cursos a nivel universitario, y con la idea que sería mucho más beneficioso si los alumnos empezaran a abordar este tipo de problemas cuando aún están en el liceo, el profesor Flowers ha impulsado, junto con el inventor Dean Kamen<sup>3</sup>, la organización FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology)<sup>4</sup>, que organiza competencias de robótica que han ido creciendo hasta llegar a que participen actualmente decenas de miles de alumnos de Estados Unidos y de diversos otros países.



Un resultado igualmente positivo se aprecia en los cursos de proyectos que se desarrollan en el Departamento de Aeronáutica y Astronáutica<sup>5</sup> de MIT. EL profesor **John Keese** dicta un curso de proyectos en que los estudiantes a través de varios semestres han desarrollado y perfeccionado un modelo de microsatélite, uno de los cuales fue llevado a la Estación Espacial Internacional en la última misión del space shuttle. Ese tipo de cursos enfatizan la importancia de que las cosas se aprendan "en contexto".

Con la finalidad de llevar este tipo de cursos tan temprano dentro del currículum como sea posible, en la carrera de Ingeniería Aeronáutica y



Astronáutica los alumnos pueden tomar en el segundo semestre un curso electivo en el cual tienen que trabajar en equipos para diseñar, construir y hacer volar un dirigible. El curso incorpora un elemento competitivo entre equipos, a través de una competencia que se realiza al final del semestre.

Un curso posterior aborda el tema del vuelo a través de la modificación del diseño de un avión a control remoto. En todos los casos, se

enfatisa la importancia de que se llegue hasta a construir y probar el producto diseñado.

En el Frankin W. Olin College<sup>6</sup>, una nueva universidad creada por la Olin Foundation con la misión de innovar en la enseñanza de la ingeniería, pudimos conocer la experiencia del curso *ENGR 1200 Design Nature*<sup>7</sup>, dictado por el profesor **Ben Linden**, quien nos mostró algunos de los productos diseñados y construidos por alumnos de primer año. Un ejemplo de esos productos son máquinas que debían trepar por una muralla de vidrio. Los alumnos debían diseñar estas máquinas basándose en la naturaleza, y construirla en



base a piezas de plástico diseñadas por ellos usando software de CAD, las cuales son enviadas a manufacturar a un taller a partir de la descripción computacional.



En todos estos cursos se enfatiza la importancia que los temas sean tales que los estudiantes puedan tener éxito en lo que se proponen. En particular en los cursos ubicados más temprano dentro del currículo, se sabe de antemano que los temas tienen solución, pero lo importante

es que se puedan resolver de muchas maneras distintas, para que los distintos equipos puedan encontrar una diversidad de soluciones.

Un aspecto que es importante mencionar, se refiere a que para ejecutar este tipo de cursos, es necesario contar con espacios de trabajo (salas y laboratorios) adecuados tanto para reuniones de los alumnos como para la manufactura de las piezas en las diversas etapas de los proyectos.



En la conferencia ICEE2006 el trabajo "Evolution of the Freshman Engineering Core"<sup>8</sup> describe experiencias similares en Stevens Institute of Technology. En esa escuela, el currículo está estructurado en torno a una "espinas dorsal de diseño", que abarca los cuatro años. En el primer año, esto incluye proyectos y desarrollo de habilidades "blandas". El primero de los proyectos consiste en la disección de un desatornillador eléctrico, para analizar las decisiones de diseño que éste involucra.

También en la conferencia ICEE, el trabajo "A New Hands-On Mechanical Engineering Freshman Design Activity Course"<sup>9</sup>, de Mark Murray y Jim Cowart, de la United States Naval Academy, Mechanical Engineering Department, describe un nuevo curso en el cual los estudiantes tienen que trabajar en equipos para diseñar y construir soluciones para tres desafíos consecutivos: (1) un dispositivo que lance una pelota de ping-pong, (2) un vehículo impulsado por elásticos que avance y se detenga después de recorrer exactamente tres metros, y (3) la integración de los dos anteriores, para que el vehículo avance tres metros y luego lance el proyectil.



### 3. Centros de Enseñanza y Aprendizaje

La mayoría de las universidades del mundo reconocen que la buena docencia requiere de un apoyo permanente, brindado por especialistas que ayuden a los profesores ya sea a introducirse en el campo docente usando técnicas modernas de enseñanza o a mejorar las técnicas usadas tradicionalmente. Esto suele tomar la forma de centros denominados de Enseñanza y Aprendizaje los que son liderados por profesionales del área humanista en la mayoría de las universidades visitadas.

Así, en el MIT se contactó a **Lori Breslow** (Doctorada en Comunicación en la New York University y con un bachelor en historia de la Indiana University) del Teaching and Learning Laboratory<sup>10</sup>. La función de este centro es colaborar con los académicos, administradores y estudiantes para promover la excelencia en la enseñanza y el aprendizaje, fomentando el desarrollo de innovaciones en pedagogía y tecnologías educativas. Como parte de sus funciones entregan también apoyo en la realización de investigaciones sobre el



proceso de aprendizaje, especialmente en ciencia y tecnología. Nos interiorizamos del staff necesario para atender a aproximadamente 1000 académicos y 1000 ayudantes, labor que en algunos casos es además apoyada por centros propios de algunos departamentos, como el del Departamento de Aeronáutica y Astronáutica, que también visitamos. En este último tomamos también contacto con **Diane Soderholm**, diseñadora instruccional quien nos indicó sobre los nuevos planes existentes para el Primer Año.

Igualmente, en la Universidad de Harvard, tomamos contacto con **Terry Aladjem** interiorizándonos acerca de la misión, staff y forma de trabajo del Derek Bok Center for Teaching and Learning<sup>11</sup>, encargado de mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje



en los cursos impartidos en la institución. La mayoría de su personal permanente posee un doctorado en una disciplina tradicional y ha sobresalido por poseer una enseñanza destacada, los que son apoyados administrativamente por estudiantes graduados. Este centro posee gran cantidad de material bibliográfico y de recursos en línea (especialmente videos) para los docentes para ayudarles a desarrollar sus habilidades docentes. Ofrece además talleres regulares dirigidos a los académicos jóvenes y organiza frecuentemente conferencias sobre temas docentes.

Finalmente, en la Northeastern University se contactó a **Donna Qualters** del Center for Effective University Teaching<sup>12</sup>. Ella es la Directora de este

centro y a la vez es Profesor Asociado del Departamento de Educación. El centro tiene como misión involucrar a la comunidad académica en una enseñanza y aprendizaje de excelencia y facilita para ello, en forma continua, los recursos necesarios a los académicos a través de talleres, seminarios y programas especialmente dirigidos a los académicos jóvenes. Otro contacto interesante en la Northeastern



University fué el de **Thomas Sheahan**, académico del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, quien nos mostró los resultados de un test de medición de adquisición de competencias del ciclo básico que había sido desarrollado como proyecto del Center for Effective University Teaching de la Universidad. El trabajo realizado por su grupo en este tema incluye un estudio de los resultados usando la Teoría de Respuesta al Ítem, que permite evaluar la calidad de las preguntas.

## 4. Nuevos métodos de enseñanza

Desde hace algunos años, la enseñanza de la Física en MIT se realiza en las llamadas Salas TEAL, una de las cuales tuvimos oportunidad de conocer, así como de conocer la experiencia directamente de uno de los profesores, **Peter Dourmashkin**.



Cada sala TEAL está organizada como un conjunto de mesas redondas, cada una con tres computadores y con asientos para nueve alumnos. En todas las murallas de la sala hay pizarras y pantallas para datashows. El profesor se ubica en una estación de trabajo al centro de la sala, desde donde puede controlar lo que se proyecta en las pantallas, la iluminación, etc. En un momento dado, en las pantallas se puede proyectar una imagen desde el computador del profesor, o bien lo que aparece en alguna pizarra (captado a través de cámaras de video), o la experiencia que un grupo de alumnos está realizando en su mesa.

La disposición de la sala permite que el profesor o sus ayudantes se mezclen con los alumnos, en una modalidad de trabajo tipo "studio".



Cada una de las mesas está equipada también con *Personal Response Systems*, o "clickers". Estos dispositivos permiten a los alumnos responder preguntas que formula el profesor (típicamente preguntas conceptuales, con respuestas de alternativas), y el software le presenta al profesor de inmediato un histograma de las respuestas, lo que le permite evaluar de inmediato el grado de aprendizaje que están

logrando los alumnos.

Este mismo sistema es utilizado también por el profesor **Eric Mazur**, de Harvard, quien ha desarrollado el método de "peer instruction", que se basa en preguntas conceptuales, que se responden con los "clickers" o con cualquier otro mecanismo apropiado tales como celulares o laptop. Esto se combina con la oportunidad de que los alumnos conversen con sus compañeros después de haber respondido, lo cual normalmente conduce a que el porcentaje de respuestas correctas aumente significativamente al responder la pregunta por segunda vez. El profesor Dourmashkin está colaborando con el profesor Mazur en un libro de física basado en estos métodos.





También el profesor Mazur ha implementado un procedimiento para estimular el interés de los alumnos por el aprendizaje que se basa en hacerlos leer la materia y contestar un cuestionario el día anterior a la clase. De esta manera, al pasar la materia él enfatiza aquellos aspectos que no fueron entendidos por los alumnos y conoce previamente cuáles alumnos son los que presentan las deficiencias.

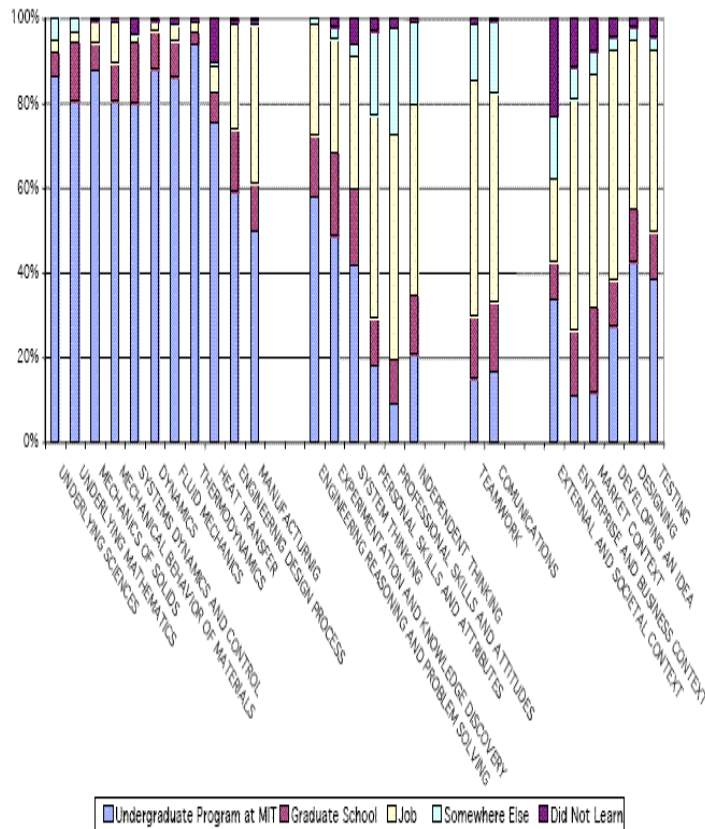
Otras modernas metodologías de enseñanza fueron expuestas por diversos académicos en la conferencia ICEE. Entre éstas cabe destacar los trabajos sobre realidad virtual expuestos por Angelov<sup>13</sup> de la Otto-von-Guericke-University y los de Sulbaran<sup>14</sup> de la University of Southern Mississippi, que permiten al alumno involucrarse directamente en su proceso de aprendizaje, proponiendo soluciones innovadoras y testearlas sin el miedo de que posibles errores que se puedan cometer provoquen daños a personas o estructuras reales. También se presentaron otros métodos como el podcasting que según sus autores permiten lograr el aprendizaje de aspectos no tan técnicos, pero que al ser analizados por los estudiantes no resultan tan motivadores y recomiendan incluir material que incluya videos y diapositivas.

# 5. Competencias

En la entrevista sostenida con el profesor Woodie Flowers, de MIT, surgió también un antecedente interesante para el estudio de las competencias necesarias en los ingenieros, y en particular respecto de la encuesta que nuestro proyecto debe realizar en el medio externo (egresados, empleadores).

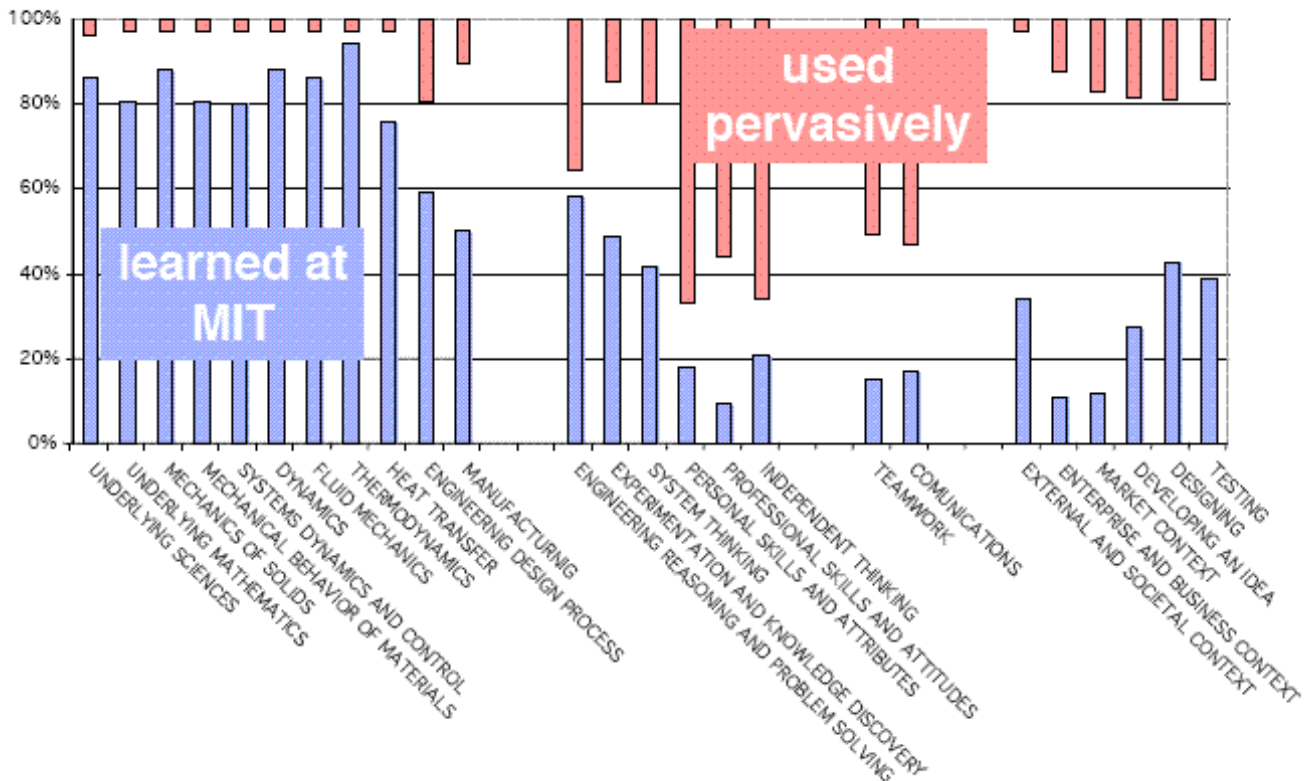
En el año 2004 se publicó la tesis de Kristen Wolfe titulada "Understanding the Careers of Alumni of the MIT Mechanical Engineering Department"<sup>15</sup>, en donde se presentan los resultados de una encuesta aplicada a los ex alumnos egresados de Ingeniería Mecánica de MIT entre 1992 y 1996, un universo de 676 personas, con una tasa de respuesta de 46% (muy alta para este tipo de estudios).

Una primera pregunta se refería a dónde habían adquirido sus competencias, según el tipo de ellas. Los resultados indican que, por lo general, todas las competencias de tipo técnico fueron adquiridas en el pregrado de MIT, las de tipo personal o interpersonal fueron adquiridas fuera (en el trabajo), y las



de razonamiento ingenieril y resolución de problemas parcialmente en MIT y parcialmente fuera.

Por otra parte, también se preguntó por la frecuencia con que se usaban cada una de estas habilidades, y el resultado fue que las aprendidas den MIT se usaban muy poco, mientras que las adquiridas fuera se usaban constantemente:



Estos resultados son particularmente inquietantes si se considera que este departamento es considerado generalmente como el mejor de su tipo en el mundo. Los cursos que el profesor Flowers ha introducido en el currículo precisamente buscan que los estudiantes tengan oportunidades de adquirir y desarrollar esas habilidades como parte de su educación en MIT, y llegar así mejor preparados a su vida profesional.

También en la conferencia ICEE se dio énfasis al aspecto del logro de las competencias por parte de los alumnos y de cómo a través de los procesos de acreditación se habían generado procedimientos y mecanismos para demostrar el nivel de logro. En particular, el Dr. Anand Sharma expuso acerca del desconocimiento que los administrativos tenían sobre este tema y sobre la creación de la Oficina de Mejoramiento Continuo y Avalúo (OMCA) que tiene como misión institucionalizar en la Universidad de Puerto Rico, Mayaguez, una cultura de mejoramiento continuo mediante el desarrollo de



procesos de avalúo que permitan identificar, medir y documentar toda actividad universitaria, sea ésta académica, administrativa o de servicio.

# Lista de personas contactadas

**Lori Breslow**

Director  
Teaching & Learning Laboratory  
MIT  
[lrb@mit.edu](mailto:lrb@mit.edu)

**Rudolph Mitchell**

Associate Director for Assessment and Evaluation  
Teaching & Learning Laboratory  
MIT  
[rudy@mit.edu](mailto:rudy@mit.edu)

**Sanjoy Majan**

Associate Director for Teaching Initiatives  
Teaching & Learning Laboratory  
MIT  
[sanjoy@mit.edu](mailto:sanjoy@mit.edu)

**William Litant**

Communications Director  
Department of Aeronautics & Astronautics  
MIT  
[wlitant@mit.edu](mailto:wlitant@mit.edu)

**John Keesee**

Senior Lecturer  
Department of Aeronautics & Astronautics  
MIT  
[jkeesee@mit.edu](mailto:jkeesee@mit.edu)

**Peter Young**

Senior Lecturer  
Director of CDIO Initiatives  
Department of Aeronautics & Astronautics  
MIT  
[pwyoung@mit.edu](mailto:pwyoung@mit.edu)

**Diane Soderholm**

Instructional Designer  
Department of Aeronautics & Astronautics  
MIT  
[dhsoder@mit.edu](mailto:dhsoder@mit.edu)

**Terry Adladjeeem**

Associate Director  
Derek Bok Center for Teaching and Learning

Lecturer on Social Studies  
[aladjem@fas.harvard.edu](mailto:aladjem@fas.harvard.edu)

**Thomas Sheahan**

Professor  
Department of Civil & Environmental Engineering  
Northeastern University  
[tsheahan@coe.neu.edu](mailto:tsheahan@coe.neu.edu)

**Donna Qualters**

Director  
Center for Effective University Teaching  
Associate Professor of Education  
Northeastern University  
[d.qualters@neu.edu](mailto:d.qualters@neu.edu)

**Allen Soyster**

Dean  
College of Engineering  
Northeastern Engineering  
[asoyster@coe.neu.edu](mailto:asoyster@coe.neu.edu)

**Mark Sommerville**

Associate Professor of Electrical Engineering and Physics  
Franklin W. Olin College of Engineering  
[mark.sommerville@olin.edu](mailto:mark.sommerville@olin.edu)

**John Geddes**

Associate Professor of Mathematics  
Franklin W. Olin College of Engineering  
[john.geddes@olin.edu](mailto:john.geddes@olin.edu)

**Richard Miller**

President  
Professor of Mechanical Engineering  
Franklin W. Olin College of Engineering  
[richard.miller@olin.edu](mailto:richard.miller@olin.edu)

**Eric Mazur**

Gordon McKay Professor of Applied Physics  
Professor of Physics  
Harvard University  
[mazur@physics.harvard.edu](mailto:mazur@physics.harvard.edu)

**Teresa Larkin**

Associate Professor of Physics Education  
American University  
[tlarkin@american.edu](mailto:tlarkin@american.edu)

**Milan Simic**

Program Manager  
School of Infrastructure Electrotechnology and Building Services

RMIT University  
[milan.simic@rmit.edu.au](mailto:milan.simic@rmit.edu.au)

**Woodie Flowers**

Pappalardo Professor of Mechanical Engineering  
Department of Mechanical Engineering  
MIT  
Director, New Products Program  
[flowers@mit.edu](mailto:flowers@mit.edu)

**Dr. Anand Sharma**

MSCHE Institutional Coordinator  
Special Asst. to the Dean of Engineering  
College of Engineering  
University of Puerto Rico at Mayagüez  
[sharma@uprm.edu](mailto:sharma@uprm.edu)

**Tulio Sulbaran**

School of Construction  
The University of Southern Mississippi  
Hattiesburg MS 39402  
[tulio.sulbaran@usm.edu](mailto:tulio.sulbaran@usm.edu)

## 6. Referencias

---

<sup>1</sup> <http://web.mit.edu/2.009/www/>

Curso 2.009 "Product Engineering Processes"

<sup>2</sup> <http://pergatory.mit.edu/2.007/>

Curso 2.007 "Design and Manufacturing I"

<sup>3</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Dean\\_Kamen](http://en.wikipedia.org/wiki/Dean_Kamen)

<sup>4</sup> <http://www.usfirst.org/>

FIRST "For Inspiration and Recognition of Science and Technology"

<sup>5</sup> <http://web.mit.edu/aeroastro/>

<sup>6</sup> <http://www.olin.edu/>

<sup>7</sup> <http://wellesley.olin.edu/courses/fa06/ENGR1200.pdf>

<sup>8</sup> <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3313.pdf>

<sup>9</sup> <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3415.pdf>

<sup>10</sup> <http://web.mit.edu/tll/>

<sup>11</sup> <http://bokcenter.harvard.edu/>

<sup>12</sup> <http://www.atsweb.neu.edu/jjackson/ceut2/www/welcome.html>

<sup>13</sup> <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3115.pdf>

Angel N. Angelov, Tomasz Smieja, Zbigniew A. Styczynski, Christiane Gast, Klaus Koenigbauer, Peter Brich, Gerhard Hengstebeck and Nicolai Plewinski, 2006. *Teaching technical personnel using new 3D training modules*. ICEE 2006, San Juan, Puerto Rico.

<sup>14</sup> Mohd Fairuz Shiratuddin y Tulio Sulbaran, 2006,

- <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3222.pdf> *Development of Immersive Learning in a Virtual Reality Environment (ILVRE) system to assist Construction Education*

- <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3526.pdf> *A Comparison of Virtual Reality Displays - Suitability, Details, Dimensions and Space*

- <http://fie.engrng.pitt.edu/icee2006/papers/3237.pdf> *A Comparative Study of Virtual Reality Displays for Construction Education*

ICEE 2006, San Juan, Puerto Rico.

<sup>15</sup> <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/32796>