

Actualización de los Laboratorios de Enseñanza en Física de Facultad de Ingeniería.

Responsable: Dr. Ing. Ricardo Marotti

Participan: MSc. Sandra Kahan, Dr. Enrique Dalchiele, MSc. Ing. Eduardo Quagliata.

A. - RESUMEN

Los Laboratorios de Física atienden a 500 estudiantes en dos cursos semestrales que tienen como objetivo visualizar los fenómenos físicos mediante la realización de prácticas experimentales.

A través de ellos, los estudiantes toman contacto, por primera vez, con los sistemas de medida, la adquisición y el tratamiento de datos, la estimación de errores y sus incertidumbres y los métodos experimentales en general; todas ellas actividades de gran importancia en las carreras de Ingeniería.

El equipamiento informático utilizado actualmente es obsoleto y está deteriorado por el uso continuo durante los últimos diez años. Por ello, los docentes deben dedicar largas horas de trabajo al mantenimiento de equipos que carecen de repuestos y los estudiantes invierten su tiempo en aprender el uso de herramientas desactualizadas, en detrimento del cumplimiento de los objetivos de la asignatura.

Este proyecto eliminará las dificultades antes mencionadas posibilitando la compra de interfases de adquisición de datos, el software educativo correspondiente y sensores diseñados especialmente para ser usados en laboratorios de enseñanza. Constituye la última etapa de otras ya financiadas por la Facultad de Ingeniería y la Comisión Sectorial de Enseñanza (CSE).

B. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Los Laboratorios de Física de la Facultad de Ingeniería (FING) son cursos básicos que involucran a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil, Eléctrica y Mecánica. En ellos, los estudiantes visualizan experimentalmente los conceptos que estudian en otras asignaturas realizando experiencias de diversas disciplinas físicas: Mecánica de la Partícula, Mecánica de Sistemas Rígidos, Termodinámica, Electromagnetismo y Fenómenos Ondulatorios, entre otras.

En el Laboratorio de Enseñanza en Física el estudiante, apoyado por sus docentes, se interioriza del método científico, trabajando en forma participativa e interactuando con diversos sistemas o módulos específicamente diseñados. Las actividades de laboratorio consisten en: montar la experiencia a realizar, aprender el uso de instrumentos de medida y el funcionamiento de diferentes tipos de sensores, realizar la adquisición y el procesamiento de los datos, estimar los errores de los métodos de medida y sus incertidumbres asociadas, comparar las mismas con simulaciones numéricas, y finalmente, documentar los resultados obtenidos extrayendo conclusiones de los mismos. Son todas estas actividades de gran importancia en la formación técnica y profesional de un ingeniero.

El Laboratorio de Enseñanza en Física de la Facultad de Ingeniería ocupa un área de unos 100 m², de uso exclusivo para este fin, adecuadamente equipada con material didáctico, instalación eléctrica, mesadas, sillas y bancos, etc. En este lugar los estudiantes trabajan en subgrupos, cada subgrupo utiliza una mesa de trabajo. Existen 6 de tales mesas de trabajo. El equipamiento típico de tales mesas está descrito en la Tabla al final de esta sección, pero podríamos dividirlo en:

- Módulos educacionales específicos de cada clase.
- Equipamiento informático que permite la adquisición y el tratamiento de los datos del experimento.

Los módulos educacionales están formados por diferentes instrumentos y materiales que cambian según sea el experimento específico que el estudiante realiza. En la tabla al final de esta sección se describe el caso de una experiencia de electromagnetismo.

El equipamiento informático consiste de (se dispone de un equipo completo por mesa de trabajo: 6 en total):

- 1) un computador personal (PC). Se trata de PCs con configuraciones mínimas que datan de 1992: procesadores 386, 25 MHz de reloj, 20 MB de disco, 1 MB de memoria RAM, monitores VGA blanco y negro. No soportan Windows.
- 2) software de procesamiento de datos (**PC MATLAB** versión 3.5f)
- 3) sistema de adquisición de datos: tarjeta adquisidora analógico digital (A/D), cableado y hardware complementario, junto con software específico.

La finalidad de estos sistemas es facilitar al estudiante la adquisición de las medidas para su posterior estudio. En la mayoría de los casos, el estudiante no dispondría de tiempo suficiente, durante el horario de clase, para realizar estas medidas si no fuese gracias a este equipamiento.

Todo este equipamiento (informático y no informático) ha sido adquirido, o desarrollado a lo largo de los años, por medio de diferentes fuentes de financiamiento. Se destacan entre ellas: un aporte periódico de Facultad de Ingeniería, para mantenimiento y reposición de material, así como también un proyecto financiado por las CSE en 1998 denominado “Innovando a pesar de la Masificación”. A través de este proyecto se renovó el equipamiento que ya estaba inoperante, principalmente lo que denominamos módulos educativos: se adquirieron tres osciloscopios, fuentes generadoras de señal, se construyeron fuentes de alimentación y se adquirieron y construyeron varios sistemas físicos específicos, entre otras mejoras.

En cuanto al equipamiento informático: estos sistemas son actualmente obsoletos. Utilizan **DOS** (sistema operativo de línea de comandos) con el que los estudiantes actuales no están familiarizados y deben aprender cuando usan estos PCs. Esto redundará en un desaprovechamiento de gran parte del trabajo del laboratorio. Además, el software en ellos instalado no es compatible con versiones más modernas del mismo, que es más accesible para los estudiantes de estos cursos. A su vez estas versiones más modernas no son compatibles con los equipos anteriores. Esto resulta en una gran dificultad para los estudiantes, quienes pierden así parte de su esfuerzo en aprender el uso de herramientas informáticas desactualizadas, en perjuicio de los verdaderos objetivos de estos cursos.

Más allá de la dificultad didáctica anterior, durante los últimos años, hemos tenido grandes dificultades de mantenimiento. En particular, durante el año 2001 hemos notado un gran deterioro debido a que los PCs han alcanzado su vida útil y deben ser renovados urgentemente. Es imprescindible su recambio inmediato para poder continuar dictando estos cursos normalmente del año 2002 en adelante. Por esta razón la Facultad de Ingeniería ya ha tomado recaudos para actualizar los equipamientos PCs y el software a instalar en ellos (**Windows, MS Office, MATLAB 6.0**). La inversión total a realizar en este sentido asciende a **\$ 123.000**.

El objetivo específico del presente proyecto es complementar dicha inversión de Facultad de Ingeniería, para así permitir también la sustitución de los sistemas de adquisición de datos. Entendemos por estos sistemas de adquisición de datos (o *interfases*) un conjunto de elementos formados por: tarjetas adquisidoras analógico/digitales (A/D), ubicadas en el interior de los PCs, cableado y hardware externo al PC, junto con el software para el manejo de las mismas. Además se dispone de diferentes juegos de sensores de medida (termocuplas, termistores, detectores digitales, contadores de tiempo, velocímetros, etc.). La tecnología de este equipamiento data de 1992, por lo que también es obsoleta, y no puede ser usada junto cualquier equipo PC moderno. Por eso precisan también ser actualizados para acompañar las mejoras tecnológicas necesarias en el Laboratorio. La sustitución parcial o incompleta del equipamiento no permite la concreción de esa actualización.

Es por esta razón que se solicita a la CSE financiamiento de **\$ 99.000** para poder completar la actualización informática del laboratorio. Con este financiamiento se comprarán nuevos sistemas de adquisición de datos (renovación de las tarjetas A/D, hardware auxiliar, software compatible y material de referencia) que sean compatibles con el equipamiento a financiar por la Facultad de Ingeniería. El aporte solicitado a la CSE es menor al 45 % de la inversión total, siendo el aporte a realizar por la Facultad de Ingeniería 1,24 veces el solicitado a la CSE.

Es esta una etapa más en las constantes mejoras que se realizan sobre estos laboratorios, por medio de la cual se transformará la actual dificultad de trabajo que

encuentran los estudiantes y que hace peligrar el dictado de estos laboratorios durante el año 2002, en un estímulo para que se cumplan los objetivos de las asignaturas.

Laboratorios de Enseñanza de la Física				
<i>Equipos</i>	<i>Módulos (*) Educativos (6)</i>	<i>PCs (6)</i>	<i>Software</i>	<i>Sistemas de Adquisición de datos (6).</i>
Descripción del Equipo Actual	Osciloscopios Fuentes de CC Generadores AC Multímetros Amperímetros Voltímetros Sistemas Físicos (+) Otros	Procesador: 386 Reloj: 25 MHz Disco: 20 MB RAM: 1 MB Sistema Operativo: DOS Monitor VGA blanco y negro	MATLAB Versión 3.5f	Tarjetas (A/D). Sensores. Cableado Software de manejo. (Año 1992)
Función	Medida de datos experimentales.	Procesamiento de datos experimentales	Procesamiento de datos experimentales	Adquisición de datos experimentales.
Operatividad	Óptima	Equipo altamente deteriorado por 10 años de uso continuo.	Incompatible con versiones modernas que aprende el estudiante en otras asignaturas.	Incompatible con equipo informático de última generación.
Fuentes de Financiamiento	Proyecto CSE (1998) Aporte mensual de FING	Se prevé su renovación con Proyecto Institucional 2001 , condicionado a este proyecto.	Se prevé que FING contrate licencias de MATLAB 6.0, Windows y MS Office.	El presente proyecto.
Montos	-	\$ 123.000		\$ 99.000

(*) Se describen instrumentos de medida usados en experiencias de Electromagnetismo. Equipamiento similar se tiene para las experiencias de Mecánica y Termodinámica.

(+) Son los objetivos de análisis de las experiencias específicas y son preparados por los docentes.

C. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.

C.1 Introducción.

Los Laboratorios de Física de la Facultad de Ingeniería (**Laboratorio 1 y Laboratorio 2**) son asignaturas del tercer y cuarto semestre (segundo año) de las carreras del Plan de Estudios 1997 y figuran en la currícula de las carreras de Ingeniería Civil, Eléctrica y Mecánica.

En ellos los estudiantes, además de realizar prácticas experimentales en donde visualizan los conceptos y resultados introducidos en asignaturas previas, se interiorizan con muchas de las herramientas que usarán en asignaturas posteriores y en su futura práctica profesional.

Las herramientas informáticas que se usan actualmente, datan de comienzos de la década del 90 y son incompatibles con el software que los estudiantes aprenden en otras asignaturas. Esto implica que el alumno debe invertir tiempo y esfuerzo en aprender a trabajar con software obsoleto, en perjuicio del correcto cumplimiento de los objetivos principales de los cursos de laboratorio.

Por otro lado, los docentes deben invertir muchas horas en el mantenimiento y acondicionamiento de equipos que han sido usados, en forma continua durante los últimos 10 años por más de 5000 estudiantes, careciendo de los repuestos correspondientes.

C.2 El Plan de Estudio 1997 y la Enseñanza de Física para Ingeniería.

En el Plan 97 de las carreras de Ingeniería el estudiante tiene un primer contacto con la física a través de las asignaturas Física General 1 y Física General 2 del primer año. Estas asignaturas están concebidas como cursos introductorios que encaran la materia desde un punto de vista conceptual y fenomenológico, haciendo hincapié en la experiencia cotidiana.

Posteriormente, estas asignaturas se complementan con los cursos de **Laboratorio 1 y Laboratorio 2** del segundo año, en los cuales los estudiantes toman contacto directo con los fenómenos estudiados, instrumentos de medida y métodos experimentales, realizando por sí mismos las experiencias.¹

Paralelamente, se dictan otros cursos donde se encara la enseñanza de la física, aplicando el formalismo matemático. Es aquí donde se introduce al estudiante a la abstracción y al proceso lógico deductivo propio de la materia. La visualización de los fenómenos físicos, a través de la realización de prácticas experimentales de laboratorio, es de vital importancia para provocar un aprendizaje significativo.

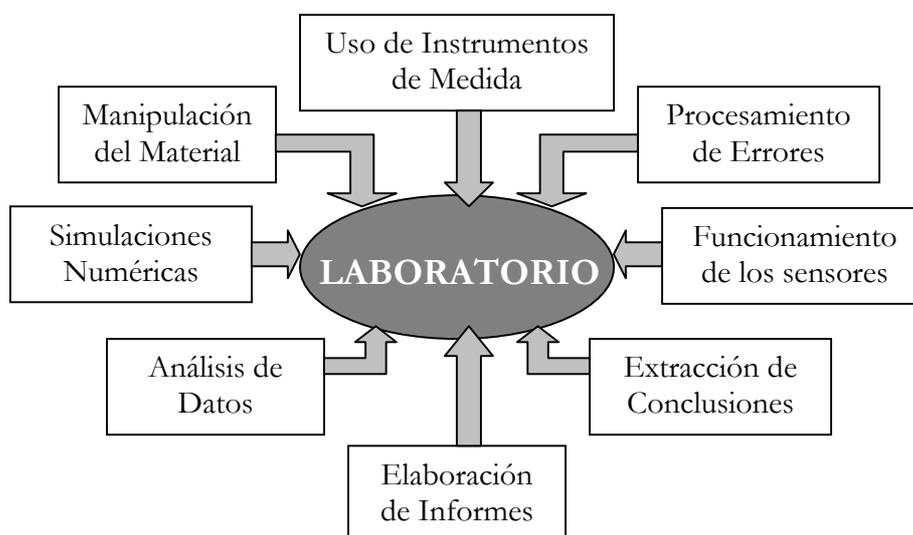
Por otro lado, las nuevas tecnologías multimedia instaladas en los equipos de los laboratorios, posibilitarían la planificación de laboratorios virtuales, asociados a estas asignaturas, que serían de libre acceso a los estudiantes que las cursan. Sin embargo, la correcta asimilación de las enseñanzas en física solo pueden ser acompañadas de laboratorios experimentales adecuadamente equipados.

¹ - En los Anexos I y II pueden encontrarse los programas de las asignaturas Laboratorio 1 y Laboratorio 2 de la Materia Física del Plan de Estudio 1997 de las carreras de Ingeniería.

C.3 La Física Experimental en la currícula del Ingeniero.

Más allá de los objetivos específicos descritos en la sección anterior, los laboratorios de física introducen al estudiante, en una etapa temprana de la carrera, a otras actividades de gran importancia en su formación técnica y profesional, entre las que destacamos: ²

- Lo confrontan con las dificultades inherentes del método experimental, enseñándole a combinar diferentes herramientas de abordaje de los problemas.
- Lo introducen por primera vez con los sistemas de medida, la adquisición y el tratamiento de datos.
- Le interiorizan con el análisis de errores y la estimación de incertidumbres; así como las metodologías para su disminución.
- Le hacen adquirir experiencia en la documentación de resultados, la elaboración de informes con síntesis de resultados y la extracción de conclusiones.



C.4 Los Laboratorios de Enseñanza de Física para Ingeniería.

Laboratorio 1 (L1) y **Laboratorio 2 (L2)** son asignaturas semestrales con dos créditos cada uno (lo cual implica una dedicación total de 30 hs por semestre). El estudiante concurre al laboratorio cada dos semanas. Las sesiones duran aproximadamente 4 horas y son de asistencia obligatoria. Cada sesión tiene un cupo máximo de estudiantes, los cuales se dividen en subgrupos de no más de 4 personas y están asistidas por un docente. Dentro de esta modalidad de trabajo son necesarias 6 mesas de trabajo funcionando simultáneamente.

Los docentes del curso planifican las prácticas que el estudiante debe realizar, elaboran un repartido con los objetivos, fundamento teórico, descripción de la experiencia y otros materiales, tales como el uso de los instrumentos de medida, la explicación del funcionamiento de los sensores de adquisición de datos, la descripción de los programas de análisis de datos, etc. El material es entregado a los estudiantes en forma previa a su concurrencia a clase.

² - Los objetivos de las asignaturas Laboratorio 1 y Laboratorio 2 pueden encontrarse en los programas de las mismas que se encuentran en los ANEXOS I y II, respectivamente.

Las actividades de laboratorio consisten en la realización de la práctica y la elaboración de un pre-informe (ambos en el marco de los subgrupos) con las medidas obtenidas y las conclusiones primarias. Posteriormente, los estudiantes deben entregar un informe final correspondiente.

Estas actividades se complementan con:

- clases de consulta in-situ, para que el estudiante tenga acceso al material del laboratorio, en otro horario semanal;
- dictado de clases opcionales introductorias sobre temas que presentan especial dificultad;
- sistemas de acceso a toda la información del curso y de evacuación de dudas a distancia través de internet: <http://www-if.fing.edu.uy/cursos/lab1> y <http://www-if.fing.edu.uy/cursos/lab2>.

La evaluación de los conocimientos se realiza a través de la aplicación de cuestionarios breves (15 minutos), durante el horario asistido (antes de iniciar las prácticas), la aceptación del pre-informe (en función de las medidas realizadas) y la corrección del informe final (que debe ser entregado en tiempo y forma).

La siguiente Tabla indica el número de estudiantes inscritos (**Insc.**) y el número de estudiantes aprobados (**Apr.**) en los referidos cursos en lo que va del Plan 1997 de Ingeniería.³

	1998		1999		2000		2001	
	Insc.	Apr.	Insc.	Apr.	Insc.	Apr.	Insc.	Apr.
L1	190	147	271	228	275	228	338	301
L2	268*	251*	138	127	154	146	144	136

(*) Incluye estudiantes de Taller-Laboratorio II (P.89)

La experiencia educativa del Instituto de Física con estos cursos es muy alentadora, como lo demuestra su alto nivel de aprobación. La realización de las experiencias se desarrolla en un ambiente participativo, coordinadas por un docente.

C.5 Espacio Físico y Materiales.

El Laboratorio en el cual se desarrollan las clases prácticas presenciales descritas anteriormente se encuentra ubicado dentro del área del Instituto de Física, en el 4º Piso de la Facultad de Ingeniería. Consiste en un área de aprox. 100 m², con todas las prestaciones de un espacio para esta utilización (bancos, mesadas, instalación eléctrica adecuada, etc.). Es un área de uso exclusivo para la Enseñanza de la Física Experimental.

Las mesas de trabajo, el material de laboratorio de las diferentes prácticas (por ejemplo: módulos didácticos, equipamiento electrónico, etc.) y la mayoría del equipo disponible a tales efectos, son acondicionados por el trabajo continuo de los docentes del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería a lo largo de los años, y gracias a

³ - Los datos de esta Tabla fueron extraídos de las Actas de Curso que figuran en la Sección Bedelía de Facultad de Ingeniería.

apoyos recibidos por diversas fuentes de financiamiento. Destacamos entre ellas las siguientes:

1. En el año 1992, fueron incorporados 12 equipos informáticos⁴ para las 12 mesas de trabajo existentes en los laboratorios del Plan 89 (6 por cada una de ambas asignaturas). Estos equipamientos estaban destinados a la adquisición y procesamiento de los datos asociados a las experiencias realizadas por los estudiantes en clase. Sólo 6 de esos equipos son los que continúan en uso, brindando prestaciones.
2. Una aporte mensual (“*caja chica*”) entregado por la Facultad de Ingeniería, financiado con proventos, para el mantenimiento y actualización del equipo de menor porte. Esto permitió el constante cambio y revisión del contenido de las prácticas, además del mantenimiento y actualización del equipamiento.
3. La adecuación y adquisición del equipamiento no informático de mediano porte, que se realizó en el marco del Proyecto “Innovando a pesar de la Masificación”, financiado por la CSE en 1998.

Hasta el momento, en ninguno de las iniciativas se actualizó el equipamiento informático disponible, que el próximo año cumplirá 10 años de uso ininterrumpido. Esto es porque el constante mantenimiento los hacía aún operativos. También contribuyó a ello la disminución de las mesas de trabajos necesarias en el cambio de plan de 1997 (por no haber más de un laboratorio funcionando simultáneamente en el mismo semestre). Efectivamente, esto permitió la utilización de parte de los equipos como fuente de piezas de recambio que ya no se consiguen en plaza desde hace años.

C.6 Necesidad de la Actualización Informática.

En la actualidad, el conjunto de equipos informáticos en uso (6 mesas de trabajo) implica una gran dificultad para los estudiantes que cursan estos laboratorios. Efectivamente, a pesar de que aún cumplen una función didáctica importante, los estudiantes se enfrentan a incompatibilidades entre el software utilizado en el laboratorio y el disponible en equipos informáticos más modernos. Esto es porque los adelantos continuos de hardware y software en informática llevan a que las herramientas que disponemos en el laboratorio, que ya tienen casi 10 años de uso, son completamente obsoletas. El estudiante desaprovecha así parte de su esfuerzo en aprender el uso de herramientas informáticas desactualizadas,⁵ en perjuicio de los verdaderos objetivos de estos cursos.

Mediante este proyecto se eliminarán estas dificultades, por medio de la actualización de los equipamientos informáticos (hardware y software), de los sistemas de adquisición de datos y la interfase con el estudiante de estos laboratorios. En esta, que es una etapa más en las constantes mejoras que se realizan sobre estos

⁴ - Consistentes en IBM PCs 386 con configuraciones mínimas: monitores VGA Blanco y Negro, 20 MB de disco, frecuencia de reloj de 25 MHz, memoria RAM 1 MB, no soportan Windows. Compárese estas prestaciones con los sistemas medios disponibles actualmente que poseen capacidades de hasta dos y tres órdenes de magnitud más (típicamente Pentium III, 40 GB de disco, frecuencia de reloj de 1 GHz, más de 256 MB de memoria RAM). Estos equipos poseen, además, sistemas adquirentes de datos de tecnología disponible a la fecha en que se realizó la compra.

⁵ - Por ejemplo, los estudiantes actuales deben aprender algunos comandos básicos del antiguo sistema operativo DOS, ya que los equipos actualmente utilizados no permiten la instalación de sistemas operativos más modernos, como Windows.

laboratorios, se transformará la actual dificultad de trabajo que encuentran los estudiantes, en un estímulo para que se cumplan los objetivos de la asignatura.

D. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

D.1 Objetivos Generales:

Mejorar el equipamiento de los laboratorios de enseñanza en física, los cuales constituyen el primer contacto del estudiante con el manejo de instrumentos de medida, la adquisición y análisis de datos, el estudio de errores y el rigor en la presentación de resultados y conclusiones. Todas ellas, actividades que son de vital importancia para la formación y ejercicio profesional del graduado en Ingeniería.

Equipos modernos y didácticamente diseñados para cumplir los objetivos de la enseñanza experimental de la física, permitirán transformar las actuales condiciones de trabajo de los estudiantes en el laboratorio, y así, mejorar el cumplimiento de esos objetivos.

D.2 Objetivos específicos:

Objetivo 1: Actualizar el equipamiento informático del laboratorio de enseñanza del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería, utilizado por las asignaturas de Física Experimental: **Laboratorio 1** y **Laboratorio 2**.

Objetivo 2: Actualizar el sistema de adquisición de datos, el software de interfase con el usuario y los programas de adquisición y tratamiento de datos utilizados en la actualidad.

Objetivo 3: Jerarquizar el trabajo de los estudiantes facilitando el acceso a herramientas modernas, y evitándoles la necesidad de invertir horas de estudio para aprender a usar herramientas desactualizadas.

Objetivo 4: Compatibilizar el software de adquisición de datos, con el software que el estudiante maneja en su casa o aprende y utiliza, en otras asignaturas.

Objetivo 5: Utilizar las herramientas informáticas como estímulo para que el estudiante desarrolle su aprendizaje, motivado por la tarea de laboratorio, en lugar de presentársele como una dificultad.

E. IMPACTO ESPERADO.

E.1 Estudiantes y Horas de Uso del Equipamiento.

El presente proyecto involucrará la actualización de equipamiento que es utilizado de continuo en dos asignaturas **Laboratorio 1 (L1)** y **Laboratorio 2 (L2)** de las carreras de Ingeniería Civil (IC), Ingeniería Mecánica (IM) e Ingeniería Eléctrica (IE). La tabla siguiente muestra el número de estudiantes que se inscribieron a los laboratorios en el año 2001 y la cantidad estimada de estudiantes que participarían de un laboratorio virtual⁶.

Estudiantes que se beneficiarán con el presente proyecto.			
Asignatura	L1	L2	LV
Curricula	IC, IM, IE	IM, IE	IC, IM, IE
Estudiantes	338	144	80

En la siguiente tabla se indica el número de horas que los estudiantes que cursan estas asignaturas utilizarán el equipamiento a adquirir (que es el total de las horas de los laboratorios). También se presenta un número de horas estimadas de uso en un futuro laboratorio virtual, como complemento de los cursos teórico-prácticos del 4º semestre, junto con L2.

Horas de uso del equipo solicitado.			
Asignatura	L1	L2	LV
Horas de uso semanal por estudiante.	5	5	2
Horas de uso semanal por equipo.	60	25	24
Horas de uso semanal por semestre	60	49	
Horas Totales Porcentuales	55%	23%	22%

E.2 Equipamiento Actual.

El equipamiento actualmente disponible en el laboratorio de enseñanza en física, vinculado directamente a este proyecto, consiste de 6 mesas de trabajo, dotadas cada una de ellas con:

⁶ Durante el segundo semestre del 2001, se desarrollaron actividades de monitoreo voluntarias a los estudiantes de "Mecánica de los Sistemas y Fenómenos Ondulatorios", ensayándose este tipo de actividades, como complemento del curso, con una participación de 71 estudiantes. Este será aproximadamente el número de estudiantes que también se beneficiarán por las adquisiciones previstas en el presente proyecto, sin tener en cuenta otras experiencias similares que se realicen en otros cursos.

- a) Equipamiento informático PCs (IBM compatible) que datan de 1992 y con configuraciones mínimas.⁷ Tal equipamiento no soporta **Windows**, utilizando un sistema operativo (**DOS**) de línea de comandos. Los estudiantes que cursan en la actualidad dicho laboratorio no están acostumbrados a esta modalidad de trabajo.⁸ Destacamos, además, que en los últimos años nos hemos visto en la necesidad de dedicar muchas horas al mantenimiento de este equipamiento, lo que sin lugar a dudas es síntoma de que ya han sobrepasado su vida útil.
- b) Paquete de software de tratamiento de datos⁹ cuya versión (adecuada al hardware disponible) no es compatible con las versiones más modernas del mismo software, ampliamente difundido en muchas asignaturas de la carrera de Ingeniería, y en la vida profesional de los ingenieros.
- c) Sistema de adquisición de datos (o *interfase*)¹⁰ de tecnología disponible a la fecha de adquirido este sistema (comienzos de la década del 90). Completa este sistema hardware y software desarrollados por los docentes asociados a la asignatura, junto a sensores electrónicos adquiridos o adaptados a lo largo de los años. Se destaca que esta interfase es altamente dependiente de los PCs del punto a).

No se incluyen en la lista anterior los diversos módulos educacionales (en general, diseñados por los docentes) que se usan en forma periódica o esporádica junto a estos sistemas, en las diferentes prácticas experimentales que se realizan en estos laboratorios.¹¹ Tampoco se incluyen otros materiales de uso general, pero menos frecuentes que los sistemas informáticos, tales como: osciloscopios, fuentes de alimentación, fuentes generadoras de señal, multímetros digitales, amperímetros y voltímetros analógicos, etc. Se dispone de uno de tales equipos en cada una de las 6 mesas de trabajo.

A través del presente proyecto se financiará la actualización de los ítems a) a c) anteriores. Los PCs (ítem a) y el software general (ítem b) será actualizado con fondos de Facultad de Ingeniería, mientras que la solicitud a la CSE es para completar esta actualización financiando el recambio de las interfases de adquisición de datos (ítem c) y software mínimo indispensable.

Mediante esta actualización total del equipamiento informático anteriormente se pretende obtener un rendimiento del conjunto de entre dos y tres órdenes de magnitud mayor, que corresponde a los adelantos tecnológicos de los últimos diez años.

También ha de tenerse en cuenta que la actualización solicitada es imprescindible, debido a que el equipamiento utilizado en la actualidad ha alcanzado su vida útil y no podrá continuarse usando normalmente a partir del año 2002.

⁷ - Procesador Intel 386, 25 MHz de frecuencia de reloj, 20 MB de memoria de disco duro, 1 MB de memoria RAM, monitores VGA blanco y negro.

⁸ - Creemos importante hacer notar que cuando este equipamiento fue adquirido el número de mesas de trabajo era el doble (12). En la actualidad no todos los equipos están operativos, siendo utilizados aquellos que no lo están como repositorio de repuestos para el mantenimiento de los que aún siguen operativos.

⁹ - Versión educativa de PC – **MATLAB** (The MathWorks) Versión 3.5f.

¹⁰ - Placas de control y adquisición de datos ADA 310 (Real Time Devices, Inc.) de bajo costo.

¹¹ - Estos módulos fueron construidos a lo largo de los años por el constante apoyo de la Facultad de Ingeniería, y también dentro del marco del Proyecto de Innovación en la Enseñanza “Innovando a pesar de la Masificación” financiado por la CSE en 1998.

E.3 Actualización en curso y proyectada:

La presentación de este proyecto se enmarca en un plan de actualización global del equipo informático descrito anteriormente. La Facultad de Ingeniería (FING), y a través de diferentes fuentes de financiamiento, ha costeado más del 55 % de los insumos de esta actualización. La siguiente tabla comparativa permite visualizar la relación entre la inversión realizada por la Facultad de Ingeniería y aquella que se solicita ahora por medio de este proyecto.¹²

Fuente de Financiamiento	a) PCs \$	b) software \$	c) interfases \$	Otros (*) \$	Total \$	Total %
FING	76.000	30.000 ¹³	-	17.000 ¹⁴	123.000	55,4
Proyecto actual	-	3.000	90.000	6.000 ¹⁵	99.000	44,6
(*) Puesta en funcionamiento del sistema, instalación, bibliografía y material de apoyo.					222.000	100

El proyecto permite la sustitución paulatina y completa del equipamiento informático y de adquisición y procesamiento de datos del laboratorio. La etapa que corresponde a la presente solicitud a la **CSE**, y que es la última del proyecto, consiste básicamente en el financiamiento del sistema de adquisición de datos (ítem c) por módulos educativos para este fin específico. También es necesario una pequeña partida para adquisición de software para el manejo de los mismos (ítem b), además de bibliografía y material de referencia (otros en tabla anterior).

Se han estudiado varias opciones, siendo la opción propuesta (y utilizada para elaborar la tabla anterior) la única que permite alcanzar los objetivos planteados sin sobrepasar los límites de financiamiento del proyecto.

A continuación se hace un desglose de la información contenida en dicha tabla:

- a) Mediante un llamado a licitación se pretende adquirir 6 computadoras personales (PCs) con procesador INTEL Pentium III, compatibles con **MS Windows**. Se adjuntan cotizaciones presentadas en los ítems correspondientes. (ver ANEXO III, Sección A).¹⁶ Esta adquisición se realizó a través de Proyectos Institucionales de Facultad de Ingeniería financiados con rubros presupuestales del año 2001.¹⁷
- b) El software a ser instalado en este equipamiento se conseguirá por tres fuentes de financiamiento diferente:

¹² - Esta tabla fue elaborada utilizando la información disponible en el ANEXO III, y que se describe a continuación.

¹³ - Parte de esta cantidad no es un gasto real sino un ahorro debido a un convenio existente entre Facultad de Ingeniería y Microsoft.

¹⁴ - Se refiere a los aportes periódicos (correspondientes al año 2002) vertidos por la Facultad de Ingeniería a estos Laboratorios por medio del cual se piensa poner en funcionamiento el equipamiento y ser conectados en red, en forma independiente del resto de la Facultad.

¹⁵ - Se refiere a inversión en material de referencia y bibliografía de apoyo a los estudiantes para facilitar la utilización del equipamiento a ser adquirido en el punto b).

¹⁶ - El monto aproximado de dicha compra será de \$ 76.000,00.

¹⁷ - Resolución de Junta de Enlace de Facultad de Ingeniería, con fecha 13/06/2001, Capítulo 2, Inciso b.

- i. Las versiones actualizadas de **MATLAB** (versión 6.0) se obtendrán a través de las licencias que la Facultad de Ingeniería tiene contratadas para fines educacionales.¹⁸
 - ii. El sistema operativo (**MS Windows 2000**, ME o equivalente) y los paquetes mínimos necesarios para estos equipos (**MS Office XP standard**) se obtendrán a través de convenios que posee la Facultad de Ingeniería para uso sin costos de los productos **Microsoft**.¹⁹
 - iii. Software de adquisición de datos. El mismo es altamente dependiente del punto siguiente y se solicita que el presente proyecto financie su costo, estimado en **\$ 3.000,00**.²⁰
- c) La mayor inversión de este proyecto estará en la compra de nuevos sistemas de adquisición de datos (*interfases*), especialmente destinados a la enseñanza de la física (ver folletos en ANEXO IV). Estas interfases (o módulos educativos específicos) son la opción más económica de la que disponemos, que tendrán un costo unitario de **\$ 15.000,00**.²¹ Teniendo en cuenta las 6 mesas de trabajos el total es de **\$ 90.000,00**.

Asimismo queremos destacar que la Facultad de Ingeniería realiza un apoyo continuo al desarrollo de estos Laboratorios de Enseñanza, financiados a través de proventos de Facultad.²² Este dinero se utiliza normalmente para el mantenimiento y actualización del laboratorio. Estos fondos servirán en el año 2002 para financiar los gastos de poca monta necesarios para la puesta en funcionamiento del proyecto (por ej: instalación del equipamiento en red, periféricos y otros accesorios, etc.).

¹⁸ - El costo que tendrían 6 de estas licencias es de aproximadamente U\$S 228 ~ \$ 3238.

¹⁹ - Si tuviéramos que adquirir estas licencias (según la cotización adjunta en el ANEXO III, Sección A), el costo sería de U\$S 1.875,00 (aprox. \$ 26.625,00).

²⁰ - Ver por ejemplo, **LP Logger Pro Software** for **Windows** en ANEXO III, Sección B. Se trata de precios Plaza, a los que deben agregarse impuestos, teniendo en cuenta, además, recargos de 2 % mensual (asumiendo un retraso en los pagos de 6 meses) que suelen incluir las empresas que suministran este tipo de equipos.

²¹ - Ver por ejemplo, **PH-STR LabPro Physics Package - Starter** en ANEXO III, Sección B. Los precios totales deben ser calculados en las mismas condiciones de antes.

²² - Este financiamiento consiste en unos U\$S 100 mensuales, lo que significaría unos U\$S 1.200 ~ \$ 17.040,00 anuales.

F. GASTOS E INVERSIONES

A continuación se detallan los gastos e inversiones a ser realizadas en el marco de este proyecto. Como descrito anteriormente, Facultad de Ingeniería financia la adquisición de 6 equipamientos informáticos PCs, con software y la puesta en funcionamiento del equipo (y otros gastos asociados). Se solicita a la CSE financiamiento para los sistemas de adquisición de datos e interfases (hardware y software), y material de referencia bibliográficas para alcanzar los objetivos planteados.

Los gastos e inversiones solicitados, de acuerdo al formulario y la tabla de la sección anterior, surgieron de un estudio de diferentes alternativas. La de menos costo necesita de un total de gastos e inversiones de \$ 99.000,00, apenas inferior a los máximos permitidos en este proyecto.

Se describen a continuación tres variantes o alternativas:

- I) El desarrollo de sistemas de adquisición y control en base a interfases gráficas (tipo **LABVIEW**). Requiere exigencias adicionales sobre el hardware y aumenta drásticamente los costos. En el ANEXO III, Sección B se presenta cotización por uno de estos sistemas,²³ que deberían ser multiplicados por 6, para cada una de las mesas de trabajo necesarias. Además, esta opción implicaría la preparación y puesta en funcionamiento del sistema, lo que exigiría un esfuerzo técnico adicional, por lo que la descarta desde un comienzo.
- II) Las opciones más económicas son la adquisición directa de módulos educativos destinados a este fin. Se adjuntan diversas cotizaciones sobre este tipo de material:
 - i. La opción presentada por la firma **SIREX Uruguay**. (ver ANEXO III, Sección D) propone la compra de módulos **PASCO Scientific** (<http://www.pasco.com>) de adquisición de datos. Diversas alternativas fueron planteadas, que cumplen la función requerida e incluyen material bibliográfico y software (ver ANEXO IV). Sin embargo, los costos de cada módulo (y considerando el monto máximo del proyecto) impiden adquirir los seis equipos necesarios porque sus prestaciones dependen de sensores y material bibliográfico, no incluido en el precio. Aún así esta opción permite avanzar en la implementación de los objetivos planteados en el presente proyecto.
 - ii. Otra opción, presentada por la firma **COASIN Instrumentos S. A.**, propone módulos de la empresa **VERNIER** (<http://www.vernier.com>, filial de la empresa **TEXAS INSTRUMENTS**). Se trata de paquetes educativos que brindan prestaciones

²³ - Items 5 al 7 de la cotización. Se trata de sistemas de adquisición de datos de la firma National Instruments (<http://www.ni.com>).

similares a las anteriores, por montos similares, pero no requieren de inversiones adicionales (ver ANEXO IV).

Esta última opción, cuyos gastos totales son los que se detallan en las tablas de gastos e inversiones del formulario adjunto, permitirá cumplir con los objetivos planteados y se encuentra dentro de los medios disponibles para la presente solicitud.

En conclusión, existen alternativas que nos permitirían alcanzar los objetivos planteados con los montos solicitados, siendo la más adecuada a nuestro entender, la presentada en última instancia.

G. CALENDARIO

	Enero-Marzo	Abril-Junio	Julio-Setiembre	Octubre-Diciembre
Actualización PCs				
Sistema de Adquisición de Datos.				
Puesta en Funcionamiento				
Utilización en cursos				

La tabla anterior describe las principales etapas del presente proyecto. Se destaca la compra del Sistema de Adquisición de Datos que es el financiamiento solicitado a la CSE a través del presente proyecto.

H. PROGRAMACIÓN DE GASTOS E INVERSIONES

Para poder cumplir el calendario anterior, y por tratarse de la adquisición de materiales relacionados, que deberían hacerse en una única compra, es necesario que los recursos financieros solicitados estén disponibles durante el segundo trimestre (Abril a Junio del 2002), para poder así hacer el llamado a licitación correspondiente. El incumplimiento de este requisito podría retrasar la puesta en funcionamiento del proyecto. Sin embargo, como hemos planificado una actualización en etapas, tal incumplimiento no invalidaría el proyecto, retrasando solamente su puesta en funcionamiento.