



**Universidad del Azuay**

**Departamento de Educación Continua**

**ALTERNATIVAS PEDAGOGICAS PARA UN PROCESO DE  
APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA ASIGNATURA  
TEORIA DE CONTROL**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Master en Docencia Universitaria**

**Autor: Ing. Fabián Cabrera Albornoz**

**Director: Msc. Leonel Pérez**

**Cuenca, Ecuador**

**2006**

## ABSTRACT

During the past one hundred years, the surroundings that he surrounds us has been seen inundated for a very large quantity of devices that they have been the scientific application's product and the technology for. In this situation, the University has played a role preponderant like the Institution put in charge of to instruct the professionals and most of all to the researchers that have impuled this technological advance.

For the case of Control's Theory, his contribution to sorrow that generally he is stranger, we can not forget her. Inclusive, nowadays talks to him of applications of techniques of control in the areas no technical and also in the social space.

However, and in spite of his importance, these knowledge are not appraised and worse applied in our midway. It would not be just to say that his level of application is zero, but the unbalance among the quantity of theories and apparently concepts learned is too big, what the occasional applications seem for non-existent.

To the teachers implicated with this area this problems we are supposed to analyze and to propose solutions, but carrying them the pilot to determine to like the students next they respond to those proposals and thus determining to if we must maintain them and to improve them or in the worst-case scenario replacing.

For these motives, and being of value to us of our experience at the technique's this field we have presented modifying the present-day form to give classroom, in order to introduce a methodology than beginning for the motivation, being taken as a the evaluation of knowledge, and geting through with application, practice of theories, permit us affirming that we have attained a significant learning.

For these property, we presented this work that we structured it with four strictly definite sections.

In the first one belonging to them we accomplished a revision of surroundings of Control's Theory, that he will help somebody locate us points key that he has a

foundation on, stops with that information presenting a methodology improved regarding the present-day.

In a second phase, we establish pedagogic alternatives that they do the half technological moderns's use, and that they try to attack some of problematical but important, like music he has not enough it of motivation and evaluation of knowledge without forgetting the assimilation made suitable of theories in order that next they may be materialized in practical applications. He is called also to rescue the scientific importance applied in the social space.

In this instance he is where mediation has become important like supportive tool.

Right after this; The third section has to do with the execution of pedagogic alternatives, for which we were having several students's groups that they took a course in the subject of study and also a group that right now approved her allowing us to the possibility to utilize it like group of control to evaluate the effectiveness of procedures utilized.

At the fourth section, all working parties proceed to examine the data obtained by means of opinion polls applied and to the group of control. These analyses were for ever and permitted accomplishing us settings in the form to apply each pedagogic alternative. He is here where the techniques of control came from a lot of utility. It also to present a model of learning process that we will be able to utilize it in the future like guide of development of methodologies.

Finally, they encounter the conclusions of work accomplished



## INDICE DE CONTENIDOS

Introducción general.....	1
<b>Capítulo 1: El entorno de la Teoría de Control</b>	
Introducción.....	3
1.1 El uso de las ciencias básicas.....	3
1.2 Los propósitos y objetivos de la Teoría de Control.....	12
1.3 Diagnóstico del método de enseñanza utilizado con anterioridad.....	14
1.3.1 El método pedagógico.....	21
1.4 Conclusiones al final del capítulo uno.....	23
<b>Capítulo 2: El planteamiento de las alternativas pedagógicas</b>	
Introducción.....	26
2.1 Las razones causantes del problema.....	26
2.2 La propuesta de las alternativas pedagógicas.....	38
2.3 Conclusiones al final del capítulo 2.....	42
<b>Capítulo 3: La práctica de las alternativas de aprendizaje</b>	
Introducción.....	44
3.1 Ejecución de la alternativa pedagógica 1 (uso de medios audio visuales).....	44
3.1.1 Los problemas encontrados .....	46
3.1.2 Las mejoras futuras.....	46
3.2 Ejecución de la alternativa pedagógica 2 (lectura y análisis de documentos especializados).....	50
3.2.1 Los problemas encontrados (alternativa 2).....	52
3.2.2 Las mejoras futuras.....	52
3.3 Ejecución de la alternativa pedagógica 3 (Uso de software de simulación).....	53
3.3.1 Los problemas encontrados (alternativa 3).....	58
3.3.2 Las mejoras futuras.....	59
3.4 Ejecución de la alternativa pedagógica 4 (diseño y construcción de un controlador real).....	60
3.4.1 Selección del tipo de controlador a implementarse.....	60
3.4.2 Herramientas de apoyo para el montaje de un controlador digital.....	64

3.4.3 El módulo controlador para prácticas y demostraciones.....	68
3.4.4 Los problemas encontrados.....	70
3.4.5 Las mejoras futuras.....	71
3.5 Ejecución de la alternativa pedagógica 5 (sustentación de trabajos).....	72
3.5.1 Los problemas encontrados (alternativa 5).....	77
3.5.2 Las mejoras futuras.....	77
3.6 Conclusiones al final del capítulo tres.....	78

#### **Capítulo 4: La evaluación de los procedimientos y alternativas pedagógicas**

Introducción.....	80
4.1 La formulación de los cuestionarios.....	82
4.1.1 Cuestionarios en orden cronológico para los grupos de trabajo.....	83
4.1.2 Cuestionarios para el grupo de control.....	101
4.2 Análisis de la información recogida en las encuestas.....	109
4.2.1 Análisis con respecto al aprendizaje de los conceptos básicos.....	109
4.2.2 Análisis con respecto a las alternativas pedagógicas.....	114
4.2.3 Análisis con respecto a la realización práctica de un controlador.....	121
4.3 Planteamiento de un modelo de proceso de aprendizaje.....	125
4.4 Conclusiones al final del capítulo cuatro.....	133
Conclusiones finales.....	135
Anexos.....	139
Bibliografía	

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Gráficas de los resultados de la encuesta número 1.

ANEXO 2: Diagrama del plan de Trabajo.

ANEXO 3: Videos utilizados en la alternativa. 1

ANEXO 4: Copia de los artículos especializados (IEEE) utilizados en la alternativa 2.

ANEXO 5: Diagrama del control de flujo luminoso implementado en la alternativa 4.

ANEXO 6: Diagrama de bloques del modulo analógico (PID) para prácticas y demostraciones.

ANEXO 7: Gráficas y resultados (tabulados) de las encuestas aplicadas.

ANEXO 8: Controlador PID realizado por los estudiantes.

ANEXO 9: Programa propuesto para la asignatura Teoría de Control.

## INTRODUCCION GENERAL

Durante los últimos cien años, el entorno que nos rodea se ha visto inundado por una cantidad muy grande de dispositivos que han sido el producto de la aplicación de la ciencia y la tecnología. En esta situación, la Universidad ha jugado un papel preponderante como la Institución encargada de formar a los profesionales y sobre todo a los investigadores que han impulsado este avance tecnológico.

Para el caso de la Teoría de Control, su contribución a pesar que generalmente es desconocida, no la podemos olvidar. Inclusive, hoy en día se habla de las aplicaciones de las técnicas de control en las áreas no técnicas y también en el ámbito social; sin embargo, y a pesar de su importancia, estos conocimientos no son valorados y peor aplicados en nuestro medio.

No sería justo decir que su nivel de aplicación es cero, pero el desequilibrio entre la cantidad de teorías y conceptos aparentemente aprendidos es demasiado grande, por lo que las esporádicas aplicaciones parecen inexistentes.

A los docentes involucrados con esta área nos corresponde analizar esta problemática y proponer soluciones, pero llevándolas luego a la práctica para determinar como los estudiantes responden a esas propuestas y así determinar si debemos mantenerlas y mejorarlas o en el peor de los casos remplazarlas.

Por estos motivos, y valiéndonos de nuestra experiencia de enseñanza en este campo de la técnica hemos planteado modificar la actual forma de impartir clase, para introducir una metodología que comenzando por la motivación, pasando por la valoración de los conocimientos, y terminando con la aplicación práctica de las teorías, nos permita afirmar que hemos alcanzado un aprendizaje significativo.

Para estos efectos, se presenta este trabajo que lo estructuramos con cuatro secciones estrictamente definidas.

En la primera de ellas realizamos una revisión del entorno de la Teoría de Control, que nos ayudará a localizar los puntos clave sobre los que se fundamenta, para con esa información plantear una metodología de enseñanza mejorada con respecto a la actual.



En una segunda fase, establecemos alternativas pedagógicas que hacen uso de los medios tecnológicos modernos, y que traten de atacar algunas de la problemáticas mas importantes, como son la falta de motivación y valoración de los conocimientos sin olvidar la asimilación adecuada de las teorías para que luego puedan ser plasmadas en aplicaciones prácticas. Se trata también de rescatar la importancia de la ciencia aplicada en el ámbito social. En esta instancia es donde la mediación ha cobrado importancia como herramienta de apoyo.

La tercera sección tiene que ver con la ejecución de las alternativas pedagógicas, para lo cual disponíamos de varios grupos de estudiantes que cursaron la asignatura y también un grupo que ya la aprobó permitiéndonos la posibilidad de utilizarlo como grupo de control para evaluar la efectividad de los procedimientos utilizados.

En la cuarta sección, procedemos analizar los datos obtenidos por medio de encuestas aplicadas a todos los grupos de trabajo y al grupo de control. Estos análisis fueron permanentes y nos permitieron realizar ajustes en la forma de aplicar cada alternativa pedagógica. Para estos propósitos las técnicas de control son de mucha utilidad.

A partir de este análisis, también se plantea un modelo del proceso de aprendizaje que podremos utilizarlo en el futuro como guía de desarrollo de metodologías de enseñanza de la materia Teoría de Control.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo realizado

## **CAPITULO 1:**

### **EL ENTORNO DE LA TEORIA DE CONTROL**

#### **Introducción**

A pesar de que se ha impartido la asignatura teoría de control durante aproximadamente siete años; sin embargo no podemos asegurar que conocemos todos los detalles tanto científicos como técnicos que la rodean. Aún más, si tomamos en cuenta los avances exponenciales de la moderna tecnología, nos vemos obligados a realizar la permanente actualización de aquellos conceptos teóricos susceptibles de ser modificados de acuerdo a las nuevas posibilidades de aplicación. Por razones como estas pensamos necesario hacer una revisión (previa a la aplicación de metodologías de aprendizaje nuevas), de los propósitos, métodos y ámbitos de aplicación de la teoría de control moderna. No podemos tampoco olvidar los fundamentos científicos básicos (matemática, física, etc) que a pesar de mantenerse en el tiempo, también evolucionan.

#### **1.1 El uso de las ciencias básicas**

Como ciencias básicas nos referimos sobre todo a la matemática y a la física. El caso de la química no lo tomaremos en cuenta, no por que sea menos importante si no por el echo que ella más bien es utilizada como herramienta de modelación para situaciones específicas.

Iniciamos nuestro análisis con la matemática. En virtud que para poder realizar los estudios de estabilidad o de las normas de funcionamiento de los sistemas de control es conveniente el uso de modelos matemáticos y recordemos que una de las maneras de obtener estos modelos es por medio del planteamiento de lo que se conocen como ecuaciones diferenciales. Cuando realizamos una evaluación de los textos de control que utilizamos, podemos observar que la mayoría de ellos presentan inicialmente sobre todo ejercicios de aplicación de la resolución de los tipos básicos de ecuaciones.

Pero existe un detalle que debemos subrayarlo, y es que si bien se recuerda la manera de solución de esas ecuaciones, no se recuerda el concepto de la diferencial, que a su vez

nace en el concepto de los incrementos infinitesimales. Es decir, que se da por sentado que el estudiante recuerda el concepto de los incrementos y como utilizarlos para entender determinados fenómenos o procesos. Sin embargo, debemos también recordar que la mayoría de estudiantes, e incluso nosotros mismos; hemos olvidado una considerable cantidad de nociones básicas. Esta falencia, como se puede ver no afecta mayormente en la forma de encontrar las soluciones, pero si tiene mucho que ver en las posibilidades de poner en forma de ecuaciones los procesos o inclusive los fenómenos de diferente naturaleza. Es aquí donde nacen las problemáticas de modelación que luego dificultan los pasos que son necesarios para la obtención de funciones de transferencia.

Pero que se puede hacer ante esta dificultad. Evidentemente las formas y técnicas de enseñanza - aprendizaje de las matemáticas en la parte del cálculo integral y diferencial deben ser mejoradas; pero nosotros no podemos depender de esas problemáticas de asimilación del verdadero concepto de lo que es la diferencial, si no que podemos buscar alguna alternativa con la que podamos reducir esa problemática. Realizando una revisión más profunda de lo que son como tales las ecuaciones diferenciales, podemos decir que si planteamos unas pocas situaciones realistas susceptibles de ser representadas por medio de la interacción de incrementos, sean estos dependientes o no del tiempo, estaremos dando los primeros pasos para llegar a lo que conocemos como modelación.

En otro ámbito; determinar adecuadamente las variables involucradas en los diferentes procesos a ser controlados, tiene estricta relación con la forma en la cual hemos de plantear las ecuaciones representativas de los fenómenos; pero debemos recordar también que cada variable debe estar acompañada de sus unidades, sean estas fundamentales o derivadas. A pesar de su importancia, son pocos los autores que recomiendan realizar la permanente revisión de las unidades de medida en cada uno de los bloques de un sistema. Por elemental que parezca, no son pocas las situaciones que hemos podido observar, en las cuales los estudiantes realizan operaciones matemáticas entre variables de diferente unidad. Las consecuencias de estas fallas no siempre son bien entendidas, pero su análisis nos ayudaría a detectar problemas de enlace entre los diferentes bloques del controlador.

La importancia de la resolución de una ecuación diferencial, radica en que ella nos indica la respuesta en el tiempo de un determinado sistema, y luego de esta respuesta

podemos deducir sus características funcionales. Por ejemplo, si la respuesta en el tiempo de un sistema de primer orden es una exponencial creciente, decimos que el sistema es inestable, pero si la respuesta es una exponencial decreciente, es probable que el sistema sea estable.

Como una de las herramientas de solución utilizada por la mayoría de autores de textos especializados en el campo de la matemática, y también en el campo del control, tenemos la transformada de Laplace. El método de las fracciones parciales y la aplicación de la tabla de transformadas inversas, permite una rápida y totalmente comprensible técnica de obtención de las respuestas temporales. Además podemos incluir el análisis de las condiciones iniciales cuando ellas deben ser consideradas.

Aquí podemos puntualizar el uso de un software de apoyo sobre todo para determinar los coeficientes de las fracciones parciales; tal es el caso de Matlab, Derive, Mathcad, u otros que nos facilitan ésta tarea. Ya luego, la determinación de la función solución en el dominio del tiempo quedaría por parte del estudiante de ser posible utilizando las tablas de transformadas inversas antes mencionadas.

Pensamos que en las instancias iniciales de enseñanza, no sería conveniente el uso del software para obtener directamente las respuestas en el tiempo, como es el caso de Matlab (con su instrucción Step[num,den]), ya que se corre el riesgo de no entender el “porque” de los diferentes tipos de respuestas de acuerdo a los diferentes tipos de funciones matemáticas.

Un importante detalle que debemos recordar, es que el método de Laplace facilita el proceso de solución por medio de una transformación desde un plano real en el dominio del tiempo hacia un plano complejo. De esta forma se hace posible aplicar las leyes matemáticas sencillas de los sistemas lineales a los sistemas no lineales como son las ecuaciones diferenciales. Este concepto de linealidad también es utilizado en algunos de los bloques de control como son los amplificadores y los transductores; de ahí su importancia y la necesidad de recalcar en su fundamento físico matemático.

Cuando sea necesario solucionar ecuaciones simultaneas, el camino adecuado puede ser la aplicación de métodos basados en las matrices y los determinantes, sin que sea necesario realizar una revisión profunda de todos los conceptos asociados. Es decir, que para nuestras necesidades vale la pena recordar como se debe obtener una matriz triangular superior y luego la diagonal principal, ya que con ella resolvemos sistemas

con múltiples variables sin que sea necesario recordar toda la teoría matemática que demuestra como ello se hace posible. Lo mismo podemos decir en el caso de la aplicación de los determinantes, como por ejemplo para la prueba de estabilidad de Routh - Hurwitz, en donde se los utiliza en una de sus formas básicas.

Posterior a la formulación de las ecuaciones diferenciales, como un modelo matemático de los diferentes fenómenos y procesos, tenemos entonces la opción de aplicación del método de la transformada inversa de Laplace para analizar la respuesta en el tiempo; pero este procedimiento no siempre es recomendable si tomamos en cuenta que al pasar del dominio del tiempo a un dominio complejo logramos linealizar, sería más conveniente permanecer en este dominio complejo y en él poder realizar todos los análisis de control. En pocas palabras, se propone obtener respuestas temporales sin regresar al dominio del tiempo. Justamente este procedimiento es el que proponen todos los especialistas en la teoría de control cuando recomiendan un análisis pormenorizado sobre todo de los sistemas de primer orden y de segundo orden, para luego pasar a una revisión más bien básica de los sistemas de orden superior, puesto que entendidos los dos primeros, los últimos no son más que la combinación de efectos de ellos, pero siempre manteniéndonos en el dominio del plano complejo "S". Es entonces que aparece el concepto de la "Función de transferencia", que termina siendo únicamente un modelo matemático que inicialmente contenía variables derivadas en el tiempo para luego transformarse en un modelo linealizado con operadores "S" en lugar de esas derivadas. Las ventajas de aplicación de las reglas matemáticas básicas, otra vez resultan obvias.

Los sistemas de primer orden que provienen de ecuaciones diferenciales de primer grado nos introducen en los conceptos de estabilidad y cuando son analizados tomando en cuenta las posibilidades de sus raíces y su ubicación en un plano complejo demuestran el porque se dice luego (como uno de los conceptos más importantes de toda la teoría de control) que los sistemas que tienen raíces en el semi plano izquierdo de plano complejo son estables, pero aquellos que presentan raíces en el semi plano derecho son inestables. El concepto de la estabilidad relativa, también se hace luego de fácil entendimiento.

Luego tenemos las funciones de transferencia de segundo orden que proceden de ecuaciones diferenciales que contenían segundas derivadas. En estos sistemas se presentan tres posibilidades de respuestas en el tiempo, las cuales dependen a su vez de

las tres posibilidades de tipos de raíces (reales iguales, reales diferentes, complejas conjugadas). Podemos notar, que lo interesante de estos sistemas es la presencia de la posibilidad de oscilaciones (en el caso de raíces complejas), lo que tiene relación con el concepto de “estabilidad marginal”, además como un sistema de segundo orden es la mezcla de dos sistemas de primer orden, las respuestas exponenciales también están presentes. Nuevamente debemos recalcar durante nuestros intentos de enseñanza, la relación entre las diferentes ubicaciones de las raíces en el plano complejo y lo que son las respuestas sobre, sub y críticamente amortiguadas.

Cuando pasamos a analizar los modelos de grado superior al segundo, estamos ya en el campo de los polinomios y de la obtención de sus raíces. Aquí diríamos que ya no es de mayor interés el tipo de respuesta temporal que podamos obtener (por ejemplo, un sistema de tercer orden combina las respuestas de un sistema de segundo con uno de primer orden), sino que más bien deberemos detenernos a recordar las diferentes formas de obtención de sus raíces. Como ventaja adicional podemos vislumbrar la razón de ser de los métodos de análisis de estabilidad basados en el análisis de los coeficientes y sus signos, y el procedimiento de Routh para el caso de ubicación de raíces en el eje imaginario.

Claro está, que podemos hacer uso de la tecnología actual, de nuevo mencionaríamos los diversos softwar matemáticos que nos entregan en fracciones de segundo las raíces de casi cualquier polinomio, pero si estamos hablando de un proceso de aprendizaje significativo y sobre todo conciente, hemos de ser precavidos en no utilizar estas herramientas tecnológicas de manera indiscriminada. Un caso representativo podría ayudarnos a no olvidar esta problemática. Recuerdo el caso de un estudiante al que se le preguntó si una raíz compleja puede aparecer sin su pareja conjugada, ante lo cual respondió que si es posible. Desde el punto de vista de la matemática, esta afirmación es totalmente ilógica. Otro es el caso de estudiantes que ubican dos raíces complejas conjugadas en diferentes semiplanos, lo que evidencia el desconocimiento con respecto al concepto “conjugada”. Podríamos mencionar otras situaciones parecidas, y es por ello que nos mantenemos con la idea de la importancia de los conceptos científico teóricos como la herramienta primordial para comprender los datos entregados por esas otras herramientas que son las tecnológicas.

Debido a que las respuestas de una gran cantidad de sistemas son funciones de tipo exponencial, senoidal, o su combinación, valdrá la pena hacer una rápida revisión de esas formas matemáticas. De su estudio, ventaja adicional se tendrá cuando se analicen las funciones de transferencia de sistemas con retardo de tiempo, o cuando se ingrese a los capítulos correspondientes al análisis en frecuencia.

Otro concepto básico es el error, que no es más que una operación matemática de resta (o suma en casos especiales) entre una señal de entrada al sistema y su correspondiente señal de salida. Pero su evaluación es muy importante para conocer si el sistema nos entrega las variables de salida de acuerdo a nuestras necesidades y para realizar esta evaluación se hace necesario de los métodos de resolución de los límites, sobre todo para aquellos casos en los que una resolución numérica (con ayuda de una calculadora de bolsillo) no es posible o nos produce valores errados. No mencionaremos más en este aspecto, ya que generalmente no se utilizan las técnicas avanzadas de obtención de límites debido a que todas las funciones de transferencia se presentan con una estructura relativamente sencilla, un polinomio numerador y un polinomio denominador.

Para cuando se prueban los sistemas (en forma teórica) con señales de ingreso senoidales o cosenoidales en lo que se conoce como el diseño de respuesta en frecuencia, se acostumbra presentar los resultados en gráficas con una escala horizontal logarítmica y otra escala vertical con unidades en decibelios (conocidas como trazas de Bode), siendo entonces necesario definir en ese momento, más todavía si en otras asignaturas no lo han hecho, el concepto del Bel y su unidad derivada el decibel. Hemos notado que este detalle varios autores lo pasan por alto, será que no lo creen importante o que lo suponen ya comprendido con anterioridad. Pero pensamos que una discusión sobre esta unidad de valoración de la relación potencia de salida – potencia de entrada de un sistema o en general de un dispositivo, nos da la posibilidad de aplicar la técnica de mediación, ya que la historia que está detrás del origen del Bel es muy interesante. Mencionamos que las gráficas de Bode usan una escala logarítmica, en este caso debemos sobre todo explicar el porque de su uso y sus ventajas, otra vez un detalle que no siempre es considerado.

Para finalizar este segmento del capítulo con relación a las matemáticas necesarias en la teoría de control, debemos mencionar la indispensable revisión de las operaciones con

números complejos, algo que inicialmente parece innecesario pero que si recordamos situaciones presentadas en la práctica docente no podemos pasar por alto. Muchas han sido las ocasiones en las que se ha perdido considerable cantidad de tiempo tratando que los estudiantes resuelvan alguna ecuación con la presencia de números complejos o peor todavía cuando se ha tratado de una simple multiplicación o división de dos números. Aprovechamos para mencionar que en los métodos de enseñanza de las matemáticas se está dando poca importancia a este tema.

Ahora pasaremos a revisar los fundamentos de la física que es necesario conocerlos.

La formulación inicial de los modelos físicos, generalmente parte de la aplicación de las leyes de Newton (principalmente la segunda ley  $F = m \cdot a$ ), para los sistemas que involucran mecanismos y de las leyes de Kirchoff para los sistemas eléctricos.

Sin pretender invadir el área de enseñanza de la física, podemos hacer en conjunto con los estudiantes un análisis y discusión al respecto del significado de las ecuaciones y como ellas deben ser entendidas con relación a los fenómenos que nos rodean. Además otra vez encontramos una buena oportunidad para mediar con casos de aplicación prácticos muy utilizados en el ámbito tecnológico.

Como una manera de utilizar los sistemas de ecuaciones diferenciales con propósitos prácticos, podemos valernos de los circuitos eléctricos configurados preferiblemente con varias mallas. Su planteamiento y posterior resolución, nos obliga a recordar los fundamentos científicos relacionados con los elementos eléctricos básicos; resistencia, inductancia, capacitancia, fuente, y las señales asociadas como son voltajes, corrientes, potencias, etc; que también forman parte de otros dispositivos necesarios para los controladores, que son los transductores y sensores de diferentes variables físicas. Es decir que tenemos un doble beneficio cuando recordamos la teoría de circuitos.

Algo muy parecido podemos decir con relación al planteamiento de los circuitos mecánicos básicos configurados con masas en movimiento, elementos elásticos (resortes), elementos disipadores de energía (amortiguadores) y con la presencia de fuerzas externas. A pesar que en los modernos sensores, la presencia de mecanismos es muy limitada, sin embargo vale la pena tomarlos en cuenta, puesto que todavía tenemos muchos actuadores que dependen de ellos. Adicionalmente, para concebir los fenómenos de inestabilidad o estabilidad, o los diferentes tipos de respuestas, sub amortiguada, sobre amortiguada o críticamente amortiguada, lo podemos hacer por



medio de la típica configuración mecánica masa-resorte-amortiguador. Deberíamos considerar interesante la posibilidad que los estudiantes construyan este mecanismo, más todavía, por su sencillez y bajo costo.

Si deseamos avanzar un paso más en las posibilidades de planteamiento de ecuaciones, para su posterior modelación y análisis, deberíamos unir los dos tipos de mallas (eléctricas y mecánicas) en lo que se conoce como los sistemas electromecánicos. Su adecuada comprensión nos ayuda cuando analizamos los modernos sistemas automáticos que en su gran mayoría se constituyen con dispositivos eléctricos y electrónicos para la toma y procesamiento de señales, y con elementos mecánicos para efectos de actuación sobre la planta controlada.

Cuando comparamos varios autores, notamos que solamente algunos abordan los modelos de sistemas hidráulicos, térmicos y neumáticos. No están muy claras las razones del porque algunos no los toman en cuenta, pero para nosotros la utilidad de su estudio podría resultar importante sobre todo en las Instituciones Universitarias de carácter técnico, en donde las opciones de aplicación de los sistemas de control son variadas. En los programas de estudio que se han utilizado los últimos años, justamente estos tipos de sistemas no se los ha tomado en cuenta, pero creemos conveniente realizar las modificaciones necesarias toda vez que ellas obligan a una reestructuración global; por ejemplo para los estudiantes del área de la Ingeniería Mecánica, bastaría con tratar los sistemas hidro-neumáticos luego de haber revisado los sistemas electromecánicos que se los estudiaría solo en sus aspectos básicos.

Para el caso de grupos de estudiantes de las áreas eléctricas, reviste especial importancia analizar los modelos de las maquinarias eléctricas, como son los diferentes tipos de motores y generadores. En este aspecto podemos mencionar la necesidad que los conceptos del electromagnetismo hayan sido aclarados, en conjunción con las reacciones dinámicas típicas de las máquinas rotativas. Al igual que en casos anteriores, los conceptos aplicados en estas maquinarias electromotrices, pueden ser aplicados para modelación de los elementos sensores utilizados para realimentar los controles de velocidad, o para el caso de los transmisores de variables; así como también nos permitirá comprender los principios de funcionamiento de muchos actuadores y plantas controladas.

Es muy común, que cuando inicia el estudio de la teoría de control (lo mismo se puede decir sobre la estructura de los textos), se proponga la obtención de modelos matemáticos y luego funciones de transferencia de diferentes componentes de un sistema, entre ellos, circuitos, masas en movimiento lineal o rotativo, pistones, amortiguadores, etc; lo que representa una dificultad especial para los estudiantes; pero esta dificultad no se debe a la complejidad de los modelos que se pretenden encontrar, sino que mas bien no se tienen presentes o se han olvidado los principios científicos que nos explican como reaccionan esos componentes ante diferentes tipos de señales de ingreso. Regresamos entonces a una situación muchas veces mencionada, la poca significancia de aquellas asignaturas encargadas de la enseñanza de áreas tecnológicas complementarias. De todas formas, para esta situación, podemos buscar una solución aprovechando que la mayoría de textos de control, en sus primeros capítulos presentan en forma resumida pero comprensible los fundamentos del funcionamiento de los más comunes dispositivos eléctricos y mecánicos.

Como técnica de apoyo para modelación deberíamos utilizar los simuladores, ya que con ellos podemos obtener rápidamente respuestas en el tiempo teóricas y tratar de compararlas con las respuestas en el tiempo reales y bien conocidas.

En general, para los grupos de estudiantes pertenecientes a carreras del campo de las Ingenierías mecánicas y eléctricas, la obtención de las funciones de transferencia de los componentes antes mencionados, requiere paciencia y repaso de conocimientos previos, pero de todas formas no se suele cuestionar su importancia y porque es necesario aprenderlas, pero para grupos de otras áreas, como son de la Informática, parecería innecesario ocupar tiempo tratando sobre componentes que aparentemente no tienen porque conocerlos. Surgen entonces los reclamos de parte de los estudiantes, afirmando que para ellos no son de interés los modelos matemáticos de componentes electro mecánicos. Es entonces donde la técnica de la mediación cobra gran importancia, pues debemos centrar nuestro esfuerzo en darle sentido a la asignatura de acuerdo al perfil general propuesto.

Otros tipos de modelos pueden ser revisados con el propósito de hacer notar la gran cantidad de campos de aplicación de los sistemas realimentados. Nos referimos a los modelos de sistemas no técnicos, como son, control de población, control de plagas, control de enfermedades, etc, y su tratamiento; tendiendo siempre a la puesta en

práctica para solventar alguna necesidad específica. Aquí recalcamos la posibilidad de mediación.

## **1.2 Los propósitos y objetivos de la Teoría de Control**

Cuando revisamos la historia de los avances tecnológicos, encontramos que desde el momento en el cual las maquinarias empezaron a ganar mayor importancia, surgió la necesidad de controlarlas adecuadamente para evitar productos defectuosos o para incrementar el rendimiento con la consiguiente reducción de costos de producción. A pesar que en sus inicios, los sistemas automáticos parece que no fueron estudiados con la rigidez matemática con la cual se hace actualmente; sin embargo, sus principios básicos eran muy bien entendidos, y luego correctamente aplicados. Muchos ejemplos se podrían mencionar sobre los primeros controladores automáticos utilizados para efectos de llenado de reservorios, o para el regadío de campos, o en viaductos, etc.

Así mismo, son también muchas las maquinarias que deben su efectividad algún controlador (en ocasiones elemental) generalmente implementado con elementos netamente mecánicos, como son las masas rotativas, o los flotadores, o las balanzas autonivelantes, que debido a su sencillez y robustez funcionaban durante muchos años, o que inclusive en la actualidad son utilizados.

Sin importar la estructura de los sistemas de control, o de sus componentes, podemos afirmar que el propósito que persigue un sistema de control (o control automático) es solventar alguna necesidad, pero este objetivo puede ser alcanzado de diferentes maneras, siendo este momento cuando los análisis matemáticos se hacen importantes para evitar errores cuando se realice la implementación práctica.

Pero las necesidades sociales o personales han cambiado durante la evolución de la historia; evolución que tal vez ha sido impulsada por el desarrollo tecnológico. Consecuentemente, los objetivos específicos de las técnicas de control también han de evolucionar tratando de acoplarse a esas nuevas tendencias evolutivas.

En este entorno de permanente cambio, podemos notar que muchas ciencias o tecnologías se inclinan hacia la prestación de servicios sociales. En áreas específicas como son la electrónica y la informática, tenemos nuevos sistemas de adquisición y procesamiento de señales que son utilizados como apoyo a la electromedicina que en los

últimos 20 años se ha convertido en un importante campo de la medicina. Y es justamente en este campo en donde modernos controladores están cumpliendo tareas de reemplazo o de apoyo a muchas de las funciones biológicas naturales. Es bien conocido el caso de los marcapasos, de las máquinas corazón-pulmón, de los dosificadores de insulina, o de los modernos sistemas de estimulación eléctrica funcional que pretenden restaurar el movimiento a músculos atrofiados o paralizados. No es exagerado decir que estamos observando una especie de fusión entre las máquinas y los seres humanos. Dentro del campo de la robótica, que es una de las ramas de la teoría de control, llaman mucho la atención las prótesis avanzadas con muchos grados de libertad que logran suplir varias de las acciones de las extremidades humanas, pero que aún más importante mejoran la calidad de vida de quienes las utilizan.

En otra área, aparecen las aplicaciones relacionadas con grandes grupos sociales, como es el caso de los modelos económicos en base de los cuales se toman medidas correctivas si el sistema no se comporta adecuadamente. Situación parecida se da en lo que conocemos como control de población o también en el menos conocido control de plagas. Como sucede con otras áreas científicas o técnicas; las aplicaciones u objetivos, no siempre son nobles, sobre todo cuando se trata de diseñar y construir sofisticados armamentos que en un futuro no muy lejano podrán ser completamente autónomos sin la necesidad que los controle un ser humano. Las aplicaciones como estas no podemos tomarlas como ejemplo de servicio a la sociedad, pero al menos debemos conocerlas sobre todo desde el punto de vista de sus posibilidades de adaptación para situaciones mucho más útiles.

Para poder concebir de mejor manera los objetivos de las nuevas tecnologías, entre ellas tenemos la teoría de control, puede resultar de mayor interés, analizar nosotros mismos los propósitos generales de la ciencia y de su aplicación a los fenómenos sociales.

En otro ámbito, y aunque parece ilógico, los grandes países desarrollados, están poniendo en juego una gran cantidad de conocimientos con la finalidad de lograr o de implantar una forma de dominación pasiva pero muy efectiva.

Finalmente, y como un objetivo asociado, puede resultar importante como área de aplicación la modelación (teórica) de fenómenos naturales o artificiales, pretendiendo su predicción y en un futuro su control.

Como vemos, muchos son los campos de aplicación, y muchos los objetivos pretendidos, pero ellos están muy claramente establecidos, lo que para nosotros los profesores de éstas ciencias o más correctamente tecnologías es una considerable ventaja en el momento que planteamos estructuras curriculares con adecuados perfiles, visión y misión.

### 1.3. Diagnóstico del método de enseñanza utilizado con anterioridad

En los puntos anteriores se ha realizado una revisión general del entorno que rodea la asignatura Teoría de Control, desde el punto de vista de sus fundamentos teóricos y desde el punto de vista de sus objetivos y posibles aplicaciones. Pero esta revisión, no se la debe considerar únicamente como un marco teórico, sino más bien como una herramienta de apoyo para un mejor análisis sobre la forma en la cual se impartía clase antes de aplicar las alternativas de aprendizaje propuestas.

La importancia de algunos conceptos matemáticos y físicos se han recalado, y ahora conviene presentar un resumen en el cuál se indicará si ellos han sido revisados adecuadamente por parte del profesor o si han sido pasados por alto.

En la primera tabla (a continuación) se indica lo relacionado con las matemáticas, y en la segunda lo relacionado con la física.

**Tabla 1: con respecto a los conceptos de la matemática**

TEMA DE INTERES:	SE LO HA REVISADO:	MOTIVO:
El concepto de los incrementos	No	No se pensó necesario, no es considerado en el programa de la materia
Planteamiento de ecuaciones diferenciales	Rápidamente	Se pide hagan un repaso
Planteamiento de modelos físicos	Rápidamente	Se pide hagan un repaso
Los principios de la transformada de Laplace	No	No se pensó necesario
La relación de la transformada de Laplace con las respuestas en el tiempo	Sin profundidad	Se realizan unos pocos ejemplos de aplicación
La relación de las raíces de un polinomio con las respuestas en el tiempo	No	Se supone ya entendida la relación
Los motivos para utilizar la transformada de	A veces	Se supone que se conocen los

Laplace		motivos
Las ventajas de usar la transformada Laplace	No	No se suponía necesario
El concepto del plano complejo	No	Se lo revisa en matemáticas
La relación entre los tipos de raíces y el tipo de respuesta temporal	Si, con detalle	Es fundamental para comprender la estabilidad
Los sistemas de primer y segundo orden	Si, con detalle	Esta considerado en el programa de la materia
Las relación entre las ecuaciones diferenciales y los tipos polinomios en el dominio S	Si, rápidamente	Se supone una relación sencilla de comprender
El concepto de los límites y su solución	No	Se estudia en matemáticas
Lo que representan los coeficientes de las ecuaciones diferenciales	Si, rápidamente	Su entendimiento parece algo obvio
La relación de los coeficientes de las ecuaciones diferenciales con los coeficientes de los polinomios característicos	Si, con detalle	Es importante para comprender lo que son las funciones de transferencia
La transformada inversa de Laplace	Si,	Es parte del cronograma
Relación de las respuestas en el tiempo con la transformada inversa de Laplace	Si, rápidamente	Se supone que ya lo entendieron en matemática
La resolución de ecuaciones simultaneas por medio de los determinantes	No	Se supone que ya lo estudiaron en matemática
El concepto de las ecuaciones simultaneas	No	Se supone que lo estudiaron
La modelación de diferentes señales	No	Su planteamiento debería ser explicado en matemática
El concepto de la integral y la derivada	SI, rápidamente	Se pide hagan un repaso
Las operaciones con números complejos	No	Se supone aprendido y sencillo de aplicar
Los tipos de funciones exponenciales y senoidales y relación con la estabilidad	Si, rápidamente	No se considera en el programa
La resolución de límites de funciones	No	Se supone ya lo revisaron
El concepto de los logaritmos	No	El concepto parece sencillo
Lo que son las variables de estado	Si, rápidamente	Solamente se aplican
La relación de los sistemas de ecuaciones simultaneas con los sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas	Si, rápidamente	El momento de plantear las funciones de transferencia pero no se profundiza

**Tabla 2: con respecto a los conceptos de la física**

TEMA DE INTERES:	SE LO HA REVISADO:	MOTIVO:
La obtención de modelos físicos	Si, rápidamente	No se dispone de tiempo
La relación de un modelo con su respuesta en el tiempo	Si, con detalle	Se considera fundamental para entender las respuestas
Las leyes de Newton y de Kirchoff	Si	Son necesarias para plantear modelos físicos
Los modelos de los sistemas neumáticos e hidráulicos	No	No se los considera en programas
El modelo matemático de las redes R,L,C	Si, rápidamente	Los consideran la mayoría de textos
EL modelo matemático de redes K,M,C	Si, con detalle	Se relacionan con estabilidad
Los fundamentos de las máquinas rotativas	Si, a veces	Se revisa con estudiantes del área eléctrica
Los sistemas dinámicos	Si, como ejemplos	No se considera detallar los Fundamentos teóricos
La relación de los sistemas dinámicos con la estabilidad	Si	Aunque la mayoría de autores Suponen entendido
La relación entre los diferentes tipos de señales Y los fenómenos físicos	Si, rápidamente	Ya mayoría de autores no se detienen en este tema
La forma de estructurar sistemas de control con elementos físicos	Si, con ejemplos pero sin detalles	Algunos autores solamente Plantean ejercicios numéricos
El significado de los coeficientes de los modelos físicos	Si, rápidamente	No existe tiempo para profundizar el tema
La relación de los coeficientes físicos con la estabilidad	Si, con detalle	Pero los textos generalmente revisan la relación

Con relación a la necesidad de las ciencias básicas, ya habíamos establecido su importancia, pero ahora podemos darnos cuenta que algunos de los temas de mayor interés o no han sido revisados o se lo hace sin profundidad. Dentro de los motivos tenemos que no se los considera en el programa de estudio en un pequeño porcentaje, y un porcentaje mucho mayor se supone que estos conocimientos ya fueron asimilados

sobre todo en las asignaturas matemática y física estudiadas con anterioridad. Si en su momento, estas asignaturas no fueron asimiladas adecuadamente, ya sean por causas inherentes a los procesos de enseñanza o por la falta de interés por parte del estudiante; no es un problema que será analizado con profundidad o peor todavía no pretendemos dar solución a esa problemática si es que existe. Pero en virtud de la importancia que revisten esos temas para el adecuado aprendizaje de los conceptos y técnicas de control, debemos buscar en este momento alguna forma de solución.

Una modificación de los programas de estudio con la intención de introducir dentro de nuestra asignatura temas ya revisados o que pertenecen al área de la matemática podría representar una problemática de falta de tiempo o de interferencia con otras asignaturas. Pero existe una opción de solución si consideramos una pequeña variante en nuestro propio programa de la asignatura. Esta variante tiene que ver con la aplicación de las técnicas de mediación de las que pretendemos hacer uso permanente. Siendo más específicos, en lugar de plantear y solucionar aquellos ejercicios que dan importancia únicamente a la destreza en el manejo de cálculos, podemos plantear situaciones prácticas que puedan ser modeladas en forma primeramente física partiendo de la observación pura y luego con la aplicación de conceptos fundamentales y diríamos lógicos en una segunda instancia obtendríamos los modelos matemáticos, sobre los cuales podríamos analizar las posibles respuestas que han de ser coherentes con las respuestas observadas en la realidad. Parece también lógico hacer uso de uno de los modelos más sencillos de implementar, y que sin embargo nos permite observar y luego relacionar con muchos aspectos teóricos utilizados en los sistemas de control; nos referimos al sistema masa – resorte – amortiguador, sobre el cual podemos aplicar los diferentes tipos de señales de ingreso en forma de fuerzas externas y observar cuales son las formas de reaccionar del sistema. Además si en función de este sencillo mecanismo logramos plantear su modelo matemático que corresponde a un sistema de segundo orden y consecuentemente a un polinomio de grado dos, podremos establecer la relación entre los tipos de raíces, su ubicación en el plano complejo, y la respuesta en el tiempo.

Posteriormente, con ayuda de este mismo mecanismo, seguramente el concepto de la estabilidad, será mejor entendido.

Para el caso de otros temas, como son los límites, la integración, la derivación o los determinantes, será conveniente realizar una revisión un tanto más pormenorizada, sin



llegar a la exageración de un repaso total. El problema de tiempo que se podría presentar se lo solucionaría posteriormente cuando se llegue a los capítulos de la materia correspondientes a los análisis de estabilidad por medio del método del lugar geométrico de las raíces; realizando una revisión de sus fundamentos mas que su construcción manual y sobre todo valiéndonos de las herramientas de software como son el caso de Matlab o Simulink con las cuales podemos obtener diagramas de ubicación de raíces y respuestas temporales muy rápidamente, pero que luego serán analizadas y entendidas con ayuda de la teoría. Se hace notar que la gran mayoría de textos dedican una gran cantidad de literatura y en consecuencia de tiempo a explicar los diferentes pasos que se deben seguir para obtener gráficas de lugar de raíces en forma totalmente manual o con el simple apoyo de una calculadora de bolsillo; a pesar de lo cual y de una forma un tanto inexplicable muchos de esos autores no presentan o explican los principios físicos o matemáticos sobre los que se fundamentan esas reglas de construcción que terminan convirtiéndose en mecánicas y misteriosas. Es por lo anterior que nos ratificamos en nuestra propuesta de reducir el tiempo dedicado a temas como estos y más bien utilizar concientemente los medios tecnológicos más comunes en la actualidad.

En definitiva, se hace necesario una revisión y algunos cambios en la estructura del programa de la asignatura, pero estos cambios no son de consideración sino que mas bien serían mejoras tendientes a la aplicación de técnicas de mediación y de utilización de herramientas tecnológicas adecuadas. Además no se pretenderá eliminar segmentos de la asignatura que por motivos claros son considerados por los especialistas autores de los textos. Tampoco con estas mejoras se estará atentando con la estructura micro curricular de las diferentes carreras en donde se imparte la asignatura, ni nos alejaremos de los objetivos o de los perfiles esperados en los futuros profesionales.

**Tabla 3: Con relación a los objetivos y aplicaciones(según opinión del docente)**

TEMA DE INTERES:	SE LO HA REVISADO:	MOTIVO:
La historia de los sistemas de control	Si, rápidamente	No lo considera el programa
Los principales objetivos de la teoría de control	Sí, con detalle	Se busca motivación
La influencia de la teoría en el desarrollo tecnológico	Si, rápidamente	La mayoría de autores lo mencionan rápidamente
La posibilidad de aplicación en nuestro medio	No, generalmente	No considerado en el programa

La relación con el área social	Ocasionalmente	No se dispone de tiempo
Los sistemas de control no técnicos	Si, rápidamente	Algunos autores no los toman en cuenta
Los objetivos generales de la ciencia aplicada	No,	No se considera de interés
La modelación de fenómenos como un objetivo de interés	Si, pero muy rápidamente	Los textos no se detienen en este tema.
Las ventajas de aplicar las técnicas de control para impulsar el desarrollo tecnológico	Si, rápidamente	Se supone no existe el tiempo necesario para este tema
Como se pueden solventar ciertas necesidades por medio de la aplicación de la teoría	Si, pero sin detalle	No lo considera el programa
Las perspectivas futuras de las técnicas de control aplicadas	No, generalmente	La mayoría de autores no lo Consideran
Los objetivos de la asignatura con relación al perfil profesional buscado	Si, rápidamente	No parece necesario definir mejor los objetivos del perfil.

Analizando el cuadro anterior, podemos decir que se trata de hacer entender los objetivos de la teoría de control, al menos en sus objetivos principales. Dentro de la clásica forma de impartir la clase, se mencionan situaciones específicas, en las cuales la aplicación de la teoría se refleja en mejores maneras de solventar ciertas necesidades previamente establecidas. Sin embargo, temas como las aplicaciones en nuestro medio, parecerían ser irrelevantes. Los autores de los textos pasan por alto este punto, porque obviamente son textos genéricos estructurados de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier lugar. Pero si buscamos la motivación inicial, y el posterior aprovechamiento de los conceptos teóricos, parece pertinente dar mayor importancia a las reales opciones de aplicabilidad para resolver problemáticas existentes en nuestra región o más precisamente en nuestra ciudad. En este mismo sentido, son generalmente los estudiantes que se preocupan por aportar de alguna manera al desarrollo tecnológico local, que hacen sugerencias tendientes a enfocar la asignatura en temas de interés actuales y sobre todo con los cuales se hallan en contacto. Seguramente uno de los mayores errores que cometemos los docentes cuando tratamos de promover e incentivar el aprendizaje, es desligarnos de la nuestra realidad cercana, pretendiendo muchas veces resolver grandes problemas, pero que realmente no son prioridades de nuestro entorno.

Considerando que nuestro país no puede ser catalogado como poseedor de las más recientes tecnologías, podemos optar por tratar de aplicar los conceptos en los sistemas

de control no técnicos, lo que no requiere de componentes físicos de alta tecnología, sino que mas bien, se involucra con variables sociales.

Como una momentánea conclusión, diríamos que si de resolver ejercicios se trata, con la premisa de completar el proceso de aprendizaje, en lo que es la destreza de cálculo, debemos aprovechar el tiempo buscando la manera para que esos ejercicios tengan relación con otras asignaturas, pero que sobre todo se enlacen con las necesidades de incremento de rendimiento, reducción de costos, prevención de accidentes, etc, de diferentes sistemas controlados utilizados por ejemplo en la industria nacional.

Una búsqueda y selección de los textos resultará ser muy importante, toda vez que existen autores que concentran sus esfuerzos en el análisis de sistemas o automatismos que son muy utilizados en sus propios países, pero que serían para nosotros todavía inaplicables, por lo que convendrán los textos que plantean ejemplos de aplicación que los podamos adaptar a la tecnología de los países menos desarrollados (desde el punto de vista tecnológico).

El otro aspecto que muy poco se lo considera, son las perspectivas futuras relacionadas con el desarrollo de la teoría de control y sus nuevos ámbitos de aplicación. Nosotros mismos somos testigos de la vertiginosa intromisión de las nuevas tecnologías en nuestras tareas cotidianas, o inclusive en otras actividades que no son fundamentales para nuestra supervivencia. Casi nos hemos convertido en esclavos de estas tendencias modernistas altamente tecnificadas, que como anteriormente se remarcó cuando analizamos el entorno de la asignatura, son el resultante de la aplicación de los conocimientos tanto científicos como técnicos. Entonces como una forma de enlazarnos con la realidad social y sus cambios futuros, debemos analizar también las consecuencias de poner en práctica lo que se aprende en las aulas. No queremos decir que esas consecuencias se manifiesten como un perjuicio para las personas, sino que mas bien siempre debemos valorar los pros y los contras del uso y la aplicación de la ciencia, para así escoger las mejores alternativas de desarrollo futuro.

Aquí nos encontramos nuevamente con una buena oportunidad de aplicar la mediación, puesto que nos proyectamos desde nuestro entorno y su evolución hacia los conceptos y las teorías que podrían influenciar en su propia transformación. Además sería una forma de humanizar la asignatura, de tal manera que los conocimientos no sean solamente los

fríos agentes que nos guían a la obtención de una calificación o evaluación eminentemente numérica.

### **1.3.1 El método pedagógico**

La experiencia personal enseñando la Teoría de Control se inicia en el año 1998, con estudiantes del octavo nivel de la Universidad Politécnica Salesiana, correspondiendo a mi cargo la segunda parte de esta asignatura (conocida como Teoría de Control 2). En ese momento y como una extensión de mi experiencia en la enseñanza de otras asignaturas, específicamente aquellas relacionadas con el área de la Física, se utilizaba el método de enseñanza magistral, porque aparentemente era el adecuado para este tipo de asignatura generalmente catalogada como de tipo teórica. Además (y como ya se sabe), nuestra tendencia generalizada es la de enseñar como aprendimos; no se analizaba si era conveniente adoptar alguna otra forma de enseñanza. Sin embargo y con la intención de poner en práctica lo aprendido, dentro del método de evaluación se consideraba la realización de trabajos prácticos, al menos tres durante el período de estudios. Hemos de recalcar que esos trabajos tenían la intención primordial de completar los requerimientos de evaluación por medio de tres actividades diferentes en la nota correspondiente al aprovechamiento, y que es la forma de evaluación antes sugerida y hoy exigida por la UPS.

Como un segundo objetivo de estas tareas prácticas, se pretendía buscar la aplicación y la relación con otras materias, específicamente las que pertenecen al área de la electricidad y la electrónica, en razón que con ellas se pueden diseñar y construir los elementos sensores de variables y los circuitos generalmente electrónicos destinados a ejecutar las acciones de control. Al término de estos trabajos, los estudiantes debían presentarlos conjuntamente con un informe teórico, en el que debían constar los conceptos teóricos utilizados, los cálculos realizados, los modelos físicos y matemáticos, los análisis de estabilidad y las conclusiones deducidas de lo realizado. Pero siempre fue evidente una ruptura entre la teoría y la práctica; es decir que se realizaba un diseño y sus análisis teóricos, pero estos eran muy poco aprovechados al momento de la implementación práctica del sistema. Es más, se daban casos (que lamentablemente parece que eran la mayoría) en los cuales los grupos de trabajo se esforzaban por construir primeramente la parte práctica, tratando de que funcione más o menos satisfactoriamente aplicando más el empirismo que los conceptos teóricos, y

luego de esto se dedicaban apuradamente a realizar el informe correspondiente tratando que sea compatible con lo práctico. Otro problema importante, radicaba en los análisis realizados sobre las respuestas en el tiempo y sobre las gráficas de lugar de raíces, obtenidas con los simuladores Simulink, Workbench o el mismo Matlab, las que si bien se las presentaba pero no se las entendía. Esta falta de entendimiento parece que tenía su origen en las dificultades iniciales cuando se trataba de obtener los modelos y las funciones de transferencia de los diferentes sistemas planteados. La indispensable necesidad de aplicar las ciencias básicas generaba el disgusto por parte de la mayoría de estudiantes, que se resistían a obtener primeramente el modelo matemático, tal como indicamos anteriormente. La importancia del papel que tiene cada uno de los parámetros en el desempeño y respuesta de un sistema automático, no se la concebía y de ahí la consecuente falta de comprensión de los diferentes tipos de señales de salida.

En algún momento se pensó en la eliminación de esta parte del aporte para reemplazarlo con la resolución de ejercicios y su presentación sustentada; es decir una forma un tanto más clásica de evaluación. Pero ante la sugerencia de este cambio, se presentó la oposición de los estudiantes alegando que la realización de trabajos prácticos es mas conveniente que la realización de ejercicios debido a que se complementan y comprenden algunos conceptos que revisados solo teóricamente son confusos. Esta afirmación que pretendía mantener las prácticas, podría ser real pero solo parcialmente, por lo dicho anteriormente con respecto a la insuficiencia de los informes. Entonces el deseo de mantener la modalidad de trabajos prácticos a pesar de sus dificultades inesperadas se vería apoyado por la aparente facilidad de acumular notas ganadas más por la demostración de un esfuerzo rodeado de empirismo que por la aplicación conciente de la teoría. Una situación compleja se solía presentar al momento de evaluar; ya que como mencionamos el funcionamiento de los controladores implementados, en ciertos casos era satisfactorio, pero si los evaluábamos junto con el informe para obtener una calificación final, generalmente ésta era deficiente, presentándose entonces la consecuente queja de los estudiantes afirmando que no se apreciaba o valoraba el trabajo por ellos realizado. Explicaciones en defensa de la importancia de los análisis teóricos previos, resultaban inútiles en ésta tónica generalizada que sobre valoraba la eficacia pedagógica de la práctica casi siempre de estilo empírico.

No sería correcto afirmar que todos los estudiantes se comportaban de la manera antes indicada (es decir realizando primero la práctica y luego la teoría), puesto que siempre existían las excepciones de personas que escogían una metodología bastante más ordenada, diseñando primero el sistema de control por medio de un acertado cálculo de los elementos, y el posterior análisis de alguna función de transferencia obtenida gracias algún procedimiento sistemático y ordenado. Para quienes trabajaban de esta manera, podemos decir que este complemento pedagógico surtía el efecto esperado, pero lo deseable hubiera sido que sean una mayoría y no una minoría de estudiantes los beneficiados. Claro está que la limitada efectividad de la enseñanza por medio de la realización de proyectos prácticos, tiene que ver con la falta de conocimiento o aplicación de alguna metodología de aprendizaje y sobre todo de trabajo por parte de los estudiantes. A esto deberíamos sumarle la falta de motivación, de la que nosotros los docentes, nos llevamos una buena parte de responsabilidad. De todas formas, todavía pensamos que es preferible buscar maneras de aprovechar lo aprendido antes que pase la oportunidad de incentivar la imaginación y la creatividad.

Al momento de desarrollo de este trabajo de investigación, se mantiene el estilo de prácticas, pero ahora con lo que pensamos son mejoras que inicialmente se enfocan en la importancia de los conceptos teóricos aplicados a la parte práctica. En los capítulos posteriores se darán mayores detalles sobre las técnicas de enseñanza que se pretenderán utilizar como una mejora de la anterior forma de enseñanza. Lo que podemos dejar bien establecido por el momento, es que esos trabajos prácticos, cuando existan, versarán sobre temas de actualidad pero mas que nada traten de analizar sino resolver problemas locales o regionales.

#### **1.4 Conclusiones al final del capítulo uno**

Ahora presentaremos las conclusiones a las que hemos llegado luego de revisar el entorno que rodea la Teoría de Control, lo que nos servirá como punto de partida para el establecimiento de las alternativas pedagógicas a ser utilizadas.

La influencia de las técnicas de control en el desarrollo tecnológico actual ha sido muy grande, lo cual no siempre es apreciado sobre todo en los países menos desarrollados en donde preferimos comprar tecnología antes que producirla.

Dar a conocer esa importante influencia, incluso en nuestra forma de vida, puede ser uno de los puntos clave que hemos de utilizar para sobre este aplicar las ideas de mediación que iniciarán al estudiante en este campo científico - técnico. A su vez, como componente fundamental de ésta iniciación, se deberá considerar la mediación con la realidad local y con el entorno más cercano. Así lograremos motivar al estudiante, ya que nos mantendremos dentro de su campo de actuación tratando de dar solución a problemas conocidos y tangibles.

Por otro lado, la necesidad de mantener la asignatura (como parte del pensum de las carreras de Ingeniería), radica en la posibilidad de contribuir al desarrollo de nuestra sociedad, brindándole la posibilidad de mejorar la competitividad sobre todo ahora en ésta época que tanto se habla de la globalización y de la aparición de estructuras económicas de alcance internacional. Que tanto de la Teoría de Control existente debe enseñarse en los niveles universitarios, es un tema que se lo deberá resolver de acuerdo a las necesidades y perfiles planteados para cada carrera profesional. Pero existe una gama de conceptos que no pueden ser relativos a los objetivos de cada carrera, y son sobre ellos que debemos centrar nuestros esfuerzos si queremos un proceso de aprendizaje significativo.

En definitiva no podemos olvidar la influencia de las técnicas de control y por lo tanto la necesidad de su aprendizaje se hace cada día mas importante.

En otro ámbito; luego de analizar la forma de enseñanza utilizada con anterioridad, podemos concluir que en lo referente a los trabajos prácticos son una buena herramienta para la mejor y mas rápida comprensión de los conceptos teóricos; pero se deberá tener cuidado en no sobre valorar la práctica, siempre insistiendo en la importancia de los análisis previos, para tomar las correcciones adecuadas cuando los sistemas de control implementados no respondan de la manera esperada.

El estilo de la clase magistral debe ser modificado para que se permita la participación de los estudiantes, sobre todo para receptar sugerencias relacionadas con la aplicación de los sistemas automáticos en nuestro medio. Se han de buscar y luego mencionar aquellas aplicaciones que tratan la solución de problemas sociales y si esto no es posible se propondrán para su discusión aquellas situaciones que relacionan diversas técnicas aplicadas para mejorar o reemplazar algunas de las actividades humanas.

Aunque pareciera fuera de lugar, la concientización con respecto al objetivo de las ciencias y de su correcta aplicación, le permitirá al estudiante dar sentido humano a esta asignatura para que no se la tome únicamente como un conjunto de conocimientos a veces interesantes pero que no pasan de ser solamente uno de los requisitos más para aprobar un ciclo de estudio.



## **CAPITULO 2 :**

### **EL PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS PEDAGÓGICAS**

#### **Introducción:**

En este capítulo se buscará la razón o las razones por las cuales no se aplica la teoría de control en la práctica, sobre todo para la búsqueda de solución de problemas comunes a la persona y la sociedad.

Luego que se determinen las causas del problema, podremos plantear alternativas pedagógicas tendientes a la significancia del aprendizaje. Como apoyo a estas alternativas se usarán los medios tecnológicos actuales pero sin olvidar los aspectos positivos de las formas de enseñanza tradicionales, como es el caso de la resolución de ejercicios o la revisión permanente de la teoría.

Debido a que se darán lineamientos generales sobre la manera en la cual se impartirá la materia, se hace necesario presentar una propuesta de la modificación del programa actual, en el que se han de considerar las tareas derivadas de la aplicación de las alternativas pedagógicas propuestas. Como ya se había mencionado en el capítulo 1, estas modificaciones al programa se enmarcarán dentro de los objetivos, misión y visión de las carreras que se encuentran dentro del campo de la ingeniería.

Apoyándonos en la revisión general del entorno de la teoría de control, se diseñará un módulo de pruebas para utilizarlo en las demostraciones de las formas de actuación de los sistemas de control realimentados. Este modulo luego de ser puesto en práctica, se lo procederá a modificar de ser necesario para mejorar su efectividad desde el punto de vista pedagógico.

#### **2.1 Las razones causantes del problema**

Las razones que causan la escasa o nula aplicación de los conceptos teóricos debemos buscarlas en nuestro propio entorno. Es decir que se hace necesario revisar los detalles con los cuales hemos trabajado y que se relacionan con los sistemas de control.

Con este objetivo, vale la pena realizar una revisión de los siguientes aspectos:

- Los trabajos realizados como parte de las notas de aporte
- La realización de los ejercicios propuestos en los textos
- El planteamiento de los objetivos de la asignatura
- Las opiniones vertidas por los estudiantes
- Los trabajos de tesis desarrollados por los estudiantes

Si bien todos los textos que se utilizan como guía o como apoyo para las diferentes materias presentan en sus primeras páginas los propósitos buscados con el estudio del mismo, sin embargo esos objetivos no son revisados por los estudiantes. Lo anterior se puede fácilmente comprobar cuando se les pregunta si han hecho lectura de las secciones de los libros que anteceden al primer capítulo. En su gran mayoría, los alumnos responden que no han leído los objetivos buscados por los autores y las razones para ello resultan ser muy diversas, como por ejemplo: no lo consideran importante, no han tenido tiempo, ya el profesor lo explicó en clase, los objetivos parecen obvios, no disponen de textos por su elevado costo, o simplemente no sacaron copias de esas partes del libro. Estos motivos en conjunto nos producen un grupo de personas que están dispuestas a cursar la materia mas por un sentido de obligación antes que por un deseo de aprender algo que pudiera ser de utilidad.

Para de alguna manera atacar este problema, en las primeras horas de clase de la asignatura se ha dedicado tiempo para remarcar los propósitos de la teoría de control, pero el otro problema que generalmente se presenta es que un porcentaje de estudiantes no asisten esos primeros días. Sería de esperar que luego ellos se pongan al tanto de lo explicado por medio de sus compañeros de curso, claro está si ellos han tomado apuntes, cosa que no todos lo hacen.

Entonces, lo más recomendable será recordar permanentemente los principales objetivos de la asignatura, para lo cual podemos valernos de las ocasiones en las cuales resolvemos ejercicios en clase o cuando se envíen tareas, como parte de su realización se ha de pedir que analicen o deduzcan los objetivos de la implementación de un determinado sistema controlado.

Como un t3pico adicional, podemos enfocar los objetivos de acuerdo a nuestro entorno personal o social, tal y como lo mencionamos en el cap3tulo anterior, lo que esperamos genere motivaci3n y valoraci3n de lo que se aprender3

Especial atenci3n se prestar3 a la evaluaci3n de los textos a utilizar, puesto que existen diferencias en la forma de presentar los objetivos por parte de los diferentes autores. Claro que estas diferencias son totalmente comprensibles, si recordamos que de todas formas cada texto es la visi3n que tiene cada autor con relaci3n a determinado tema. Estas diferentes formas de ver los temas podr3an causar confusi3n en los lectores, para lo que debemos estar preparados y despejar las dudas que se puedan producir. Adem3s, t3ngase en cuenta que las ediciones de los libros pueden diferir en algunos a3os entre ellos, por lo que se suelen hacer ajustes tratando de acoplarse a las condiciones del momento. Por ejemplo en el campo del control digital, hace unos 20 a3os, se lo consideraba como un segmento de la teor3a general de control, pero en la actualidad se tiene la tendencia a tomarlo como un 3rea espec3fica y especializada que puede ser estudiada en forma independiente y con toda la profundidad que la tecnolog3a actual lo exige. La bibliograf3a dedicada a los sistemas controlados por computadora cada vez es mayor, y los objetivos que en ellos se manifiestan, difieren un tanto de los objetivos buscados por aquellos libros que tratan 3nicamente de los sistemas de control anal3gicos y que revisan muy r3pidamente los sistemas digitales.

En definitiva, con relaci3n a los objetivos de la teor3a de control, se escoger3n los textos que mejor se adapten a las necesidades y situaciones mas cercanas a nosotros. Parece muy conveniente que como una posterior mejora de nuestra tarea docente, formulemos un documento en el cu3l se pongan de manifiesto los objetivos pero de acuerdo a la realidad de nuestro medio, sin alejarnos de los principios cient3ficos b3sicos de la teor3a.

Ahora analicemos lo que sucede con los diferentes ejercicios propuestos que se suelen tratar en clase o que los resuelven los estudiantes por su cuenta. El estilo general, es aquel que luego de revisar varios conceptos, procede a presentar un grupo de ejercicios a ser resueltos, pero en pr3cticamente todos los textos, los primeros ejercicios de cada grupo son de tipo eminentemente num3rico, es decir que se pide encontrar alguna respuesta generalmente matem3tica, dejando aquellos ejercicios que exigen mayor razonamiento y sobre todo que tratan sobre situaciones reales, para el final del grupo.

Esta secuencia no sería un problema, y es más hasta tiene mucha lógica, pero para la forma en la cual aprendemos en nuestro medio, no es congruente. En otras palabras, durante mi práctica docente los últimos 7 años, he podido notar que cuando de resolver ejercicios se trata, se lo puede hacer correctamente y obtener los valores numéricos correctos, pero no se los analiza ni en su valor ni en su significado. Sin embargo, haber logrado la respuesta correcta parece suficiente, y muy pocas veces procedemos a intentar resolver los ejercicios al final de cada grupo que son los que generalmente obligan a realizar análisis más profundos y que no dependen necesariamente de valores numéricos.

Si a lo anterior le sumamos el hecho que no todos los ejercicios se plantean para dar a conocer la manera en la cuál la teoría de control puede contribuir a resolver problemáticas reales, sino que son una manera de ejercitar la destreza de cálculo, entonces podemos decir que ésta es otra razón por la que se desvaloriza la teoría.

Tampoco podemos pretender que todos los ejercicios que se plantean sean de un estilo práctico y realista, pero lo que si podemos hacer es seleccionar un conjunto de aplicaciones teóricas en las cuales se requiera de la indispensable destreza de cálculo, en dependencia de alguna aplicación con un objetivo muy bien definido.

Cuando hablamos de aplicaciones, lo más común en el ambiente educativo, es imaginar los bien conocidos trabajos prácticos. En nuestra cátedra, y con la intención que los estudiantes logren relacionar la teoría con la práctica, desde un principio y siendo parte de lo que conocemos como “aprovechamiento” o “aporte”, hemos dado cabida a este tipo de tareas, a pesar que la teoría de control se la considera como una asignatura de tipo teórica. Por esta misma razón, por el momento, en ninguna de las Instituciones Universitarias con las que estoy relacionado, han asignado horas clase para que se desarrollen prácticas de laboratorio de control. Desde nuestro punto de vista, no se debe dejar pasar la oportunidad para aplicar los conceptos teóricos, además que se puede también aplicar lo aprendido en otras disciplinas. Pero ya mencionamos que los trabajos prácticos realizados contienen un alto porcentaje de empirismo. Trataremos de buscar la razón para que eso no suceda.

Nos valdremos de las encuestas realizadas a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana y que cursaron el noveno ciclo en el período comprendido entre Septiembre del 2005 a Febrero del 2006.

Se preparó una encuesta de tipo no estructurada para conocer en alguna medida las opiniones de los estudiantes.

### ENCUESTA DE AYUDA PEDAGÓGICA PARA LA ASIGNATURA TEORIA DE CONTROL

Nombre:..... Especialidad:.....

Fecha:.....

### CUESTIONARIO RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS

1) Desde su punto de vista, el estudio de las matemáticas avanzadas es:

- a) Algo innecesario -----
- b) Interesante pero poco aplicable -----
- c) Una forma de ejercitar la destreza de cálculo -----
- d) Una herramienta para otras áreas de conocimiento -----
- e) Una herramienta para el desarrollo tecnológico -----
- f) En su opinión personal: -----

2).La forma de enseñanza de las matemáticas le parece:

- a) Poco práctica -----
- c) Correcta pero aburrida -----
- d) Adecuada -----
- e) En su opinión personal: -----

3) La enseñanza de las matemáticas avanzadas debe:

- a) Eliminarsse -----
- b) Mantenerse tal como en lo actual -----
- c) Mantenerse pero mejorar su metodología -----
- d) En su opinión personal: -----

4) El tiempo que le dedicaba al aprendizaje de la matemática era:

- a) Poco -----
- b) Solamente el necesario para aprobar el ciclo de estudio -----
- c) Más del necesario -----

- d) En su opinión personal: -----
- 5) En su opinión, la aplicación de la matemática ha tenido influencia en el desarrollo de la sociedad:
- a) Ninguna -----
- b) Escasa -----
- c) Mucha -----
- d) En su opinión personal: -----
- 
- 6).Parece tener la enseñanza de la Física, alguna finalidad práctica:
- a) Ninguna -----
- b) Escasa -----
- c) Mucha -----
- d) En su opinión personal: -----
- 
- 7).Las metodologías de enseñanza promueven el auto aprendizaje de la Física:
- a) Si ----- b) no -----
- c) En su opinión personal: -----
- 
- 8).Los objetivos de la Física parecen ser:
- a) Cumplir con la forma clásica de enseñanza -----
- b) Cumplir con programas establecidos en Universidades extranjeras -----
- c) Aplicar la matemática para construir nuevos dispositivos -----
- d) Ejercitar la resolución de ejercicios -----
- e) Incrementar la creatividad -----
- f) Inventar dispositivos o descubrir nuevas teorías -----
- g) En su opinión personal: -----
- 
- 9).El aprendizaje de la Física nos enseña a comprender los fenómenos que nos rodean:
- a) Si ----- b) No -----
- c) En su opinión personal: -----
- 
- 10).La aplicación de los conceptos presentados por la Matemática y la Física en la vida cotidiana es:
- a) Nula ----- b) Esporádica ----- c) Común -----

d) En su opinión personal: -----  
-----

11).Lo aprendido en las ciencias básicas se aplica en otras asignaturas:

a) Si ----- b) No ----- c) Esporádicamente -----

d) En su opinión personal: -----  
-----

12).¿De los siguientes temas, recuerda su teoría y resolución de ejercicios:?

( Marque con una X los temas que únicamente se recuerdan, y con O los temas que nunca han sido revisados. En caso de haber revisado pero no recuerda, deje el espacio en blanco)

a) Ecuaciones simultaneas -----

b) Ecuaciones diferenciales -----

c) Transformada de Laplace -----

d) Integración y derivación -----

e) Funciones impulso, escalón, rampa, etc -----

f) Dinámica de las oscilaciones -----

g) Casos posibles de los osciladores (libres, amortiguados, forzados, etc) -----

h) Unidades de la mecánica -----

i) En su opinión personal: -----  
-----

Como vemos en esta encuesta tenemos preguntas relacionadas con los conocimientos previos que poseen los estudiantes y que serán la antesala necesaria para abordar la Teoría de Control. Plantear preguntas directamente relacionadas con la asignatura, no fue posible ya que no se poseen todavía los conocimientos, pero si determinamos porque no se utilizan los conocimientos teóricos de las ciencias básicas, podemos hacer una expansión para tener una idea de lo que sucede con otras materias. Además existen importantes similitudes entre los entornos de las matemáticas y la física cuando los comparamos con el entorno de la Teoría de Control.

Por el momento nos interesan únicamente las preguntas que nos ayuden a vislumbrar el porqué de la realización empírica de los trabajos prácticos. Revisando el cuestionario, son las preguntas numeradas como: 1,2,5,6,8,9,10, y 11 que buscan este objetivo.

Luego de llevada a la práctica la encuesta, se procedió a su evaluación y los resultados encontrados se presentan en forma gráfica (Ver anexo 1).

Pasemos a revisar como se responden las preguntas indicadas, tratando de obtener conclusiones por el momento parciales, para luego valorar toda la encuesta y llegar a una conclusión final.

Pregunta 1:

La opinión generalizada es que estudiar la matemática tiene sentido desde el punto de vista de su importancia para desarrollar tecnología cuando ella también es utilizada en conjunto con otras áreas del conocimiento. Existe un cierto porcentaje de estudiantes, aunque no mayoritario, que las considera como solamente una forma de adquirir destreza de cálculo, lo que significa que sobre ellos habría que trabajar para que traten de cambiar esa opinión. Lo mismo se trataría de hacer con quienes, no han logrado enlazarlas con aplicaciones prácticas y útiles.

Afortunadamente, muy pocos piensan que son inútiles o innecesarias.

Pregunta 2:

Observando los resultados de esta pregunta, podemos detectar los problemas del proceso de enseñanza de las ciencias básicas, que como sabemos es un fenómeno casi generalizado, no solamente en nuestro medio, sino en prácticamente todos los lugares donde se las imparte. Un porcentaje considerable piensa que las formas de enseñanza tradicionales las hacen ver como asignaturas poco prácticas y hasta aburridas cuando se las aprende.

Tenemos ya un punto de partida para tratar de tomar acciones correctivas.

Pregunta 5:

Como vemos las respuestas a esta pregunta, en su mayoría las opciones b) y c), nos dan a entender que la matemática no ha tenido una influencia importante en el ámbito social. Parecería que la sociedad no tiene porqué valerse de los conocimientos científicos básicos para lograr su propio desarrollo. Gran error, puesto que estamos perdiendo el sentido histórico de las ciencias, que para bien o para mal han construido unas veces y otras han destruido sociedades completas.

Mezclar la historia con los conceptos matemáticos debería ser obligado por parte de los docentes, inclusive para encontrar el sentido de su enseñanza y aprendizaje.



Pregunta 6:

La física, (parecería que a diferencia de la matemática), según la mayoría de opiniones se dirige hacia una finalidad práctica, lo cual sin duda es digno de rescatar. Sin embargo debemos analizar con más detalle ésta situación, puesto que la mayoría de personas sobre las que se trabajó esta encuesta han sido nuestros alumnos en esa materia, y podría darse el caso que exista alguna influencia en sus opiniones.

En una investigación posterior se podrán buscar opiniones de un diferente sector de estudiantes, para realizar una comparación y llegar a mejores conclusiones.

Pregunta 8:

De las opciones presentadas con respecto a los objetivos que busca la física y su enseñanza, no existen tendencias bien definidas. Comparando los porcentajes entre cada una de las opciones y luego entre los diferentes grupos, llegamos mas bien a concluir que la pregunta debemos reestructurarla si queremos obtener tendencias mejor definidas. De todas formas, después de reunir las respuestas de todas las opciones posibles, si podemos decir que existe una conciencia global con respecto a que la física tiene objetivos, aunque no podamos todavía definir con precisión cuales son ellos.

Pregunta 9:

Llegar a comprender los fenómenos que nos rodean por medio de la aplicación de los conceptos físicos, es la opinión mayoritaria. Esto también nos indica que de todas formas los estudiantes valoran lo que se puede lograr con el conocimiento. Pero lo debemos nuevamente hacer, es detenernos a meditar, ¿porque si sabemos que los conocimientos y el aprendizaje son valiosos, no les dedicamos el tiempo que se merecen?. Será tal vez que regresamos al problema inicial que se genera en nuestras primeras instancias educativas, los años escolares que han desviado el sentido de la educación.

Pregunta 10:

Según las respuestas obtenidas, la aplicación de los conceptos teóricos en la vida cotidiana, se encuentra entre esporádica y común. No podemos decir cuál de ellas es mayor, puesto que las tendencias difieren entre los grupos.

De mayor interés ha sido revisar con detalle los criterios expresados en la opción d). Es muy notorio que la aplicación de estas ciencias tiene que ver sobre todo con sus conceptos más elementales. Parece que los conceptos más avanzados, no queriendo decir con esto que son los más complicados, no se los pone en práctica, y si se lo hace, se trata de situaciones muy raras y específicas. Varios criterios coinciden cuando mencionan que se debería enseñar solamente lo básico y evitarse complicaciones tratando de solucionar problemas también complicados.

Pregunta 11:

Como vemos, si existe aplicación de las ciencias básicas en otras asignaturas, lo cual nos recuerda la necesidad de su enseñanza y aprendizaje.

Analizando ésta pregunta en conjunto con la anterior, podemos asumir que se deben buscar métodos pedagógicos que incentiven la valoración de los conceptos más complejos, puesto que como vemos ellos pueden resultar importantes cuando pretendemos acceder a las áreas de conocimiento más específicas.

En resumen, si reunimos los criterios obtenidos como resultado del análisis de cada una de las preguntas, llegamos a una conclusión que expresa algunas de las razones que buscábamos inicialmente.

*El sistema de enseñanza tradicional de las ciencias básicas, las hace ver como asignaturas de poca aplicación práctica, a pesar que generalmente se valora su importancia en el desarrollo científico y tecnológico. La Teoría de Control, al ser una asignatura dependiente en gran medida de estas ciencias básicas, es tomada como si fuera una de ellas y por lo tanto se contagia del criterio de ser también poco o nada práctica.*

*La mayoría de estudiantes y profesores, estamos concientes que la matemática, la física, la química, y otras ciencias, cuando se las aplica impulsan el desarrollo sobre todo tecnológico que tarde o temprano lo aprovechamos; pero parece que siendo concientes de su influencia y utilidad no queremos utilizarlas para nosotros también ser partícipes de ese desarrollo con propuestas alternativas a las ya existentes. En pocas palabras, preferimos comprarlo antes que hacerlo.*

Si de los saberes tenemos que hablar, diríamos que el “Hacer” es el que sobre todo nos falta en el campo científico – técnico, y no es precisamente por falta de capacidad sino mas bien por una falsa creencia: lo que se hace en otros lugares es mejor.

Entonces la forma en la cuál se realizan los trabajos prácticos (para complementar las notas del aporte), es totalmente comprensible. Si no se desea realizar un dispositivo o equipo altamente tecnificado que posea la capacidad de competir con los equipos diseñados y construidos en los países (aparentemente) más avanzados, podemos recurrir a los procedimientos empíricos, basados mas bien en la técnica de prueba y error, antes que utilizar las teorías científicas que nos exigen un mayor conocimiento como el resultante de mayor estudio y análisis previo.

Otro factor que pudiera tener influencia, es la errada coordinación entre asignaturas de una misma carrera, por ejemplo, en el caso de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UPS, se imparten materias relacionadas con talleres o como parte de otras se envían trabajos tipo taller, en ciclos inferiores aquellos en los que se revisan las asignaturas que son derivadas de la ciencia aplicada. Entonces, en la forma de pensar del estudiante, se establece la idea que unos pocos conocimientos prácticos, son suficientes para realizar muchos trabajos prácticos y tareas técnicas, complejas algunas de ellas. Un caso típico que se presenta en el transcurso de la asignatura de Control, es que los estudiantes propongan la utilización de microprocesadores para que desarrollen las acciones de un compensador; lo que sería muy conveniente y educativo como una forma de trabajo interdisciplinario; pero la realidad es que cuando se permite que lo hagan de esta manera, se olvidan de aplicar la teoría necesaria para la modelación de los sistemas analógicos mezclados con los sistemas digitales. Es más, la estricta teoría del Control Digital, se la revisa al final del ciclo de estudio del segundo semestre de la asignatura (Teoría de Control 2). La queja de los estudiantes no se hace esperar cuando se les impone restricciones para que utilicen componentes analógicos para la realización de los trabajos prácticos, pero debemos hacer notar que aunque un microprocesador sea un elemento altamente tecnificado cuya complejidad no está en discusión, la forma en la cual se lo utiliza dentro de un sistema de control sigue siendo empírica si no se analizan los efectos de su inherente funcionamiento sobre la respuesta global.

Un fenómeno opuesto es aquel en donde se pretende la realización de trabajos sin recurrir a los conocimientos adquiridos en otras asignaturas. Una situación específica es

la de estudiantes de Ingeniería Mecánica que no idean como construir un sencillo sumador de señales a pesar que conocen lo básico de los circuitos electrónicos y eléctricos, o de estudiantes de Ingeniería Eléctrica que aprueban dos ciclos de la asignatura Máquinas Eléctricas y que no pueden visualizar la manera de obtener el modelo matemático de un motor eléctrico. Aquí no podemos hablar de una descoordinación entre las asignaturas, sino de una falta de sentido de aplicación de lo conocido, motivada seguramente por las mismas razones por las cuales no se aplica lo básico del conocimiento.

Con relación a los trabajos de graduación de Ingeniería o tesis de grado; se las considera como una tarea más que se debe cumplir, y la diferencia con los trabajos típicos que se desarrollan para alguna asignatura, es su mayor magnitud y el requerimiento de una previa aprobación. Pocos son los estudiantes que esperan realizar algún trabajo de tesis cuya aplicación conlleve algún beneficio personal o social. En ciertos casos se pretende desarrollar temas interesantes que contribuyan de alguna manera al avance tecnológico, pero cuando el tiempo asignado para realizar el trabajo, se acerca a su término, surge la desesperación y comienza mas bien una especie de carrera por cumplir aunque sea mediocrementemente con los puntos establecidos en la denuncia de tesis. Problema adicional aparece cuando revisamos los trabajos teóricos que acompañan a las tesis de carácter práctico y notamos la ausencia casi total de la ciencia aplicada con un fin bien establecido. Se llenan muchas hojas con los conceptos teóricos, pero ellos solamente son recordados pero no aplicados.

Lo anterior lo podemos demostrar muy fácilmente, hasta el momento de la realización de este trabajo de investigación, no se sabe de ningún trabajo de grado realizado por los estudiantes (sobre todo de la Universidad Politécnica Salesiana), que se encuentre cumpliendo alguna tarea efectiva.

Sería interesante investigar a donde va a parar esa considerable cantidad de trabajos prácticos, muy interesantes algunos de ellos y que pretendían solucionar algún problema. Además no olvidemos los gastos involucrados y la utilización de componentes eléctricos, mecánicos o electrónicos que terminarán convirtiéndose en material de reciclaje en unos casos o en basura en el peor de los casos.

No recalcaremos más sobre el tema del empirismo con el cuál se realizan algunos de los trabajos de tesis de grado, pero lo que podemos hacer es establecer su causa. Al ser

tomados los trabajos de grado como si fueran los mismos trabajos de las asignaturas, pero de mayor extensión y algo más de complejidad, y como analizamos anteriormente que ellos se cumplen en lo básico y con escasa aplicación de la teoría avanzada; entonces es fácil comprender porqué las tesis de grado que sobre todo caen dentro del campo de la teoría de control, no han cumplido su función principal; la resolución de algún problema real.

## 2.2 La propuesta de las alternativas pedagógicas

Una vez que hemos detectado el problema principal, los problemas asociados a él, y las probables causas, procederemos a plantear metodologías pedagógicas que busquen sobre todo la efectividad de la enseñanza de la Teoría de Control y que se han de plasmar en forma de uno de los saberes; el “Hacer”. Con lo anterior no queremos decir que los otros saberes no sean importantes, sino que para el problema principal, la puesta en práctica de los conceptos aprendidos, serían su solución.

Valiéndonos de la experiencia adquirida en los últimos años al haber dictado las materias Física, Dinámica, Control, y tomando en cuenta la revisión del entorno presentado en el capítulo 1, presentamos la propuesta de las metodologías alternativas que serán utilizadas en el período Septiembre – Enero, con todos los grupos de estudiantes con los cuales se trabaja. Se hace notar que la metodología antes utilizada fue la clase magistral combinada con algunas tareas de carácter práctico.

**Alternativa Pedagógica 1:** Motivación con utilización de medios tecnológicos visuales (videos sobre ciencia y tecnología) y presentación de aplicaciones de la teoría de control.

Esta alternativa busca sobre todo motivar al estudiante por medio de la observación de diferentes tipos de sistemas de control que han sido aplicados para solventar alguna necesidad. Hemos de ser cuidadosos para escoger aquellas necesidades relacionadas con el ser humano o con la sociedad.

El tipo de videos y la duración de ellos que nos proporcione los mejores resultados lo deduciremos luego de poner en práctica esta metodología.

**Alternativa Pedagógica 2:** Análisis de los sistemas de control presentados en documentos especializados (Papers IEEE, la sociedad de ingenieros eléctricos

electrónicos y de computación) que han sido implementados para solventar alguna problemática.

La razón para considerar esta alternativa importante, es que todos los textos que utilizamos como guías de la asignatura presentan los conceptos teóricos, pero no hacen aplicaciones reales de forma completa. En contraparte, los documentos de la IEEE nos traen los trabajos desarrollados por los investigadores alrededor de todo el mundo. Las problemáticas tratadas son muy diversas lo cual nos permite acomodarnos de acuerdo a los diferentes grupos de trabajo. Por ejemplo tenemos áreas de investigación relacionadas con la ingeniería automotriz, con la electromedicina, con la ciencia de los materiales, con ingeniería de control, con la electrónica de potencia, ciencias de la computación y muchas otras. Cada una de estas áreas se las conoce como sociedades dentro de la IEEE que editan artículos y documentos técnicos y científicos para que sean revisados por los miembros ya sea para recibir sugerencias de mejoras o para dar a conocer los resultados obtenidos luego de haber implementado alguna aplicación. Es importante hacer notar que los artículos que utilizaremos versarán sobre aplicaciones reales, tratando de resaltar la importancia del aprendizaje de la asignatura.

**Alternativa Pedagógica 3:** Resolución de ejercicios y comprobación por medio de Software de simulación como es el caso de Matlab.

Con el uso de esta alternativa queremos dar importancia al uso de la tecnología actual; pero como se indicó con anterioridad, este uso debe ser conciente, es decir que nos detendremos analizar con profundidad los resultados o gráficos presentados por el software de simulación y como ellos se asemejan o diferencian de los que hubiéramos obtenido en forma manual.

Además si el proceso de aprendizaje de los conceptos teóricos es eficiente, podremos pedirles a los estudiantes que imaginen las respuestas que luego serán obtenidas de los simuladores cuando no realicemos la resolución manual. Este detalle lo consideramos importante, toda vez que los softwar de tipo utilitarios se hacen cada vez más comunes pero que casi siempre no sabemos como trabajan y consecuentemente no los podemos valorar adecuadamente. Pero cuando la teoría este bien comprendida, podremos saber si tienen fallas o cuales son sus capacidades de resolución.

Por el momento el Matlab es el programa utilitario que mejores opciones presenta, además de contener un simulador gráfico (Simulink) de muy fácil utilización que permite recordar los elementos de los diagramas de control.

Luego de aprender a valorar las ventajas y desventajas del uso de los simuladores, podremos utilizarlos permanentemente lo que nos traerá la ventaja de menor tiempo dedicado a los cálculos y gráficos manuales, para tener mas tiempo para el análisis de los resultados y la búsqueda de soluciones a problemas.

**Alternativa Pedagógica 4:** Diseño y construcción de Controladores de tipo proporcional para los grupos 1 y 2; y de tipo PID para el grupo 3.

La asignatura Teoría de Control se la clasifica como de tipo teórica, pero ya habíamos mencionado que no se puede perder la oportunidad de poner en práctica lo aprendido, mas todavía si existe la posibilidad que luego de aprobada la materia no se la aplique en conjunción con otras materias o áreas técnicas.

De los muchos tipos de controladores que existen, se han escogido los de tipo P (proporcional) y PID (proporcional – integral – derivativo), porque en ellos se pueden observar todas las formas de actuación de los sistemas de segundo orden y que son fundamentales para comprender el funcionamiento de los sistemas de orden superior.

Adicionalmente, un control PID se asemeja completamente con el sistema masa – resorte – amortiguador y con su equivalente inductancia – capacitancia – resistencia, en los cuales se verifican las respuestas sobre, sub y críticamente amortiguadas que mucho se relacionan con los conceptos de estabilidad. La variación de parámetros también es muy sencilla, permitiendo verificar la influencia de la ubicación de raíces sobre la estabilidad de los sistemas realimentados. El objetivo de los sistemas de control que poseen constantes ajustables quedará aclarado así como también la importancia de la presencia de la señal de realimentación y que sucede cuando ella desaparece.

Como detalle interesante mencionaremos que los costos de implementación de este tipo de controladores es reducido haciéndolos ideales para trabajar con ellos.

**Alternativa Pedagógica 5:** Sustentación por parte de los estudiantes de los trabajos realizados, con la finalidad de evaluar su proceso de aprendizaje.

La puesta en práctica de esta alternativa pretende darnos a conocer el grado de conocimientos por parte de los estudiantes. Claro está que podríamos recurrir a un típico examen basado en la resolución de ejercicios, pero pensamos que es conveniente

que los alumnos involucrados en la realización de los trabajos prácticos expresen sus comentarios con respecto a las dificultades encontradas y como fueron solucionadas.

Esta alternativa se la aplicará sobre todo en los grupos, de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Eléctrica de la UPS, ya que ellos presentarán trabajos finales en los cuales se reunirán la mayoría y los más importantes conceptos teóricos.

Vale la pena recordar los grupos con los que trabajamos:

**Grupo de Control:** Estudiantes en la materia Laboratorio de Electrónica de Potencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, y que aprobaron la materia Teoría de Control (período Marzo – Julio 2005).

**Grupos 1,2:** Estudiantes de Ingeniería Mecánica y Automotriz, que cursaron la materia Teoría de Control 1 en la Universidad Politécnica Salesiana (Septiembre 2005 –Enero 2006).

**Grupo 3:** Estudiantes de Ingeniería Eléctrica de la UPS, que aprobaron la materia Teoría de Control 1 (Marzo – Julio 2005) y que cursaron Teoría de Control 2 (Septiembre 2005 – Enero 2006).

**Grupo 4:** Estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cuenca, que cursaron la materia Teoría de Control en un ciclo de estudios (Septiembre 2005– Enero 2006).

La forma en la que se aplicó cada una de las opciones metodológicas, fue inicialmente secuencial, comenzando obviamente por la número uno para concluir con la número cinco, pero luego de ellas ser puestas en prácticas se vio la conveniencia de no mantener ese orden modificándolo por una forma simultánea de dos o más alternativas.

En el diagrama de bloques del ANEXO 2, se observa la manera en la cual se ejecutarán cada una de las alternativas y como ellas fueron revisadas para mejorar sus efectividad.

Además, en la propuesta del programa de la materia se harán constar las alternativas que se usarán sin que esto signifique cambios en la estructura curricular de cada una de las carreras o una variante en sus objetivos.

Como modelo para los cambios tomaremos el programa que se sigue en la carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cuenca, puesto que en el se consideran los aspectos mas importantes de la Teoría de Control analógica y digital, y además nos permitieron realizar la investigación en un solo período de estudio.



El formato utilizado es el sugerido para todas las asignaturas en la Facultad de Ingeniería y es muy similar al que también se utiliza en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana. (ver ANEXO 9)

Con negrilla hemos resaltado los puntos en los que se aplicarán estrictamente las alternativas pedagógicas, sin que esto signifique que no las podamos utilizar en cualesquier otro punto.

Con la letra [M], indicamos los temas en los que la mediación puede ser aplicada con relativa facilidad, para lo que debemos permanentemente buscar información actualizada.

### **2.3 Conclusiones al final del capítulo 2**

La identificación de las razones más evidentes por las cuales la teoría no se la aplica en la práctica nos ha permitido hacer un planteamiento de alternativas pedagógicas que traten de atacar ese problema. Dentro de ellas tenemos una que se ha venido utilizando con anterioridad pero que pensamos no ha surtido los efectos deseados; nos referimos a la realización de trabajos prácticos. A pesar que se ha tratado de enseñar los conceptos por medio de las clases magistrales, ellas tampoco han sido la solución para la escasa aplicabilidad de la teoría.

Algunas de las alternativas propuestas serán utilizadas por primera ocasión en esta asignatura, pero no lo hacemos como un experimento en donde los estudiantes serán nuestros conejillos de prueba, sino que nos fundamentamos sobre la experiencia obtenida al dictar la materia Física Moderna en la cual si hemos utilizado los medios visuales como instrumentos de motivación y de comprensión de la forma de aplicación de la teoría para la resolución de diversas problemáticas. Debemos hacer énfasis en el especial interés que presentan los estudiantes al final de cursar la materia (Física Moderna), lo que nos hace pensar que las metodologías allí utilizadas y que dicho de paso dan importancia a la mediación, han resultado efectivas al menos en lo que ha motivación e interés se refiere. Por esta razón parece lógico utilizar estas mismas herramientas de apoyo pedagógico para la enseñanza de la Teoría de Control que de todas maneras tiene mucho en común con las ciencias básicas.

Como valor agregado al haber desarrollado este capítulo, tenemos la ventaja de un mejor reconocimiento de aquellos puntos de la materia en los cuales podemos aplicar la

mediación con facilidad y de aquellos otros puntos en los que el desarrollo de una aplicación práctica pueda ayudar a comprender conceptos teóricos complejos.

Finalmente, hacemos notar el especial interés de nuestra parte en utilizar los medios tecnológicos modernos, como el caso de proyectores, videos, audio, computadores, programas simuladores y elementos electrónicos, con lo que pretendemos hacer una demostración de cómo debemos poner la tecnología a nuestro servicio y beneficio.

## **CAPITULO 3:**

### **LA PRACTICA DE LAS ALTERNATIVAS DE APRENDIZAJE**

#### **Introducción**

En el capítulo precedente se plantearon las alternativas pedagógicas que deberán ser puestas en práctica para luego verificar su efectividad, y de no ser así realizar las mejoras y ajustes correspondientes, siempre con un objetivo en mente, lograr la aplicación de los conocimientos.

En una propuesta inicial, procedimos aplicar cada una de las alternativas, en la secuencia tal y como fueron nombradas y especificadas anteriormente. Luego de realizar las encuestas de evaluación, podremos determinar si es necesario aplicar varias alternativas en forma paralela.

La opinión de los estudiantes y sobre todo los resultados de la aplicación de los métodos de enseñanza - aprendizaje, los evaluamos por medio de encuestas ejecutadas en forma permanente y sobre cada uno de los grupos de trabajo.

En el ANEXO 2, se presenta el proceso de aplicación de las alternativas y el plan de trabajo general a desarrollar.

#### **3.1 Ejecución de la alternativa pedagógica 1 (Uso de medios audio visuales)**

Para llevar a cabo ésta alternativa, se han buscado y luego seleccionado videos que presenten las aplicaciones de los sistemas automáticos en diferentes ámbitos tanto técnicos como también no técnicos.

Como una manera de dar a conocer las primeras aplicaciones (y la antigüedad) de los conocimientos relacionados con teoría de control, se ha creído conveniente observar un video sobre los logros alcanzados por los Hermanos Wright en las primeras décadas del pasado siglo veinte. Además este documental hace hincapié en el auto aprendizaje y como este puede fructificar en algo útil cuando se lo acompaña de la dedicación y de la convicción por alcanzar un determinado objetivo. La relación con la teoría de control es importante puesto que mucho se mencionan las técnicas de control que los hermanos

aprendieron a dominar (en forma seguramente empírica) para llegar a construir la primera maquina voladora.

Luego de haber observado éste video se procedió a realizar un análisis sobre las dificultades de control que experimentaron cuando trataban de estabilizar las variables más importantes del vuelo, y como pudieron solucionar esas dificultades.

Los grupos con los que se trabajo, fueron los de Ingeniería Mecánica y Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. Se debe hacer notar que el número de estudiantes de estos dos grupos es radicalmente diferente, el primero de ellos es de 12 estudiantes, mientras que el segundo grupo es de 32 estudiantes. Este factor resultó ser importante en el nivel de participación ya que en el grupo reducido este nivel fue del 80 % y en cambio en el grupo numeroso el nivel fue de apenas entre el 15 y el 20 %. Sin embargo, la forma en la cual las preguntas planteadas por el profesor fueron respondidas, presenta pocas diferencias entre estos dos grupos.

De las preguntas que se tenían preparadas, solamente algunas de ellas fueron tratadas, ya que el tiempo de dos horas resultó ser insuficiente, y además se tuvieron que responder algunas incógnitas asociadas a las preguntas principales y que no estuvieron previstas. De todas formas parecía conveniente resolver esas incógnitas por que de todas formas se relacionaban con ciertos aspectos teóricos importantes.

A continuación presentamos las preguntas que se analizaron:

- 1.-Cuál era el nivel de estudios de los hermanos Wright y cuál fue la influencia de sus padres
- 2.-Cuales fueron las variables que pretendían controlar
- 3.- Cuales fueron los problemas de estabilidad que enfrentaron
- 4.-Como solucionaron esos problemas de estabilidad
- 5.-Qué método de investigación utilizaban
- 6.-Como adquirieron destreza en el manejo de las aeronaves
- 7.- Conclusiones de lo observado

Aunque inicialmente esta alternativa pedagógica que se fundamenta en la observación y debate de un video pretendía motivación e interés por la asignatura, parece que este objetivo no se lo alcanzó propiamente, sino que mas bien se puso de manifiesto la importancia histórica de los conocimientos tanto empíricos como científicos y su

aplicación en las primeras épocas de la tecnología moderna. Al menos así parece que lo entendieron la mayoría de estudiantes.

Recordemos nuevamente que la Teoría de Control se encuentra matizada con un considerable porcentaje de la ciencia básica poco valorada lo que trae consigo poco interés por estudiarla.

Esto nos indica que la motivación no es tarea fácil de conseguir pero de todas maneras se ha de insistir su búsqueda si queremos que al final se aplique lo aprendido.

### **3.1.1 Los problemas encontrados (alternativa 1)**

En la primera ocasión que se probó esta alternativa encontramos lo siguiente:

- El tiempo de duración del video completo es 45 minutos, lo que resulta demasiado extenso para dar espacio a un mejor debate en el que se respondan las preguntas con más y mejores fundamentos teóricos.
- Así mismo, este tiempo de duración parece provocar la pérdida de interés por parte del estudiante en los últimos minutos de video que lamentablemente son aquellos en los cuales se hacen importantes comentarios y se obtienen conclusiones.
- Por falta de tiempo no se responden todas las incógnitas.
- No se utilizó ninguna bibliografía de apoyo.
- No se logra en forma efectiva la motivación, se debe complementar con otras técnicas pedagógicas.

### **3.1.2 Las mejoras futuras**

Tomando en cuenta los problemas antes mencionados se proponen las mejoras:

- En lugar de un video completo, observar solamente un segmento seleccionado de acuerdo a su importancia de relación con la teoría.
- Especificar con anterioridad los conceptos teóricos que se utilizaran para analizar el video, teniendo la precaución que ellos se encuentren en los textos de apoyo toda vez que se los deberá disponer en clase.
- Parece conveniente que las preguntas a ser analizadas se las presente a los estudiantes antes de la observación, para que así puedan buscar los puntos teóricos relacionados más importantes.

- Mantener la metodología durante todo el ciclo de estudio, esperando que realmente ellos representen una motivación para la aplicación.

Para la siguiente oportunidad en la que se ejecutó la alternativa 1, se ha seleccionado un video que trata sobre la tecnología de los trenes de alta velocidad y más específicamente los sistemas de levitación magnética. Como bibliografía de apoyo se recurrió a los textos de Gene Hostetter y de Benjamin Kuo que tratan sobre este tema. El primero de ellos plantea el control de los sistemas de transporte y nos indica un modelo aproximado de un tren de levitación; y el segundo texto presenta el problema de levitar una esfera metálica, y que lo resuelve de tres maneras diferentes con la finalidad que podamos diferenciarlas entre cada una de ellas.

Se han formulado únicamente tres temas a ser resueltos por los estudiantes, para luego presentar el correspondiente informe:

- Analizar las variables involucradas en el problema de levitación
- Plantear los modelos físicos y matemáticos
- Deducir las posibles aplicaciones de los sistemas de levitación.

Para el momento en el que se realizó éste trabajo, todavía no se revisaban las teorías de análisis de estabilidad, razón por la cual no se las incluyó en las preguntas.

El tiempo que se estableció para la entrega de las preguntas resueltas fue de una semana, y además se proporcionaron copias de los videos para que los estudiantes tengan la oportunidad de observarlos en sus sitios de estudio las veces que creyeran necesario o para que puedan tomar apuntes mas detallados.

En la tercera aplicación de la alternativa, se realizó la observación de varios segmentos de videos, cada uno de ellos presentando un determinado campo de aplicación de los sistemas automáticos, tanto en el área industrial y tecnológica de desarrollo como también en el ámbito doméstico. La finalidad de esta especie de mezcla es llamar la atención en forma diversa así como pueden ser diversos los campos de interés de los estudiantes. Por ejemplo, algunos alumnos les podría llamar la atención lo relacionado con el desarrollo de los controles de los autos de competencia, mientras que a otras personas les podría llamar la atención lo relacionado con el procesamiento de imágenes y su utilización en el control industrial.

A continuación presentamos el cuestionario que se entregó para su resolución en un período máximo de 10 días.

TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre:

Fecha:

Universidad:

Carrera:

TEMA: OBSERVACIÓN DE VIDEOS RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LA AUTOMATIZACION

PROCEDIMIENTO: En el CD proporcionado por el docente, observar los siguientes videos:

Casa2; conexión3; formu2; volador1 y volador2.

Luego de observar los videos indicados, desarrollar un documento en el cual se han de responder las siguientes preguntas:

- 1) Que entendería como gerencia automatizada de un hogar:
- 1) Comente sobre algunos equipos domésticos que utilizan el concepto de control en lazo abierto y en lazo cerrado.
- 2) Trate de estructurar un diagrama de bloques de alguna máquina doméstica controlada (preferiblemente alguna de las mencionadas en el video), ya sea en lazo abierto o cerrado.
- 3) ¿Cuál puede ser el futuro de los sistemas automáticos aplicados en el campo doméstico?
- 4) En la fabricación de aromas y sabores existe un proceso realimentado, para mejorarlos. ¿Cuáles podrían ser sus componentes?
- 5) De acuerdo a lo observado, ¿Cuáles son las nuevas herramientas utilizadas en la industria panificadora?
- 6) Plantea un diagrama de bloques de estos sistemas automatizados (sobre todo los relacionados con la producción de panecillos).
- 7) Busque información referente a los controladores utilizados en los modernos autos de competencia.
- 8) ¿Porqué ellos no fueron aceptados en las épocas iniciales del automovilismo?
- 9) Busque información sobre los componentes del control de tracción, y mencione los beneficios de su utilización.
- 10) ¿Cuáles pueden ser la problemáticas más importantes que se presentan en el control de avance y de elevación de un auto volador?

- 11) ¿Cuáles son los componentes básicos de un sistema de guiado en una autopista automatizada?
- 12) Mencione algunas ventajas y problemáticas de las autopistas automatizadas. }
- 13) Exprese sus comentarios, críticas y sugerencias sobre los videos observados.

Conjuntamente con los anexos de este trabajo se encuentra una copia en formato de CD de los videos utilizados (ANEXO 3).

Se puede notar que para esta ocasión no se realizó un debate o foro de discusión que pensamos es importante para recoger opiniones personales y sobre todo para dejar en claro como algunos conceptos teóricos son aplicados. La razón se debe a que el programa que seguíamos todavía no consideraba la inclusión de las alternativas pedagógicas y por lo tanto los temas de la materia tal como se revisan en las primeras clases no dan mucho lugar a variaciones. Recordemos que en el capítulo dos se propuso el programa a seguir en los siguientes ciclos de estudio.

La discusión posterior a la observación de los videos, nos permitiría una mejor evaluación del “saber” por parte de los estudiantes, y por que no decirlo también del docente que debe estar siempre atento a relacionar cualesquier detalle mostrado en los videos con la teoría revisada en clase o que se encuentra en la literatura de apoyo.

En este mismo esquema debemos indicar que la búsqueda de material didáctico audio visual que nos resulte útil para cátedras de estilo científico – técnico se dificulta debido a su escasa disponibilidad. Para solventar esta dificultad hemos recurrido a la televisión pagada, que nos trae la ventaja de la diversidad sobre los programas emitidos, algunos de ellos tendientes a la difusión de avances tecnológicos. Estos programas si bien no serán creados con todos los requisitos pedagógicos, podemos muy bien valernos de ellos si los complementamos con los conocimientos necesarios obtenidos de las fuentes más idóneas para un proceso de enseñanza, los libros.

Parece entonces indispensable que ésta alternativa pedagógica sea puesta en práctica de ser posible en forma conjunta con la segunda alternativa pedagógica, la lectura y análisis de documentos especializados en el área de control; y es así como se lo hizo, tema sobre el que trataremos posteriormente.



### **3.2 Ejecución de la alternativa pedagógica 2 (Lectura y análisis de documentos especializados)**

Mucha teoría presentando los conceptos teóricos la tenemos en los diferentes textos, así como también muchos ejercicios resueltos y por resolver. Algunos de estos ejercicios mencionan aplicaciones que pueden ser una realidad; pero ningún texto presenta aplicaciones reales que también mencionen algo que parece superfluo pero que tarde o temprano le da validez a lo que se estudia, los autores de esas aplicaciones. Por este motivo es que se ha visto conveniente recurrir a los documentos que pone a nuestra disposición la Sociedad de Ingenieros Eléctricos, Electrónicos y de Computación a nivel mundial (mas conocida como IEEE). En estos documentos se mencionan aplicaciones de hace varios años atrás así como aplicaciones actuales, y se dan interesantes detalles sobre las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las proyecciones futuras, lo que para nosotros y los estudiantes puede ser una fuente de actualización y expansión de la visión que tenemos sobre los campos de actuación de la teoría de control.

A diferencia de lo que sucede con los medios audio visuales de restringida disponibilidad con relación a temas de automatización y control, los documentos de la IEEE se diversifican en prácticamente todas las áreas científicas y técnicas que hoy conocemos; inclusive se llegan a abarcar hasta las áreas no técnicas, que como en algún momento se había mencionado pueden resultar de especial interés en nuestro medio desde el punto de vista de su aplicabilidad y desde el punto de vista de los incentivos para un aprendizaje significativo.

Un detalle que parece atentar con el uso de este apoyo pedagógico, es el idioma en el cual se presenta, el Inglés, que a decir de los estudiantes no les permite una adecuada comprensión de los conceptos; esto que parecería un problema mas bien debemos tratar de aprovecharlo como una manera de enlace con otra asignatura (Idioma Extranjero como la llaman actualmente). No cabe duda que el tiempo que nos toma hacer lectura de un texto en Inglés es mayor que si lo hacemos en Español, pero de todas formas los beneficios de haber aprendido al menos a leer ese idioma son indiscutibles.

Los temas de los documentos a ser revisados, han sido seleccionados de acuerdo a cada una de las carreras. Para esto nos valemos de las diferentes sociedades pertenecientes a la IEEE, y de las que ya comentamos en el capítulo dos.

A continuación un resumen de los temas seleccionados para cada carrera:

<b>CARRERA (Especialidad)</b>	<b>AREA TEMÁTICAS</b>
Ing. Automotriz	Control de tráfico Automatización de carreteras Controladores de abordó
Ing. Mecánica	Automatización Industrial Robótica y mecatrónica
Ing. Eléctrica	Control de sistemas de potencia (SEPs) Robótica Domótica
Ing. de Sistemas	Control aplicado a electromedicina Control no técnico Domótica

En el ANEXO 4, encontramos un compendio (de las primeras hojas) de los artículos entregados a los estudiantes para que los analicen y estructuren un informe. Para el desarrollo de estos informes, se ha pedido considerar los siguientes pasos:

**Primer paso:** Realizar la lectura de los resúmenes (Abstract) que se presentan al inicio de cada papper.

**Segundo paso:** Buscar información relacionada en los textos guía (Hostetter, Kuo, Ogata, etc) para facilitar su comprensión.

**Tercer paso:** realizar la lectura completa del documento, dando especial atención a los objetivos buscados, las pruebas realizadas y las conclusiones.

**Cuarto paso:** buscar información de apoyo en INTERNET.

**Quinto paso:** plantear los modelos físicos y matemáticos de los sistemas analizados.

**Sexto paso:** realizar un breve análisis referente a los autores de la aplicación revisada.

**Séptimo paso:** conclusiones personales sobre el tema analizado

**Octavo paso:** expresar recomendaciones para futuros trabajos de este tipo.

Un aspecto que debemos puntualizar es el uso de INTERNET. No se pretende con él reemplazar la lectura de los papers, sino que esperamos complementar algunos detalles que pudieran ser de difícil comprensión por el hecho de los problemas de traducción que pudieran presentarse. La información obtenida de la red no es completamente científica, pero tiene la ventaja de presentarse con los tópicos de la implementación práctica. Por

ejemplo cuando se mencionan los sensores inductivos ubicados en las superficies de las autopistas (para su automatización), este detalle pudiera no ser totalmente comprendido para quienes pertenecen a la ingeniería mecánica, pero si ellos revisan el principio básico de funcionamiento (información que si está disponible en INTERNET) seguramente que podrán ubicarlo correctamente de acuerdo a su finalidad y forma de trabajo dentro del entorno del sistema automático de guiado.

Algo también muy interesante y que obtenemos como valor agregado, es que podamos ponernos en contacto con los especialistas de la teoría de control moderna, ya que nos dan a conocer sus direcciones de correo electrónico, otra de las ventajas que debemos aprovechar de la tecnología moderna.

Como lo hicimos anteriormente, resumimos algunos de los problemas encontrados y que trataremos de resolver.

### **3.2.1 Los problemas encontrados (alternativa 2)**

- El idioma utilizado en los documentos. No queriendo decir que en si el idioma Ingles es el problema, sino mas bien hacemos referencia a la poca preocupación de un grupo de estudiantes por valorar adecuadamente su importancia y aprendizaje.
- Por falta de tiempo, no es posible realizar la lectura de varios documentos en cada semana de trabajo. Es más, con dificultad se ha logrado revisar un documento cada quince días.
- Algunos estudiantes al no poder leer los documentos, recurren exclusivamente a INTERNET, perdiendo el carácter científico del tratamiento del tema.
- La falta de costumbre por parte de los estudiantes para aceptar y analizar la información altamente especializada.

### **3.2.2. Las mejoras futuras**

- Con relación al idioma, no podemos hacer mucho, pero como una propuesta de beneficio también personal, creemos conveniente escoger algunos artículos cuya aplicación sea importante en nuestro medio, para traducirlos completamente tratando de no cometer errores que comprometan la comprensión de los conceptos teóricos.

- Poner a disposición de los estudiantes, los artículos traducidos para proceder a su análisis y búsqueda de aplicaciones asociadas.
- Coordinar con los docentes de las asignaturas de idioma extranjero para que en lo posible aborden temas de carácter técnico en sus clases.
- Recomendar los sitios WEB, que mejor se acoplen a los objetivos pedagógicos buscados, reduciendo el tiempo perdido por búsquedas inútiles y poco científicas.
- Sugerir a los docentes de materias similares que consideren el uso de material especializado, para fomentar una cultura de aprecio al conocimiento científico.

Los resultados (pero de todas maneras momentáneos) de la aplicación de la segunda alternativa los presentaremos luego de evaluar las encuestas realizadas a los estudiantes de cada uno de los grupos.

### **3.3 Ejecución de la alternativa pedagógica 3 (El uso de software de simulación)**

A diferencia de las alternativas pedagógicas anteriores, el uso de los programas simuladores busca agilizar ciertos procedimientos que por su naturaleza gráfica consumen una considerable cantidad de tiempo. Casos como la graficación de las respuestas en el tiempo y las gráficas de lugar de raíces son posibles de resolver en forma manual, pero los resultados obtenidos no siempre son adecuados para sobre ellos realizar conjeturas precisas. La problemática propiamente no radica en la falta de capacidad para realizar un gráfico, sino en la disponibilidad de herramientas de graficación. Podríamos mencionar como ejemplo las respuestas oscilatorias en las que debemos tener mucha paciencia para dibujar las diferentes ondas que la constituyen para luego sacar nuestras propias conclusiones y correcciones si la respuesta temporal no es satisfactoria. Problema adicional es el tiempo necesario para la realización de varias gráficas, que en el caso de los sistemas ajustables puede resultar en tres o cuatro intentos hasta llegar a cumplir condiciones previamente establecidas.

Entonces, como una manera de optimizar el tiempo de diseño de un sistema de control, y sobre todo para la mejor presentación de las gráficas, podemos recurrir a las herramientas computacionales, sin dejar de lado el conocimiento teórico básico que nos

permita discriminar adecuadamente los resultados entregados por esas herramientas de apoyo al cálculo.

En nuestro medio es bien conocido el programa Matlab, del cual se disponen manuales de uso y además la mayoría de textos de Teoría de Control traen secciones dedicadas a la resolución de ejercicios con este programa. Como parte de Matlab encontramos el simulador Simulink que por medio de un entorno gráfico nos permite estructurar sistemas de control tal y como lo hacemos en forma manual. Esta forma de comunicación con el usuario es muy fácil de asimilar y resulta incluso amena para quienes utilizan los simuladores por primera ocasión.

El momento adecuado desde el cual debemos aplicar esta alternativa tiene relación con el avance progresivo de la materia, mas concretamente, será necesario haber revisado los conceptos teóricos que nos enseñan como aplicar la transformada inversa de Laplace para la obtención de las señales de salida de un sistema de control. Es evidente que además se debería haber adquirido la destreza básica para formular los modelos físicos y sus correspondientes modelos matemáticos, conocidos como funciones de transferencia.

Antes de proceder a la aplicación del software de simulación en la resolución de los ejercicios de control, se debe realizar una introducción a su utilización. En esta introducción se explican sobre todo las maneras como se pueden ingresar los datos de acuerdo a las diferentes operaciones matemáticas que deseamos realizar. Para nuestros propósitos nos interesan sobre todo las operaciones relacionadas con los polinomios y sus raíces, las matrices y determinantes, las fracciones parciales y procedimientos de integración y derivación. Con unos pocos ejemplos rápidamente nos introducimos en el entorno del Matlab para poder continuar con un proceso de autoaprendizaje efectivo. Nos podemos valer también de los manuales de usuario y de las ayudas incluidas en el mismo software que muy convenientemente se acompaña con ejemplos de aplicación de variadas temáticas.

Un detalle interesante de mencionar, es que ningún estudiante expreso quejas con respecto a falta de comprensión sobre como utilizar el software, o como aplicarlo para resolver diversos problemas matemáticos relacionados con la teoría de control.

Luego de haber trabajado durante dos sesiones de clase con el apoyo del software para comprobar las respuestas temporales obtenidas por medio de un método manual, los estudiantes tienen la capacidad suficiente para ellos mismo poder utilizarlo como herramienta de comprobación y apoyo para los ejercicios propuestos que se les pide resolver y presentar en forma escrita. A pesar que algunos de los textos no consideran el uso de Matlab en la resolución de sus ejercicios propuestos, esto no significa que no lo podamos utilizar. Es más, se han podido detectar algunas fallas en los gráficos presentados en alguno de los textos utilizados, así como también incongruencias entre las respuestas en el tiempo y las funciones de transferencia que deberían corresponderlas. No son fallas condenables (falta o cambio de un exponente, superíndices mal escritos o ilegibles, etc), y podríamos decir que hasta son normales durante los procesos de traducción e impresión, pero si podemos darnos cuenta de estos defectos y corregirlos, mucho mejor para nosotros.

Ahora, indicaremos la manera en la cual se utilizó la alternativa pedagógica en clase.

En la primera instancia se procedió de acuerdo a los siguientes pasos:

**Primer paso:** se plantea un ejercicio y se lo resuelve completamente en forma manual

**Segundo paso:** se analizan los resultados obtenidos

**Tercer paso:** se inicia el software y se indican los procedimientos de introducción de datos y los comandos necesarios para determinado procedimiento.

**Cuarto paso:** se obtienen las respuestas con el software

**Quinto paso:** se comparan los resultados obtenidos con el software con los resultados obtenidos en forma manual. Se analizan las coincidencias y diferencias

En la segunda ocasión de aplicación de la alternativa, lo hicimos así:

**Primer paso:** Se plantea y resuelve manualmente el ejercicio

**Segundo paso:** se analizan los resultados

**Tercer paso:** se resuelve el problema con uso del software

**Cuarto paso:** se comparan los resultados y se analizan coincidencias y diferencias

**Quinto paso:** se analizan las ventajas al utilizar el software con respecto a los métodos de solución manual.

En la tercera ocasión se procedió de la siguiente manera:

**Primer paso:** Se plantea y resuelve manualmente el ejercicio únicamente en su parte matemática pero no gráfica.

**Segundo paso:** se analizan los resultados por el momento en forma de ecuaciones.

**Tercer paso:** Se preparan los datos y se introducen en el software, pero no se obtienen las respuestas.

**Cuarto paso:** antes de obtener las respuestas se pide a los estudiantes que imaginen las respuestas que entregara el software. Deberán realizar un boceto de esas respuestas.

**Quinto paso:** se obtienen las gráficas de respuestas temporales con el software.

**Sexto paso:** se verifican o comparan los resultados obtenidos con los resultados esperados.

Para posteriores aplicaciones se pensó en realizar la resolución únicamente por medio del software, pero luego de analizarlo con más detenimiento, sería mas conveniente continuar con un proceso de resolución manual, al menos de ciertos procedimientos matemáticos, con la finalidad de recalcar la importancia del conocimiento de conceptos básicos que nos permitan visualizar las formas de funcionamiento de los diferentes tipos de sistemas inclusive si no realizamos ninguna gráfica manual.

Para el caso de los sistemas ajustables, es decir aquellos en los que se tiene cuando menos un parámetro variable, lo más conveniente parece ser la solución manual completa por una ocasión de tal forma que podamos detectar el tipo de sistema ante el cual nos encontramos y así comprender mejor las respuestas que nos presentará el simulador cuando lo utilicemos sucesivamente realizando cambios en sus parámetros.

Al trabajar sobre los sistemas ajustables es donde mejor podemos comprender las ventajas de uso del software, al poder realizar cambios de uno o varios parámetros sin que esto represente una gran carga de trabajo manual de cálculo y graficación.

Luego de haber puesto en práctica esta alternativa pedagógica durante las sesiones de clase para la resolución de ejercicios en compañía de los estudiantes, se pensó conveniente enviar un trabajo en el cual ellos deban utilizarlo para resolver una determinada problemática.

A continuación se presentan los detalles de este trabajo, que tenía como objetivo principal probar las capacidades del software como una herramienta de apoyo para determinar funciones de transferencia. Por razones de tiempo y considerando que no se habían contemplado tareas extras en el programa original de la materia, este trabajo se lo envió únicamente a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Sistemas.

## TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre:

Fecha:

Universidad:

Carrera:

TEMA: OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL FENÓMENO DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN UTILIZANDO EL SOFTWARE MATLAB Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON SIMULINK

### OBJETIVOS Y PROCEDIMIENTO:

La intención de este trabajo es la determinación de una función de transferencia que represente el crecimiento de población de nuestro país. Luego sobre ese modelo realizaremos los análisis de estabilidad típicos y en función de los resultados obtenidos se podrán emitir recomendaciones tendientes a poder controlar la población de acuerdo a condiciones preestablecidas.

Para la obtención del modelo matemático en el dominio “S” de Laplace, inicialmente se tomaran en cuenta las respuestas temporales que esperamos del sistema controlado. Por ejemplo lo que parece lógico es que la salida del sistema sea principalmente estable, pudiéndose escoger dentro de esta premisa respuestas sobre amortiguadas o críticamente amortiguadas.

Por medio de un proceso iterativo, podemos utilizar el Matlab para plantear modelos cuyas respuestas temporales se ajusten a lo que esperamos. Estos ajustes se los aplicará sobre las constantes del modelo propuesto, el cual podrá ser de primer orden, segundo orden, o de orden superior, dependiendo del tipo de respuesta temporal que suponemos es la que mejor se acopla a las condiciones de desarrollo y evolución de una sociedad.

Para seguir un proceso sistemático, recomendamos seguir los siguientes pasos.

- 1) Averiguar los diferentes modelos de crecimiento de población en forma de ecuaciones diferenciales.
- 2) Analice el significado de cada una de las constantes involucradas en estos modelos diferenciales.
- 3) Identifique el coeficiente que representa el índice anual de crecimiento poblacional.



- 4) Averiguar el índice anual de crecimiento en nuestro país actualizado al año 2006. Para este propósito puede recurrir al INTERNET.
- 5) Averiguar la población actual de nuestro país.
- 6) Considerando la población actual, una población final proyectada al año 2020 de 20 millones de habitantes y el índice anual de crecimiento, pruebe (varias veces si es necesario) con un modelo de primer orden en el dominio de Laplace, cuya señal de salida sea estable y cumpla con la condición de proyección (al año 2020).
- 7) Cada una de las pruebas o intentos que realice debe hacerlo con el simulador, siempre tomando nota de lo sucedido con cada modelo y especificando las constantes utilizadas.
- 8) Luego realice los intentos con un modelo de segundo orden, siempre haciendo notar las diferencias observadas con respecto al modelo anterior.
- 9) Plantee modelos realimentados con la finalidad de obtener señales de salida acorde con las señales de referencia.
- 10) Trate de imaginar como deben ser ejecutadas las acciones de realimentación y compensación en el supuesto caso que se pueda poner en práctica el control de población en nuestro país.
- 11) Expresar sus opiniones al respecto del control de población.
- 12) Expresar sus comentarios, críticas y sugerencias sobre el trabajo realizado.

Vale la pena mencionar, que de los dos grupos sobre los que se ejecutó esta alternativa, el que mejor respondió, fue el grupo de Ing. de Sistemas de la U. de Cuenca. Sobre todo un grupo de estudiantes que al parecer el apoyo del software de simulación lo aprovecharon eficazmente y pudieron rápidamente establecer interesantes modelos de crecimiento de población. Además se hicieron planteamientos para obtener modelos más avanzados que tomen en cuenta las condiciones medio ambientales más importantes, como son la disponibilidad de alimentos o las condiciones de salud a nivel comunitario.

El objetivo que los estudiantes realicen sus propias deducciones y planteamientos parece haberse logrado.

### **3.3.1 Los problemas encontrados (alternativa 3)**

No podemos decir que el uso del software de simulación represente por si mismo un problema; ya se mencionó antes que las facilidades de utilización son variadas de tal manera que con algo de práctica se alcanza un nivel de dominio importante por lo que resulta agradable trabajar con esta herramienta de apoyo. Pero el problema del cual debemos cuidarnos es la confianza desmedida de los resultados obtenidos por el software, lo que nos puede llevar a no meditar sobre lo que observamos.

Existen otras situaciones de menor importancia pero vale la pena tomarlas en cuenta, de modo que las resumiremos a continuación.

- Necesidad de tiempo extra para revisar los comandos necesarios para aplicar el software de acuerdo a una determinada aplicación.
- Obligación de la disponibilidad de un computador personal.
- Peligro de llegar a conclusiones equivocadas si no tenemos la precaución en la introducción de los datos.
- Confiar ciegamente en los resultados y no analizarlos.
- Minimizar o desvalorizar la importancia de los conocimientos científicos básicos.

Como vemos, no son problemas irresolubles, pero somos justamente nosotros los docentes que debemos estar preparados para buscar las soluciones si es que alguno de los problemas comienza a volverse persistente.

### **3.3.2 Las mejoras futuras**

Tomemos en cuenta lo siguiente:

- Antes de proceder a utilizar un software de simulación, debemos conocer bastante bien los conceptos teóricos.
- Detenernos a analizar si las respuestas obtenidas son compatibles con los diferentes tipos de sistemas de control.
- Conocer la forma en la cual el software trabaja para resolver los problemas que se plantean.
- Conocer las limitaciones de cálculo del software.
- Recalcular la importancia de las ciencias básicas en el desarrollo científico y tecnológico y en el desarrollo del mismo software de simulación.

### **3.4 Ejecución de la alternativa pedagógica 4 (El diseño y construcción de un controlador real)**

La implementación de un sistema de control práctico persigue algunas finalidades. La primera de ellas es la más obvia y generalmente asociada a los típicos trabajos prácticos, es decir, aplicar los conocimientos aprendidos. Pero en nuestro caso buscamos también otra finalidad, aquella relacionada con la valoración de la influencia de los sistemas de control en la vida moderna tanto en las áreas tecnológicas como sociales.

Esperamos también obtener beneficios adicionales, como son experimentar con nuestras propias capacidades para realizar aquello que en teoría podría parecer demasiado complejo. Este factor podría elevar el nivel de auto estima al verificar que no solamente los técnicos o científicos de otros lugares son los que pueden poner en práctica los conocimientos avanzados.

Tampoco podemos olvidar aquello de lo que tanto hemos tratado y que hemos intentado aplicar en nuestros métodos de enseñanza, la “mediación”.

Concluir adecuadamente trabajos de este tipo nos permitirá una mejor valoración de los “saberes”; sobre todo el saber hacer, el cual a su vez es el principal problema que pretendemos resolver.

#### **3.4.1 Selección de tipo de controlador a implementar por parte de los estudiantes**

Desde el punto de vista teórico existe una amplia gama de controladores, todos ellos susceptibles de ser puestos en práctica; pero naturalmente por efectos de tiempo no podemos probarlos a todos, así que debemos escoger al menos uno en el cual se puedan verificar los principios más importantes que se revisan en la teoría. Son los sistemas realimentados y configurados como controladores de tipo proporcional los que nos permiten probar los efectos de la señal de error sobre la planta controlada. Desde el punto de vista práctico, todo sistema de control real, debe al menos responder a este tipo de configuración. Pero si deseamos observar otras formas de respuestas en el tiempo como son las respuestas sobre y sub amortiguadas, deberíamos recurrir a un sistema de segundo grado. Además la ventaja de un sistema de grado dos, es la similitud con los modelos físicos constituidos por masa, resorte y amortiguador así como también los circuitos eléctricos que contienen resistencia, inductancia y capacitancia. Para el caso de

los estudiantes de ingeniería Eléctrica y Mecánica, la obtención de los modelos no representaría un gran problema pues estamos trabajando con modelos y elementos bien conocidos por ellos.

Para poder comprobar los efectos de la variación de los parámetros sobre la estabilidad, sería recomendable disponer de un sistema ajustable. Es decir un controlador que nos permita cambiar parámetros en un amplio rango como para llevarlo al sistema a condiciones de estabilidad, total inestabilidad o de estabilidad marginal. Los sistemas de control proporcional – integral – diferencial (PID), son los más conocidos y fáciles de implementar que cumplen con este amplio rango de variación de parámetros.

En definitiva, por las razones expuestas anteriormente parece conveniente construir un sistemas de control en lazo cerrado con un compensador de tipo PID, sobre el cual podríamos modificar sus tres constantes (proporcional, integradora y derivativa).

Quedaría por resolver sobre el tipo de planta controlada, que será la que reciba las acciones de control y la que nos ayude a observar los fenómenos típicos de los sistemas realimentados. Como una primera propuesta, y valiéndonos de la experiencia recogida en los últimos años, los motores de corriente continua parecen ser la mejor opción. Para las carreras de Ingeniería Eléctrica, Automotriz y Mecánica, estas maquinarias no son algo desconocido pues todas hacen uso práctico de ellas. Un problema podría ser el caso de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, que poseen muy poco conocimiento al respecto de maquinarias electromotrices.

Si consideramos la modelación, diríamos que la obtención de un modelo de la máquina eléctrica es tarea sencilla para quienes cursan la Ingeniería Eléctrica, pero ya no tan sencillo para quienes lo hacen en la Ingeniería Mecánica. A pesar de que solemos recalcar la gran similitud existente entre estas dos Ingenierías, esta no siempre es bien entendida por los estudiantes o mejor dicho no siempre es bien aceptada.

Peor situación se podría presentar con los estudiantes de Ingeniería de Sistemas.

Para obviar algunos de estos problemas, sería aconsejable analizar otro tipo de planta controlada.

Para el momento en el cual se envió este trabajo a los estudiantes para que lo desarrollen, ya se había avanzado en la construcción de un equipo controlador didáctico

destinado a demostraciones de las acciones de control. El equipo se lo diseñó para controlar velocidad, lo que obligaba a colocar un motor como planta controlada. Pero para efectos de pruebas de funcionamiento se lo reemplazo al motor por una lámpara incandescente. Estaríamos hablando de un control de flujo luminoso.

Cuando el sistema (equipo) así construido se los presento a los estudiantes, para sobre él obtener el modelo matemático y luego demostrar las diferentes formas de las señales de salida (o señales controladas), nos pudimos dar cuenta que todos los estudiantes podían muy fácilmente observar como la luminaria (lámpara incandescente) cambiaba su intensidad de acuerdo a las acciones compensadoras del sistemas de control en lazo cerrado.

En este momento se decidió que la planta controlada en los trabajos prácticos a realizar, debería ser una luminaria debido a que sobre ella podemos observar sin la necesidad de un equipo de graficación de ondas (caso osciloscopio) las variaciones de las formas de control de acuerdo a las variaciones de los parámetros.

De una manera no planificada hemos logrado determinar cuál variable debíamos controlar en el trabajo práctico y que cumpla con la condición de fácil observación de los efectos de las señales involucradas en los sistemas automáticos.

Adicionalmente, para aprovechar los conceptos y conocimientos de la teoría de control digital y que está considerada en la parte final del programa en la carrera de Ingeniería de Sistemas, se plantea que el compensador PID se lo implemente en formato discreto (PID digital), de tal manera que los estudiantes trabajen en un entorno al cuál están acostumbrados. Desde el punto de vista de la modelación y los análisis matemáticos necesarios para el entendimiento y puesta en práctica de un sistema digital, se deberá esperar hasta que se hayan revisado los conceptos teóricos. Por ejemplo la teoría de los convertidores analógico-digital y digital – analógico, es fundamental para poder concebir la manera en la cual se tomarán las muestras (proceso de muestreo) y su posterior procesamiento matemático. Igualmente las acciones de control han de llegar hasta la planta controlada en formato analógico gracias al conversor D/A y un amplificador de señal.

Luego de haber realizado la demostración del control de flujo luminoso con el equipo de pruebas analógico, se pudo dar a entender cuales eran los propósitos y como debería funcionar el controlador digital. Los estudiantes también pudieron verificar visualmente

la compatibilidad entre las respuestas temporales teóricas y las respuestas temporales reales o prácticas.

A pesar que se tenía planeado que los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas no realicen el montaje del sistema de control práctico, sino que mas bien realicen las prácticas sobre el modulo de pruebas analógico previamente construido, supuestamente por su falta de práctica en el montaje de circuitos electrónicos, hemos pensado que si se ponen en práctica los conocimientos adquiridos en asignaturas como electrónica (analógica y digital) y microprocesadores, no sería difícil que puedan construir un controlador incluso de tipo digital. Es más, si recordamos un importante detalle de las técnicas pedagógicas, aquel que tiene que ver con los conocimientos que ya poseen los estudiantes (o como se decía, que debemos partir de los conocimientos previos) podemos optar por la implementación del controlador digital con una computadora personal. Así estaríamos involucrándonos todavía mas en el mismo entorno de los estudiantes, para quienes puede resultar relativamente fácil programar con algún software de alto nivel, un compensador de tipo PID que funcione de manera similar a un compensador PID analógico.

Otro aspecto digno de mencionar, es que un importante grupo de estudiantes sugirieron realizar este trabajo práctico, y seguramente lo hicieron al observar que era factible y estaba dentro de sus posibilidades y conocimientos. Lo único que requerían para llegar a concluir la tarea en forma satisfactoria, era ayuda con el diseño inicial de cada uno de los componentes del controlador digital, sobre todo los que tienen que ver con la conversión de señales y comunicación con la computadora personal.

Por lo indicado, se planteó como trabajo final del ciclo de estudio para este grupo de Informática que realicen el controlador PID digital de flujo luminoso, estableciendo un tiempo de tres semanas para su conclusión, claro esta con la ayuda por parte del profesor, de los diseños electrónicos que deberían implementar.

Es así que se procedió al diseño y pruebas preliminares de interfaces de conversión A/D y D/A y de enlace serial con la PC, basándonos como se mencionó anteriormente en los conocimientos previos de los estudiantes, para que así puedan comprender el funcionamiento de estos dispositivos electrónicos.

En el ANEXO 5 se presenta el diagrama de bloques de este controlador digital, y a continuación mostramos un manual de montaje y ajuste de este sistema que pensamos

necesario realizarlo y ponerlo a disposición de los estudiantes para evitar fallas funcionales y para que se puedan guiar en el proceso de montaje.

### **3.4.2. Herramientas de apoyo para el montaje del controlador digital práctico**

TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre:

Fecha:

Universidad:

Carrera:

TEMA: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR (PID) DE FLUJO LUMINOSO POR MEDIO DE COMPUTADORA PERSONAL

PROCEDIMIENTO :

Construir un conversor D/A de tipo red de resistencia R-2R, y medir los voltajes de salida cuando se envían por el puerto paralelo diferentes valores numéricos entre 0 y 255.

Conectar un seguidor de voltaje y un amplificador no inversor en cascada.

Ajustar el voltaje de salida por medio de un amplificador no inversor de tal manera que cuando se envíe el número 255 por el puerto se obtengan aproximadamente 10 voltios.

Conectar las luminarias por medio de seguidores de voltaje, y probar que ellas se enciendan en forma proporcional con respecto al número decimal entre 0 y 255 que se envía por el puerto paralelo (se ha construido un controlador proporcional en lazo abierto).

Colocar en la caja en la cual se encuentran las luminarias, una foto resistencia que servirá como sensor de la cantidad de luz.

Conectar en serie con la fotoresistencia una resistencia fija escogida de tal manera que el voltaje de realimentación VR varíe entre 0,5 y 4 voltios aproximadamente (ver conexión en los diagramas adjuntos).

Montar el circuito con el microcontrolador y el interface MAX232.

Conectar la señal VR al canal AN0 del microcontrolador.

Programar el PIC de tal manera que actúe como conversor A/D de 10 bits y como transmisor serial.

Para efectos de prueba, en lugar de la fotorresistencia, se puede colocar momentáneamente un potenciómetro de 5000 ohmios y realizar lecturas por medio de un software adecuado implementado en la PC.

Los valores decimales leídos en la PC deberán corresponder con la equivalencia entre 5 voltios y el número 1024 que es el mayor número que podemos representar con 10 bits. Es decir que si VR es de 2,5 voltios el valor leído deberá ser 512, o si VR es 1 voltio, el valor leído deberá ser 205.

Realizar un software de pruebas por medio del cual se envíen valores decimales (entre 0 y 255) por el puerto paralelo y a continuación hacer lectura del puerto serie que contiene la información (entre 0 y 1024) decimal proporcional a la cantidad de luz dentro de la caja de pruebas.

Luego de verificado el funcionamiento correcto de las señales de salida y de ingreso, diseñar e implementar un controlador de tipo proporcional, cuyo valor de referencia pueda ser escogido desde el computador. Se podrá trabajar con valores porcentuales del flujo luminoso. Por ejemplo si le pedimos al sistema un 50 % de flujo luminoso, se puede entender que deseamos que las luminarias se enciendan a la mitad de su máxima intensidad luminosa y que se mantenga en ese valor a pesar de los disturbios externos.

Luego de probado el control proporcional, implementar un controlador proporcional integral, y realizar las pruebas de funcionamiento.

Realizar el informe correspondiente.

Llenar el cuestionario de preguntas proporcionadas por el profesor.

## DETALLES DEL MONTAJE DEL SISTEMA

### a) CONVERTOR D/A.

Montar una red de resistencias R-2R, que cumplirá la función de conversor digital – analógico. La salida de voltaje que se obtiene de este conversor es proporcional al código binario que se ingresa a la red y que se lo obtiene del puerto paralelo de un computador personal. Cuando el ingreso al conversor es 11111111 binario, correspondiente al número 255 decimal, el voltaje VS1 (ver diagrama adjunto) se aproximará a 5 voltios. Para mejor comprensión del funcionamiento de este tipo de conversor se deberá revisar la teoría correspondiente en el texto Sistemas de Control (G. Hostetter), pagina 486.

Debido a que el voltaje VS1 no proviene de una red de resistencias, su corriente es insuficiente como para ser utilizado para alimentar una carga; por tal motivo se ha



colocado un seguidor de voltaje constituido por un amplificador operacional. Este seguidor, ha de mantener el nivel de voltaje pero aumentará la corriente de carga.

Se hace notar que este amplificador operacional se encuentra integrado en el circuito LM324, que contiene cuatro amplificadores operacionales (ver diagrama). El mencionado circuito integrado posee dos terminales de alimentación (pines 4 y 11) comunes a todos los cuatro operacionales. Es decir que al conectar el pin 4 a  $V_{cc} = 12$  voltios y el pin 11 a tierra, ya se energizarán todos los amplificadores interiores y estarán listos para funcionar.

Se debe recordar que la salida de los puertos paralelos LPT, generalmente no es de 5 voltios para el uno lógico, razón por la cual se pueden dar variaciones de voltaje entre una y otra computadora.

Para evitar este problema, a continuación del seguidor de voltaje tenemos un amplificador no inversor cuya ganancia es igual a:  $1 + R2 / R1$

Es decir que podemos realizar un ajuste del voltaje de salida hacia la carga de acuerdo a las necesidades. Para nuestro caso se recomienda que el voltaje de salida no sobrepase los 10 voltios. Por ejemplo si ajustamos el potenciómetro de ajuste en aproximadamente 3300 ohmios el amplificador actuará duplicando el voltaje de ingreso. Si suponemos que el código binario que se obtiene del puerto paralelo corresponde al número 128, el voltaje de salida del convertor D/H llamado VS1 se aproxima 2,5 voltios y consecuentemente el VS2 será de aproximadamente 5 voltios. Este nivel de voltaje ya es suficiente para alimentar al conjunto de luminarias constituidas por los diodos emisores de luz (leds), conectados en paralelo; pero para evitar sobrecarga de corriente en los operacionales, se ha colocado dos operacionales como seguidores de voltaje, cada uno alimentando a grupos de 4 leds.

## b) LA REALIMENTACIÓN

La señal de realimentación de nuestro sistema, la obtendremos de una red de resistencias constituida por una resistencia variable con la luz (LDR) y por una resistencia fija (que se puede colocar en serie con un potenciómetro para efectos de ajuste). El voltaje que se obtiene de esta red, indicado como VR en los diagramas es proporcional al nivel de flujo luminoso proporcionado por las luminarias. Es decir, que cuando los leds se encuentren completamente encendidos, el voltaje VR se deberá acercar a 5 voltios, y cuando los leds se encuentren completamente apagados el voltaje VR deberá ser aproximadamente 0 voltios.

Se recomienda que luego de haber colocado la foto resistencia y las luminarias en la caja de pruebas, se la encienda completamente y se realice la medición de el rango de variación del voltaje VR con un voltímetro. En esta prueba el sistema de control estará funcionando en lazo abierto.

a) CONVERTOR A/D

Para convertir la señal de realimentación (analógica) a formato binario, se utilizará un microcontrolador PIC programado como conversor A/D; el cual dispone de cinco canales analógicos (AN0.....AN4), que pueden ser escogidos de acuerdo a las necesidades. Por el momento se utilizará únicamente el canal AN0 en el que se ha conectado la red que contiene la LDR y que cumple la misión de realimentación.

Como resultado del proceso de conversión se obtiene un número binario en formato de 10 bits que luego serán transmitidos hacia la computadora en bloques de 8 bits (dos bloques) valiéndonos del protocolo de transmisiones seriales asíncronas. Debido a que los niveles de voltaje con los cuales trabaja el PIC son de 0 y 5 voltios, y por otro lado los niveles de voltaje del puerto COM1 son +12 y -12 voltios, se hace necesario una interfase de cambio de niveles, función que la cumple el circuito MAX232 y los capacitores que lo rodean.

Los pines 13 y 14 del MAX232 deberán conectarse a los pines 2 y 3 de un conector DB9 (con tapa) y que luego se conectará al puerto COM1 de la computadora que contendrá el software de control.

Para el funcionamiento del microcontrolador se hace también necesario dotarle de un reloj conformado por un cristal oscilador de 4 Mhz y dos capacitores de 22 pF.

El pulsante P1 activa la función de reset y los leds conectados en los pines 21 al 28, servirán como indicadores del funcionamiento del microcontrolador.

El voltaje de alimentación para el PIC se lo toma de un regulador 7805, que a su vez se alimenta de una fuente de voltaje de aproximadamente 12 voltios (adaptadores comunes). Esta fuente de voltaje puede ser la misma que alimente a los amplificadores operacionales del circuito de conversión D/A.

El proceso de conversión A/D se ha de iniciar cuando desde la PC se envíe un código numérico adecuado, luego de lo cual se podrá hacer lectura de los dos bytes que contienen el valor del VR en formato binario de 10 bits, y que podrán ser utilizados o almacenados de acuerdo al software de control implementado. Se debe recordar que el proceso de conversión A/D toma algunos microsegundos en ser realizado, por lo que

una lectura inmediata (luego de iniciar la conversión) de los datos digitalizados puede ser errónea.

El programa almacenado en el PIC, será proporcionado oportunamente, así como también un ejemplo del software de comunicación serial en lenguaje Visual Basic.

### **3.4.3 El módulo controlador para prácticas y demostraciones**

Tal como se había planeado, se procedió a construir un sistema de control realimentado con el cual se puedan hacer las demostraciones de los diferentes tipos de funcionamiento de acuerdo a diferentes calibraciones de sus constantes.

Para la técnica de control ha utilizar, se realizó similar análisis al que lo presentamos en la sección anterior, es decir que seleccionamos un compensador de tipo PID, pero en formato analógico, a diferencia del formato digital sugerido para el trabajo de los estudiantes.

No realizaremos una exposición completa de todos los detalles de diseño y de construcción de los circuitos electrónicos de este módulo, ya que no es el objetivo principal de este trabajo, sino que mas bien mencionaremos las características de uso y las posibles pruebas que se pueden realizar con él:

- Posibilidad de controlar cargas resistivas e inductivas.
- Simulación de entradas impulso y escalón con opción de señales periódicas.
- Variación de las constantes proporcional, integradora, derivativa.
- Opciones de realimentación de sensores de velocidad, temperatura, flujo luminoso.
- Modulo amplificador de potencia de hasta 500 vatios.
- Opción de expansión para enlace a computador personal.
- Facilidad para determinación de modelos y funciones de transferencia.
- Compensador con variantes PI, PD y PID.
- Filtro de entrada de un polo para las señales de realimentación.
- Control de potencia con técnica de variación del ángulo de disparo.

En el ANEXO 6, se muestra el diagrama de bloques del módulo y fotografías de su presentación exterior.

Para el caso de las demostraciones se han seguido los siguientes pasos:

Paso 1: Analizar los objetivos del control de una determinada variable (luz, calor, velocidad)

Paso 2: Establecer los modelos físicos, matemáticos y funciones de transferencia de cada uno de los bloques y del sistema en conjunto.

Paso 3: Analizar la respuesta temporal de cada bloque por medio de sus función de transferencia.

Paso 4: Realizar manualmente las pruebas de estabilidad y analizar los efectos de la variación de parámetros.

Paso 5: Utilizar los software de simulación MATLAB y SIMULINK para contrastar con las respuestas obtenidas manualmente.

Paso 6: Realizar la demostración práctica, observando con detenimiento las reacciones de la planta controlada, y las ondas temporales ya sea en osciloscopio o en una computadora personal con ayuda de proyector.

Paso 7: Comparar los resultados teóricos con los resultados prácticos.

Paso 8: Discutir el tema, sobre todo en lo referente a las señales de salida con respecto a las señales de entrada, el error de estado estacionario y los tipos de respuestas.

Paso 9: Emitir un informe.

Una de las grandes ventajas que pudimos encontrar al trabajar con este sistema de control real, fue el haber llegado a determinar y luego demostrar a los estudiantes los modelos físicos y matemáticos, que como sabemos es uno de los temas más complicados de asimilar. Se despejan muchas dudas, y además se demuestra la importancia de los conceptos teóricos al momento de poner en forma de ecuaciones matemáticas los diferentes componentes, una vez que hemos comprendido su funcionamiento.

Lo ideal para aprovechar la experimentación sobre un sistema de control práctico, hubiera sido que cada uno de los estudiantes pueda realizar al menos una práctica, pero esto fue realmente imposible debido a la gran cantidad de estudiantes y a la disponibilidad de un solo modulo construido por el momento. Por éstos motivos es que se ha preferido pedir a los estudiantes construir sus propios sistemas de control digitales que funcionarían de manera similar al modulo de control demostrativo tipo analógico.

Aunque no lo esperábamos, resulto ser importante el contacto con estos dos tipos de controladores (analógico y digital), ya que se pudo muy fácilmente entender la teoría

que explica el diseño de sistemas en tiempo discreto partiendo de sus similares en tiempo continuo.

Para los próximos ciclos de estudio, se tienen planes para la construcción de una mayor cantidad estos módulos de prueba para ser utilizados con los estudiantes de la Universidad de Cuenca y de la Universidad Politécnica Salesiana.

Debemos hacer notar, que el tipo de variable y planta controlada resultaron un factor muy importante al momento de querer dar a entender los diferentes tipos de reacciones del sistema. La propuesta inicial de control de velocidad, la reemplazamos rápidamente por un control de flujo luminoso, cuyos efectos fueron muy fáciles de observar. Pero no solamente la observación es sencilla, también la inclusión de disturbios y de influencias externas es tan sencillo como la colocación de superficies de diferentes tipos o colores, que se comportan absorbiendo o reflejando el flujo luminoso en las cercanías de los elementos sensores. Si hacemos la comparación con un motor sobre el cual debemos inyectar disturbios como son el aumento y disminución de carga, nuestra preferencia definitivamente se inclinaría hacia la primera opción.

Otro detalle constructivo que a pesar de no ser parte del sistema de control propiamente dicho debemos implementarlo, es aquel dispositivo que nos permitiría capturar las señales más importantes (error, realimentación, referencia, salida) para que puedan ser observadas en una computadora, y si luego la enlazamos con un proyector, la demostración sería observada por todos los estudiantes. Esto no se lo podría hacer si las señales las capturamos únicamente con un osciloscopio, peor todavía si los cursos son numerosos tal y como sucedió en esta ocasión.

Por el momento disponemos de una tarjeta de adquisición de datos construida independientemente para el enlace con la computadora personal, pero en las versiones posteriores de estos módulos, se incluirán los componentes necesarios para la digitalización de señales y comunicación con la PC.

#### **3.4.4 Los problemas encontrados (alternativa 4)**

A continuación los problemas más importantes con los que nos encontramos:

- La adecuada modelación requiere del conocimiento efectivo de las ciencias básicas, por lo que el docente todavía debe participar indicando los pasos a seguir y las teorías que deben ser aplicadas para lograr este objetivo.
- La determinación de los parámetros del sistema, para algunos estudiantes resulta demasiado complicado por su falta de conocimiento de los procesos de laboratorio y del significado de las variables físicas.
- Si queremos implementar un sistema de control, debemos poseer conocimientos más que básicos de los componentes electrónicos y su razón de ser dentro de un circuito específico.
- No se despejan completamente las incógnitas relacionadas con los objetivos de la Teoría de Control aplicada.

### **3.4.5 Las mejoras futuras:**

Durante la ejecución de las alternativas pedagógicas, hemos utilizado el concepto de la realimentación para realizar mejoras tratando de no perder tiempo, tal como la teoría de control lo sugiere. Es así que realizamos las mejoras ya indicadas (tipo de planta controlada, observación de señales de control, enlace a PC, etc) de tal forma que podemos decir que la alternativa pedagógica alcanzó un importante grado de efectividad que luego lo verificaremos con la evaluación de las encuestas realizadas. Vale de todas formas puntualizar en los siguientes detalles que deberemos tomarlos en cuenta los siguientes ciclos de estudio en los que se dicte la materia.

- Realizar mayor cantidad de demostraciones, cada una de ellas de corta duración pero centradas en un tema particular en lugar de una demostración extensa que aborda varios conceptos teóricos para ser verificados.
- Buscar otras alternativas de variables a controlar y plantas controladas, para diversificar los campos de aplicación pero que sean fáciles de observar sus efectos y señales de control.
- Sería deseable que cada estudiante realice personalmente las pruebas y ajustes en el módulo de control, por lo que se deberá implementar una mayor cantidad.
- Reforzar los conocimientos necesarios para la modelación e implementación de sistemas electrónicos aplicados a los controles automáticos.
- Realizar las pruebas de respuesta en frecuencia, como una herramienta importante para la obtención de funciones de transferencia.

### **3.5 Ejecución de la alternativa pedagógica 5 (sustentación de los trabajos)**

Con la sustentación de los trabajos realizados, se pretendía que los estudiantes expongan los procedimientos utilizados, los problemas encontrados, las soluciones planteadas, y las pruebas de funcionamiento durante un proceso de diseño e implementación práctica. Lo aconsejable hubiera sido que estas sustentaciones se las lleve a cabo en forma personalizada, es decir con cada uno de los estudiantes, pero debido a la cantidad de estudiantes esto no se lo pudo hacer, debiendo optar por la sustentación en grupos que si bien no ayuda a conocer los problemas de cada estudiante, pero en cambio si nos permite identificar los problemas más importantes tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Por ejemplo pudimos determinar que la modelación de los elementos utilizados en los lazos de realimentación se dificulta por la diversidad de conocimientos entre los integrantes de los grupos de trabajo. En otros casos observamos la falta de práctica en el montaje y pruebas de los circuitos electrónicos por parte de algunos estudiantes así como también la escasa predisposición de algunos para colaborar con sus compañeros de grupo. De los hallazgos encontrados al ejecutar esta quinta alternativa, éste último detalle nos parece el más importante, lo que nos servirá luego para profundizar en las metodologías pedagógicas pensadas para los trabajos grupales.

De todos los grupos sobre los que se realizó esta investigación, con quienes más se trabajó esta alternativa pedagógica fue el grupo de estudiantes considerados como de control (estudiantes de Ing. Eléctrica de la Universidad de Cuenca que ya habían cursado la asignatura), debido a que podíamos realizar sustentaciones parciales a medida que avanzaban en el desarrollo del trabajo planteado desde el inicio del ciclo de estudio, es decir el diseño, análisis y construcción del controlador de velocidad incluido un compensador PID. Recordemos que este grupo de estudiantes cursaron la asignatura Laboratorio de Electrónica de Potencia, en donde aprovechamos para poner en práctica los conocimientos antes adquiridos en el área de la automatización y control (además de servirnos como grupo de control de esta investigación).

Luego de algún tiempo de interactuar con cada uno de las parejas de estudiantes que realizaban las prácticas de Laboratorio, pudimos detectar los siguientes problemas: no se comprendían completamente los objetivos del controlador a implementarse, falta de dominio de los conocimientos teóricos y prácticos de la electrónica, falta de

preocupación por revisar los conceptos antes estudiados pero luego olvidados. Debemos resaltar este aspecto que tiene que ver con la actitud de los estudiantes ante las dificultades con las que se encontraban. En lugar de buscar alternativas de solución se prefería recurrir a pruebas y ajustes empíricos en lugar de poner en práctica la teoría, y si de todas maneras continuaban los problemas se optaba por tratar de no continuar a pesar de la importancia de la tarea que se realizaba. En estas circunstancias se ha debido participar ayudando con ciertos detalles sobre todo de índole práctica para que no se llegara a interrumpir el proceso de implementación del controlador.

En el caso de los estudiantes de Ing. Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, con los cuales si se aplicaron las alternativas pedagógicas, podemos mencionar que debido a su reducida cantidad (si la comparamos con los otros grupos de estudiantes), específicamente 12 alumnos, se pudo realizar una sustentación grupal para la presentación de cada uno de los trabajos prácticos y teóricos enviados, sobre todo el trabajo final en el que se demostrarían las capacidades de poner a prueba lo aprendido y de alguna manera la efectividad de los métodos pedagógicos empleados.

Algo digno de mencionar es la similitud de problemas entre este grupo de estudiantes y el grupo de control de Universidad de Cuenca, pero en menor grado sobre todo en lo que se refiere a la parte práctica y manejo de los componentes electrónicos. Esta diferencia es comprensible si recordamos que en la mencionada Universidad Politécnica generalmente se le asigna mas tiempo a las prácticas de laboratorio y se recalcan los aspectos tecnológicos y conocimiento práctico de los elementos electrónicos.

En general podemos decir que aproximadamente el 50 % de los estudiantes presentaron sustentaciones bastante completas tanto desde el punto de vista de los conceptos teóricos aplicados como de los objetivos y resultados obtenidos al realizar el trabajo práctico, aunque el funcionamiento no fuera el ideal, lo que podemos comprender por ser la primera vez que los estudiantes experimentaban con este tipo de controlador.

Por otro lado, con los grupos de estudiantes de Ingeniería Automotriz y Mecánica, llevar a cabo esta alternativa adecuadamente resulta poco factible debido a su considerable número, lo que exigiría horas de clase adicionales, so pena de provocar el consabido atraso en el avance de la materia. Ya se puntualizó en el problema de la necesidad de reestructuración parcial del cronograma de la materia, para incluir períodos de tiempo dedicados a probar las diferentes alternativas de enseñanza.



Como consecuencia de estas limitaciones de tiempo, las sustentaciones no podían presentar y abordar los detalles científicos y técnicos con la suficiente profundidad, debiendo asumir que los conceptos teóricos mas importantes han sido comprendidos.

Con estos grupos numerosos, hemos recurrido a la técnica tradicional de pruebas escritas, pero con la variante de no pedir la resolución de ejercicios sino las explicaciones sobre como se realizó el trabajo práctico y como se solventaron las problemáticas encontradas.

Por lo visto, parece mas conveniente realizar una mejor planificación sobre los temas que han de exponer los estudiantes, sin olvidar que se deberán primeramente sugerir las maneras y técnicas de presentación de trabajos sustentados.

Continuando con nuestra revisión de lo sucedido con cada grupo de estudiantes, ahora nos corresponde hablar sobre los estudiantes de Ing. de Sistemas. Debemos mencionar que durante todo el ciclo de estudios, los estudiantes debían preparar pequeños temas específicos de la materia, para su discusión en clase. No se pretendía que los estudiantes dominen el arte de enseñar, ni mucho menos que eso, sino que buscamos que adquieran alguna destreza para que no les resultara nuevo la presentación del trabajo práctico final que sería bastante mas complejo. Una de las deficiencias típicas de los estudiantes (y recordemos que nosotros mismos la experimentamos) es la falta de capacidad para expresar nuestras ideas o comentarios.

De todos los grupos de trabajo, quienes mejor respondieron a esta alternativa pedagógica aplicada en la presentación del trabajo final, fueron los estudiantes de Ing. de Sistemas. La razón de este hecho parece ser la facilidad de disponer de una computadora personal como parte del mismo trabajo práctico, la que puede cumplir la tarea adicional de enlace con un proyector. Este aspecto lo podemos tomar en cuenta para los futuros trabajos a ser realizados, que siempre tengan la opción de ser diseñados para contener en su estructura una computadora sin que llegue a ser obligatorio.

Además, una situación muy interesante se presentó cuando se organizo una casa abierta de la Facultad de Ingeniería de Universidad de Cuenca, en la que se presentaron los mejores trabajos realizados durante el ciclo de estudios. Se escogieron dos grupos, sobre todo por su propia iniciativa, para que presentaran un controlador de flujo luminoso y otro de temperatura. Ellos mismos se encargaron de preparar las exposiciones que ya no serían ante el docente de la asignatura Teoría de Control, sino ante los visitantes de este

evento y ante los profesores de otras asignaturas. Esta sustentación no estuvo programada inicialmente, pero pensamos que se dio como una consecuencia de un proceso de enseñanza mejorado con respecto a los tradicionales métodos magistrales.

Luego hablaremos un tanto mas sobre este interesante suceso aunque no esperado pero muy útil para evaluar lo procedimientos utilizados.

Finalmente mencionamos, como uno de los trabajos teóricos finales, los estudiantes debían realizar un estudio y presentar los resultados de un sistema (conocido como estimulación eléctrica funcional) de control aplicado a los seres humanos, tomando como herramientas de apoyo, un video, un documento de la IEEE, información obtenida de INTERNET, y la correspondiente modelación en Matlab, es decir que pensamos oportuno aplicar las alternativas pedagógicas en forma simultanea. Al momento de iniciar las sustentaciones, se presentaron una serie de preguntas e incógnitas, que transformaron a la sesión en un foro de discusión que lo podríamos catalogar como de tipo no estructurado, con preguntas que se generaban en función de las respuestas e incógnitas previas.

Los resultados finales, fueron mucho mas educativos y efectivos que los obtenidos con las sustentaciones inicialmente programadas, y nos da la pauta para en futuras ocasiones escoger los foros de discusión para el momento de recibir los trabajos de tipo teóricos que se realicen.

A continuación, el formato del trabajo que se debía ejecutar en el cual se pueden notar las preguntas a responder y que ocasionaron el foro de discusión.

#### TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre:.....

Fecha:.....

Universidad:.....Carrera:.....

TEMA: ANÁLISIS TEÓRICO DEL CONTROL DE UN SISTEMA DE ESTIMULACIÓN ELECTRICA FUNCIONAL (FES)

PROCEDIMIENTO : En los textos sugeridos en la Bibliografía de la asignatura, revisar los temas relacionados con los compensadores (especialmente el compensador PID) y con los controladores de tiempo discreto (digitales).

En el CD, proporcionado por el profesor, observar el video “bioinge4”.

Realizar lectura del artículo “Restoring Gait in Paraplegics by Functional Electrical Estimulación” de la revista Engineering in Medicine and Biology (IEEE) , volumen 13 número 4. (sept 1994).

Buscar en INTERNET información complementaria, que se relaciona con los diferentes lazos de control que se utilizan en los sistemas de FES y sus componentes más importantes.

Desarrollar un documento en el cual se han de responder las siguientes preguntas:

- 1) Cuales son los objetivos de la FES (estimulación eléctrica funcional)
- 14) Explique los principios básicos de su diseño funcional.
- 15) Cuales son los niveles de control. Explique brevemente cada uno de ellos
- 16) Realizar un diagrama de bloques, especificando los componentes y las señales de entrada y de salida en cada sección del diagrama.
- 17) Resuma las conclusiones más importantes que presentan en el artículo de la revista de IEEE.
- 18) ¿La información presentada en las cuatro fuentes (texto, video, revista IEEE, INTERNET), se complementa mutuamente? (marque con x):SI..... NO.....  
Explique brevemente su respuesta anterior:  
.....
- 19) ¿El video observado ayuda a comprender mejor los conceptos presentados en el artículo de la revista IEEE? : SI..... NO.....  
Por que:.....  
¿Cree usted que la información recogida en INTERNET es necesaria?:  
SI..... NO.....  
Por qué.....
- 20) ¿Desde su punto de vista, cuales parecen ser las ventajas y las desventajas de realizar una tarea basada en diferentes fuentes de información?  
Ventajas:.....  
.....  
Desventajas:  
.....
- 21) Exprese sugerencias para mejorar la técnica de estudio utilizada en este trabajo teórico.....

### **3.5.1 Los problemas encontrados (alternativa 5)**

Para la ejecución eficiente de esta última alternativa pedagógica, se requiere de horas clase adicionales, lo que representa una dificultad si consideramos que las alternativas pedagógicas antes analizadas, también exigían tiempo extra. Entonces nos vemos obligados a modificar nuevamente en alguna medida el programa de la asignatura, buscando efectividad en la enseñanza sin caer en el exceso de horas dedicadas a una única materia.

En general, los problemas por el momento evidentes son:

- El exceso del número de estudiantes reduce el tiempo disponible para una sustentación correctamente estructurada.
- Los programas de las asignaturas no las toman en cuenta debido a la necesidad de tiempo extra.
- Algunos estudiantes no las consideran importantes y las toman como una forma de completar puntos de aprovechamiento.
- Los docentes no estamos suficientemente preparados para poner en práctica adecuadamente las metodologías de enseñanza basadas en sustentaciones.

### **3.5.2 Las mejoras futuras**

Para un futuro cercano podemos proponer:

- Cuando sea posible organizar foros de discusión sobre los trabajos teóricos realizados en lugar de las sustentaciones.
- Los temas de los trabajos (luego sustentados) deberán ser escogidos de tal manera que aborden una temática específica, sin que esto quiera decir que no se deban utilizar diversidad de conceptos.
- Sugerir el uso de medios audiovisuales para las presentaciones de los trabajos.
- Exponer conclusiones y comentarios sobre lo realizado.
- Dar a conocer a los estudiantes y a los otros docentes las maneras de poner en práctica la técnica de mediación para las exposiciones, de tal manera que ellas no pierdan interés y resulten efectivas como método de enseñanza -aprendizaje.

### 3.6 Conclusiones al final del capítulo tres

Las diferencias entre una clase de corte magistral de la asignatura Teoría de Control y otra en la que se aplican técnicas de enseñanza actuales y variadas son muy notorias. En el caso de la primera, y por la naturaleza de la asignatura, es bastante probable que luego de pocos minutos de atención al profesor, los alumnos se concentren sobre todo en copiar lo que se encuentra en la pizarra, perdiéndose uno de los objetivos que consideramos importantes, la capacidad de visualizar las posibilidades de aplicación.

Inicialmente hemos propuesto poner a prueba diferentes alternativas pedagógicas en forma totalmente secuencial, es decir una después de otra, pero prontamente pudimos comprender que sería mucho mejor aplicarlas en forma simultánea, convirtiéndose cada una de ellas en complemento y apoyo de las otras.

De las cinco alternativas escogidas, podemos decir que dos de ellas conllevan dificultades de ejecución por la falta de material didáctico adecuado, es el caso de videos que traten de temas de automatización, y los documentos especializados que analicen sobre las aplicaciones de control actuales. Los videos no son fáciles de obtener y los documentos especializados están disponibles únicamente para quienes forman parte de organizaciones de ingeniería a nivel internacional (IEEE). Para solucionar estos inconvenientes que parecen típicos al tratar de enseñar una asignatura de carácter tecnológico, nos valemos de la misma tecnología. Los documentales que nos muestran las aplicaciones de las modernas y antiguas técnicas de control, los pudimos obtener de las transmisiones televisivas satelitales, y algunos de los documentos actualizados de la Sociedad de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, los compramos vía INTERNET luego de la correspondiente afiliación a la Sociedad de automatización y control. De todas formas estas dificultades no son insalvables, y nos permiten la permanente actualización de conocimientos y temas de los cuales comentar con los estudiantes.

A pesar que la Teoría de Control se la enseña clásicamente al estilo magistral, enfocado en las demostraciones de ecuaciones y procedimientos, muchas veces olvidando la importancia de sus aplicaciones, podemos encontrar maneras de enseñanza que comenzando con la motivación, y pasando por la valoración del saber, terminen con la aplicación y práctica, que a su vez se traduciría en beneficios sociales o personales.

Aunque no se habían considerado los foros de discusión como una alternativa pedagógica, ahora podemos afirmar que ellos se los puede poner en práctica con relativa facilidad toda vez que la ciencia y tecnología moderna han influenciado grandemente en la vida de las personas, de donde podemos derivar muchos y variados temas dignos de ser analizados y discutidos. Estos foros de discusión resultarán pedagógicamente mucho mas efectivos que las sustentaciones que parecen ejercer una cierta presión psicológica sobre los estudiantes que las conciben mas bien como una forma draconiana de evaluación, mas todavía si recordamos los métodos clásicos de enseñanza utilizados por muchos de los docentes de las Universidades actuales.

Con relación a la implementación de controladores prácticos, podemos concluir que está alternativa pedagógica debería ser mas bien obligatoria, ya que permite observar formas de funcionamiento difíciles de imaginar para la mayoría de alumnos. Afortunadamente los costos de implementación son reducidos, y nos permite explotar los recursos tecnológicos disponibles en nuestra ciudad.

Si queremos saber si hemos logrado motivar para que la teoría sea aplicada, deberemos evaluar las pruebas, trabajos y encuestas realizadas a los estudiantes; situación que la analizaremos con detalle en el siguiente capítulo.

Como un comentario, que nos ayuda a reflexionar sobre lo sucedido luego de haber llevado a cabo las alternativas pedagógicas planteadas, diremos que al menos un pequeño grupo de estudiantes han querido demostrar lo aprendido (casa abierta de Ingeniería) y otros ya están pensando en realizar trabajos de tesis en el área de control. Finalmente, cada una de las técnicas aplicadas buscaba mejorar nuestros métodos de enseñanza, pero parece que es más lo aprendido que lo enseñado.

## **CAPITULO 4 :**

### **LA EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS Y ALTERNATIVAS PEDAGOGICAS**

#### **Introducción**

Luego de haber puesto en práctica las diferentes alternativas pedagógicas, nos corresponde evaluar su efectividad. Para ello hemos recurrido a uno de los procedimientos mas utilizados en las técnicas de investigación, las encuestas y los cuestionarios.

La recolección de datos se la puede realizar por medio de un cuestionario cuando se desean análisis cuantitativos, y por medio de una guía de preguntas cuando se desean análisis cualitativos.

Antes de proceder a la ejecución del procedimiento de evaluación debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos.

Los objetivos del trabajo de investigación han de estar muy bien definidos y delimitados, de tal forma que podamos transformar esos objetivos en las preguntas contenidas en el cuestionario. Se deberá tener especial atención en no plantear objetivos específicos imposibles de alcanzar.

Debido a que las preguntas serán respondidas por personas, se tratara que esas personas tengan la suficiente motivación como para que dediquen su tiempo pacientemente, y que sobre todo las contestaciones sean honestas, como para que luego las conclusiones que se obtengan sean confiables.

Para la construcción del cuestionario se recomienda tomar en cuenta cinco aspectos: el tipo de preguntas, su contenido, el formato de las respuestas, la redacción de las preguntas, y su orden. También puede ser necesaria la codificación de las preguntas, lo que permitirá mayor facilidad en la organización de los datos (Hernández, Joaquín, pag. 292).

En general, las preguntas pueden ser respondidas con las propias palabras del encuestado, en el caso de las preguntas “no estructuradas”, o por medio de la selección de opciones totalmente definidas cuando son preguntas “estructuradas”.

Si deseamos conocer los criterios de las personas con relación a alguna problemática en particular, vale la pena el primer tipo de preguntas. Cuando se buscan valoraciones cuantitativas se escogerá el segundo tipo de pregunta, que a su vez puede presentarse de diferentes maneras. Preguntas dicotómicas (solamente dos opciones), múltiples, o basadas en escalas y niveles de medición.

El contenido de cada pregunta deberá ser analizado con anterioridad, así como también la necesidad de una o varias preguntas y relacionarlas con un determinado campo de investigación.

Aunque no se puede determinar con precisión los conocimientos del encuestado, se puede realizar una encuesta previa para determinarlos. Si no lo hacemos, al menos debemos tener alguna idea sobre esos conocimientos, no tendría sentido hacer preguntas que no van o poder ser respondidas, o si lo hacen, las conclusiones que obtengamos podrían resultar alejadas de la realidad.

Así mismo debemos tratar de ser imparciales en lo que preguntemos. Inducir las respuestas no hará mas que generar errores y hasta podría molestar al encuestado.

Como es de suponer, no podemos saber si los encuestados responden verdaderamente lo que piensan. Aquí toma importancia la motivación que se menciono anteriormente.

El formato de las respuestas debe ser coincidente con el tipo de preguntas planteadas. Las de tipo estructuradas presentan dos o más opciones, de las que debemos escoger una de ellas. En este caso el procesamiento de las respuestas es bastante sencillo, puesto que no se deben realizar lecturas (a veces difíciles) de los criterios de las personas investigadas.

En cambio, el formato de las preguntas no estructuradas, debe brindar el espacio suficiente para recoger diversos criterios. El procesamiento es mas difícil que en el caso anterior, pero la información obtenida puede ser mucho mas eficiente y nos da la oportunidad de conocer mejor a los entrevistados y hasta su forma de pensar. .

El aspecto más dificultoso del proceso, tiene que ver con la redacción que utilicemos. Para esa redacción podemos usar el lenguaje común, pero evitando las palabras con doble sentido. El uso exagerado de palabras demasidamente técnicas, debe evitarse, puesto que la persona podría aburrirse al darse cuenta que no entiende la pregunta. En



otro sentido, se evitaran las preguntas sesgadas, o expresar nuestras ideas que pueden nuevamente generar mal entendidos, o peor todavía inducir a respuestas erróneas. Si es posible se plantearán situaciones específicas, por medio de las cuales se limiten las posibilidades de respuesta, pero sin que eso limite la validez de los análisis futuros.

En ciertos casos, se debe especificar la época para la cual es válida la pregunta, es decir no deben hacerse preguntas sobre eventos que todavía no suceden, o que sucedieron hace mucho tiempo.

Finalmente debemos revisar el orden de las preguntas, tratando que las más difíciles no se encuentren al final del cuestionario, por que podría suceder que cuando el encuestado llegue a ellas ya se encuentra cansado o desmotivado.

Las encuestas a realizar, estarán dirigidas hacia grupos de estudiantes con algunas diferencias entre ellos. Por un lado tenemos estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Cuenca y que tomarán la asignatura Control por primera ocasión. La materia se ubica en el séptimo ciclo.

En el otro extremo están estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, en donde se dicta la asignatura en dos ciclos de estudio. Para ésta ocasión se presenta la oportunidad de dictar la materia Teoría de Control 1 para las carreras de Ingeniería Mecánica y Automotriz, y Teoría de Control 2 para Ingeniería Eléctrica, en los ciclos noveno de cada una de ellas. Como grupo de control actúan los estudiantes de Ing. Eléctrica de la Universidad de Cuenca.

Para estas instancias, todos los grupos tienen algo en común; el haber aprobado todas las materias que tienen relación con las ciencias básicas, sobre todo la matemática y la física. Se menciona este hecho, puesto que si recordamos el entorno que rodea a la asignatura, el conocimiento de las áreas básicas es fundamental para su correcta comprensión, asimilación y significación.

#### **4.1 La formulación de los cuestionarios**

En nuestro planteamiento general para el desarrollo de este trabajo de investigación, se propuso realizar modificaciones de los procedimientos de aplicación de las alternativas de aprendizaje apenas se lleguen a determinar falencias o errores. Por tal motivo, se hace necesario el permanente monitorio de los efectos logrados por los nuevos procedimientos

utilizados. En la misma teoría de control se concibe a lo anterior como un control realimentado en línea que pretende corregir los errores antes de que ellos se conviertan en una grave problemática que amenacen la estabilidad y la integridad de los sistemas o procesos.

Este permanente monitoreo lo realizamos por medio de sucesivas encuestas, aplicadas sobre los grupos de trabajo.

A continuación se muestran los diferentes cuestionarios, en el mismo orden en el cual fueron ejecutados.

#### **4.1.1 Cuestionarios en orden cronológico para los grupos de trabajo Ing. de Sistemas (U. de Cuenca), Ingenierías Automotriz, Mecánica, Eléctrica, (U.P.S)**

ENCUESTA NUMERO 1 (Aplicación sobre los estudiantes de la UPS)

ENCUESTA DE AYUDA PEDAGÓGICA PARA LA ASIGNATURA TEORIA DE CONTROL

Nombre:

Especialidad:

Fecha:

CUESTIONARIO RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS

1).Desde su punto de vista, el estudio de las matemáticas avanzadas es:

- a) Algo innecesario -----
- b) Interesante pero poco aplicable -----
- c) Una forma de ejercitar la destreza de cálculo -----
- d) Una herramienta para otras áreas de conocimiento -----
- e) Una herramienta para el desarrollo tecnológico -----
- f) En su opinión personal: -----

2).La forma de enseñanza de las matemáticas le parece:

- a) Poco práctica -----
- c) Correcta pero aburrida -----
- d) Adecuada -----
- e) En su opinión personal: -----

3).La enseñanza de las matemáticas avanzadas debe:

- a) Eliminarsse -----
- b) Mantenerse tal como en lo actual -----
- c) Mantenerse pero mejorar su metodología -----
- d) En su opinión personal: -----
- 4) El tiempo que le dedicaba al aprendizaje de la matemática era:
- a) Poco -----
- b) Solamente el necesario para aprobar el ciclo de estudio -----
- c) Más del necesario -----
- d) En su opinión personal: -----
- 5) En su opinión, la aplicación de la matemática ha tenido influencia en el desarrollo de social:
- a) Ninguna -----
- b) Escasa -----
- c) Mucha -----
- d) En su opinión personal: -----
- 6) Parece tener la enseñanza de la Física, alguna finalidad práctica:
- a) Ninguna -----
- b) Escasa -----
- c) Mucha -----
- d) En su opinión personal: -----
- 7) Las metodologías de enseñanza promueven el auto aprendizaje de la Física:
- a) Si ----- b) no -----
- c) En su opinión personal: -----
- 8) Los objetivos de la Física parecen ser:
- a) Cumplir con la forma clásica de enseñanza -----
- b) Cumplir con programas establecidos en Universidades extranjeras -----
- c) Aplicar la matemática para construir nuevos dispositivos -----
- d) Ejercitar la resolución de ejercicios -----
- e) Incrementar la creatividad -----
- f) Inventar dispositivos o descubrir nuevas teorías -----
- g) En su opinión personal: -----
- 9) El aprendizaje de la Física nos enseña a comprender los fenómenos que nos rodean:
- a) Si ----- b) No -----

c) En su opinión personal: -----

10).La aplicación de los conceptos presentados por la Matemática y la Física en la vida cotidiana es:

a) Nula ----- b) Esporádica ----- c) Común -----

d) En su opinión personal: -----

11).Lo aprendido en las ciencias básicas se aplica en otras asignaturas:

a) Si ----- b) No ----- c) Esporádicamente -----

d) En su opinión personal: -----

12).De los siguientes temas recuerdo su teoría y resolución de ejercicios:

(Marque con una X los temas que únicamente se recuerdan, y con O los temas que nunca han sido revisados. En caso de haber revisado pero no recuerda, deje el espacio en blanco)

a) Ecuaciones simultaneas -----

b) Ecuaciones diferenciales -----

c) Transformada de Laplace -----

d) Integración y derivación -----

e) Funciones impulso, escalón, rampa, etc -----

f) Dinámica de las oscilaciones -----

g) Casos posibles de los osciladores (libres, amortiguados, forzados, etc) -----

h) Unidades de la mecánica -----

i) En su opinión personal: -----

-----

ENCUESTA NUMERO 2 (aplicación sobre el grupo de Ing. Mecánica)

Institución: Universidad Politécnica Salesiana

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Período en que cursó la asignatura Teoría de Control:.....

Fecha de realización de la encuesta: 19 de Diciembre de 2005

PREGUNTAS REFERENTES A CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LA TEORIA DE CONTROL

1)Cuales son los objetivos más importantes de la Teoría de Control:.....

.....  
2) Describa brevemente las características más importantes de los lazos de control abierto y cerrado:

a) Abierto:.....

b) Cerrado: .....

3) En los sistemas de control existen al menos cuatro señales importantes. ¿Cuáles son ellas?:

a)..... b)..... c)..... d).....

4) Enumere algunos equipos de uso común que disponen de controles automáticos :

a) De lazo abierto: .....

b) De lazo cerrado: .....

5) Enumere los componentes clásicos de cada uno de los sistemas de control:.....

b) En lazo abierto: .....

c) En lazo cerrado: .....

6) ¿Cuál es la función de la señal de realimentación?: .....

7) ¿Cómo se puede definir una función de transferencia y cual es su utilidad?:.....

8) ¿Qué es la estabilidad en un sistema de control?:.....

.....  
**PREGUNTAS REFERENTES A LA METODOLOGÍA APLICADA**

9) ¿La revisión de ejercicios resueltos en los que se obtienen modelos matemáticos y funciones de transferencia, le ha ayudado a comprender mejor los pasos que se deben seguir para iniciar los análisis de los sistemas de control? : Si ..... No: .....

10) Explique el porqué de la respuesta anterior: .....

.....  
11) ¿Si es que existieron dificultades para comprender completamente los ejercicios revisados, mencione cuales fueron esas dificultades y como trato de resolverlas si lo hizo?:.....

13) Según su criterio, especifique los temas de la matemática y de la física que sería necesario revisar con la finalidad de facilitar la comprensión de la actuación de los sistemas físicos y el posterior planteamiento de modelos matemáticos:.....

14) Mencione algunas sugerencias tendientes a incrementar la efectividad de la metodología utilizada en la enseñanza de los conceptos teóricos por medio de la revisión de ejercicios resueltos.

.....

#### TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre: .....

Fecha:.....

Universidad:..... Carrera:.....

#### TEMA: OBSERVACIÓN DE VIDEOS RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LA AUTOMATIZACION

PROCEDIMIENTO: En el CD proporcionado por el docente, observar los siguientes videos:

Casa2; conexión3; formu2; volador1 y volador2.

Luego de observar los videos indicados, desarrollar un documento en el cual se han de responder las siguientes preguntas:

- 1) Que entendería como gerencia automatizada de un hogar:
  - 1) Comente sobre algunos equipos domésticos que utilizan el concepto de control en lazo abierto y en lazo cerrado.
  - 2) Trate de estructurar un diagrama de bloques de alguna máquina doméstica controlada (preferiblemente alguna de las mencionadas en el video), ya sea en lazo abierto o cerrado.
  - 3) ¿Cuál puede ser el futuro de los sistemas automáticos aplicados en el campo doméstico?
  - 4) En la fabricación de aromas y sabores existe un proceso realimentado, para mejorarlos. ¿Cuáles podrían ser sus componentes?.
  - 5) De acuerdo a lo observado, ¿Cuáles son la nuevas herramientas utilizadas en la industria panificadora?.
  - 6) Plantea un diagrama de bloques de estos sistemas automatizados (sobre todo los relacionados con la producción de panecillos).

- 7) Busque información referente a los controladores utilizados en los modernos autos de competencia.
- 8) ¿Porqué ellos no fueron aceptados en las épocas iniciales del automovilismo?
- 9) Busque información sobre los componentes del control de tracción, y mencione los beneficios de su utilización.
- 10) ¿Cuáles son los componentes básicos de un sistema de guiado en una autopista automatizada?
  
- 11) Exprese sus comentarios, críticas y sugerencias sobre los videos observados.

ENCUESTA NUMERO 3 (aplicación sobre el grupo de Ing. Mecánica)

Institución: Universidad Politécnica Salesiana

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha de realización de la encuesta: 30 de Enero de 2006

PREGUNTAS RELACIONADAS CON LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE APRENDIZAJE

1).¿Cuales fueron las dificultades que encontró cuando se revisaron los ejercicios resueltos en el texto sistemas de control continuos.?

.....

2).¿Qué hizo para solucionar esos problemas?:.....

.....

.....

3) ¿La resolución de los ejercicios propuestos en el texto Sistemas de Control de G.Hostetter le ayudó a comprender mejor algunos conceptos teóricos?, (marque con X):

SI.....NO .....

Porqué:

.....

.....

.....

¿Cuáles fueron los problemas con los que se encontró al momento de revisar los artículos presentados en las revistas “Industrial Applications” , “Spectrum” y “Control Systems”?

.....

4).¿Cree usted necesario la realización de trabajos teóricos en los cuales se analicen sistemas de control recurriendo a videos, documentos científicos e información de INTERNET , relacionados con esos sistemas?. SI..... NO .....

Porqué

:.....

.....

5) ¿Algunos de los conceptos de la teoría de control han sido mejor aprendidos con la ayuda del trabajo práctico realizado (maqueta del sistema de suspensión), aunque el todavía no posee estrictamente un controlador automático?: SI... NO....

Cuales fueron esos conceptos:.....

.....

6).¿Durante este ciclo de estudios, cuales han sido las dificultades para realizar adecuadamente los modelos de los sistemas de control?.....

7).¿Según su criterio, el uso de MATLAB que ventajas puede tener como herramienta de apoyo para un aprendizaje más efectivo de la materia?.

.....

8).¿Cuándo se simularon los modelos (funciones de transferencia) con el software MATLAB o con el SIMULINK, el tipo de las respuestas en el tiempo ante las entradas escalón o impulso, eran ya esperadas o no sabía que tipo de respuesta se obtendría?(marque con X):

EL tipo de respuesta era ya esperada.....

NO sabía el tipo de respuesta que se obtendría.....

Porque:.....

9).Enumere de acuerdo a su efectividad las siguientes alternativas de aprendizaje si es que ellas le permitieron clarificar los conceptos teóricos :

- La revisión de ejercicios resueltos ya sea en textos o en clase:.....
- La observación de videos relacionados con sistemas automáticos: .....
- La lectura de artículos especializados con aplicaciones reales: .....



- El uso de herramientas de simulación caso Matlab o Simulink:....
- La realización de un trabajo práctico: .....
- La modelación de sistemas de control reales:.....
- 

10). Exprese sugerencias para mejorar las metodologías de enseñanza utilizadas:.....

PRUEBA DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL (aplicación sobre el grupo de Informática)

Complemento de la encuesta numero 3

Institución: Universidad de Cuenca

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha: 24 de Enero de 2006

CUESTIONARIO

1) Los sistemas mecánicos de las figuras a) y b) anteriores tienen algunas similitudes en lo que respecta a sus parámetros y respuesta en el tiempo. Enumérelas:

.....

2) Cuales son los conceptos básicos que tienen en común los sistemas anteriores con los sistemas de control: .....

.....

3) ¿Recordar el funcionamiento de los sistemas mecánicos anteriores le ayuda a recordar los fundamentos de la teoría de control? (marque una X) Si ..... No.....

Por qué (explique la respuesta anterior):.....

.....

4) Encuentre la función de transferencia  $X(s) / F(s)$  ; y determine el valor de "c" para el cual el sistema presenta respuesta críticamente amortiguada cuando  $f(t)$  es un impulso unitario.

EXAMEN FINAL DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Institución:

Ciclo de estudios: Octubre 2005 – Marzo 2006

Nombre: ..... C.I..... Ciclo:

Fecha: 8 de Febrero de 2006

REVISIÓN DE FUNDAMENTOS DE TEORIA DE CONTROL

Procedimiento: Responda cada una de las siguientes preguntas en forma concreta y sin explicaciones adicionales a menos que se las pida.

- 1).¿Cuales son los objetivos de la Teoría de Control?.....  
.....
- 2).Enumere algunos dispositivos o equipos comunes en nuestras vidas que funcionen gracias a lazos de control abiertos:.....
- 3).Enumere algunos dispositivos o equipos comunes que funcionen como lazos de control cerrado:.....
- 4).¿ Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado con respecto a los lazos de control abierto?.....
- 5).¿Cuál es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la teoría de control?.....
- 6).¿Porqué en la modelación utilizamos la transformada de Laplace?.....
- 7) ¿Qué es la realimentación y cuál es su objetivo?.....
- 8).¿Cuáles son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno físico ya sea de carácter técnico o no técnico?.....
- 9) ¿Qué es la función de transferencia?.....
- 10)¿Qué representa la señal de error y cuál es su expresión matemática?.....
  
- 11) ¿En la teoría de control comúnmente se mencionan algunas señales importantes, cuales son ellas?.....
- 12) ¿Cuál es el objetivo de la transformada inversa de Laplace?.....
- 13) ¿qué se entiende como estabilidad en un sistema de control?.....
- 14) ¿Cuál es la forma matemática de los sistemas de primer orden y de segundo orden?.....  
.....

- 15) ¿Bajo que condiciones, un sistema de primer orden se hace inestable?.....  
.....
- 16) ¿Por qué un sistema de primer orden no puede oscilar (o tal vez si)?.....
- 17) ¿Por qué un sistema marginalmente estable, tiene raíces ubicadas en el eje imaginario?.....
- 18) ¿Cuáles son las posibles respuestas de un sistema de segundo orden?.....  
.....
- 19) ¿Por qué los análisis de estabilidad se los realiza únicamente sobre el polinomio denominador de la función de transferencia?.....
- 20) ¿Qué es la frecuencia natural de un sistema?.....  
.....
- 21) ¿Por qué se dice que los elementos amortiguadores, tienden a hacer que un sistema se haga estable?.....  
.....
- 22) ¿Por que decimos que cuando un polinomio característico presenta raíces complejas, se han de presentar oscilaciones en la respuesta en el tiempo?.....  
.....
- 23) ¿Qué son los sistemas ajustables?.....  
.....
- 24) ¿Plantee rápidamente una función de transferencia cuya respuesta temporal sea de tipo sub amortiguada y otra de tipo sobre amortiguada?.....  
.....

TRABAJO DE LA MATERIA TEORIA DE CONTROL

Nombre:..... C.I.....

Fecha:.....

Universidad: .....Carrera:.....

TEMA: ANÁLISIS TEÓRICO DEL CONTROL DE UN SISTEMA DE ESTIMULACIÓN ELECTRICA FUNCIONAL (FES)

PROCEDIMIENTO: En los textos sugeridos en la Bibliografía de la asignatura, revisar los temas relacionados con los compensadores (especialmente el compensador PID) y con los controladores de tiempo discreto (digitales).

En el CD, proporcionado por el profesor, observar el video “bioinge4”.

Realizar lectura del artículo “Restoring Gait in Paraplegics by Functional Electrical Estimulación” de la revista Engineering in Medicine and Biology (IEEE) , volumen 13 número 4. (sept 1994).

Buscar en INTERNET información complementaria, que se relaciona con los diferentes lazos de control que se utilizan en los sistemas de FES y sus componentes más importantes.

Desarrollar un documento en el cual se han de responder las siguientes preguntas:

- 1) Cuales son los objetivos de la FES (estimulación eléctrica funcional)
- 2) Explique los principios básicos de su diseño funcional.
- 3) Cuales son los niveles de control. Explique brevemente cada uno de ellos
- 4) Realizar un diagrama de bloques, especificando los componentes y las señales de entrada y de salida en cada sección del diagrama.
- 5) Resuma las conclusiones más importantes que presentan en el artículo de la revista de IEEE.
- 6) ¿La información presentada en las cuatro fuentes (texto, video, revista IEEE, INTERNET), se complementa mutuamente? (marque con x): SI ..... NO.....  
Explique brevemente su respuesta anterior: .....  
.....
- 7) ¿El video observado ayuda a comprender mejor los conceptos presentados en el artículo de la revista IEEE? : SI..... NO.....  
Por que:.....  
.....
- 8) ¿Cree usted que la información recogida en INTERNET es necesaria?: SI. NO.  
Por qué:.....  
.....
- 9) ¿Desde su punto de vista, cuales parecen ser las ventajas y las desventajas de realizar una tarea basada en diferentes fuentes de información?  
Ventajas:.....  
Desventajas: .....
- 10) Exprese sugerencias para mejorar la técnica de estudio utilizada en este trabajo teórico.....

ENCUESTA FINAL (grupo de Informática)

Institución: Universidad de Cuenca

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha: 20 Febrero 2006

**PREGUNTAS REFERENTES A LA REALIZACIÓN PRACTICA DE UN CONTROLADOR**

1)Cuál es el objetivo principal del sistema de control realizado:.....

.....

2)Cuales son los objetivos específicos:.....

.....

3)Como están constituidos los componentes de los siguientes bloques:

Compensador

PID:.....

Actuador:.....

Planta controlada:.....

Realimentación:.....

4)Cual es el objetivo de cada una de las acciones de un compensador PID:

Acción Proporcional:.....

Acción Integral:.....

Acción derivativa:.....

5)Porqué se escogió que la función de transferencia de la planta controlada sea una función de primer grado:.....

.....

6) Se pudieron verificar las diferentes tipos de respuestas (sobre,sub, críticamente amortiguada) de los sistemas de segundo orden y superiores: SI ..... NO .....

Explique brevemente:.....

.....

7)Con la realización de este trabajo práctico se aclararon algunos conceptos teóricos:

SI:..... NO:.....

Cuales fueron ellos: .....  
.....

9)La realización del trabajo práctico, despertó dudas con respecto a la teoría:

SI:..... NO:.....

Cuales fueron: .....  
.....

9)Previo a la realización de este trabajo práctico, se realizó una demostración con un sistema de control analógico. ¿Esta demostración le sirvió para concebir mejor lo que debe hacer el controlador digital ahora implementado? SI:..... NO:.....

Porqué: .....  
.....

10)Cree usted necesario realizar trabajos prácticos para complementar el aprendizaje:

SI.....NO.....

Porqué: .....  
.....

11)Según su criterio, los costos necesarios para este tipo de trabajos pueden ser un impedimento para su realización: SI ..... NO .....

Porqué:.....  
.....

12)La realización de este trabajo práctico, le ayudó a concebir aplicaciones reales de la teoría de control en nuestro medio: SI ..... NO .....

Mencione al menos tres aplicaciones : .....  
.....

13)Durante este ciclo de estudios, se han utilizado algunas alternativas pedagógicas tendientes a mejorar el proceso de aprendizaje. Enumérelas (según su criterio) de acuerdo a sus efectividad (por ejemplo 1 para la alternativa más efectiva y 8 para la menos efectiva):

- La resolución de ejercicios propuestos:.....
- La revisión de ejercicios resueltos ya sea en textos o en clase:.....
- La observación de videos relacionados con sistemas automáticos: .....
- La lectura de artículos especializados que tratan aplicaciones reales: .....
- El uso de herramientas de simulación caso MATLAB o SIMULINK:.....
- La realización de un trabajo práctico: .....

- La modelación de sistemas de control reales:.....
- La búsqueda de información de apoyo en INTERNET:.....

### REVISIÓN DE FUNDAMENTOS DE TEORIA DE CONTROL

Procedimiento: Responda cada una de las siguientes preguntas en forma concreta y sin explicaciones adicionales a menos que se las pida.

- 1)¿Cuales son los objetivos de la Teoría de Control?:.....  
.....
- 2)Enumere algunos dispositivos o equipos comunes en nuestras vidas que funcionen gracias a lazos de control abiertos:.....  
.....
- 3)Enumere algunos dispositivos o equipos comunes que funcionen como lazos de control cerrado:.....  
.....
- 4)¿ Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado con respecto a los lazos de control abierto?:.....  
.....
- 5)¿Cuál es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la teoría de control?:.....  
.....
- 6)¿Porqué en la modelación utilizamos la transformada de Laplace?:.....  
.....
- 7)¿Qué es la realimentación y cuál es su objetivo?:.....  
.....
- 8)¿Cuáles son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno físico ya sea de carácter técnico o no técnico?:.....
- 9) ¿Qué es la función de transferencia?:.....  
.....
- 10)¿Qué representa la señal de error y cuál es su expresión matemática?:.....  
.....
- 11) ¿En la teoría de control comúnmente se mencionan algunas señales importantes, cuales son ellas?:.....  
.....
- 12) ¿Cuál es el objetivo de la transformada inversa de Laplace?:.....

- 13) ¿qué se entiende como estabilidad en un sistema de control?.....  
.....
- 14) ¿Cuál es la forma matemática de los sistemas de primer orden y de segundo orden?:  
.....
- 15) ¿Bajo que condiciones, un sistema de primer orden se hace inestable?.....  
.....
- 16) ¿Porqué un sistema de primer orden no puede oscilar (o tal ves si)?.....  
.....
- 17) ¿Por qué un sistema marginalmente estable, tiene raíces ubicadas en el eje imaginario:  
.....
- 18) ¿Cuáles son las posibles respuestas de un sistema de segundo orden?.....  
.....
- 19) ¿Por qué los análisis de estabilidad se los realiza únicamente sobre el polinomio denominador de la función de transferencia?.....  
.....
- 20) ¿Qué es la frecuencia natural de un sistema?.....  
.....
- 21) ¿Por qué se dice que los elementos amortiguadores, tienden a hacer que un sistema se haga estable?.....  
.....
- 22) ¿Por que decimos que cuando un polinomio característico presenta raíces complejas, se han de presentar oscilaciones en la respuesta en el tiempo?.....  
.....
- 23) ¿Qué son los sistemas ajustables?.....  
.....
- 24) ¿Plantee rápidamente una función de transferencia cuya respuesta temporal sea de tipo sub amortiguada y otra de tipo sobre amortiguada?.....  
.....



ENCUESTA DE REVISIÓN DE CONCEPTOS

Institución: Universidad Politécnica Salesiana

Ciclo de estudios: Marzo 2006- Julio 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha: 17 de Abril del 2006

1)Cuales son los objetivos de la teoría de control:.....

.....

2)En pocas palabras defina:

- Estabilidad:.....

- Error: .....

- Retroalimentación: .....

-Lazo abierto: .....

-Lazo cerrado: .....

-Referencia: .....

3)Enumere los componentes básicos de los diagramas de control:.....

.....

4)Escriba el modelo matemático de un sistema de primer orden y esquematice su respuesta en el tiempo:

5)Como se utilizan las señales: impulso, escalón, rampa; en las pruebas de los sistemas de control: .....

.....

6)Cuál es la relación que existe entre las raíces de un polinomio y el concepto de la estabilidad:

.....

7)Esquematice un sistema masa, resorte, amortiguador, fuerza aplicada; imponga los valores de cada elemento y obtenga la función de transferencia.

Responda: ¿Este sistema le ayuda a recordar algunos conceptos de la teoría de control?

(marque con X)

SI:..... NO:.....

¿Cuáles son esos conceptos? (explíquelos brevemente):.....

.....

8)Cuál es la utilidad de la transformada de Laplace y porqué se la utiliza:.....

.....

9)Para que se utiliza la transformada inversa de Laplace y cuales son sus ventajas y desventajas al utilizarla: .....

.....

10)Que son los diagramas de flujo de señal y cuales son los pasos más importantes para aplicar la regla Mason: .....

.....

11)Cuál es la ventaja de la regla de Mason con respecto al método de la reducción de bloques:

.....

12)Utilizando la regla de Routh analice la estabilidad de la siguiente función de transferencia:

13) Defina:

Frecuencia natural no amortiguada.....

.....

Coeficiente de amortiguamiento relativo: .....

.....

14) Grafique las típicas respuestas en el tiempo de los sistemas de segundo orden:

#### 4.1.2 Cuestionarios para el grupo de control (Ing. Eléctrica de la U. de Cuenca)

ENCUESTA NUMERO 1 (aplicación sobre el grupo de control)

Institución: Universidad de Cuenca

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Período en que curso la asignatura Teoría de Control:.....

Fecha: 5 de Diciembre del 2005

#### PREGUNTAS REFERENTES A CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LA TEORIA DE CONTROL

- 1).Cuales son los objetivos más importantes de la Teoría de Control:.....  
.....
- 2) Describa brevemente las características más importantes de los lazos de control abierto y cerrado:
  - a) Abierto:.....
  - b) Cerrado: .....
- 3) En los sistemas de control existen al menos cuatro señales importantes. ¿Cuáles son ellas?: a)..... b)..... c).....d).....
- 4) Enumere algunos equipos de uso común que disponen de controles automáticos :....
  - a) De lazo abierto: .....
  - b) De lazo cerrado: .....
- 5) Enumere los componentes clásicos de cada uno de los sistemas de control:
  - d) En lazo abierto: .....
  - e) En lazo cerrado: .....
- 6) ¿Cuál es la función de la señal de realimentación?: .....
- 7) ¿Cómo se puede definir una función de transferencia y cual es su utilidad?:.....
- 8) ¿Qué es la estabilidad en un sistema de control?:.....

ENCUESTA NUMERO 2 (aplicación sobre el grupo de control)

Institución: Universidad de Cuenca

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha: 29 Enero 2006

PREGUNTAS REFERENTES A LA REALIZACIÓN PRACTICA DEL SISTEMA DE CONTROL

1)¿Cuales han sido las mayores problemáticas que ha encontrado al momento de realizar el montaje del sistema electrónico de control?, (nota: no confundir el montaje de los circuitos con las pruebas de funcionamiento).

.....

2) ¿Al realizar las pruebas de funcionamiento, estaba usted conciente de las señales con las cuales se encontraría en cada parte del circuito (marque con X)?: SI... NO ...

Porqué: .....

3) ¿Durante el desarrollo de los diferentes bloques del sistema de control, estaba para usted totalmente claro el objetivo de cada uno de ellos?: SI ..... NO.....

Porqué: .....

4) ¿Podía usted relacionar los conceptos de control vistos anteriormente en forma teórica con cada uno de los bloques del sistema de control práctico? : SI ....NO .....

Porque: .....

5) ¿Se realizó una revisión de conceptos teóricos antes de plantear las funciones de transferencia de cada uno de los bloques y del sistema en conjunto? SI .....NO .....

6) ¿La teoría revisada cuando cursó la materia Teoría de control, le ayudo a plantear el modelo matemático del sistema? SI ..... NO .....

Porqué: .....

.....

7) ¿A echo uso de Matlab para obtener la respuesta en el tiempo de las funciones de transferencia obtenidas? SI ..... NO .....

Si su respuesta fue SI, como le ayudó esta herramienta de simulación para una mejor comprensión de lo que sucederá en el sistema de control real: .....

.....

8) ¿Si ha tenido problemas en las prácticas, que sugiere para que ellos no se presenten en un futuro?: .....

**PRUEBA FINAL: LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA**

Institución: Universidad de Cuenca

Ciclo de estudios: Octubre 2005- Marzo 2006

Nombre: ..... C.I. .... Ciclo:.....

Fecha: 13 Febrero 2006

**NOTA: NO RESPONDA SI NO SABE LA RESPUESTA CORRECTA**

1) ¿Es necesario obtener un modelo matemático previo de un sistema de control (marque con X): SI ..... NO.....

Porqué:.....  
.....

2) ¿El modelo matemático del compensador PID, se lo obtuvo?(marque con X):

a) Con un trabajo conjunto de todos los integrantes del grupo:.....

b) Con el trabajo de uno de los integrantes del grupo:.....

c) Ninguno de los integrantes sabía como obtenerlo:.....

Explique brevemente la respuesta anterior:.....  
.....

3) ¿El modelo matemático de la carga controlada y de la realimentación se las obtuvo?:

a) Con un trabajo conjunto de todos los integrantes del grupo:.....

b) Con el trabajo de uno de los integrantes del grupo:.....

c) Ninguno de los integrantes sabía como obtenerlas:.....

Explique brevemente la respuesta anterior:.....  
.....

4) ¿Realizó usted una revisión bibliográfica de los temas : sistemas de primer y segundo orden; necesarios para una mejor comprensión de cómo se determinaron las funciones de transferencia de la carga y de la realimentación?: SI ..... NO .....

Si la respuesta anterior fue SI, seguramente podrá responder las siguientes preguntas:

a) Un sistema de primer orden tiene frecuencia natural de oscilación: SI ... NO.....

Porqué:.....

. La respuesta en el tiempo de un sistema de primer orden es de tipo:

Exponencial:..... Oscilatoria :..... Exponencial-Oscilatoria:..... Ninguna:.....

b) Los sistemas de segundo orden pueden presentar respuestas de tipo:

Sobreamortiguada:..... Subamortiguada:..... Críticamente amortiguada.....

d) Un sistema de segundo orden es marginalmente estable cuando las raíces del polinomio característico son: Reales iguales:.....Reales diferentes:..... Complejas conjugadas:.....

Complejas conjugadas sin parte real:..... Conjugadas sin parte compleja.....

e)El modelo matemático de un compensador PID es de segundo orden:  
SI.....NO.....

5) ¿Utilizó el Matlab para simular las respuestas del sistema construido?: SI...NO.....

a) ¿Cuál es el comando o instrucción para obtener la respuesta al impulso?:.....

6) El montaje de los circuitos comparador, amplificador, integrador, derivador, etc; se realizó con amplificadores operacionales; ¿realizó usted una revisión de los conceptos teóricos de cada una de las configuraciones circuitales para su correcta utilización?:  
SI:..... NO:.....

a) Como se calcula la constante integradora del compensador I:.....

b) Como se calcula la constante derivativa del compensador D:.....

c) La corriente de salida máxima del amplificador TL084 es :.....

d) El voltaje de salida de un derivador tiene signo opuesto que el voltaje de entrada:  
SI..... NO.....

e) Dibuje la configuración de un amplificador inversor:

f) El comparador se lo realiza con: Un sumador ..... Un diferenciador:.....

g) Las ecuaciones matemáticas del integrador, diferenciador y sumador son:  
.....

7) ¿Para resolver los problemas que se presentaron en el modulo amplificador de potencia, usted reviso su teoría de funcionamiento: SI..... NO:.....

a) En el Texto de titulo:....., y su autor es:.....

b) En el texto en donde se presenta el circuito de disparo para el módulo de potencia, se realiza el enlace entre el UJT y el SCR por medio de:

Un transistor:..... Un opto aislador:..... Un transformador:..... Una resistencia:.....

c) Existen diferencias entre el circuito sugerido en el texto, y el construido en la práctica: SI:..... NO:.....

Si la respuesta fue SI; cuales son las diferencias y porqué se dieron:.....  
.....

Usted analizó los efectos de los cambios realizados: SI:..... NO:.....

8) ¿cuál es la función que cumplen los siguientes elementos (circuito de potencia)?:

- Zener:.....

-Puente de rectificadores:.....

- Capacitor: .....

- Transistor Unijuntura:.....

- Optoaislador:.....

9) ¿Revisó usted la teoría de funcionamiento del UJT? : SI:..... NO:.....

a) Como se dimensionan las resistencias de base del UJT:.....

10) Los dos transistores (NPN y PNP) deben trabajar en la zona de :

Corte:..... Saturación:..... En ambas zonas:.....

11) ¿Cómo se verificó que los transistores estaban trabajando en la zona adecuada?...

12) ¿Cuál es el objetivo del voltaje de control que ingresa al circuito de disparo?.....

13) ¿Cuales pueden ser las causas para que el SCR se dispare sin que exista voltaje de control?.....

14) ¿Cómo se solucionaron los problemas de disparo inadecuado del SCR?.....

15) ¿En que se fundamentó para encontrar la solución?.....

16) La respuesta global del amplificador de potencia, deber de tipo:

Lineal:..... Exponencial:..... Sub-amortiguada:..... Cualquiera:.....

¿Cuál es la función de transferencia del amplificador de potencia?.....

Como la obtuvo:.....

17) Dibuje la forma de onda típica que se observaría en la carga:

18) La relación entre el voltaje de control y el Voltaje medio en la carga debe ser en lo posible: Lineal:..... Exponencial:..... No importa:.....

19) El diodo en anti-paralelo con la carga sirve para:.....

20) ¿cómo se dimensionaría el zener del circuito de disparo?:.....  
.....

21) Esquematice el diagrama de bloques del sistema completo.

22) Especifique los componentes físicos que conforman los siguientes bloques y señales:

Referencia:.....

Realimentación:.....

Compensador proporcional:.....

Actuador:.....

Planta controlada:.....

Error:.....

23) La ecuación característica de la función de transferencia obtenida es de:

Primer grado:..... Segundo grado:..... Tercer grado:.....

¿Cuales son las posibles respuestas temporales de esa ecuación característica?:.....  
.....

24) ¿Cuáles y como se realizaron las pruebas de estabilidad del modelo planteado?.....  
.....

25) ¿Un compensador solamente proporcional puede tener error igual a cero?:  
SI.....NO..

Porqué:.....  
.....

26) ¿Cuál es el objetivo de colocar un compensador integrador:.....  
.....

27) ¿Cuál es el objetivo del compensador derivativo?:.....  
.....

28) ¿Las respuestas simuladas obtenidas sobre el modelo matemático, se asemejan a las respuestas obtenidas en la práctica?: SI..... NO:.....

Porqué:.....  
.....

29) Mencione tres posibles aplicaciones reales del sistema construido, si este funcionara adecuadamente:.....



## REVISIÓN DE FUNDAMENTOS DE TEORIA DE CONTROL

Procedimiento: Responda cada una de las siguientes preguntas en forma concreta y sin explicaciones adicionales a menos que se las pida.

- 1) ¿Cuales son los objetivos de la Teoría de Control?:.....  
.....
- 2) Enumere algunos dispositivos o equipos comunes en nuestras vidas que funcionen gracias a lazos de control abiertos:.....  
.....
- 3) Enumere algunos dispositivos o equipos comunes que funcionen como lazos de control cerrado:.....  
.....
- 4) ¿ Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado con respecto a los lazos de control abierto?:.....  
.....
- 5) ¿Cuál es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la teoría de control?:.....  
.....
- 6) ¿Porqué en la modelación utilizamos la transformada de Laplace?.....  
.....
- 7) ¿Qué es la realimentación y cuál es su objetivo?.....  
.....
- 8) ¿Cuáles son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno físico ya sea de carácter técnico o no técnico?:.....  
.....
- 9) ¿Qué es la función de transferencia?:.....  
.....
- 10) ¿Qué representa la señal de error y cuál es su expresión matemática?:.....  
.....
- 11) ¿En la teoría de control comúnmente se mencionan algunas señales importantes, cuales son ellas?.....  
.....
- 12) ¿Cuál es el objetivo de la transformada inversa de Laplace?:.....  
.....

- 13) ¿qué se entiende como estabilidad en un sistema de control?.....  
.....
- 14) ¿Cuál es la forma matemática de los sistemas de primer orden y de segundo orden?:  
.....
- 15) ¿Bajo que condiciones, un sistema de primer orden se hace inestable?.....  
.....
- 16) ¿Porqué un sistema de primer orden no puede oscilar (o tal ves si)?.....  
.....
- 17) ¿Por qué un sistema marginalmente estable, tiene raíces en el eje imaginario?.....  
.....
- 18) ¿Cuáles son las posibles respuestas de un sistema de segundo orden?.....  
.....
- 19) ¿Por qué los análisis de estabilidad se los realiza únicamente sobre el polinomio denominador de la función de transferencia?.....  
.....
- 20) ¿Qué es la frecuencia natural de un sistema?.....  
.....
- 21) ¿Por qué se dice que los elementos amortiguadores, tienden a hacer que un sistema se haga estable?.....  
.....
- 22) ¿Por que decimos que cuando un polinomio característico presenta raíces complejas, se han de presentar oscilaciones en la respuesta en el tiempo?.....  
.....
- 23) ¿Qué son los sistemas ajustables?.....  
.....
- 24) ¿Plantee rápidamente una función de transferencia cuya respuesta temporal sea de tipo sub amortiguada y otra de tipo sobre amortiguada?.....  
.....

## **4.2 Análisis de la información recogida en las encuestas**

Todos los análisis presentados a continuación, se fundamentan sobre las encuestas ejecutadas durante el transcurso del ciclo de estudios Octubre 2005 – Marzo 2006.

Se toman en cuenta también los trabajos enviados a los estudiantes, en los cuales se han incluido preguntas relacionadas con diferentes aspectos pedagógicos.

Cada una de las preguntas han sido respondidas con alguna de las tres posibles opciones, correcto “C”, Parcialmente correcto “PC”, e incorrecto “I”.

Debemos hacer notar que no se ha pedido a los estudiantes se preparen en forma especial para contestar las encuestas ya que ellas no están concebidas como pruebas o exámenes. Si bien al inicio del ciclo de estudio se advirtió sobre la realización de las mismas, no se establecieron fechas específicas, sino que se escogieron los momentos adecuados dependiendo del avance de la materia.

En el ANEXO 7, se encuentran los resultados tabulados de las encuestas, y las gráficas correspondientes para un mejor análisis.

**4.2.1. a) Análisis con respecto al aprendizaje de los conceptos básicos:** Se han formulado preguntas que tienen relación con los conceptos básicos de control, por ejemplo deseamos conocer si los estudiantes han logrado concebir los objetivos primarios de la asignatura, así como también aquellos conocimientos teóricos que no pueden ser olivados, puesto que resultan indispensables para abordar las teorías mas avanzadas.

Observando las gráficas de la encuesta número 2, podemos ver que la mayoría de conceptos básicos son comprendidos en forma parcialmente correcta. (barras centrales de cada una de las preguntas) . Pero debemos tomar especial interés en las preguntas que han sido respondidas en forma incorrecta (tercera opción); para plantear metodologías futuras que reduzcan el número de estudiantes con falencias en esas áreas.

Además si comparamos el número de las respuestas correctas con el número de las respuestas parcialmente correctas, encontramos una importante diferencia, lo que nos hace pensar que debemos esforzarnos para lograr que el entendimiento de los conceptos básicos que se los estudia al inicio de la materia sea correcto. No olvidemos que sobre esos conceptos iniciales se construyen las teorías posteriores.

En el caso de estudiantes de la Ingeniería de Sistemas, notamos que tienen mayor dificultad cuando se trata de concebir los componentes físicos de los sistemas y las señales que sobre ellos actúan. En cambio, conceptos como la estabilidad, las funciones de transferencia, la realimentación e inclusive los objetivos de la Teoría de Control, presentan dificultades por igual para los estudiantes de todas las especialidades.

El planteamiento de las funciones de transferencia y sobre todo las razones para obtenerlas, merece una revisión detallada desde el punto de vista físico y matemático, lo que a su vez ha de exigir la revisión de ciertos conceptos matemáticos olvidados en el transcurso de tiempo que existe entre los momentos en los que se cursan las diferentes asignaturas.

Con la finalidad de solventar en alguna medida las deficiencias de comprensión de los sistemas de control y sus componentes sobre todo mecánicos, se procedió a realizar demostraciones con estructuras mecánicas sencillas pero que engloban dentro de sí varios de los conceptos teóricos importantes, estas son las estructuras masa-resorte-amortiguador y un péndulo simple.

Luego de una semana de haber realizado estas demostraciones, se ejecutó la encuesta número tres, en la que podemos advertir que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, responden mejor a las preguntas planteadas (relacionadas directamente con los sistemas mecánicos) que los estudiantes de las Ingenierías Automotriz y Mecánica. Lo analizado nos permite afirmar que esta alternativa de enseñanza – aprendizaje que no estuvo planeada inicialmente puede ser de gran ayuda para dar a conocer las formas de funcionamiento típicas de los controladores y de algunos de sus componentes.

Lo anterior, también se ha tomado en cuenta para la selección del tipo de modulo de pruebas ha implementarse, para realizar las demostraciones de funcionamiento de los sistemas de control reales. Tal como lo hacen los sistemas mecánicos entregando respuestas sobre, sub, críticamente amortiguadas, podemos hacerlo con un control en lazo cerrado que incluya un compensador PID.

Ahora comparemos los niveles de conocimiento de los grupos de trabajo con el grupo de control en las primeras semanas del ciclo de estudio (luego trataremos los conocimientos presentes al final del ciclo). Nótese que las preguntas de la encuesta numero 2 aplicada a los grupos de trabajo son las mismas que la encuesta numero 1 para el grupo de control.

Como vemos las tendencias en el número de preguntas respondidas en forma parcialmente correcta, son muy similares con el grupo de Ingeniería de Sistemas, pero existen notables diferencias en los porcentajes de preguntas correctas e incorrectas. Se resalta el caso de la primera pregunta relacionada con los objetivos de la Teoría de Control y la segunda, relacionada con las características de los lazos de control abiertos y cerrados. La mayoría del grupo de control tiene una vaga idea sobre esos temas. De posteriores conversaciones mantenidas con los estudiantes, supieron manifestar que ello se debía a que el docente encargado de la materia no le daba mayor importancia a esos temas sino que se enfocaba sobre todo en los procedimientos matemáticos.

En contraparte, las preguntas 3,4,5 son mejor respondidas por el grupo de control, lo que resulta comprensible si tomamos en cuenta que ya habían aprobado la materia en su totalidad. Sin embargo son evidentes las falencias en lo que se relaciona con la modelación de los sistemas (funciones de transferencia) y mas todavía con el concepto de la estabilidad. A pesar de aquella problemática, para la fecha en la cual se realizaron estas encuestas, ya se encontraba en proceso de implementación el controlador práctico por medio del cuál se valoraría el saber hacer. Es decir, quedaba como responsabilidad de los estudiantes del grupo de control, revisar lo olvidado, si deseaban hacer un trabajo correcto y funcional de acuerdo a los parámetros establecidos por la teoría.

Para la encuesta final (relacionada con los conceptos básicos), se ha dejado transcurrir entre una y dos semanas con relación a la encuesta número 2, tomando las previsiones para no llegar al final de ciclo de estudios, cuando la ejecución de estas encuestas no podría ser posible.

Al analizar los valores obtenidos para cada grupo de trabajo, encontramos algo muy interesante; la forma en la cual responden varias preguntas los grupos de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica, presentan las mismas tendencias. Por ejemplo, comparemos las preguntas 1,2,6,7,9,14,17,21, en donde las diferencias entre cada alternativa escogida (C, PC, I) son similares.

Otro detalle, tal vez más importante, es el hecho que una considerable cantidad de preguntas son respondidas en forma incorrecta así mismo por un importante sector de estudiantes. Parecida situación se presenta con las respuestas parcialmente correctas. Lo dicho nos debe hacer reflexionar muy seriamente sobre la manera en la cuál se están dando a conocer los conceptos teóricos, o sobre la actitud que presentan los estudiantes

para con las materias de tipo teórico y que están basadas en la ciencia básica. Basta con revisar cuales son las preguntas que mayor cantidad de respuestas incorrectas presentan y podemos descubrir que justamente son aquellas relacionadas con ciertos conceptos de la matemática.

Cuando nos detenemos a revisar lo sucedido con los estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cuenca, nos encontramos con que un importante sector de estudiantes responden correctamente la mayoría de preguntas, y otro importante sector lo hacen en forma parcialmente correcta. Esto nos hace pensar que existen considerables diferencias en la preparación y actitud de estos grupos de estudiantes. Tendríamos que efectuar una investigación específica sobre esta problemática para determinar las razones y causas de esas diferencias sobre todo de actitud.

Por el momento parece ser que el grupo de Ingeniería de Sistemas es el que mejor a respondido a las alternativas de enseñanza - aprendizaje utilizadas.

Ahora, con relación al grupo de control, observamos un casi total desconocimiento de los fundamentos matemáticos sobre los que se basan los análisis de los sistemas de control; fijemos atención en las preguntas 12, 15, 16, 17, 20, 22; que demuestran lo antes indicado, pero que sobre todo evidencian la falta de preocupación por parte de los estudiantes, para revisar teorías antes estudiadas. Hemos de indicar que se habían echo las correspondientes recomendaciones (al inicio del ciclo) tendientes hacer notar la importancia de la teoría para una correcta puesta en práctica; y mas todavía para corregir los errores que seguramente se presentarían.

La creencia casi generalizada de pensar que la teoría no es aplicable o es innecesaria, menos todavía durante las épocas estudiantiles se hace notoria, debiendo tomar (por nuestra parte) las acciones correctivas para cambiar esta forma de pensar. El planteamiento inicial referente al problema existente con la Teoría de Control no aplicada en nuestro medio se vuelve a ratificar.

Como un aspecto importante en nuestra investigación, tenemos la evaluación de la permanencia de los conceptos de control luego de transcurrido algún período de tiempo. Para tales efectos, se ha procedido a realizar una encuesta en el siguiente período de estudios, es decir durante el ciclo Marzo 2006 – Julio 2006. Entonces consideremos la encuesta de revisión o recopilación de conceptos de fecha 17 de Abril del 2006. En ésta,

se han planteado preguntas que se consideran relacionadas con los temas más importantes de toda la materia contenida en la Teoría de Control 1, tal como se la estudia en la Universidad Politécnica Salesiana, y como se mencionó antes correspondía al período Octubre 2005 – Febrero 2006.

Los objetivos, que persigue la asignatura en cuestión, parece que han sido bastante bien asimilados, pues como vemos solamente un muy pequeño porcentaje de estudiantes responden en forma incorrecta. Lo mismo se podría afirmar con relación a los conceptos de estabilidad y sus pruebas, realimentación, tipos de sistemas, tipos de respuestas, y componentes de los sistemas de control. Es de notar que el modelo de masa-resorte-amortiguador se lo recuerda por buena parte del grupo, por lo que podemos deducir nuevamente que su utilización puede resultar muy ventajosa como herramienta de apoyo fundamentada en la metodología de la mediación.

Pero por otro lado, muy fácilmente deducimos que se mantienen las imprecisiones con respecto al enlace entre la matemática, los modelos de sistemas y las teorías del control automático. El peor de los casos tiene que ver con los tipos de respuestas en el tiempo de los diferentes tipos de sistemas, y el porque la ubicación de las raíces en el plano complejo determinan las condiciones de estabilidad o inestabilidad.

Cuando comparamos con el grupo de control, al que se le plantearon preguntas similares; podemos deducir que a existido una mejoría, ya que el porcentaje de respuestas incorrectas es menor. Podríamos decir que las alternativas pedagógicas han dado buenos resultados, pero de todas formas deberemos mejorarlas, y si no es posible, reemplazarlas, lo que claro requeriría un nuevo proceso de investigación de su efectividad.

Cabe recalcar que especialmente para ésta encuesta de recopilación de conceptos, no se había advertido a los estudiantes sobre la misma, esto con el objetivo de saber si esos conceptos son recordados fácilmente como para que luego podamos deducir la efectividad de las alternativas pedagógicas.

Además el tiempo transcurrido desde que finalizó el ciclo de estudio de la Teoría de Control en su primera parte, hasta la fecha de realización de la encuesta, es similar al tiempo transcurrido desde que los estudiantes del grupo de control aprobaron la materia, hasta cuando realizamos la primera evaluación sobre ellos.

En los períodos intermedios, es decir aquellos en los que no se han realizado encuestas sobre los conceptos básicos, se han realizado otro tipo de encuestas, las que tienen que ver con los métodos y alternativas de aprendizaje utilizados, además de trabajos teóricos que nos ayudarán a valorar la efectividad de la metodología de enseñanza

#### **4.2.2. b) Análisis con respecto a las alternativas pedagógicas**

Para determinar como han influenciado los diferentes métodos de enseñanza, se han realizado encuestas estructuradas con preguntas que debieron ser respondidas entre dos opciones (Si, No), además de una opción en la que cada encuestado pueda expresar razones (para lo respondido) y opiniones que serán luego tomadas en cuenta para mejorar permanentemente las alternativas pedagógicas.

Comenzando con la encuesta numero 2 (de fecha 5 de Enero de 2006), se investigó los aspectos benéficos o perjudiciales del aprendizaje apoyado en la revisión de los ejercicios resueltos que traen algunos textos. La mayoría de estudiantes opinan que las tareas de este tipo refuerzan los conocimientos relacionados con la matemática aplicada a la Teoría de Control. Si es que no se revisa al menos un ejercicio resuelto, no se comprende como deben ser aplicados los conceptos y cuales son los procedimientos iniciales en el análisis de los diferentes sistemas de control. Sin embargo, cuando en clase se procedió a realizar un foro de discusión relacionado con uno de los sistemas de control presentado como ejercicio resuelto y que debía ser analizado por cada estudiante, notamos que realmente no se comprendían las razones para escoger ciertos modelos matemáticos de algunos componentes, sino que simplemente se los aceptaba sin siquiera preguntarse si era el único modelo posible, o cuales eran las teorías utilizadas para obtenerlos. La costumbre de aprender de memoria una determinada ecuación, o procedimiento, es mal entendida, haciendo que creamos que la memorización es similar a la comprensión. Quienes han sabido detectar esta situación, responsabilizan a la falta de conocimientos básicos (en el área de la Física y la Matemática) la incapacidad para entender con todo detalle cada uno de los procedimientos, planteamientos y soluciones observadas en los ejercicios resueltos.

Las respuestas comunes en la pregunta numero 3 (de la encuesta numero 2), nos recuerda la escasa o inexistente relación de las materias básicas con las materias tecnológicas, y



también en sentido inverso. Es decir que los métodos de enseñanza de las ciencias básicas deberían de ser modificados, de tal manera que los ejercicios de aplicación sean escogidos entre aquellos que proponen situaciones realistas en lugar de otros que solamente exigen destreza de cálculo. Tal vez así podamos lograr que lo aprendido no se olvide rápidamente.

Según lo expresado por los estudiantes, la manera de solventar esta falta de comprensión de los modelos estudiados, fue la revisión de los temas adicionales necesarios en los diferentes textos, pero la realidad es que muy pocos lo hicieron, lo que pudimos averiguar en las horas de clase al momento de realizar preguntas que debían ser respondidas apoyándose en elementales teorías estudiadas con anterioridad.

El porque un sector de estudiantes, no responden con la verdad, seguramente tiene que ver con el temor a que estas encuestas sean calificadas, a pesar de la insistencia por parte del profesor que no sería así.

Una de las típicas sugerencias, es que los ejercicios se realicen en las horas de clase, claro está que mientras mas detalles se mencionen durante el desarrollo, sería mejor. Si se permitiera escoger entre ocupar las horas de clase para profundizar en los conceptos teóricos, u ocuparlas en la resolución de ejercicios, la primera opción sería escogida en forma abrumadora. En cierta forma podemos acoger estas sugerencias, pero siempre recalando que la resolución de ejercicios en buena parte lo que pretenden es adquirir destreza en los cálculos, y no necesariamente sirven para afianzar los conceptos.

Una información importante que obtuvimos tiene relación con los temas de la matemática que deben ser revisados o reforzados, como por ejemplo el planteamiento y solución de las ecuaciones diferenciales, que son fundamentales para la modelación. Lo mismo podemos decir de los métodos de Laplace, y el análisis de señales. Un especial tratamiento debemos dedicar a los sistemas eléctricos y mecánicos, partiendo con la explicación de su funcionamiento, pasando por la modelación matemática y terminado con sus funciones de transferencia; para luego analizar las respuestas en el tiempo, sabiendo que estos sistemas producen las respuestas temporales típicas de los sistemas de control realimentados.

Luego de ejecutar la encuesta numero 3 podemos manifestar los siguientes criterios.

Las aplicaciones relacionadas con las diferentes áreas, son un reclamo permanente por parte de los estudiantes, y debemos admitir que es justa, mas todavía si recordamos que en nuestra época de estudiantes hacíamos los mismos reclamos. Por estas razones hemos planteado la realización de trabajos basados en aplicaciones específicas relacionadas con las áreas tecnológicas que mejor se acoplen a las diferentes carreras en las que se imparte la materia.

Por el momento hemos logrado conseguir alguna información en forma de videos y artículos especializados (papers de la IEEE) pero debemos continuar buscando mas información con la finalidad de poder seleccionar las mejores aplicaciones, que nos permitan utilizar la mediación y obtener resultados ciertos sobre la efectividad de las alternativas de aprendizaje.

La problemática del idioma utilizado en los artículos especializados, expresada por un importante sector de estudiantes, la podemos solucionar tomándonos el trabajo de traducir cada uno de esos artículos; pero queda la duda si sería el camino correcto, después de todo la asignatura que nos compete se dicta en instancias posteriores aquellas en las que se estudia el idioma extranjero ingles. Cuando se conversa sobre este punto con los alumnos, afirman que si los artículos estarían en español, la comprensión y análisis de ellos sería mejor y además se ahorrarían tiempo. Será que debemos caer en esa especie de paternalismo que como se suele decir “ofrece todo masticado” para la fácil asimilación del estudiante.

En base a una reflexión personal, y tomando en cuenta las opiniones de otro sector de estudiantes, aunque sea reducido, pensamos que si un artículo científico se encuentra en ingles no debe ser considerado como un problema, sino que mas bien es una oportunidad para poner en práctica lo aprendido en otra asignatura.

Los videos que hemos conseguido y con los cuales se han realizado los trabajos, parecen ser más efectivos cuando vienen acompañados de información científica que los complementen. Lo anterior podemos tomarlo como una regla a no olvidar para que esta alternativa sea considerada como una verdadera técnica de apoyo de enseñanza de una materia de carácter técnico.

En este análisis no disponemos del espacio suficiente para presentar todas la opiniones expresadas por los estudiantes, con relación a los videos observados, pero algunas de esas opiniones son muy interesantes ya que por ellas podemos deducir que se alcanzado

uno de los objetivos buscados al aplicar métodos de enseñanza novedosos, ese objetivo es que se puedan relacionar los conocimientos con las necesidades de la sociedad.

A pesar que lo observado por los estudiantes no incluye los detalles técnicos sobre la realización de los diferentes sistemas de control, la sugerencia común es que esta alternativa se la mantenga, ya que permite valorar la importancia de las nuevas tecnologías en el desarrollo social moderno, además de mostrarnos aplicaciones reales y que parecían solamente ficción.

Entre las mejoras que debemos implementar tenemos la calidad de imágenes y principalmente la calidad de sonido, que no son fundamentales pero de todas formas pueden influenciar en el interés de los estudiantes.

Con relación al uso de los softwar de simulación, específicamente el Matlab y Simulink, la opinión general es a su favor, por las ventajas inherentes relacionadas con la rapidez para obtener respuestas en el tiempo, o graficas de lugar de raíces que nos permiten el posterior análisis del cambio de respuesta de acuerdo a como cambian los parámetros de los sistemas.

Para nosotros como docentes, el uso de estos programas de simulación puede ser el camino adecuado que nos permita la realización de ejercicios con mayor frecuencia durante las sesiones de clase. Cuando un ejercicio se lo realiza completamente y en forma manual se requiere de al menos una hora de tiempo, debido a la necesidad del trazo de esquemas y dibujos, con el consiguiente problema de retraso en el avance de la materia; pero con el uso de un simulador podemos optimizar el tiempo además de permitirnos abordar y analizar sistemas de control complejos.

A pesar que en clase se explicó únicamente lo básico sobre el uso del Matlab, no han existido quejas en el sentido que sea un software difícil de manejar, y esto se debe a que en la actualidad se disponen de ayudas incluidas en estos programas utilitarios, además que algunos textos también consideran la resolución de ejercicios con su ayuda, proporcionando las explicaciones de utilización necesarias.

Como sugerencia a considerar, tenemos que se podría dedicar algo de tiempo a un curso de enseñanza de estos simuladores, con la finalidad de explotar de mejor manera sus capacidades, y que puedan ser utilizados también en otras materias.

Las desventajas de las cuales debemos cuidarnos al utilizar estos programas es la posible dependencia y la aceptación de resultados sin analizarlos correctamente tomando en cuenta los conceptos teóricos adecuados.

Cuando revisamos las opiniones generales expresadas por los estudiantes, consideramos que una de las más importantes es la que sugiere la realización de debates de los trabajos teóricos enviados. Nosotros más bien debemos prepararlos como foros de discusión planeados con anticipación de acuerdo a los temas que parezcan de mayor interés. Esta misma opinión la teníamos antes que nos la dieran a conocer nuestros alumnos. Sobre este detalle se había comentado en el capítulo anterior y lo estableceremos como una alternativa de enseñanza importante que la pondremos en práctica en el futuro inmediato.

Luego de haber probado cada una de las alternativas pedagógicas por separado, se vio conveniente ponerlas en práctica en forma simultánea, aprovechando que logramos conseguir el material de apoyo necesario. La información sobre como respondieron los estudiantes a la realización de este trabajo la tenemos en la encuesta número 4.

De esa encuesta concluimos que es totalmente factible el desarrollo de tareas basadas en nuestras alternativas pedagógicas trabajando simultáneamente, debido a que se complementan mutuamente, creando una visión muy amplia de las aplicaciones de la teoría de control y de los fundamentos científicos que la soportan. Parece ser que se logra incentivar a la mayoría de personas, ya que cada una de ellas responderá de mejor manera a una determinada alternativa pedagógica.

Pero a criterio de algunas personas, los trabajos realizados en base a diversas fuentes de información pueden resultar demasiado extensos, y en ciertos casos más bien pueden llegar a crear confusión sobre ciertos conceptos teóricos. De ser así podríamos valernos de este hecho para determinar quienes no han podido comprender los conceptos adecuadamente, ya que las confusiones realmente serían la consecuencia de problemas de aprendizaje de los conceptos teóricos.

Con relación a la información obtenida en Internet, es opinión general, que ésta debe ser tomada como un complemento para mejor entender sobre todo aquellos trabajos de investigación y temas de interés que se presentan originalmente en inglés, pero se deberá tener cuidado en no confiar ciegamente en información de dudosa autoría. De todas

formas, recurrir a la gran red para buscar información no parece indispensable ya que disponemos de otros medios que a pesar de ser clásicos podemos confiar en ellos.

Otra de las sugerencias importantes, manifiesta la conveniencia de la realización de prácticas de laboratorio. Sin duda que éstas son necesarias, pero por el momento no disponemos de los equipos necesarios para llevarlas a cabo. Para atacar este problema es que se propuso la implementación de un modulo de pruebas, el que se lo concluyo y con él se realizaron algunas demostraciones. Por la importancia que encierra este aspecto, tenemos planeada la construcción de mas de estos módulos con los que se puedan realizar prácticas con grupos de estudiantes.

Finalmente revisemos la efectividad de cada alternativa de aprendizaje desde el punto de vista de los estudiantes. Para estos efectos, consideremos la pregunta numero 9 de la encuesta numero 3 y la pregunta numero 13 de la encuesta final.

Como vemos, la alternativa que piensan (los estudiantes) es la mas efectiva es la realización de los trabajos prácticos. Esta opinión es común en las dos Universidades en las que se desarrolló la investigación. La tendencia parece lógica si tomamos en cuenta que por medio de este tipo de trabajos se esperan acumular puntos de una manera un tanto mas sencilla que cuando se lo hace por medio de pruebas y exámenes. Pero lo deseable es que los trabajos prácticos representen una real ventaja como método de aprendizaje además de permitirnos valorar el saber hacer.

En el siguiente punto de este capítulo analizaremos como fueron presentados los trabajos prácticos y tendremos una mejor idea sobre la efectividad de esta alternativa.

En el caso de las otras alternativas encontramos importantes diferencias de opinión entre los estudiantes de la Universidad de Cuenca con relación a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana. El detalle más relevante tiene que ver con la revisión y resolución de ejercicios tanto resueltos como propuestos. Para uno de los grupos (U. de Cuenca), estas alternativas pedagógicas tienen muy poca efectividad, mientras que para el otro grupo (U.P.S) se encuentran entre las de mayor efectividad. Estas formas de pensar radicalmente diferentes nos lleva a pensar que existen también importantes diferencias en las actitudes asumidas ante las asignaturas de carácter teórico – científico. Aunque nuestra investigación no se ocupa de los problemas pedagógicos generales de

cada una de las Instituciones Universitarias con las que nos encontramos relacionados, podemos ratificar un criterio que lo veníamos pensando hace algún tiempo atrás; los estudiantes de la Universidad Politécnica presentan una mayor tendencia a memorizar los conceptos y a mecanizar los métodos de resolución de problemas. Esta situación tiene concordancia a la que se experimenta en otras asignaturas, como es el caso de la Física, en la que todavía más los estudiantes exigen la resolución de ejercicios específicos en las horas de clase, a pesar que se hacen aplicaciones numéricas de los conceptos durante el transcurso de las explicaciones teóricas.

Para los próximos ciclos hemos de buscar los caminos para reducir este problema, y la solución parece encontrarse en la realización de los trabajos prácticos pero fundamentados en los profundos análisis teóricos previos. Adicionalmente debemos mantenernos en nuestros esfuerzos por rescatar la importancia de los conocimientos básicos que nos permitirá abandonar esa mecanización que busca solamente la obtención de resultados numéricos.

Con relación a las otras alternativas pedagógicas, el uso de Matlab, y análisis de videos, podemos catalogarlos como alternativas de efectividad aceptable que mas bien resultan ser las herramientas de apoyo necesarias para incentivar el estudio de la Teoría de Control, debiendo aprovechar las facilidades que dan para descargarnos del peso de cálculos matemáticos extensos y la observación de aplicaciones reales.

La lectura de artículos especializados en idioma inglés, tal como verificamos (en la encuesta número 3) no parece ser un problema de consideración, para los estudiantes de la Universidad de Cuenca, ya que la ubican como la segunda alternativa pedagógica importante, mientras que en la Universidad Politécnica se la considera como de poca efectividad.

Ya anteriormente comentamos sobre la resistencia a revisar bibliografía que no se encuentre en español.

En otro aspecto, la modelación de sistemas de control reales, a pesar de su importancia, no es considerada como una alternativa muy efectiva. Esta puede ser otra consecuencia de la falta de importancia que se le concede a los conocimientos teóricos provenientes de la ciencia básica.

En definitiva, debemos considerar como muy importante dentro de la programación de la asignatura la puesta en práctica de lo aprendido, si es posible desde las primeras instancias, comenzando con sistemas sencillos en los que se puedan experimentar las actuaciones de los controlados y cada uno de sus componentes.

#### **4.2.3. c) Análisis con respecto a la realización práctica de un controlador**

Desde el inicio de nuestra investigación hemos sostenido que una de las formas de comprobar que hemos alcanzado un aprendizaje significativo de la Teoría de Control, podría ser por medio de la capacidad de poner en práctica la teoría. Recordemos también que buscamos incentivar el estudio científico, debido a sus posibilidades de aplicación y los consiguientes beneficios tecnológicos y sociales. Por tal motivo era importante la realización de un trabajo práctico con el que podamos verificar si nuestra propuesta pedagógica había alcanzado algún grado de efectividad.

En el capítulo 2, establecimos el tipo de sistema de control que se construiría y también se dieron las razones para su selección (lazo cerrado de control con compensador PID), pero ahora mencionaremos lo sucedido con la ejecución de esta alternativa pedagógica.

Para los grupos: de Ing. Eléctrica de la UPS, y para el grupo de control (Ing. Eléctrica, U. de Cuenca), se trataba de un controlador analógico de flujo luminoso, sobre el cuál podamos realizar variación de parámetros para observar las diferentes respuestas en el dominio del tiempo. En cambio para los grupos de Ing. Mecánica y Automotriz se trabajaría sobre un controlador analógico pero únicamente con un compensador proporcional (tipo P), debido a que esos grupos se encontraban recién cursando la primera parte de la asignatura.

Definitivamente, los mayores problemas los encontramos en el grupo de control, cuyo rendimiento era muy escaso y se requirió de un tiempo extra para revisar la teoría necesaria para comprender como trabajaría cada uno de los bloques del sistema. En la encuesta final (del 13 de Febrero del 2006), lo podemos comprobar fácilmente. Muchas preguntas son respondidas en forma incorrecta, tanto las que tienen que ver con los detalles eléctricos y electrónicos del montaje, así como también las que tienen relación con los conocimientos básicos. Los resultados podrían haber sido bastante mas

desalentadores si no tomábamos la precaución de revisar en clase (y con anterioridad) las teorías que explican el funcionamiento de los sistemas automáticos,

Comenzando con dificultades de modelación, pasando por el desconocimiento y olvido de cómo trabajan ciertos componentes electrónicos, y terminando con la incertidumbre sobre las señales que debían estar presentes en cada parte del sistema, siempre debimos asistir a los estudiantes del grupo de control con indicaciones tanto de los detalles prácticos como de los teóricos.

En este sentido, debemos aclarar que si no se prestaba la ayuda requerida, el tiempo necesario para la ejecución del trabajo hubiera sido mucho mayor del estipulado para las prácticas de laboratorio. Realmente no era indispensable esperar a que finalizara el ciclo de estudios, para llegar a concluir que los estudiantes de este grupo de control no estaban capacitados para poner en práctica la Teoría de Control sin que se les proporcionara un impulso inicial.

Aunque hayamos pasado por alto la premisa de no influenciar sobre el grupo de control, (en vista que no teníamos otra alternativa) ya teníamos la información necesaria para emitir alguna conclusión.

Por otro lado, el grupo de Ing. Eléctrica de la UPS, con el cuál trabajamos las alternativas de aprendizaje, presentaba los mismos problemas, pero en menor grado sobre todo en la parte práctica, debido a que poseen algo más de contacto con los elementos electrónicos.

Igualmente, con las indicaciones iniciales adecuadas, se pusieron a trabajar sobre el proyecto que lo debían completar en un período de cuatro semanas.

Lo ideal sería que los estudiantes por su propia iniciativa puedan pasar de la teoría a la práctica, valiéndose de todos los conocimientos de los que disponen. Sin embargo podemos considerar como normal que debamos dar ese impulso inicial, si tomamos en cuenta que realizar un sistema de control por primera ocasión puede presentar algunos problemas. Estamos seguros que para las próximas oportunidades en que los estudiantes deban construir controles reales, ya no será necesario indicarles las pautas iniciales, porque ya se habrá logrado comprender como se pasa de la teoría a la práctica.

Lo que parece inevitable, es la ayuda que debemos brindar en el planteamiento de los modelos matemáticos en función de los diferentes objetivos buscados. Ya en capítulos anteriores tratamos sobre la problemática de la modelación y el entorno que la rodea.



Olvidando por un momento lo antes mencionado, nos resulta de mayor interés observar como se realizaron los trabajos prácticos, y como se apoyaron en la teoría. Una semana después de haber rendido los exámenes finales en cada una de las Universidades, procedimos a revisar los trabajos prácticos, encontrando que lo realizado por el grupo de control no satisfacía los parámetros mínimos de un adecuado funcionamiento. De las 12 parejas de estudiantes que realizaban el trabajo solamente 2 de ellas presentaron un controlador que al menos funcionaba como un compensador proporcional. Las acciones integral y derivativa, cuando se las intentaba probar, mas bien producían oscilaciones llevando el sistema a la estabilidad marginal. Los análisis, modelos y simulaciones previas, y que se supone serían las guías para el montaje de la parte práctica, eran muy deficientes, en el caso del grupo de control, y no representaban ninguna utilidad práctica. En cambio los trabajos teóricos (conocidos como informes) realizados en la Universidad Politécnica, presentaban una mejor relación entre la teoría, la simulación, y la práctica. Un mayor porcentaje de grupos de trabajo, presentaban sistemas de control funcionales que dejaban ver como actuaban las señales de referencia, error y realimentación. Realmente tres grupos presentaron sistemas de control hasta con el compensador PID, para hacer pruebas, sobre como las señales se modificaban de acuerdo a las condiciones externas.

Hasta aquí, podríamos decir, que de alguna manera quienes estuvieron involucrados en la ejecución de las alternativas de aprendizaje, tenían una idea mas clara sobre como se debían aplicar los aspectos teóricos para alcanzar alguna finalidad práctica.

De conversaciones mantenidas con los estudiantes, también se pudo deducir que las demostraciones de funcionamiento de los sistemas realimentados con el modulo de prácticas por nosotros construido, ayudó a visualizar los objetivos perseguidos por este trabajo práctico. Lo mismo podemos decir del modelo matemático correspondiente, que se lo obtuvo con detalle en el aula de clase y luego se procedió a su modelación con Matlab para investigar como reaccionaría al cambiar las constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .

La combinación de la modelación de un sistema real observado (cuando funciona) con las herramientas de simulación le proveen un matiz de credibilidad a los conceptos teóricos además de una valoración tangible del conocimiento científico.

Caso aparte y digno de ser analizado con algún detalle, es el grupo de Ing. de Sistemas, que por su propia iniciativa prefirieron realizar el montaje de un controlador, todo esto

en lugar de las demostraciones y prácticas sobre el modulo de control ya construido y que era el planteamiento inicial.

En el capítulo 2, se presentaron más detalles sobre como se ayudo a los estudiantes para que puedan realizar el montaje práctico, pero a diferencia de los otros grupos, este debería ser de tipo digital, para explotar las capacidades de una computadora.

Los informes si bien no eran perfectos, estaban bastante bien realizados, y sobre todo guardaban relación entre el funcionamiento esperado y el funcionamiento observado en la práctica. Al igual que para los grupos anteriores se realizaron las demostraciones previas indicando los requisitos que debía cumplir el sistema, valiéndonos del modulo de control analógico.

Transcurrido un lapso de tiempo de cinco semanas, se recibieron los trabajos prácticos, acompañados del correspondiente informe (que incluía el objetivo, el modelo, la simulación, y las conclusiones) y de una sustentación hablada en la que se tenían que explicar los detalles constructivos, de funcionamiento, y del software implementado.

Como podemos observar en los datos recogidos con la encuesta final, las cinco primeras preguntas que tienen relación con el conocimiento de los aspectos prácticos (como por ejemplo la función que cumplen cada uno de los componentes físicos dentro del sistema) y de los aspectos teóricos, son respondidas en forma correcta y parcialmente correcta. Podríamos decir que el balance final es satisfactorio, pero si queremos que el porcentaje de respuestas correctas se incremente (como debería ser), hemos de reforzar el aprendizaje referente al entendimiento y manejo de los dispositivos electrónicos.

Llama la atención la pregunta número cinco, en la que se pregunta sobre el modelo matemático asumido para la planta controlada. La mayoría de estudiantes responde en forma incorrecta, lo que nos obliga a que continuemos buscando alternativas pedagógicas que ataquen este problema, del que podríamos decir es el mas complicado.

Las restantes preguntas (de la número 6 hasta la numero 12), nos proveen de información adicional, que nos indica la necesidad de poner en práctica la teoría para poder despejar muchas dudas relacionadas con los conceptos y con la práctica misma.

Un situación que también nos llama la atención es la poca predisposición (mas del 50 % de estudiantes) a solventar los gastos necesarios para este tipo de tareas, lo que a su vez nos impulsa a continuar con la idea de construir mas módulos de prueba.

Sin tomar en cuenta el problema de costos, los beneficios del trabajo práctico han sido variados, entre ellos ayudó a concebir muchas otras aplicaciones y como una computadora personal encaja dentro de los modernos sistemas automáticos.

Por todo lo mencionado hasta ahora, podemos deducir que la aplicación de las alternativas pedagógicas han influenciado positivamente en la capacidad para poner en práctica lo aprendido, pero sin embargo una situación no planeada apoya esta afirmación. Nos referimos a la presentación de dos trabajos prácticos, un control de temperatura de una incubadora, y el control de flujo luminoso (mejorado) por parte de los estudiantes de este grupo de Ing. Sistemas en el evento “Casa Abierta de la Facultad de Ingeniería” que se desarrollo del 28 al 31 de Marzo de este año (2006). Los estudiantes tuvieron la oportunidad de dar a conocer lo que es un sistema de control, y brindar explicaciones de sus características y funcionamiento a muchas personas, entre las cuales se encontraban quienes conocen de estos sistemas.

En el ANEXO 8, presentamos una fotografía de uno de los trabajos mencionados y una copia de un breve resumen que se entregaba a los visitantes,

Y como una consecuencia secundaria, de lo ocurrido, ahora tenemos algunos estudiantes a los que las técnicas de control les ha llamado realmente la atención por lo que planean desarrollar tesis de grado en ésta área. Este detalle lo remarcamos puesto que antes era casi imposible que alguien decidiera involucrarse con esta área de la técnica aparentemente inútil por que no era valorada.

#### **4.3. Planteamiento de un modelo del proceso de aprendizaje**

Para establecer un modelo matemático que represente el proceso de aprendizaje, nos valdremos de la encuesta de revisión de los conceptos mas importantes de la Teoría de Control. Para que esta encuesta nos proporcione información sobre la permanencia de conocimientos, no hemos advertido a los estudiantes sobre la realización de la misma, y la fecha de realización (17 de Abril del 2006), nos indica que se pretende también conocer si no se han olvidado aspectos teóricos necesarios para una mejor comprensión de los análisis de frecuencia que son el tema principal de la asignatura en su segunda parte, tal como se la estudia en la Universidad Politécnica Salesiana.

Considerando los resultados fácilmente observables en la gráfica correspondiente (ANEXO 7), podemos decir que algunos conocimientos han logrado mantenerse en el transcurso del tiempo. En este sentido podríamos también afirmar que se ha logrado un grado de estabilidad en la retención de conocimientos, pero si analizamos que no todas las respuestas son respondidas en forma correcta, sino que tenemos un importante porcentaje de respuestas parcialmente correctas e incorrectas, debemos plantear un modelo que considera la presencia de errores, es decir ese alejamiento de lo deseado, que en nuestro caso sería lograr un aprendizaje correcto.

Por lo dicho, la función matemática (o función de transferencia) que represente el proceso de aprendizaje puede ser de primer grado cuyas constantes las determinaremos de los datos obtenidos en la encuesta.

Entonces tenemos: 
$$F(s) = \frac{bo}{s + ao}$$

Cuya respuesta en el tiempo corresponde un crecimiento exponencial que luego se estabiliza en un determinado valor.

Para la constante “ $ao$ ”, necesitamos la constante de tiempo “ $\tau$ ”, ya que :  $ao = 1 / \tau$ .

Tomaremos como unidades de tiempo las sesiones de clase, y si sabemos que en un ciclo de estudio se tienen aproximadamente 25 sesiones, entonces la constante de tiempo puede ser de 4 unidades, de tal manera que la señal de salida se estabilice en el tiempo total disponible.

$$ao = 1 / \tau = 1 / 4 = 0.25$$

Para determinar “ $bo$ ” necesitamos el valor final de la señal de salida, y el valor de la referencia. Trabajando en valores por unidad, consideramos que 1 correspondería al aprendizaje correcto de un determinado concepto. En la encuesta realizada; como ejemplo tomemos la pregunta numero cuatro, que presenta 21 respuestas incorrectas que de un total de 43 significa un 49 por ciento. De las respuestas parcialmente incorrectas (11 en total) tomaremos aproximadamente la mitad, es decir 5 respuestas incorrectas equivalentes a un 12 por ciento adicional. Así obtenemos un porcentaje total de error del 61 por ciento. Este valor lo tomaremos como error de estado estacionario que en por unidad equivale a 0,61 unidades.

En consecuencia, la señal de salida concebida como el aprendizaje alcanzado y que lo llamaremos factor de aprendizaje, debería ser de 0,39 unidades ( $1 - 0,61 = 0,39$ ).

Ahora, si la unidad es el aprendizaje buscado, libre de errores, podemos calcular “ $b_o$ ”:

$$\frac{b_o}{a_o} * A = \text{valor.de.salida}$$

$$\frac{b_o}{0,25} * 1 = 0,39$$

$$b_o = 0,0975$$

Así tenemos que la función de transferencia es:

$$F(s) = \frac{0,0975}{s + 0,25}$$

A continuación la respuesta en el tiempo:

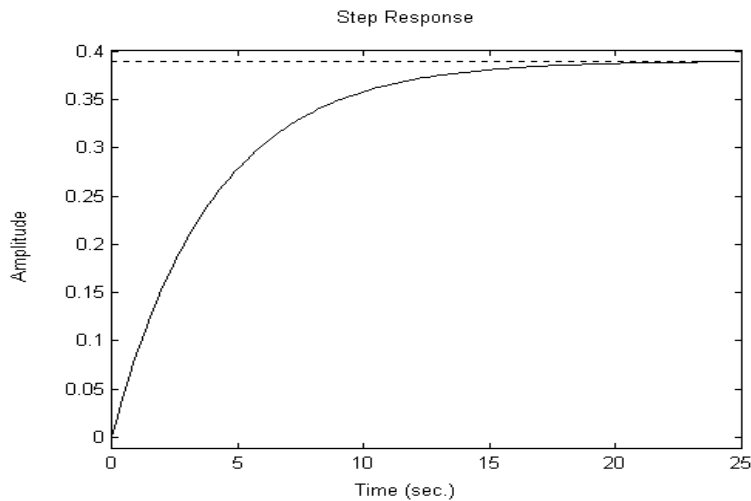
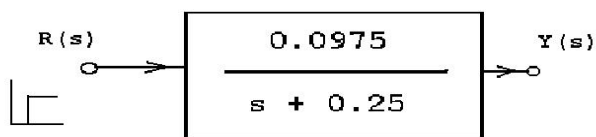


Fig 1. Respuesta del proceso en lazo abierto

Como vemos la señal de salida (en nuestro caso el factor de aprendizaje, se estabiliza luego de transcurridas aproximadamente 25 sesiones de clase, esto cuando la señal de

ingreso o referencia es un escalón unitario que representa nuestro objetivo de correctos conocimientos.

Para corregir el considerable error, podemos intentar realimentar el proceso. En nuestro caso el bloque de realimentación será de tipo unitario, ya que no se harán modificaciones de la información obtenida, como en el caso de las encuestas realizadas.

Recordemos además que en los procesos realimentados las acciones correctivas, se las toma en función del error, y que no siempre los lazos de control cerrado se desempeñan mejor que los sistemas en lazo abierto.

Así planteado el sistema, tenemos:

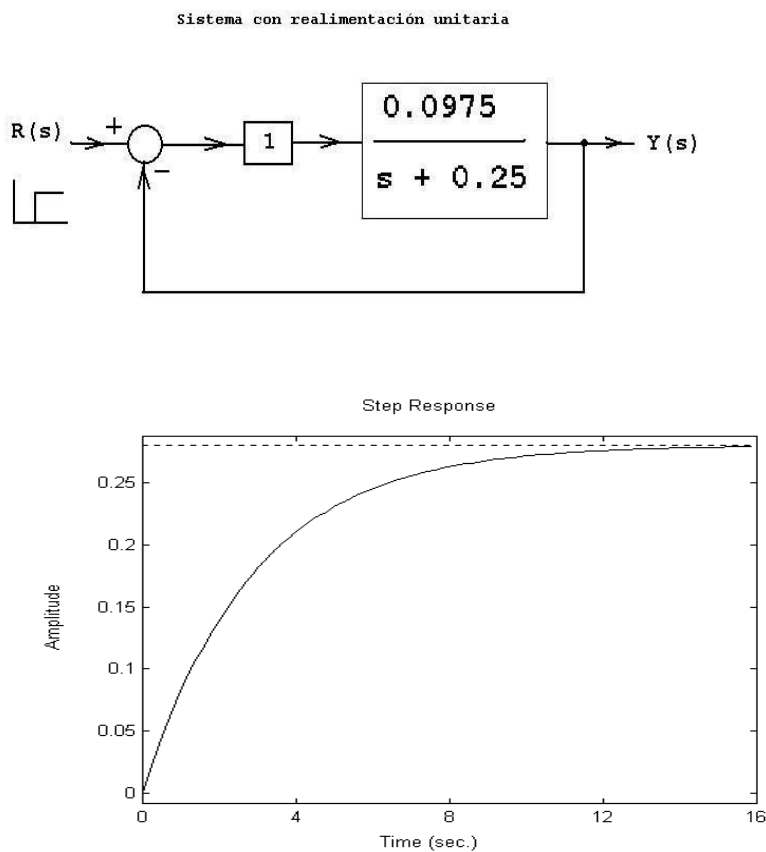


Fig. 2. Respuesta del proceso con realimentación unitaria

La señal de salida se estabiliza en 0,27 unidades, es decir que los resultados empeoran cuando no se toman verdaderas correcciones sobre el error, o las acciones de corrección no son las adecuadas.

Ahora nos corresponde plantear un bloque compensador para minimizar el error. Se recomienda inicialmente probar compensadores sencillos, como es el caso de los tipo proporcional caracterizados por su constante  $K_p$ .

Desde el punto de vista práctico, el compensador proporcional representa la revisión y sobre todo reforzamiento de los conceptos teóricos. De ahí que este tipo de compensador se lo puede entender también como un amplificador de señal.

La aplicación de las alternativas pedagógicas, que incentivan el estudio y valoración de la teoría, también se constituye en un compensador tipo proporcional.

Sin que el sistema se haga inestable, podemos variar la constante en un amplio rango de valores.

Para una constante  $K_p = 10$  unidades, obtenemos lo siguiente:

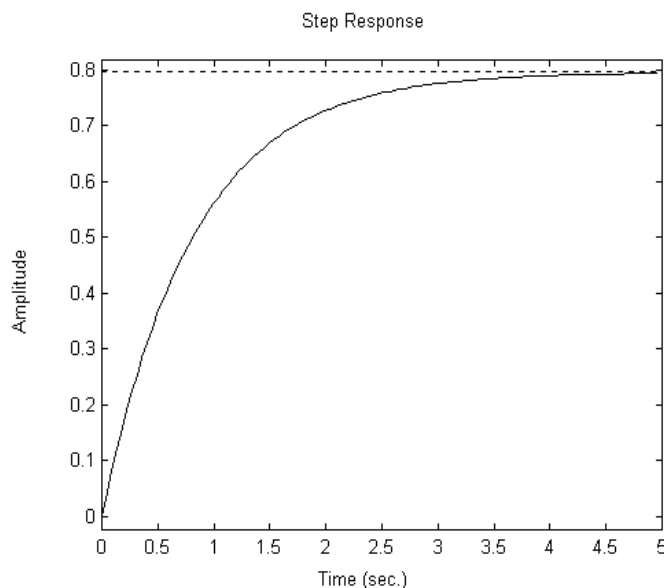
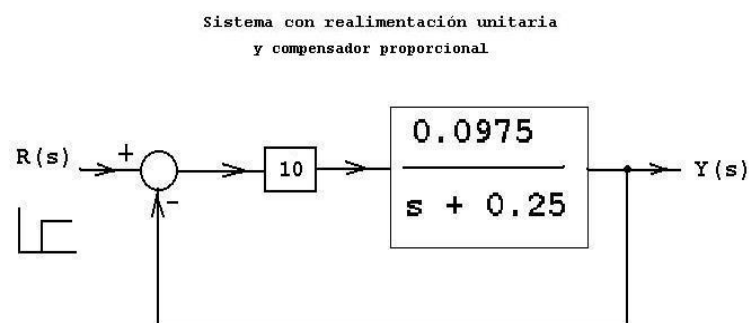


Fig. 3 . Respuesta con realimentación unitaria y  $K_p = 10$

La señal de salida se estabiliza en 0,8 unidades, luego de transcurridas 5 unidades de tiempo (equivalente a 5 sesiones de clase). Ahora el error se reduce considerablemente llegando a ser de solamente 0,2 unidades, correspondientes a un 20 %.

Podemos continuar incrementando la constante del bloque proporcional, pero la teoría nos advierte que no es recomendable por el peligro de generar inestabilidad. Para nuestro modelo significaría alcanzar altos niveles de efectividad en las alternativas pedagógicas aplicadas, lo que pensamos sería ideal pero también poco realista.

Otra alternativa para minimizar el error, es la inclusión de un compensador de tipo integrador, caracterizado por una función  $1/s$  y por una constante  $K_i$ .

Físicamente los compensadores integradores, se valen de las señales de error pasadas, para producir una señal compensadora que es proporcional a la acumulación de error.

En un proceso de enseñanza, podemos asemejar el compensador integrador a la acumulación de conocimientos previos, los que han sido revisados de acuerdo a las falencias detectadas.

La estructura de control se presenta ahora como sigue:

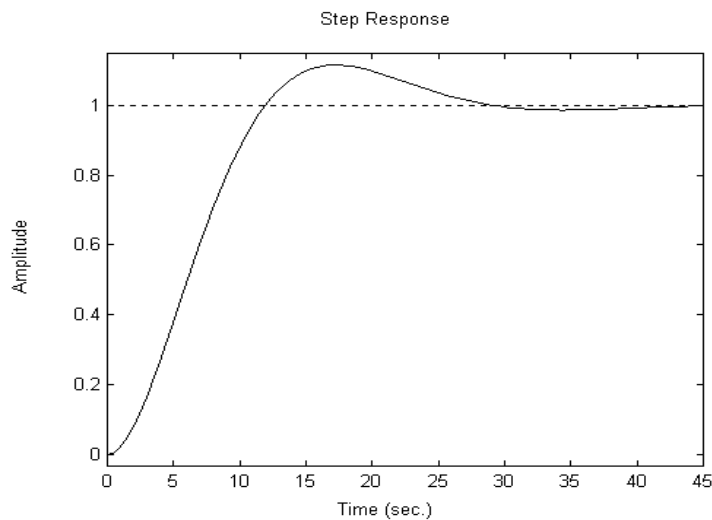
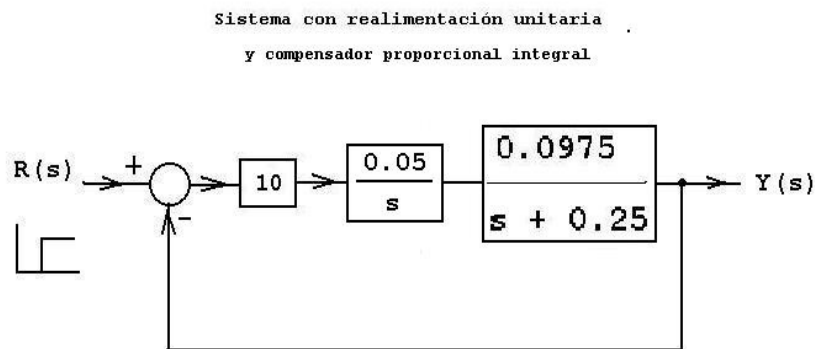


Fig. 4. Respuesta del proceso al incluir un integrador ( $K_i=0.05$ )



En este caso el error se reduce a prácticamente cero unidades, pero se requieren de aproximadamente 35 sesiones de clase. De todas formas esto resulta lógico ya que se necesita tiempo adicional para revisar los conceptos previos y asegurarnos que hayan sido realmente asimilados.

Es importante analizar el efecto del parámetro  $K_i$  sobre la respuesta del proceso. Mientras mayor valor tenga esta constante, la estabilidad relativa disminuye, es decir que aparecen oscilaciones amortiguadas que en el entorno educativo significaría problemas causados por tratar de asimilar una gran cantidad de conocimientos en un corto período de tiempo.

Cuando la combinación de las constantes  $K_p$  y  $K_i$ , resultan en la unidad, tenemos únicamente la acción del efecto integrador, es decir se manifiesta solamente la acumulación de conocimientos, sin que sea evidente la influencia de las alternativas pedagógicas propuestas. De todas formas se observa un efecto beneficioso si lo comparamos con el compensador proporcional.

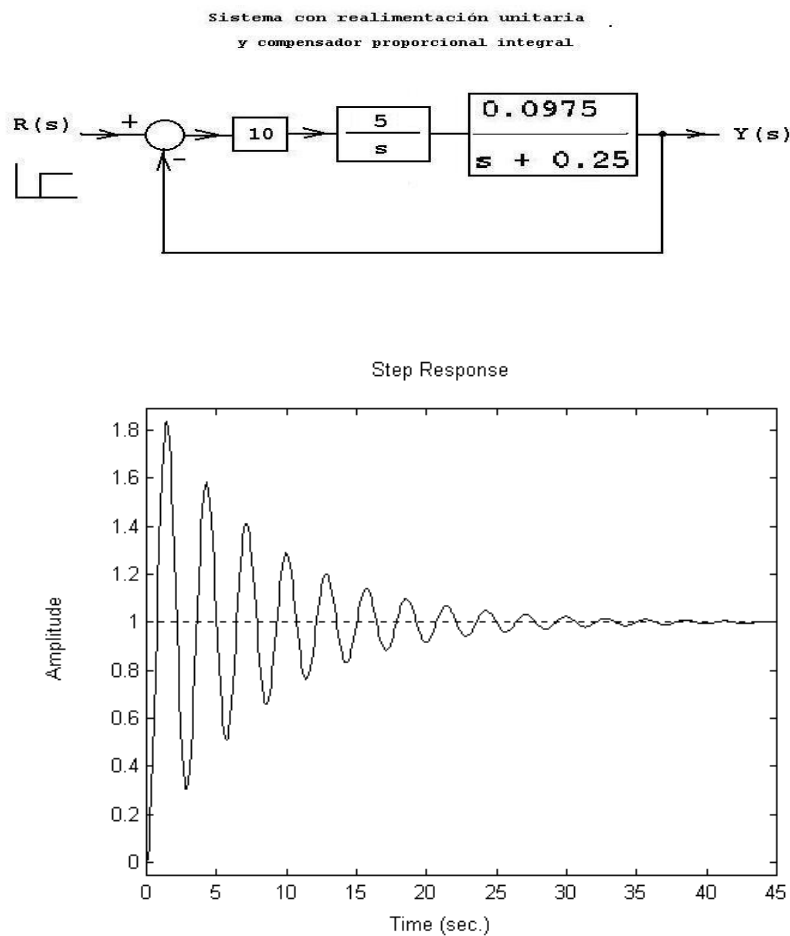


Fig. 5. Respuesta con parámetros  $K_p=10$  y  $K_i=5$

En definitiva, la efectividad de las técnicas pedagógicas y la revisión de los conceptos previos tratando de que ellos sean realmente comprendidos, se constituyen en los caminos adecuados para lograr una mejora en el proceso aprendizaje. En nosotros queda la tarea de asegurar esa efectividad de tal manera que la mayoría de estudiantes puedan mantener durante un período de tiempo considerable los conceptos aprendidos.

También recordemos que no debemos asignarle una exagerada importancia a las técnicas de aprendizaje, porque podemos caer en el problema de perjudicar la forma en la que se asimilan los conceptos teóricos.

Los parámetros introducidos en el modelo planteado, fueron obtenidos en función de una de las preguntas de la encuesta de revisión de conceptos, pero el mismo modelo y la forma de cálculo de los parámetros pueden ser aplicados a cualquiera de las otras preguntas en vista que tienen similares características.

Los ajustes a la forma de la ecuación matemática (y de sus variables), han de provenir de la sucesiva aplicación de las alternativas pedagógicas, esperando en un futuro cercano tener una idea bastante clara sobre la evolución del proceso de aprendizaje.

#### **4.4. Conclusiones al final del capítulo cuatro**

La aplicación de las alternativas pedagógicas buscaba despertar el interés en los estudiantes, para que luego ellos busquen por su parte, plasmar en aplicaciones prácticas las diferentes técnicas que se estudian en la Teoría de Control. No podemos afirmar que se haya logrado ese objetivo de una manera determinante en la que se pueda evidenciar una gran diferencia entre los métodos de enseñanza tradicionales basados en las clases magistrales y el método que se ha propuesto en este trabajo de investigación. Sin embargo, apoyándonos en las encuestas realizadas y su posterior análisis, hemos verificado una mejora en la forma que los estudiantes conciben la Teoría de Control desde el punto de vista de sus posibles aplicaciones y de su importancia como factor de desarrollo tanto técnico como social.

Nos queda todavía la incertidumbre, sobre como optimizar el aprendizaje de las ciencias básicas, que como hemos visto se constituyen en el pilar principal sobre el cual se construyen las teorías aplicadas a los sistemas automáticos. Consideramos que las dificultades para plantear modelos de sistemas, de procesos, o más generalmente de fenómenos, no han sido solucionadas completamente a pesar que parece muy claro que

se ha podido dar a entender la importancia que reviste la modelación como paso previo para analizar la estabilidad o la respuesta en el tiempo.

La utilización de las herramientas de simulación podrían ayudarnos al planteamiento de los modelos, por lo que deberemos considerar esta alternativa de aprendizaje dentro del programa de la asignatura para los próximos ciclos de estudio.

La realización de un trabajo práctico, se convierte en una necesidad, mas que en una alternativa, pero debemos buscar los mecanismos para que los costos asociados no se conviertan en un factor que atente a las iniciativas de poner a prueba los conceptos teóricos. Paralelamente se deberá trabajar en el reforzamiento de los conocimientos relacionados con el campo de la electrónica, por ser necesarios para la implementación de los principales bloques de los controladores.

Las encuestas realizadas, nos han permitido reconocer similitudes y diferencias entre los grupos de estudiantes, información que luego utilizaremos para hacer modificaciones (en el sentido de un mejoramiento) de las alternativas de aprendizaje, tratando de que ellas se acoplen (de ser posible) a las particularidades de cada grupo.

## CONCLUSIONES FINALES

- Desde que iniciamos nuestra tarea de enseñanza en el área de los Sistemas de Control, hemos pensado que las ciencias básicas son fundamentales para comprender el porque de muchos de los conceptos teóricos; pero solamente después de haber realizado las encuestas de evaluación de conocimientos, pudimos darnos cuenta como las falencias en éstas áreas del conocimiento provocan la casi total imposibilidad de realizar modelos y análisis correctos.

No era nuestro objetivo determinar las fallas en la enseñanza de la Física y de la Matemática, ni siquiera dar sugerencias para que ellas sean significativas o que sean valoradas. Por nuestra parte, podemos tomar acciones que traten de corregir estas fallas, sin decir que vamos a invadir el campo de acción de los docentes encargados

En las primeras clases de la asignatura, debemos ser pacientes para recordar y sobre todo reforzar los conceptos teóricos estudiados con anterioridad.

Pero valdría la pena preguntarnos, ¿existe alguna forma de obtener modelos ya sea de fenómenos o procesos sin recurrir a los planteamientos clásicos basados en la Física y la Matemática?, de ser así tendríamos un camino alternativo por donde movernos evadiendo las problemáticas generadas por las falencias de aprendizaje de esas asignaturas.

De alguna manera nosotros mismos podemos responder esa pregunta, si recordamos que se lo puede hacer por medió del análisis dimensional de las variables involucradas en un determinado fenómeno. Así lo hace la Teoría de los Modelos, que exige sobre todo el conocimiento de las dimensiones asociadas a los parámetros físicos, mas que los procedimientos estrictamente matemáticos y a veces complejos. No por nada hay quienes opinan que la Matemática y la Física no son las únicas herramientas con las cuales podemos entender el mundo que nos rodea.

- La revisión permanente de los conceptos teóricos de nuestra parte, tiene una doble ventaja, primero, nos ayuda a corregir fallas de concepción de las teorías y segundo, en base a la experiencia alcanzada podemos escoger cuales son los temas susceptibles de ser

apoyados por la mediación. Este momento no dudamos de la efectividad de esta metodología sobre todo en lo que se refiere a la motivación, y de ahí su importancia.

- El método de enseñanza anteriormente utilizado, basado principalmente en las clases magistrales, presentaba la ventaja de ser simple con respecto a como se debían preparar las exposiciones. El trabajo mas complicado, tal vez radicaba en la resolución y preparación de ejercicios para luego explicarlos en el aula. Si algo de bueno tenía esta forma de enseñanza, era fomentar la destreza de cálculo, y el entrenamiento en los procedimientos de búsqueda de soluciones generalmente numéricas. Para nuestros propósitos, la sola obtención de valores numéricos resultaba algo inútil como metodología de enseñanza, por que era evidente que no existía interés por parte de los estudiantes para abordar o aprender las técnicas de control.

En definitiva, muy pocos beneficios obteníamos de los métodos de enseñanza magistrales, y lo que mas se presentaban eran problemáticas, aparentemente sin importancia pero que mas temprano que tarde trastornaban completamente el sentido de la educación.

- Las principales razones por las que no se ponen en práctica las teorías, parece ser la dependencia de las ciencias básicas, que clásicamente son revisadas con el solo objetivo de aprobar las asignaturas. Además la falta de valoración de los conceptos teóricos, los hace ver como innecesarios y en consecuencia las aplicaciones también parecen innecesarias.

La relación con otras asignaturas, nos exige como docentes el tener que involucrarnos con otras áreas ya sean técnicas o científicas, de tal manera que el tiempo necesario para preparar una clase se incrementa considerablemente. Sin embargo, esa relación nos puede ayudar al momento de intentar el planteamiento de los modelos matemáticos, o cuando solamente queremos reforzar conocimientos ya existentes.

- Las alternativas pedagógicas planteadas, hacen uso de medios tecnológicos disponibles en nuestro medio, y los costos involucrados son lo suficientemente reducidos como para que los usemos permanentemente. Sería ilógico que no podamos aprovechar ese abanico de posibilidades tecnológicas de las que hoy en día se dispone y que de alguna manera han sido el producto de la aplicación práctica de los conceptos teóricos y de las teorías planteadas, entre ellas la de control.

- De las cinco alternativas pedagógicas que hemos probado, la realización de los trabajos prácticos es la que mejor se ajusta para conseguir los objetivos buscados en nuestro trabajo de investigación. Si estos trabajos se los planea adecuadamente, y si luego participamos con los estudiantes durante su desarrollo apoyándolos en los puntos mas dificultosos como son la modelación y el montaje de algunos componentes físicos, lograremos poner en claro los objetivos generales de la Teoría de Control, además de motivar la búsqueda de diversas aplicaciones acordes con cada área tecnológica.

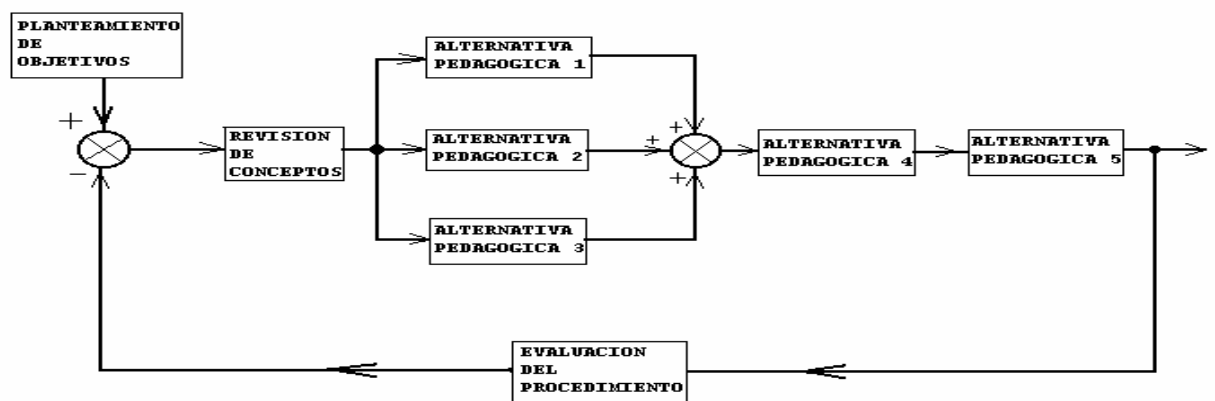
Como valor agregado, se presenta la necesidad de recurrir obligadamente a los conocimientos de diferentes asignaturas, lo que rescata su valor e incentiva el trabajo multidisciplinario que tan necesario se hace en la actualidad.

- Como se ha comprobado, las restantes alternativas pedagógicas pueden (en ciertos casos deben) ser puestas en práctica de manera simultánea, sin que esto represente un riesgo para el proceso de enseñanza. Mas bien, y como se pudo verificar, la diversidad de conocimientos asimilados de esta manera, facilita la ejecución de una de las técnicas de enseñanza-aprendizaje mas efectivas y motivadoras como son los foros de discusión.

Tomando en cuenta todos estos detalles, tenemos que la metodología pedagógica general se presentaría como un sistema que trabajaría con tres alternativas pedagógicas en forma paralela, para luego reunir sus resultados para que sean aprovechados por la cuarta alternativa pedagógica que sería la implementación de un sistema de control real, concluyendo con la presentación y sustentación de estos trabajos.

Como un bloque adicional en este sistema, debemos considerar inicialmente la revisión significativa de los conceptos básicos necesarios, sobre todo para abordar adecuadamente los problemas de modelación

**ESQUEMA GENERAL DE METODOLOGIA PEDAGÓGICA**



- La utilización de las técnicas de control podemos utilizarlas en los procesos de enseñanza, comenzando por el planteamiento del modelo que los represente. En nuestro trabajo nos hemos valido de las encuestas relacionadas con el aprendizaje de los conceptos básicos, pero hemos visto que es totalmente factible obtener modelos para los diferentes aspectos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para el futuro cercano podremos realizar los ajustes necesarios, tanto de los modelos como de los parámetros que los caracterizan.

- Durante el desarrollo de este trabajo de investigación hemos puesto a prueba diferentes alternativas de métodos de enseñanza persiguiendo un aprendizaje significativo que en algún momento se plasme como aplicaciones prácticas. Necesitamos algo mas de tiempo para saber si estas alternativas han surtido el efecto esperado con relación a la iniciativa por parte de los estudiantes para plantear soluciones a diversos problemas valiéndose de las técnicas de control. De todas formas, sabíamos desde el inicio, que este proceso de investigación y mejoras debe continuar, mas todavía si recordamos que el ámbito de aplicaciones se expande día a día, obligándonos a mantenernos actualizados, es decir que hemos de cumplir el doble papel de educandos y educadores.

- Finalmente, aunque la efectividad de las alternativas pedagógicas utilizadas, no ha sido del ciento por ciento, sí podemos afirmar que se ha logrado una mejora importante en lo que se refiere con la motivación por la aplicación de la teoría. Con relación a la asimilación de conceptos, también se evidencia una mejora pero debemos todavía esforzarnos para que esa tendencia se mantenga

El objetivo principal que buscaba el aprendizaje significativo de la Teoría de Control, no lo hemos alcanzado en su totalidad, pero ahora disponemos de importante información para en un futuro cercano escoger las acciones correctivas adecuadamente, tal y como la misma Teoría de Control lo propone.

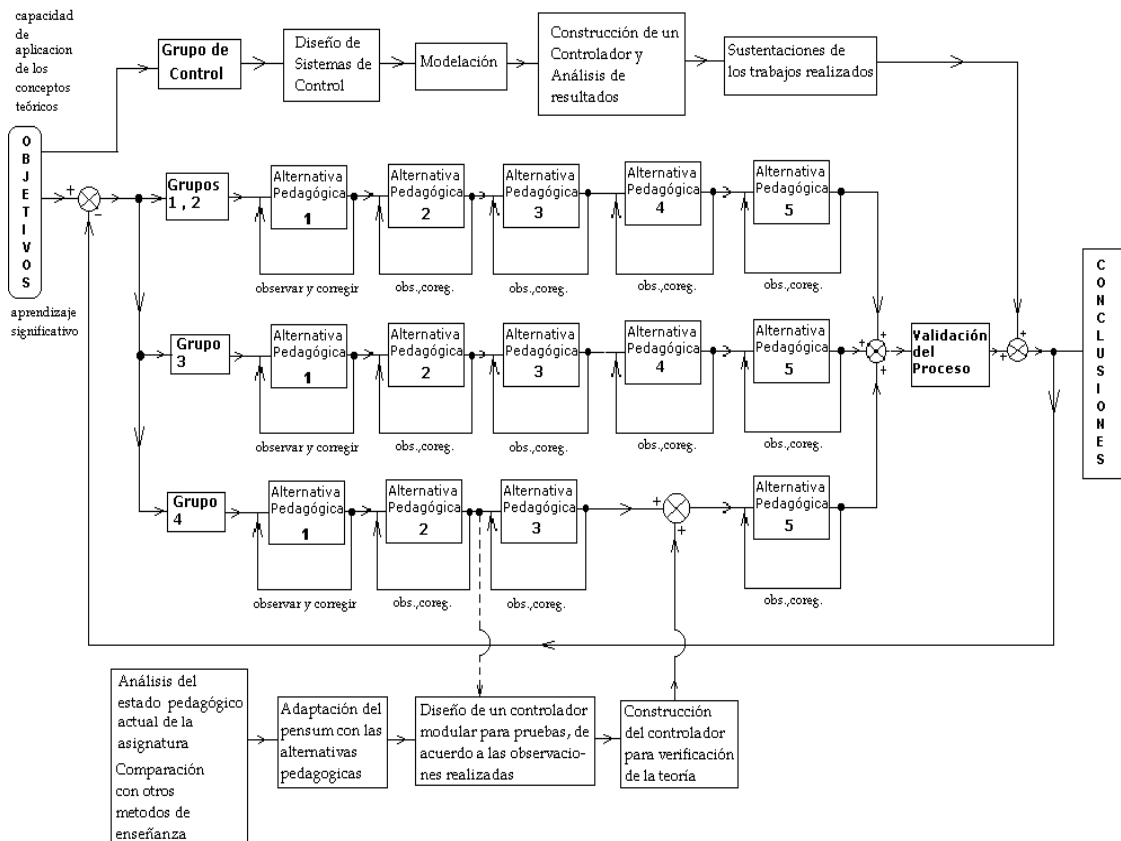
ANEXO 1

Gráficas de resultados de la encuesta número 1

[en1previos.xls](#)

ANEXO 2

Diagrama del plan de Trabajo



ANEXO 3

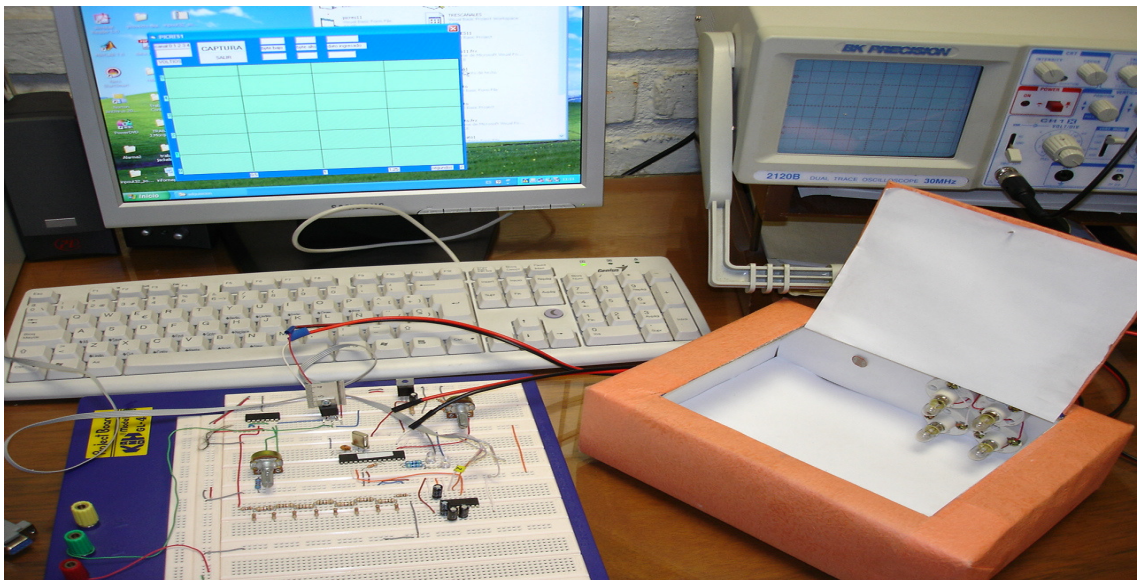
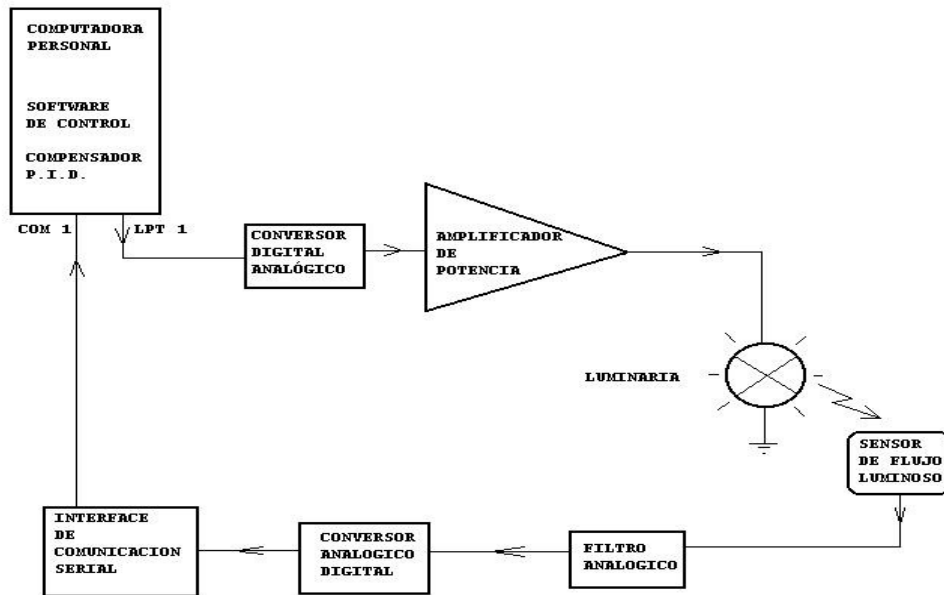
Videos utilizados en la alternativa 1

[bioinge3.WMV](#)



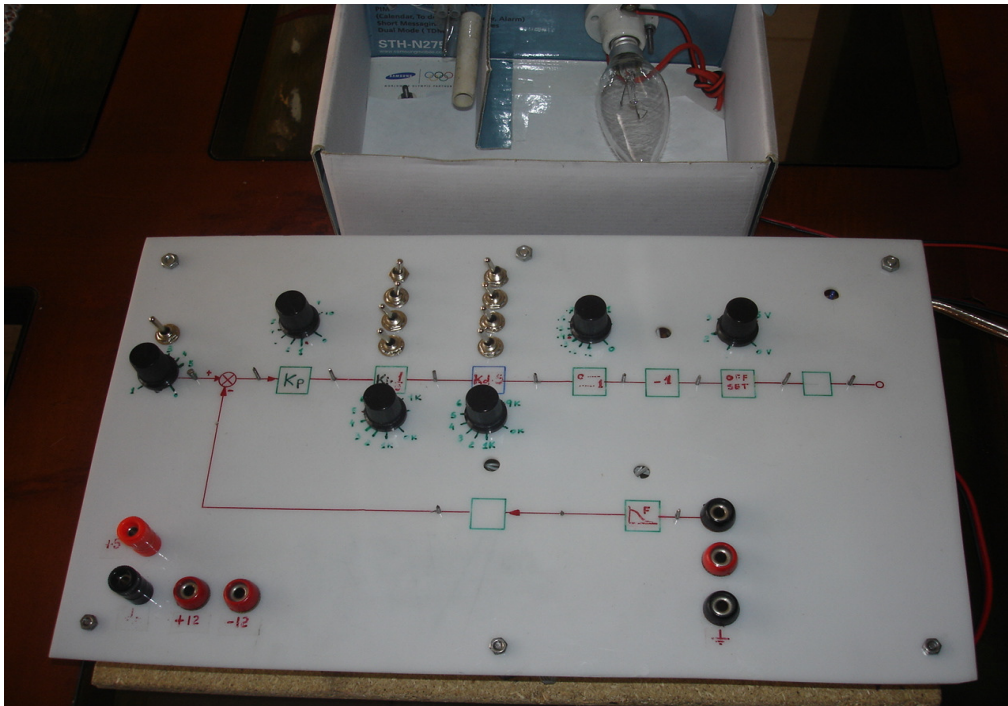
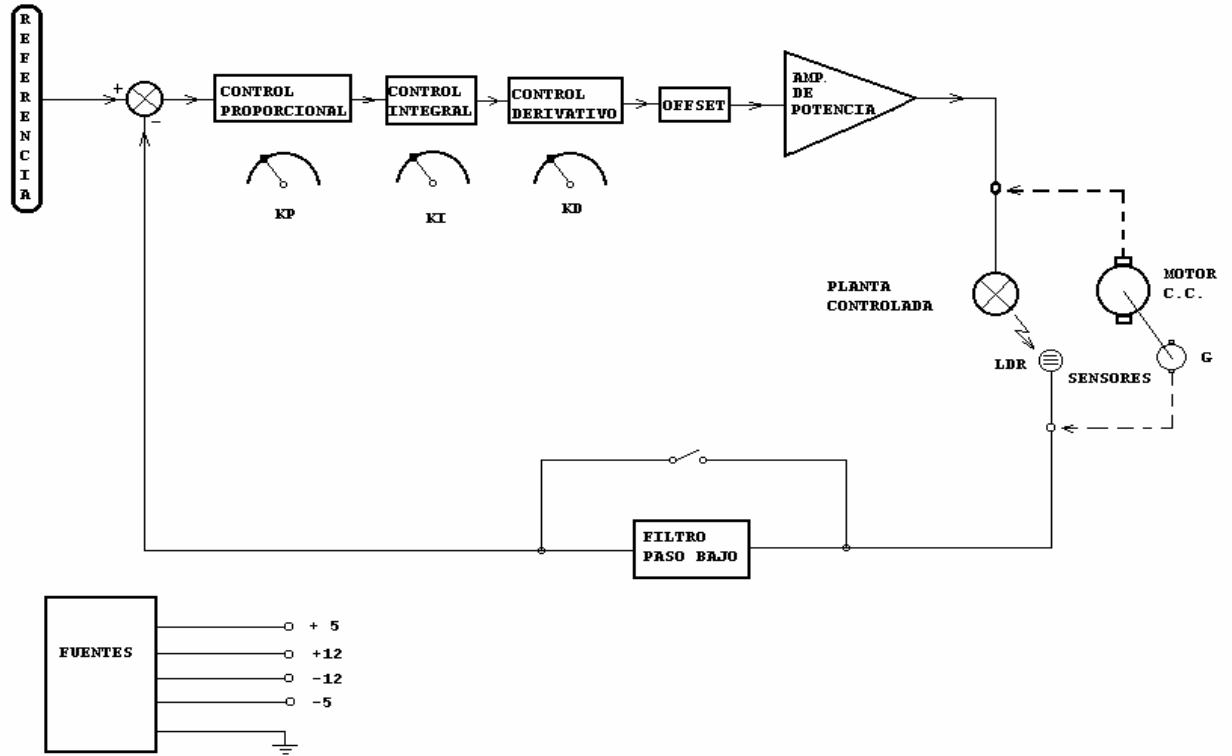
## ANEXO 5

Diagrama del control de flujo luminoso implementado en la alternativa 4



ANEXO 6

Diagrama de bloques del módulo analógico (PID) para prácticas y demostraciones



## ANEXO 7

Gráficas y resultados de las encuestas aplicadas

[en2basicos.xls](#)

[en2metodos.xls](#)

[enpractica.xls](#)

## ANEXO 8

Controlador PID realizado por los estudiantes

## ANEXO 9

Programa propuesto para la asignatura Teoría de Control

# TEORIA DE CONTROL

**No. de Sesiones a la semana:** 2 sesiones de 2 horas

**Tipo de Asignatura:** Teórica

**Código de la Asignatura:**

**Semestre:** Octubre-Febrero y Marzo-Julio

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Los sistemas de control han tomado gran importancia desde el mismo momento que se presentó la revolución industrial hace ya más de 150 años. Estos han evolucionado y adaptado a los nuevos mecanismos que la tecnología ha creado como es el caso de los sistemas computarizados. Es así que no podemos imaginar un mundo tecnológico actual sin la presencia de automatismos sean estos analógicos o digitales.

Para el diseño y construcción de estos sistemas es entonces conveniente comenzar por el estudio del proceso al cual deseamos automatizar, para luego obtener un modelo físico del cual se ha de deducir su modelo matemático por medio del que podemos realizar todos los análisis que la teoría de control recomienda con el objeto de predecir el funcionamiento del sistema.

## **2. REQUISITOS**

Haber aprobado las asignaturas de Microprocesadores () y Electrónica Analógica () .

## **3. OBJETIVOS**

- \* Entender diferentes procesos físicos y sus variables.
- \* Modelar física y matemáticamente los procesos que se automatizarán.
- \* Realizar pruebas de funcionamiento simuladas
- \* Construir los sistemas de control cuando sea posible

## **4. CONTENIDO**

### **Capítulo I. PRELIMINARES**

- 1.1. Introducción
- 1.2. El concepto de la retroalimentación [M]
- 1.3. Ecuaciones diferenciales y modelos [M]
- 1.4. La transformada de Laplace
- 1.5. Transformada inversa de Laplace por expansión en fracciones parciales
- 1.6. Laplace en la solución de ecuaciones diferenciales lineales ordinarias
- 1.7. Sistemas de entrada y salida múltiples [M]
- 1.8. **Ejemplos de sistemas de control reales (observación de videos y su discusión)**

### **Capítulos II. EJEMPLOS Y APLICACIONES**

**2.1. Análisis de ejemplos de sistemas de control reales, tomado como base videos que presentan la resolución de alguna problemática personal o social.**

2.2. Ejemplo de un sistema de control no técnico (**control de población**) [M]

2.3. **Planteamiento de un control en lazo abierto para su implementación**

### **Capítulo III: FUNCIONES DE TRANSFERENCIA Y RESPUESTA DE LOS SISTEMAS**

3.1. Diagramas de bloques

3.2. Gráficas de flujo de señal y regla de la ganancia

3.3. Respuesta de los sistemas de primer y segundo orden [M]

**3.4. Explicación de cómo usar MATLAB para obtener las respuestas temporales**

3.5. Frecuencia natural no amortiguada y relación de amortiguamiento [M]

3.6. Sobre impulso, tiempo de subida y tiempo de estabilización

3.7. Ejemplos de aplicación (**video sobre la problemática de la resonancia y los peligrosos asociados cuando se presenta**)

### **Capítulo IV: LA TRANSFORMADA Z Y SUS APLICACIONES EN SISTEMAS LTI**

4.1. Definición de la transformada Z

4.2. Relación de la transformada Z con la transformada de Laplace [M]

4.3. Propiedades y teoremas de la transformada Z

4.4. Inversión de la transformada Z

**4.5. Solución por computadora de la expansión en fracciones parciales**

### **Capítulo V: POLINOMIO CARACTERÍSTICO Y PRUEBAS DE ESTABILIDAD**

5.1 El concepto de la estabilidad [M]

5.2 La prueba de los coeficientes y la prueba de Routh

5.3 Casos posibles que se presentan en la prueba de estabilidad de Routh [M]

5.4 Sistemas ajustables, Prueba de la estabilidad relativa. **Comprobación con MATLAB**

**5.5 Análisis de artículo de la IEEE (sistemas de transporte automatizado) y discusión en clase.**

**Capítulo VI: FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO**

6.1 Funciones de transferencia de sistemas en tiempo discreto en cascada

6.2 Función de transferencia del retenedor de orden cero

6.3 Función de transferencia en lazo cerrado de sistemas discretos [M]

**6.4 Ejemplos de aplicación y resolución con apoyo de MATLAB**

**Capítulo VII: COMPENSADORES**

7.1 Compensación en cascada simple

7.2 Compensación en atraso y en adelante [M]

7.3 Compensación PID [M]

**7.4 Análisis de aplicación electromédica (estimulación eléctrica funcional), tomando como referencia un video, un documento de IEEE, y la información de INTERNET. Se dará importancia a los modelos matemáticos.**

**7.5 Discusión en clase sobre el tema analizado**

**Capítulo VIII: CONTROL DIGITAL**

8.1 Conversión analógica digital y digital analógica [M]

**8.2 Procesamiento por computadora**

8.3 Señales en tiempo discreto [M]

8.4 Muestreo y reconstrucción de señales

8.5 Sistemas en tiempo discreto [M]

**8.6 Especificaciones constructivas para la implementación de un control PID de flujo luminoso, térmico, o de velocidad.**

**Capítulo IX: ESTABILIDAD DE SISTEMAS DISCRETOS**

9.1 Estabilidad BIBO, Estabilidad de entrada cero

9.2 Método de la transformada bilineal

9.3 Pruebas de estabilidad; uso de MATLAB [M]

9.4 **Análisis de artículo de IEEE (control de armónicos para los sonidos, aplicaciones automotrices, aplicaciones en el hogar, etc)**

## **Capítulo X: DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO**

### Objetivo

10.1 Implementación digital de un controlador PID [M]

10.2 Realizaciones físicas de controladores digitales [M]

10.3 **Aplicación práctica**

BIBLIOGRAFIA

- Arnau, Jaime. *Diseños Experimentales en Psicología y Educación*. Volumen 1, Trillas, México, 1991.
- Bar, Anibal. *Hipótesis y Variables*. Universidad Nacional de Nordeste, Argentina.
- CEPAL, *Equidad, desarrollo y ciudadanía*. Versión definitiva. 2000.
- Cerda, Hugo. *Los elementos de la Investigación, como reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Abya Yala, Quito, 1993, pags, 169-176.
- CRESAL/UNESCO, *Educación Superior Siglo XXI. Conferencia Regional sobre Políticas y Estrategias para la Transformación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe*. La Habana, 1996.
- Eco, Humberto. *Cómo se hace una tesis*. Ed. Gedisa, México, 1987.
- Hernández, Joaquín. Landazuri, Alejandra. *Corrientes, métodos y técnicas de investigación*. EB/Prodec. Mec. Ecuador, 1999.
- Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*. Ed. McGraw Hill, México, 1991.
- Hostetter, Gene. *Sistemas de Control*. Ed. Interamericana S.A., Primera Edición en español, México 1984.
- Kuo, Benjamín. *Sistemas Automáticos de Control*. Ed. Continental, Segunda Edición, México, 1991.
- MEC-CONUEP. *Universidad Ecuatoriana. Misión para el desarrollo*. Quito, 1994.
- Moreno, Joaquín. *Sistema de Evaluación a los Profesores de la Universidad del Azuay*. Segundo Capítulo. Universidad del Azuay, Septiembre 2002.
- Mata, Maria. *Investigación Radiofónica de las palabras a los hechos*. Curso a distancia en comunicación. UNDA-AL, Quito, 1995, pags. 34 a 39.



Ogata, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderno*. Ed. McGraw Hill, Tercera edición, México, 1998.

Pino, Gabriela. Bustos Claudio. *Proyecto de Investigación para Psicología del Desarrollo*. Texto desarrollado en base de otros textos.

Peretz, Henri. *Los Métodos en la Sociología. La observación*. Capítulo 1.

Prieto Castillo, Daniel. *El aprendizaje en la Universidad*. Tercera Edición. Serie textos Universitarios, Cuenca, 2004.

Prieto Castillo, Daniel. *La enseñanza en la Universidad*. Tercera Edición. Serie textos Universitarios, Cuenca, 2004.

Rojas, Carlos. Moreno Joaquín. *La Investigación en la Universidad*. Serie Textos Universitarios. Tercera edición. Universidad del Azuay. Cuenca. Febrero 2005



RESPUESTAS A LOS CUESTIONARIOS PLANTEADOS EN LA PRACTICA 11  
Y ANALISIS MATEMATICO DE RESULTADOS

CUESTIONARIO 1: RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS  
GRUPO: ING. AUTOMOTRIZ

FECHA: 28-09-2005

Pregunta 1)

a)      b)      c)      d)      e)  
                 5      5      18      21

Pregunta 2)

a)      b)      c)  
12      13      4

Pregunta 3)

a)      b)      c)  
                                 28

Pregunta 4)

a)      b)      c)  
5      13      10

Pregunta 5)

a)      b)      c)  
1      8      12

Pregunta 6)

a)      b)      c)  
0      5      24

Pregunta 7)

a)      b)  
8      19

Pregunta 8)

a)      b)      c)      d)      e)      f)  
8      10      3      12      13      6

Pregunta 9)

a)      b)  
31

Pregunta 10)

a)      b)      c)  
1      13      17

Pregunta 11)

a)      b)      c)  
27                                   4

Pregunta 12)

a)      b)      c)      d)      e)      f)      g)      h)  
12      24      9      31      1      15      16      18

CUESTIONARIO 1: RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS

GRUPO:

FECHA: 29-09-2005

ING. MECANICA

Pregunta 1)

a) 0      b) 3      c) 3      d) 5      e) 7

Pregunta 2)

a) 8      b) 5      c) 0

Pregunta 3)

a)      b)      c) 11

Pregunta 4)

a) 1      b) 7      c) 2

Pregunta 5)

a) 2      b) 6      c) 2

Pregunta 6)

a) 0      b) 1      c) 5

Pregunta 7)

a) 4      b) 5

Pregunta 8)

a) 2      b) 3      c) 2      d) 1      e) 3      f) 3

Pregunta 9)

a) 13      b) 1

Pregunta 10)

a) 0      b) 9      c) 4

Pregunta 11)

a) 7      b) 1      c) 5

Pregunta 12)

a) 7      b) 13      c) 4      d) 14      e) 4      f) 6      g) 4      h) 10

RESPUESTAS A LOS CUESTIONARIOS PLANTEADOS EN LA PRACTICA 11  
Y ANALISIS MATEMATICO DE RESULTADOS

CUESTIONARIO 1: RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS

GRUPO:

ING. electrica

FECHA:

Pregunta 1)

a) 1      b) 1      c) 5      d) 8      e) 9

Pregunta 2)

a) 7      b) 4      c) 0

Pregunta 3)

a) 0      b) 1      c) 13

Pregunta 4)

a) 1      b) 11      c) 1

Pregunta 5)

a) 1      b) 7      c) 5

Pregunta 6)

a) 1      b) 1      c) 11

Pregunta 7)

a) 5      b) 6

Pregunta 8)

a) 2      b) 5      c) 4      d) 4      e) 5      f) 6

Pregunta 9)

a) 13      b)

Pregunta 10)

a) 0      b) 8      c) 6

Pregunta 11)

a) 11      b) 0      c) 2

Pregunta 12)

a) 8      b) 10      c) 12      d) 14      e) 13      f) 2      g) 7      h) 0

CUESTIONARIO 2: RESPECTO A LA MATERIA CONTROL 1

GRUPO:

FECHA: 28-09-2005

ING. ELECTRICA

Pregunta 1)

a)	b)	c)
3	5	5

Pregunta 2)

a)	b)	c)
2	0	11

Pregunta 3)

a)	b)	c)
1	1	11

Pregunta 4)

a)	b)
5	8

Pregunta 5)

a)	b)
13	0

Pregunta 6)

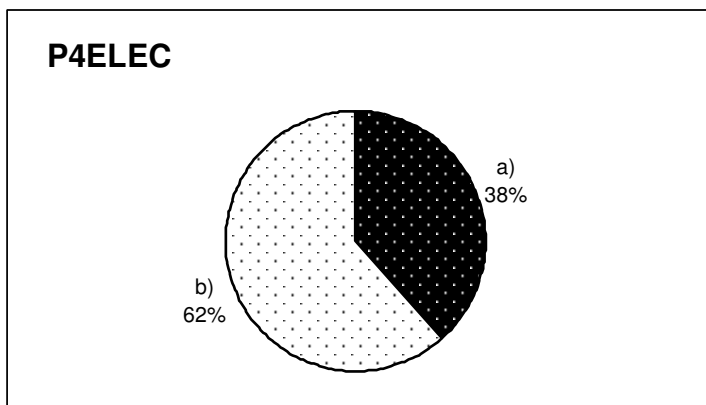
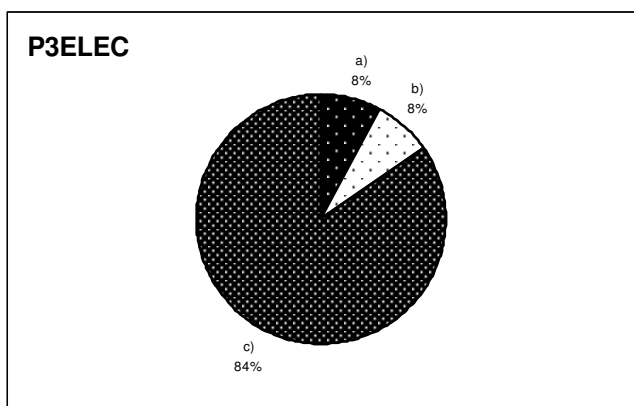
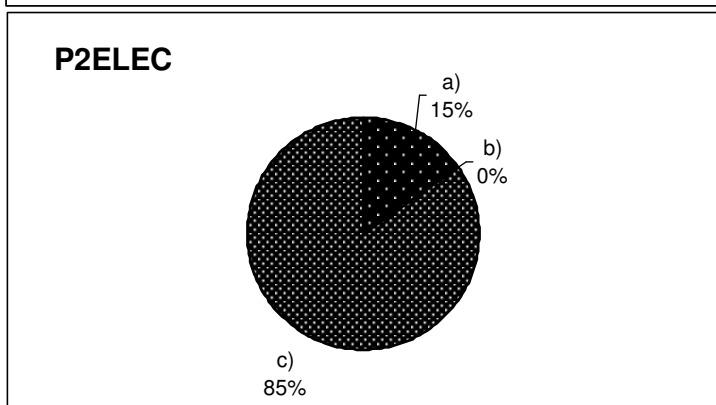
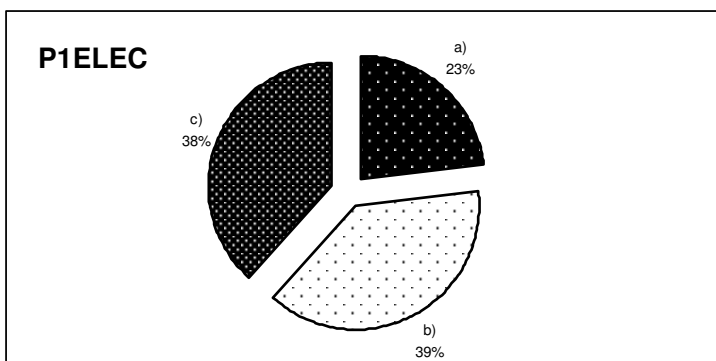
a)	b)	c)
8	0	4

Pregunta 7)

a)	b)	c)
0	4	9

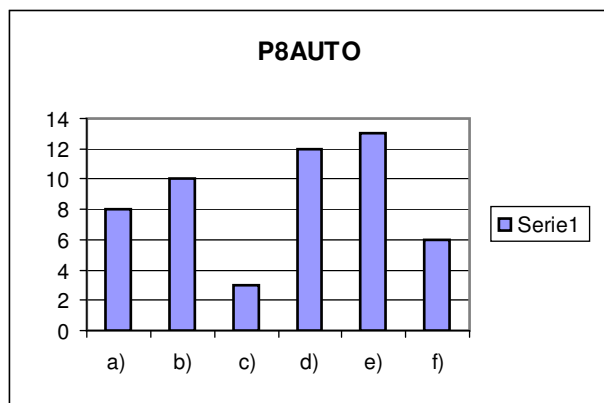
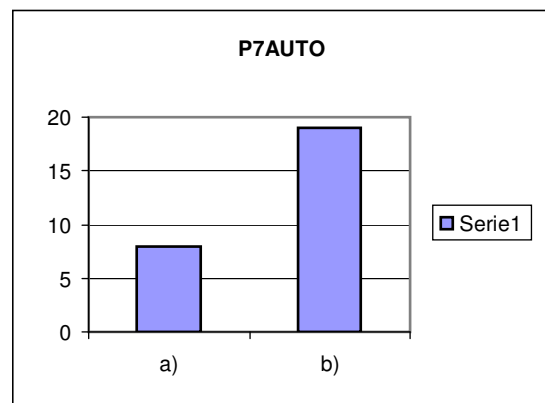
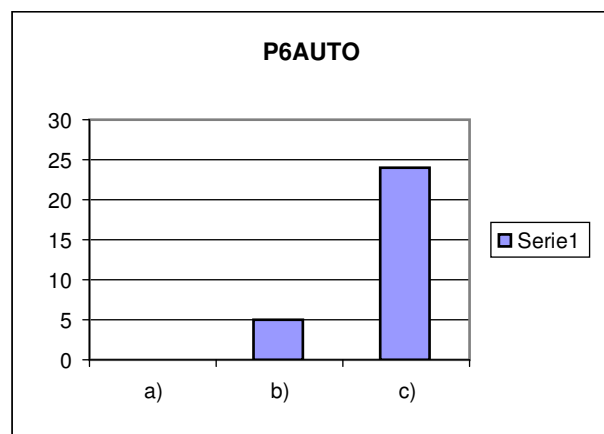
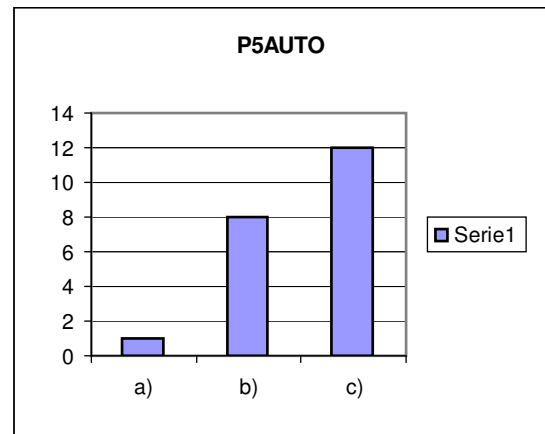
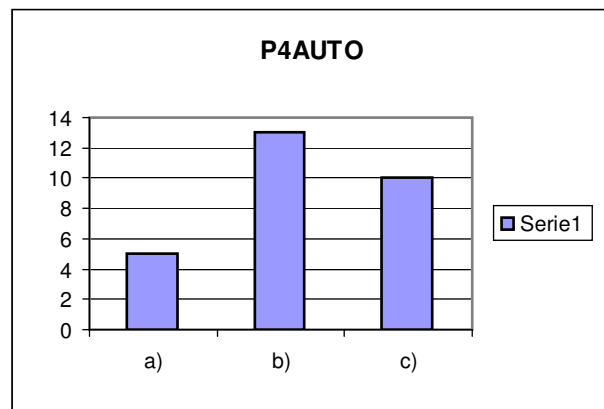
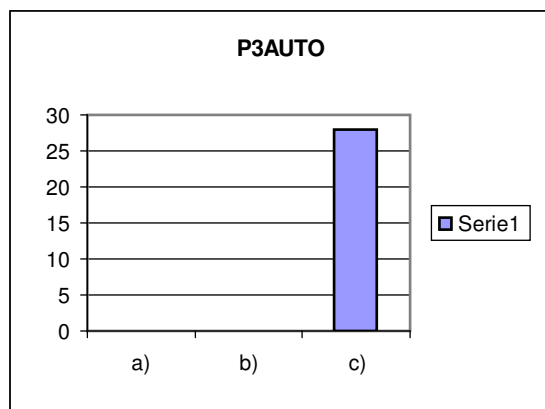
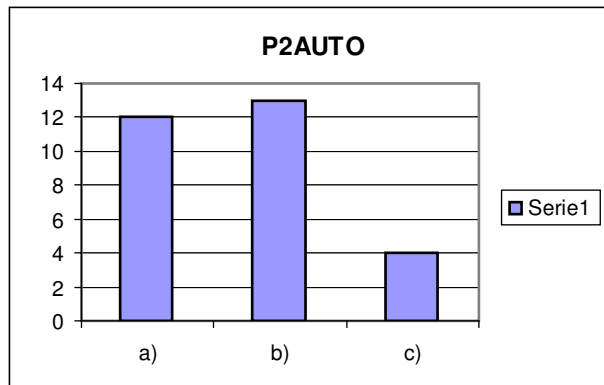
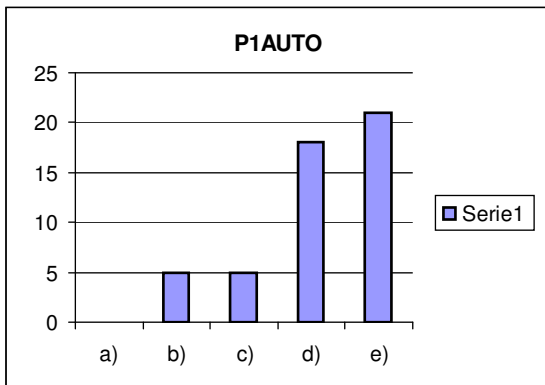
Pregunta 8)

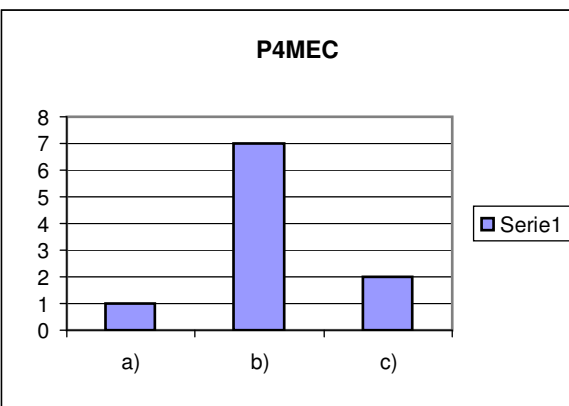
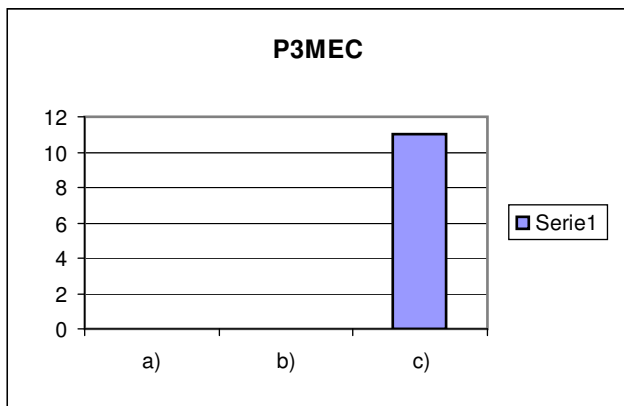
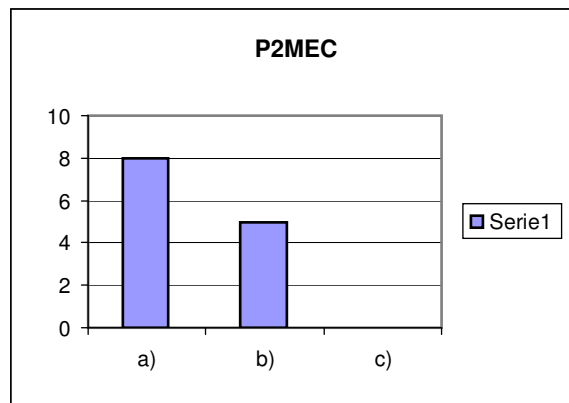
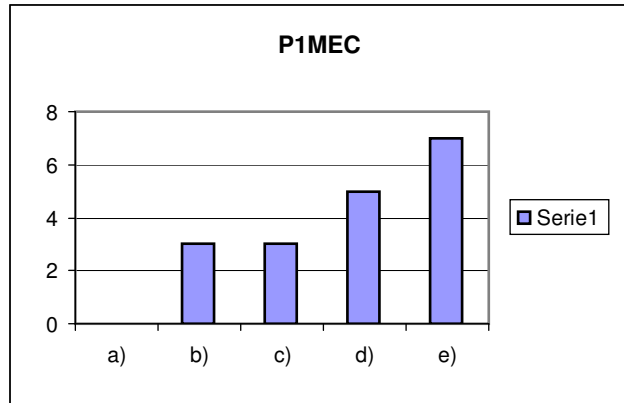
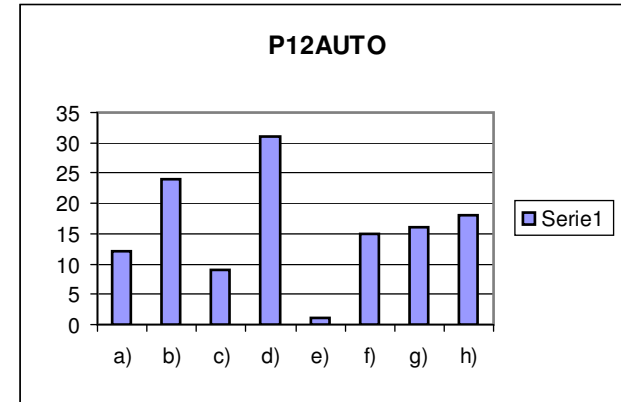
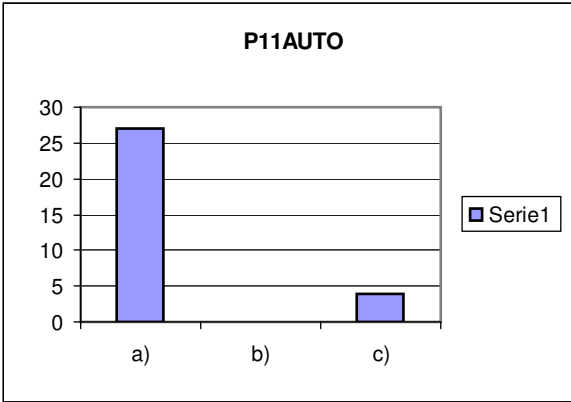
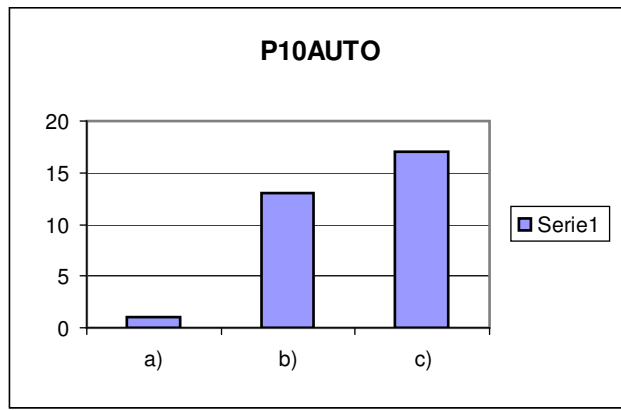
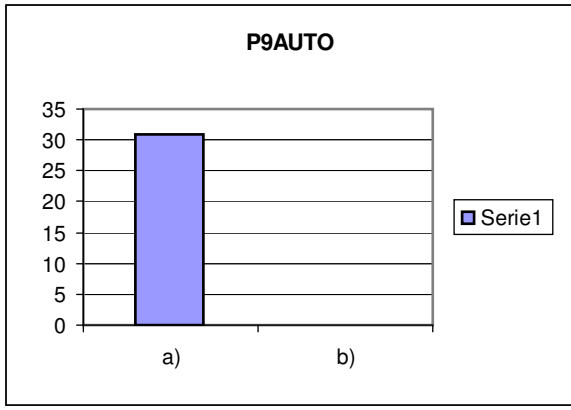
a)	b)
13	0



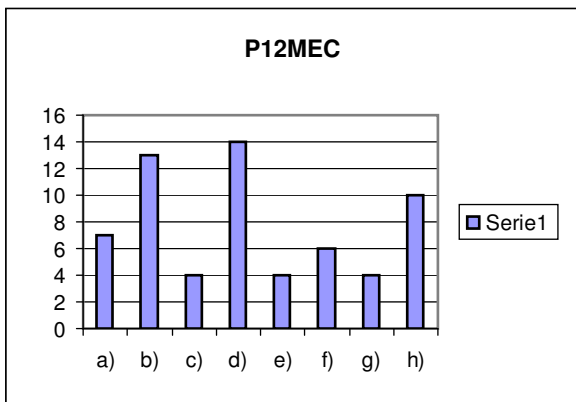
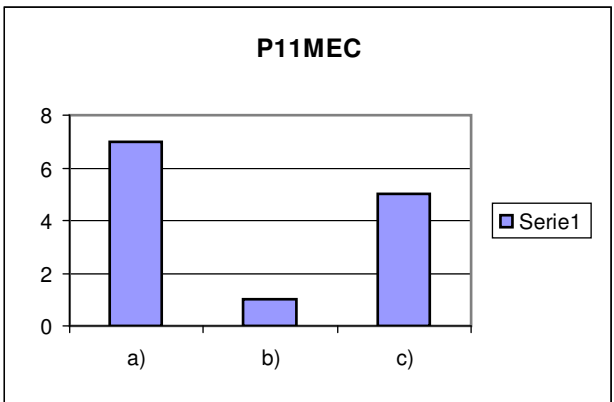
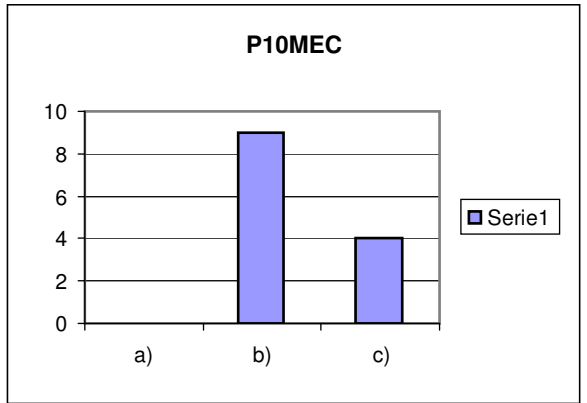
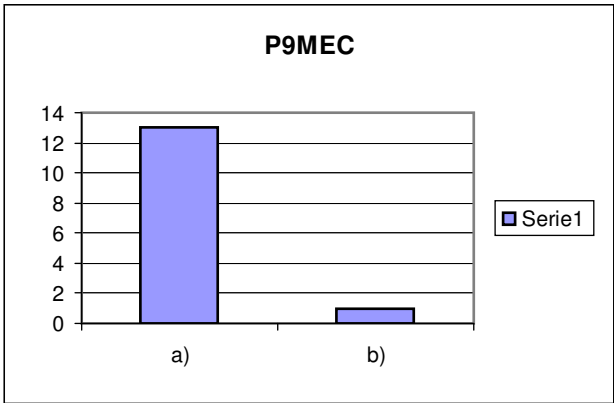
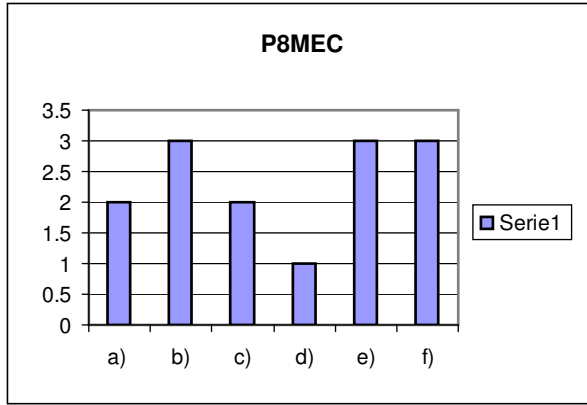
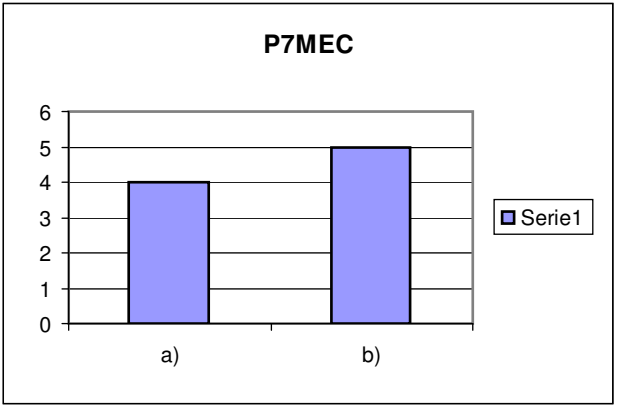
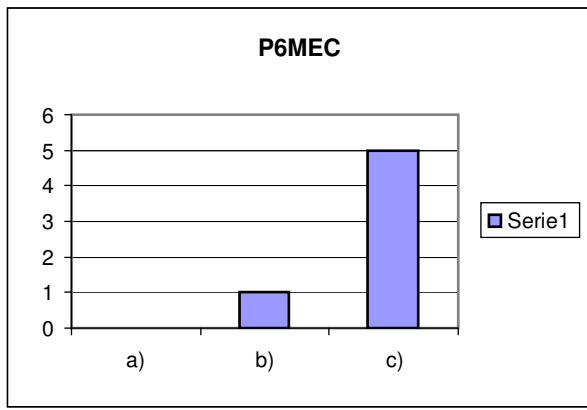
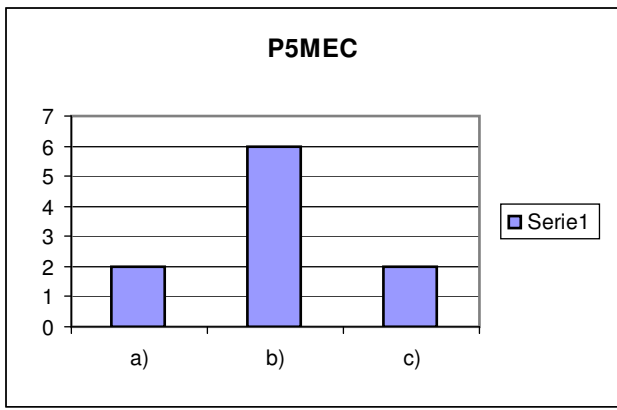
# CUESTIONARIO 1: RESPECTO A LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS

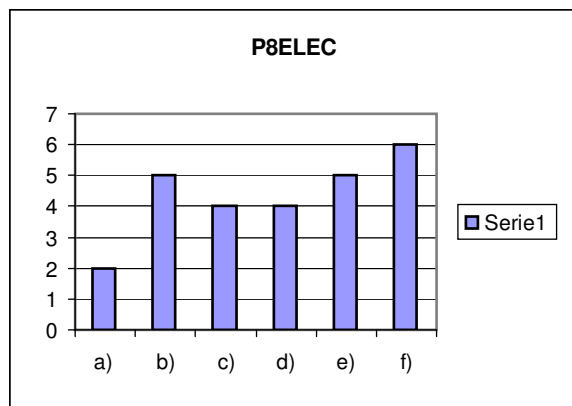
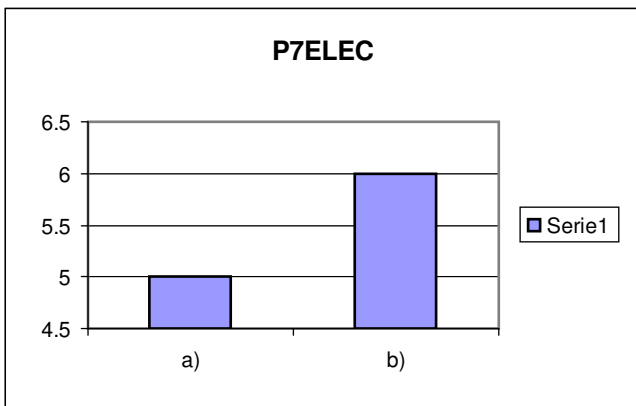
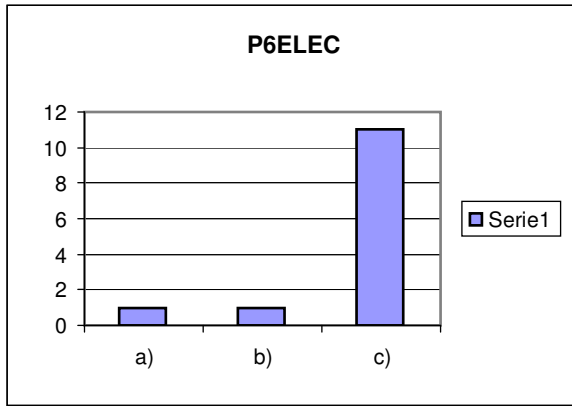
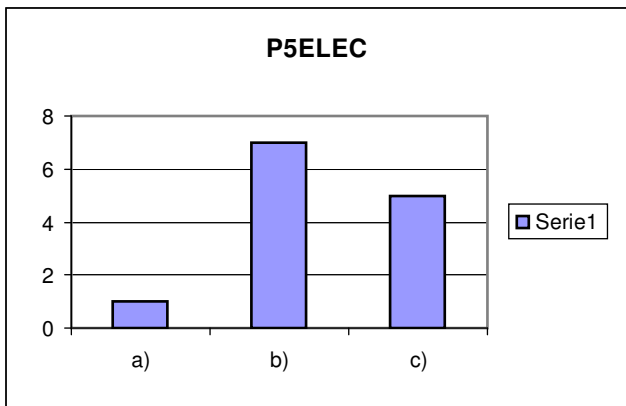
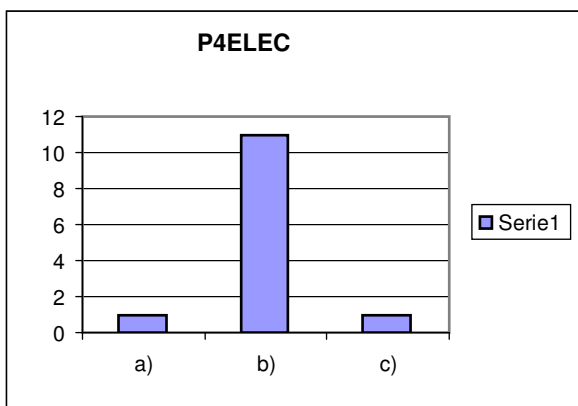
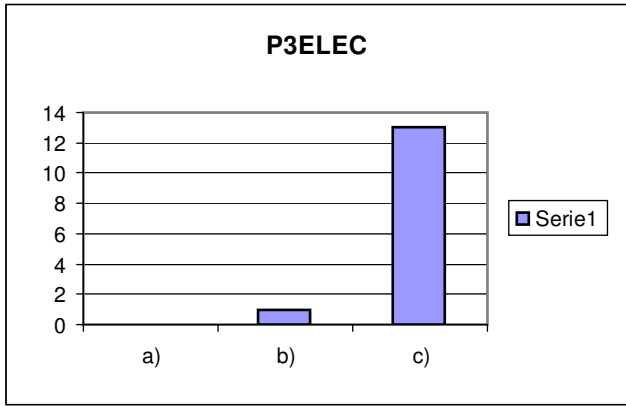
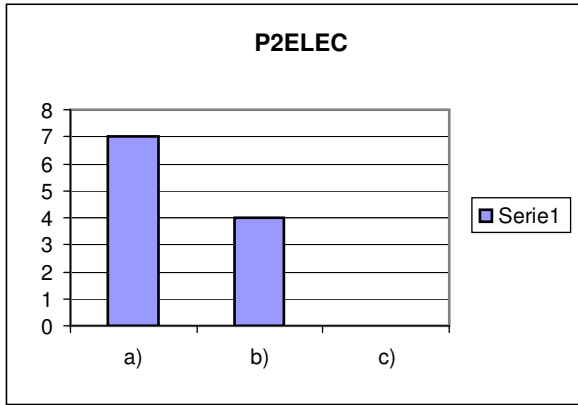
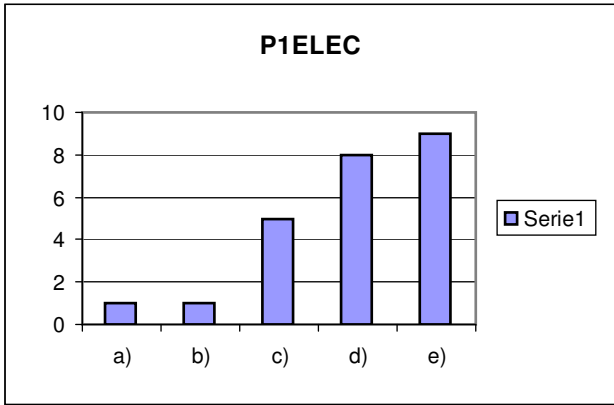
GRUPOS: ING. AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA  
ING. MECANICA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA  
ING. ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA



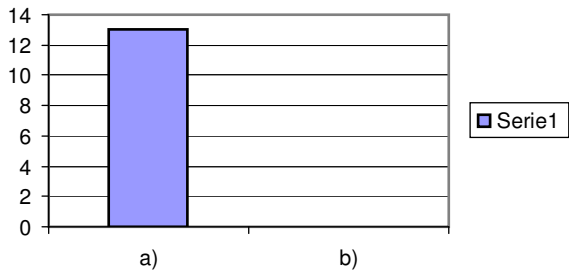




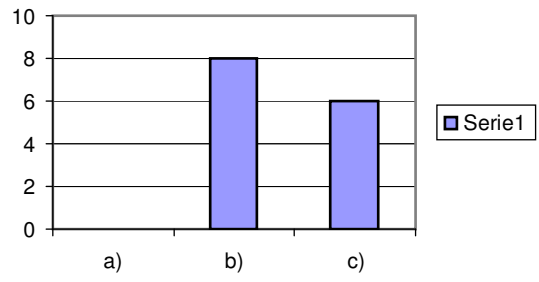




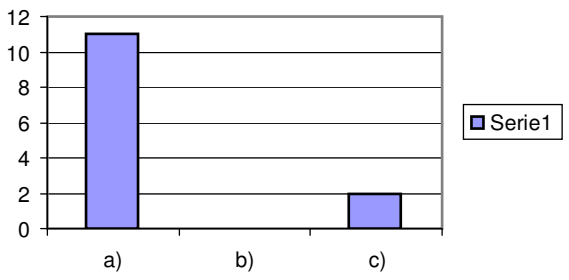
**P9ELEC**



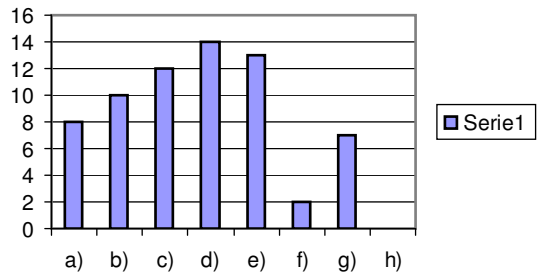
**P10ELEC**



**P11ELEC**



**P12ELEC**





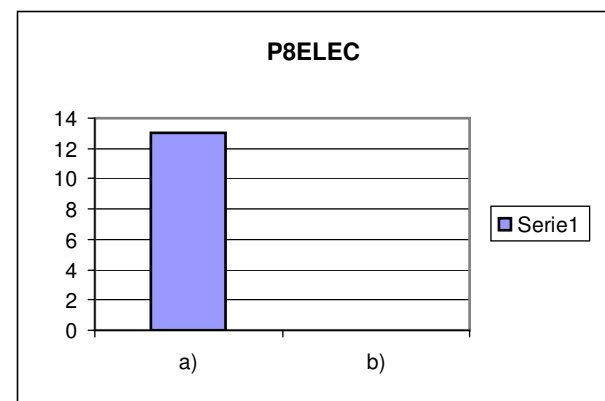
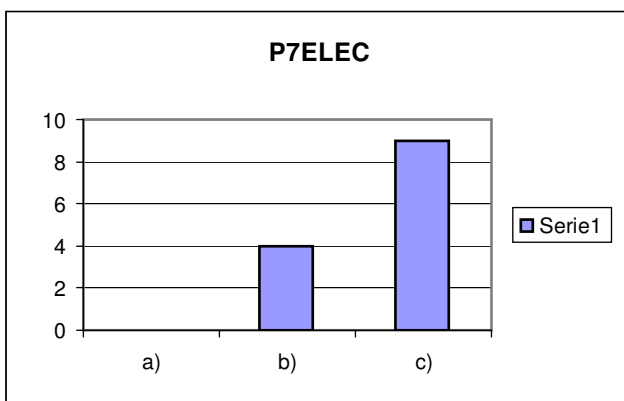
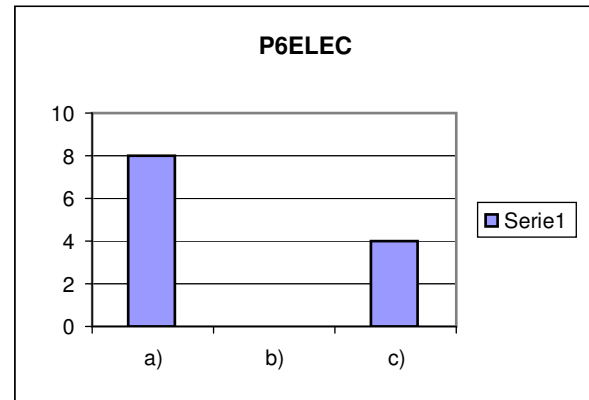
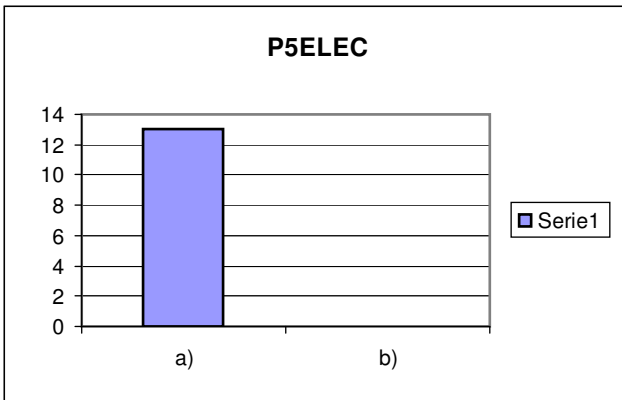
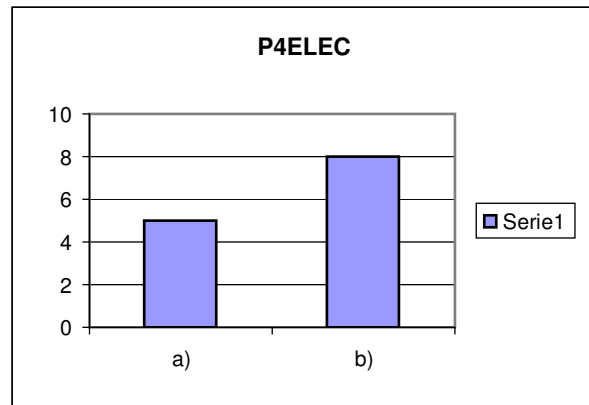
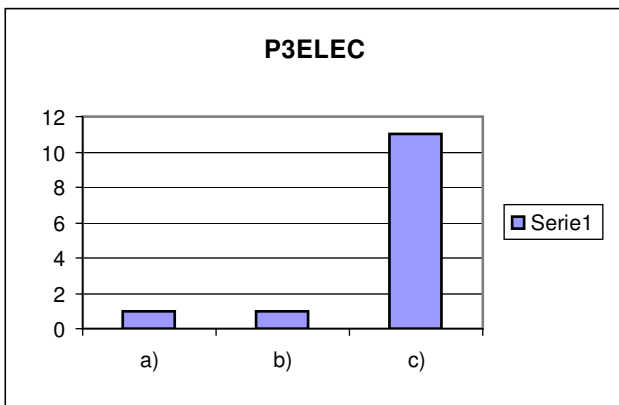
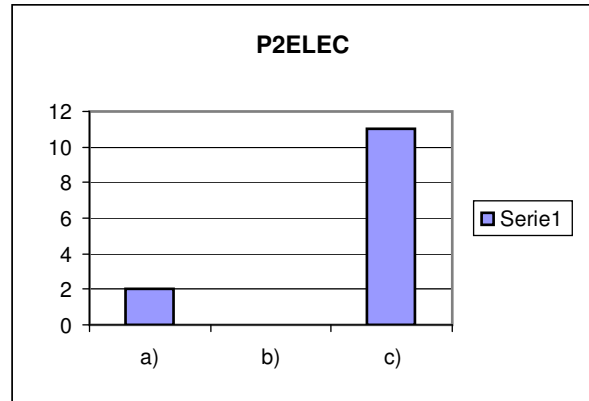
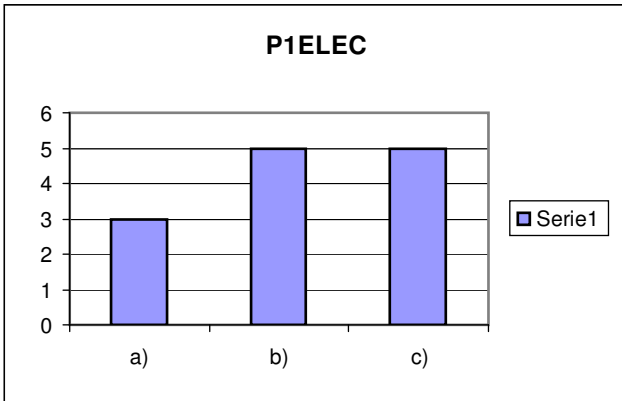




G

CUESTIONARIO 2: RESPECTO A LA ASIGNATURA TEORIA DE CONTROL 1

GRUPO: ING. ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA











## EVALUACION DE CONCEPTOS BASICOS DE LA TDC

### ENCUESTA NUMERO 2 (ING. MECANICA)

Fecha: 19 de Diciembre de 2005

Pregunta numero	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA
	CORRECTA		
	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos mas importantes de la TDC	3	7	2
Describa brevemente las características mas importantes de los lazos de control	6	6	
Cuales son las señales mas importantes de los lazos de control	8	3	1
Enumere equipos de uso comun que disponen de controles automaticos	4	8	
Enumere los componentes clasicos de cada uno de los sistemas de control	4	8	
Cual es la funcion de la señal de realimentacion	4	7	1
Como se define la función de transferencia y cual su utilidad	4	8	
Que es la estabilidad de un sistema de control	2	6	4

### ENCUESTA NUMERO 2 (ING. de Sistemas)

Fecha: 19 de Diciembre de 2005

Pregunta numero	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA
	CORRECTA		
	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos mas importantes de la TDC	8	15	6
Describa brevemente las características mas importantes de los lazos de control	11	16	2
Cuales son las señales mas importantes de los lazos de control	8	19	
Enumere equipos de uso comun que disponen de controles automaticos	8	18	3
Enumere los componentes clasicos de cada uno de los sistemas de control	13	15	1
Cual es la funcion de la señal de realimentacion	9	14	6
Como se define la función de transferencia y cual su utilidad	6	16	7
Que es la estabilidad de un sistema de control	10	15	4

### ENCUESTA NUMERO 3 (ING. MECANICA - AUTOMOTRIZ)

Fecha: 30 de Enero de 2006

Pregunta numero	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA	AYUDA A RECORDAR CONCEPTOS	
	CORRECTA			SI	NO
	C	P.C.	I		
Enumere la similitudes entre dos sistemas mecanicos, traslacion y rotacion	6	17	7		
Conceptos básicos comunes entre los sistemas mecanicos con los sistemas de control	5	19	6		
Los mecanismos anteriores ayudan a recordar los fundamentos de la TDC				30	

### ENCUESTA NUMERO 3 (ING. DE SISTEMAS)

Fecha: 30 de Enero de 2006

Pregunta numero	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA	AYUDA A RECORDAR CONCEPTOS	
	CORRECTA			SI	NO
	C	P.C.	I		
Enumere la similitudes entre dos sistemas mecanicos, traslacion y rotacion	10	15	4		
Conceptos básicos comunes entre los sistemas mecanicos con los sistemas de control	9	18	2		
Los mecanismos anteriores ayudan a recordar los fundamentos de la TDC				26	3

EXAMEN

(Ing. Eléctrica)

Fecha: 8 de Febrero de 2006

Pregunta CORRECTA PARCIALMENTE INCORRECTA  
 numero CORRECTA

	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos de la TDC	1	11	3
Enumere dispositivos comunes con lazo de control abierto	2	12	2
Enumere dispositivos comunes con lazo de control cerrado	3	10	
Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado respecto de los de control abierto	4	11	1
Cual es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la TDC	5	6	7
Porque la TDC utiliza la transformada de Laplace	6	1	14
Que es la realimentación y cual es su objetivo	7	8	4
Cuales son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno	8	9	4
Que es la función de transferencia	9	10	1
Que representa la señal de error y cual es su expresión matemática	10	2	3
Cuales son las señales importantes que se mencionan en la TDC	11	7	2
Cual es el objetivo de la transformada inversa de Laplace	12	5	1
Que entiende como estabilidad en un sistema de control	13	9	5
Cual es la forma matemática de los sistemas de primer y segundo orden	14	3	3
Bajo que condiciones un sistema de primer orden se hace inestable	15	3	12
Porque un sistema de primer orden no puede oscilar	16	7	6
Porque un sistema marginalmente estable tiene raíces en el eje imaginario	17	5	10
Cuales son las posibles respuestas de un sistema de segundo orden	18	9	1
Porque los análisis de estabilidad se los realiza sobre el polinomio denominador	19	7	2
Que es la frecuencia natural de un sistema	20	9	5
Porque los elementos amortiguadores tienden a hacer que un sistema se estabilice	21	4	11
Porque cuando se presentan raíces complejas se presentan oscilaciones	22	4	10
Que son los sistemas ajustables	23	9	5

EXAMEN

(Ing. Mecánica)

Fecha: 8 de Febrero de 2006

Pregunta CORRECTA PARCIALMENTE INCORRECTA  
numero CORRECTA

	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos de la TDC	1	3	8
Enumere dispositivos comunes con lazo de control abierto	2	2	9
Enumere dispositivos comunes con lazo de control cerrado	3	8	3
Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado respecto de los c	4	3	9
Cual es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la TDC	5		4
Porque la TDC utiliza la transformada de Laplace	6		2
Que es la realimentación y cual es su objetivo	7	1	7
Que principio de la matemática permite solucionar facilmente los sistem	8		
Cuales son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenóme	9	5	6
Que es la función de transferencia	10	1	9
Que representa la señal de error y cual es su expresión matemática	11	2	3
Cuales son la señales importantes que se mencionan en la TDC	12	1	10
Cuales son las diferencias en el metodo de bloques y la regla de MASO	13		2
Cual es el objetivo de la transformada inversa de Laplace	14	8	3
Que entiende como estabilidad en un sistema de control	15	1	6
Cual es la forma matemática de los sistemas de primer y segundo orden	16		8
Bajo que condiciones un sistema de primer orden se hace inestable	17		5
Porque un sistema de primer orden no puede oscilar	18	6	3
Como se relacionan las raices de un polinomio con el concepto de estat	19		2
Porque las raices en el SPI del plano complejo corresponde con un siste	20		
Porque un sistema marginalmente estable tiene raices en el eje imagina	21		2
Cuales son las posible respuestas de un sistema de segundo orden	22	1	9
Porque los analisis de estabilidad se los realiza sobre el polinomio deno	23		3
Que es la frecuencia natural de un sistema	24		1
Porque los elementos amortiguadores tienden hacer que un sistema se	25		8
Porque los sistemas de orden superior no se analiza con tanto detalle co	26		3
En que se fundamenta la prueba de los coeficientes para la estabilidad	27		
Como se procede cuando encontramos un renglon de ceros en el arregl	28	10	2
Porque la ubicación de las raices complejas es simétrica al eje real del p	29	2	4
Porque cuando se presentan raices complejas se presentan oscilaciones	30	1	3
Que son los sistemas ajustables	31		8

EXMANEN (ENCUESTA) FINAL (Ing. Sistemas)

Fecha : 20 de Febrero del 2006

Pregunta	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA
numero	CORRECTA		
	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos de la TDC	14	15	1
Enumere dispositivos comunes con lazo de control abierto	15	15	
Enumere dispositivos comunes con lazo de control cerrado	17	12	1
Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado respecto de los o	22	8	
Cual es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la TDC	18	8	4
Porque la TDC utiliza la transformada de Laplace	18	10	2
Que es la realimentación y cual es su objetivo	21	8	1
Cuales son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno	21	8	1
Que es la función de transferencia	12	16	2
Que representa la señal de error y cual es su expresión matemática	23	7	
Cuales son la señales importantes que se mencionan en la TDC	2	28	
Cual es el objetivo de la transformada inversa de Laplace	24	3	3
Que entiende como estabilidad en un sistema de control	20	9	1
Cual es la forma matemática de los sistemas de primer y segundo orden	16	9	5
Bajo que condiciones un sistema de primer orden se hace inestable	16	8	6
Porque un sistema de primer orden no puede oscilar	17	8	5
Porque un sistema marginalmente estable tiene raices en el eje imaginario	2	16	12
Cuales son las posible respuestas de un sistema de segundo orden	21	9	
Porque los analisis de estabilidad se los realiza sobre el polinomio deno	4	11	15
Que es la frecuencia natural de un sistema	6	14	10
Porque los elementos amortiguadores tienden hacer que un sistema se	4	20	6
Porque cuando se presentan raices complejas se presentan oscilaciones	13	3	14
Que son los sistemas ajustables	23	3	4

ENCUESTA DE RECOPIACION DE CONCEPTOS

(Ing. Mecánica - Automotriz)

Fecha: 17 de Abril del 2006

Pregunta numero	CORRECTA	PARCIALMENTE CORRECTA	INCORRECTA
	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos de la TDC	17	22	4
Defina, estabilidad, error, retroalimentación, referencia, lazo abierto y cerrado	19	23	1
Enumere los componentes básicos de los diagramas de control	29	14	
Escriba el modelo de primer orden y esquematice su respuesta temporal	11	11	21
Como se utilizan las señales impulso, escalon, rampa e las pruebas de paso	13	20	10
Cual es la relación entre las raíces de un polinomio y el concepto de la estabilidad		20	23
Esquematice el sistema m,k,c,f, y obtenga la F(s)	24	9	10
Cual es la utilidad de la transformada de Laplace y porqué se la utiliza	8	24	11
Para que se utiliza la transformada inversa de Laplace y cuales sus ventajas	11	15	17
Que son los diagramas de flujo de señal y cuales los pasos para la regla de Mason	11	16	8
Cual es la ventaja de la regla de Mason respecto a la reducción de bloques	4	20	11
Utilizando Routh analice la estabilidad de la siguiente F(s)	25	9	9
Defina frecuencia natural no amortiguada y coeficiente de amortiguamiento	6	19	18
Grafique la respuestas típicas de segundo orden	9	10	24



**EVALUACIONES SOBRE EL GRUPO DE CONTROL****ENCUESTA NUMERO 1 (GRUPO DE CONTROL)**

(similar a encuesta 2 de los otros grupos)

Fecha : 5 de Diciembre del 2005

Pregunta	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA
numero	CORRECTA		

	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos mas importantes de la TDC	1	12	5
Describe brevemente las características mas importantes de los lazos de control	1	15	2
Cuales son las señales mas importantes de los lazos de control	11	6	1
Enumere equipos de uso comun que disponen de controles automaticos	7	7	4
Enumere los componentes clasicos de cada uno de los sistemas de control	10	6	2
Cual es la función de la señal de realimentación		13	5
Como se define la función de transferencia y cual su utilidad	3	15	
Que es la estabilidad de un sistema de control		6	12

**ENCUESTA NUMERO 3 (GRUPO DE CONTROL)  
PRUEBA FINAL**

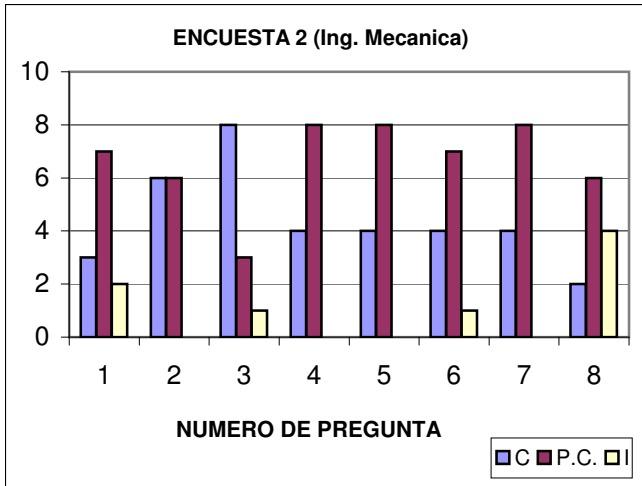
Fecha: 13 de Febrero del 2006

Pregunta	CORRECTA	PARCIALMENTE	INCORRECTA
numero	CORRECTA		

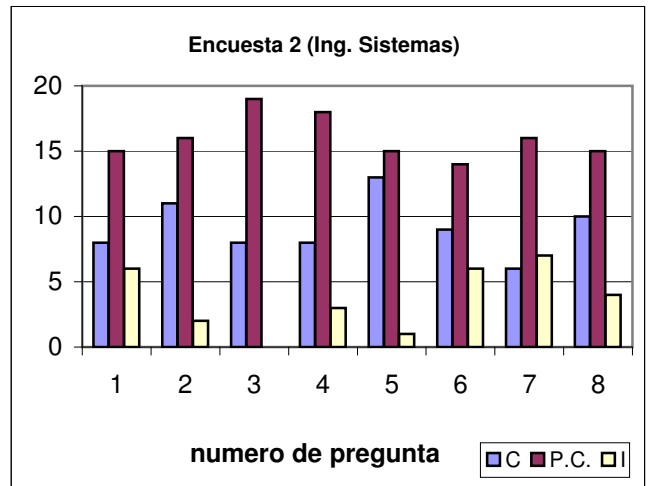
	C	P.C.	I
Cuales son los objetivos de la TDC	2	10	6
Enumere dispositivos comunes con lazo de control abierto	3	11	4
Enumere dispositivos comunes con lazo de control cerrado	12	5	1
Cuales son las ventajas de los lazos de control cerrado respecto de los abiertos	7	4	7
Cual es la importancia de las ecuaciones diferenciales en la TDC	4	4	10
Porque la TDC utiliza la transformada de Laplace	3	8	7
Que es la realimentación y cual es su objetivo	9	6	3
Cuales son los pasos para obtener un modelo matemático de un fenómeno	2	5	11
Que es la función de transferencia	8	7	3
Que representa la señal de error y cual es su expresión matemática	5	3	10
Cuales son las señales importantes que se mencionan en la TDC	7	7	4
Cual es el objetivo de la transformada inversa de Laplace	12	1	5
Que entiende como estabilidad en un sistema de control	3	7	8
Cual es la forma matemática de los sistemas de primer y segundo orden	5	3	10
Bajo que condiciones un sistema de primer orden se hace inestable	3	3	12
Porque un sistema de primer orden no puede oscilar	9	1	8
Porque un sistema marginalmente estable tiene raíces en el eje imaginario			18
Cuales son las posibles respuestas de un sistema de segundo orden	6	4	8
Porque los análisis de estabilidad se los realiza sobre el polinomio denominador		5	13
Que es la frecuencia natural de un sistema		3	15
Porque los elementos amortiguadores tienden a hacer que un sistema se estabilice	4	3	11
Porque cuando se presentan raíces complejas se presentan oscilaciones	1		17
Que son los sistemas ajustables	6	4	8

**ENCUESTAS REFERENTES A LOS CONCEPTOS BASICOS  
APLICACION A LOS GRUPOS DE TRABAJO**

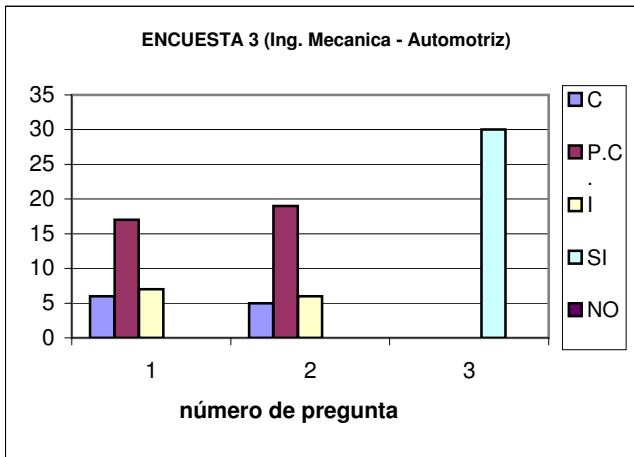
FECHA: 19 de Diciembre del 2005



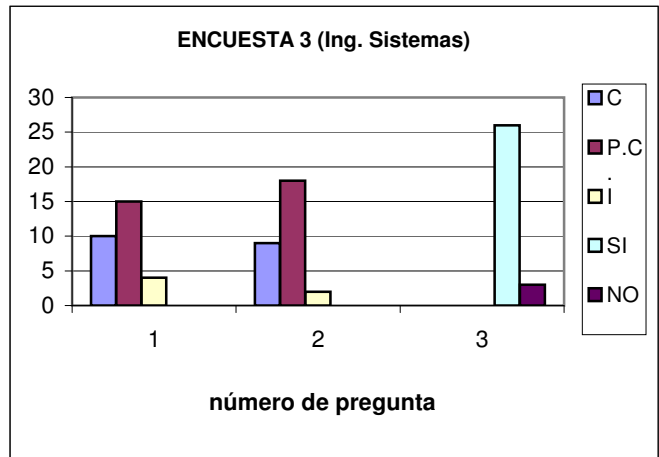
FECHA: 19 de Diciembre del 2005



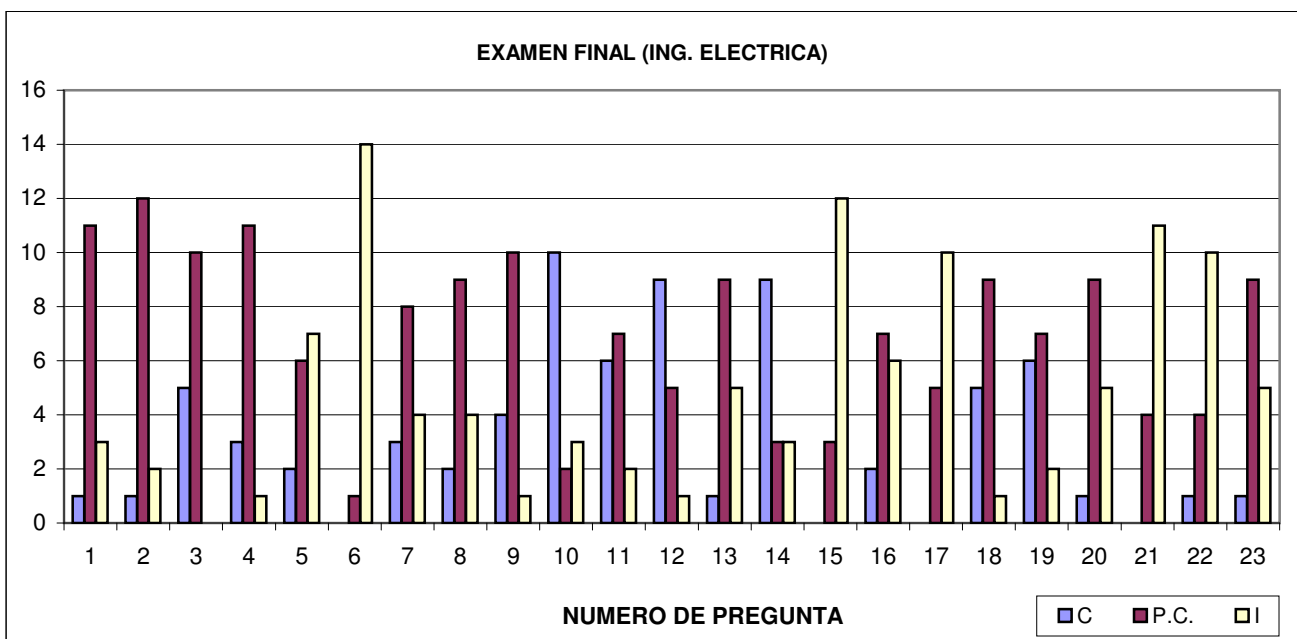
FECHA: 30 de Enero del 2006



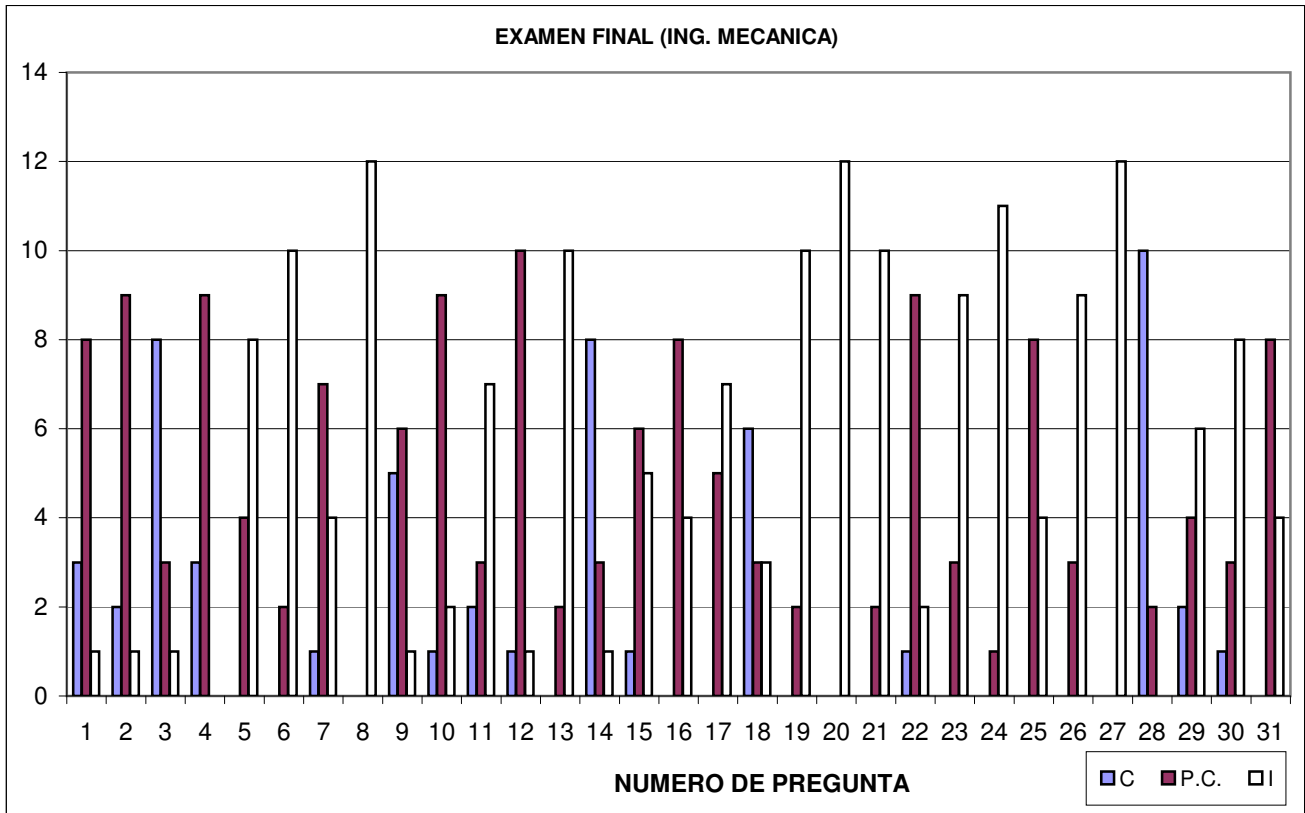
FECHA: 30 de Enero del 2006



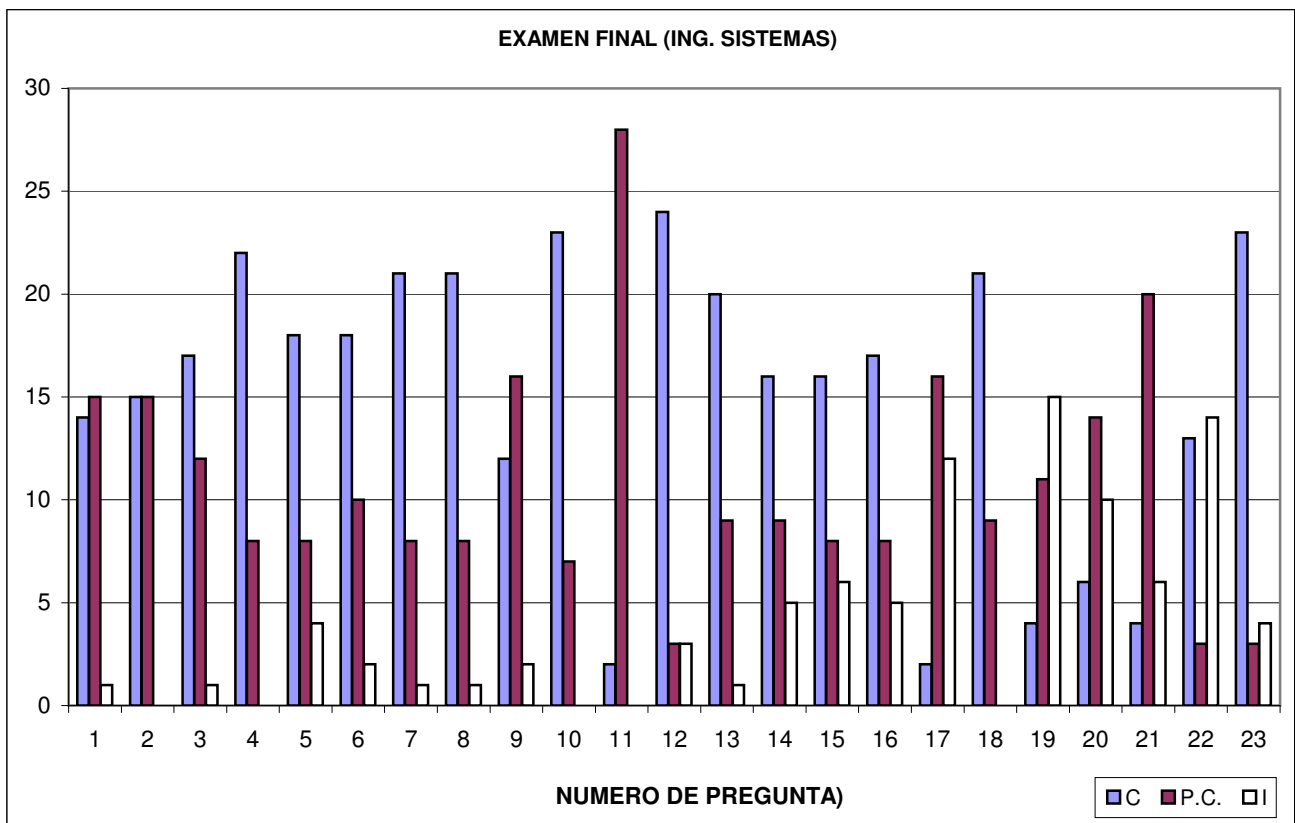
FECHA: 8 de Febrero del 2006



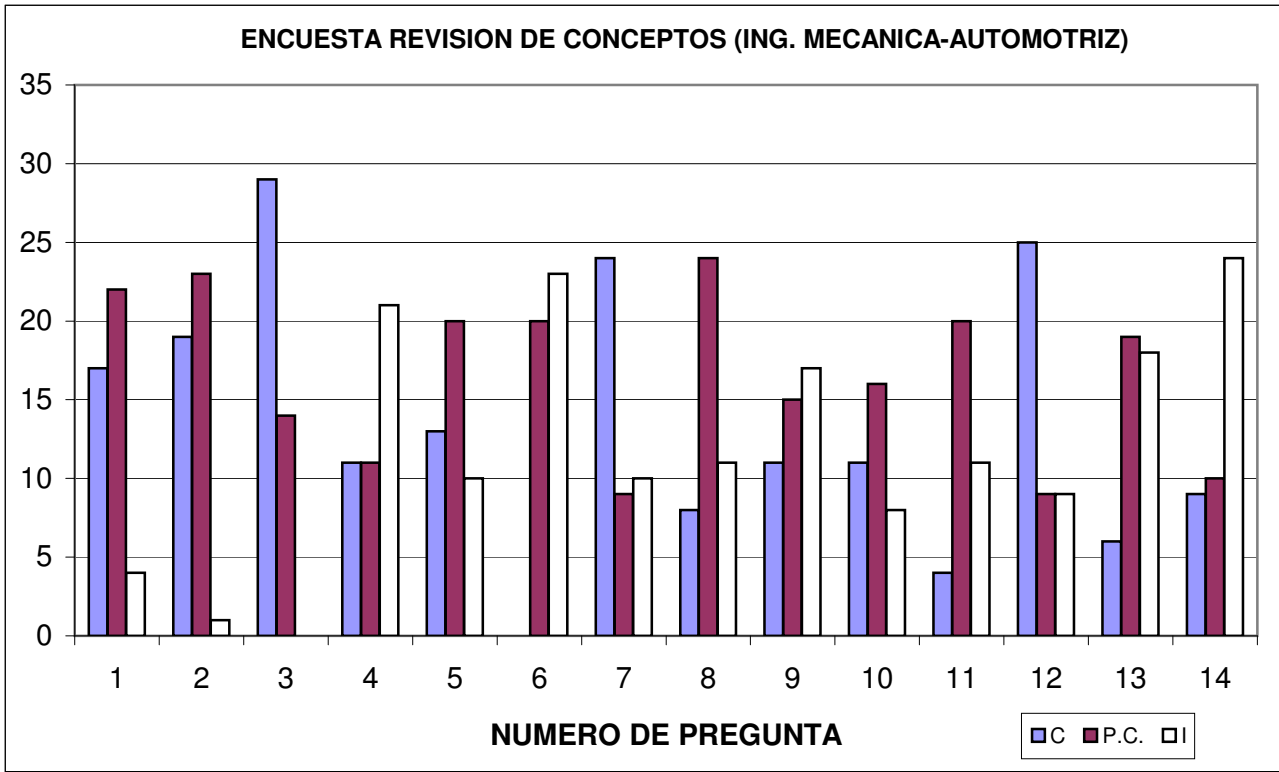
FECHA: 8 de Febrero del 2006



FECHA: 20 de Febrero del 2006

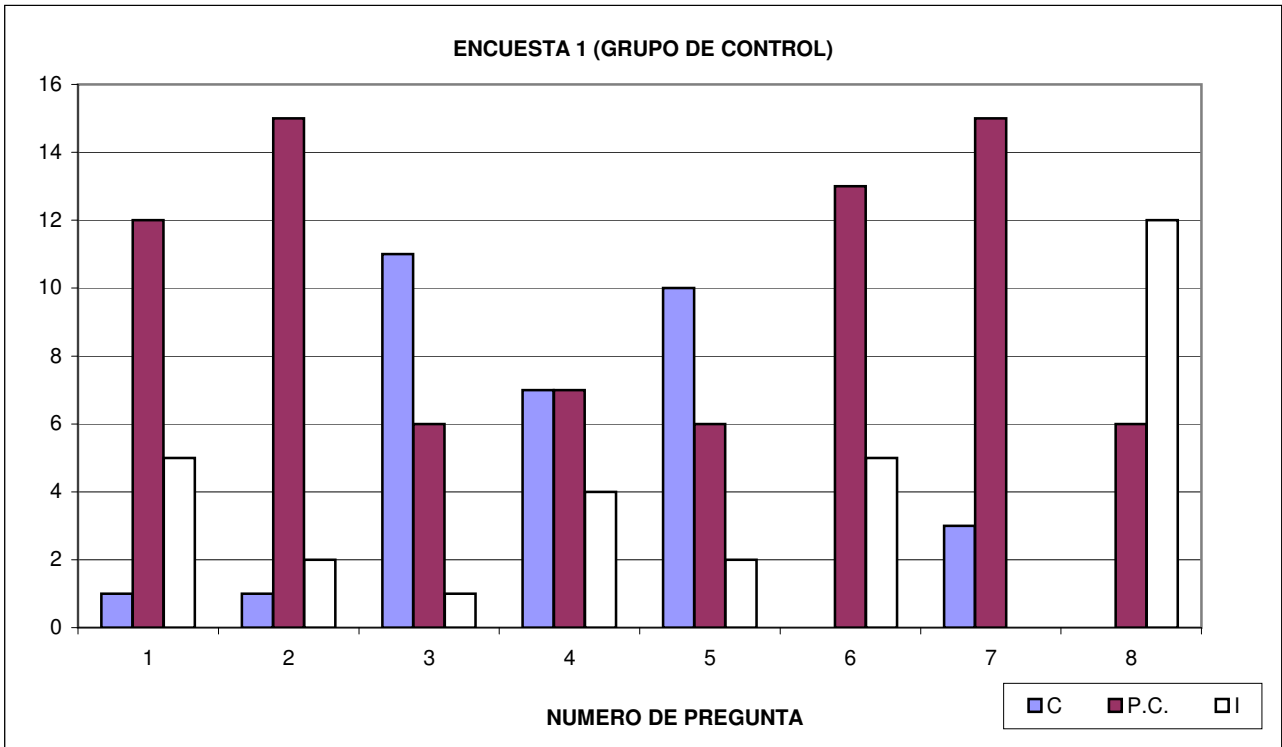


FECHA: 17 de Abril del 2006

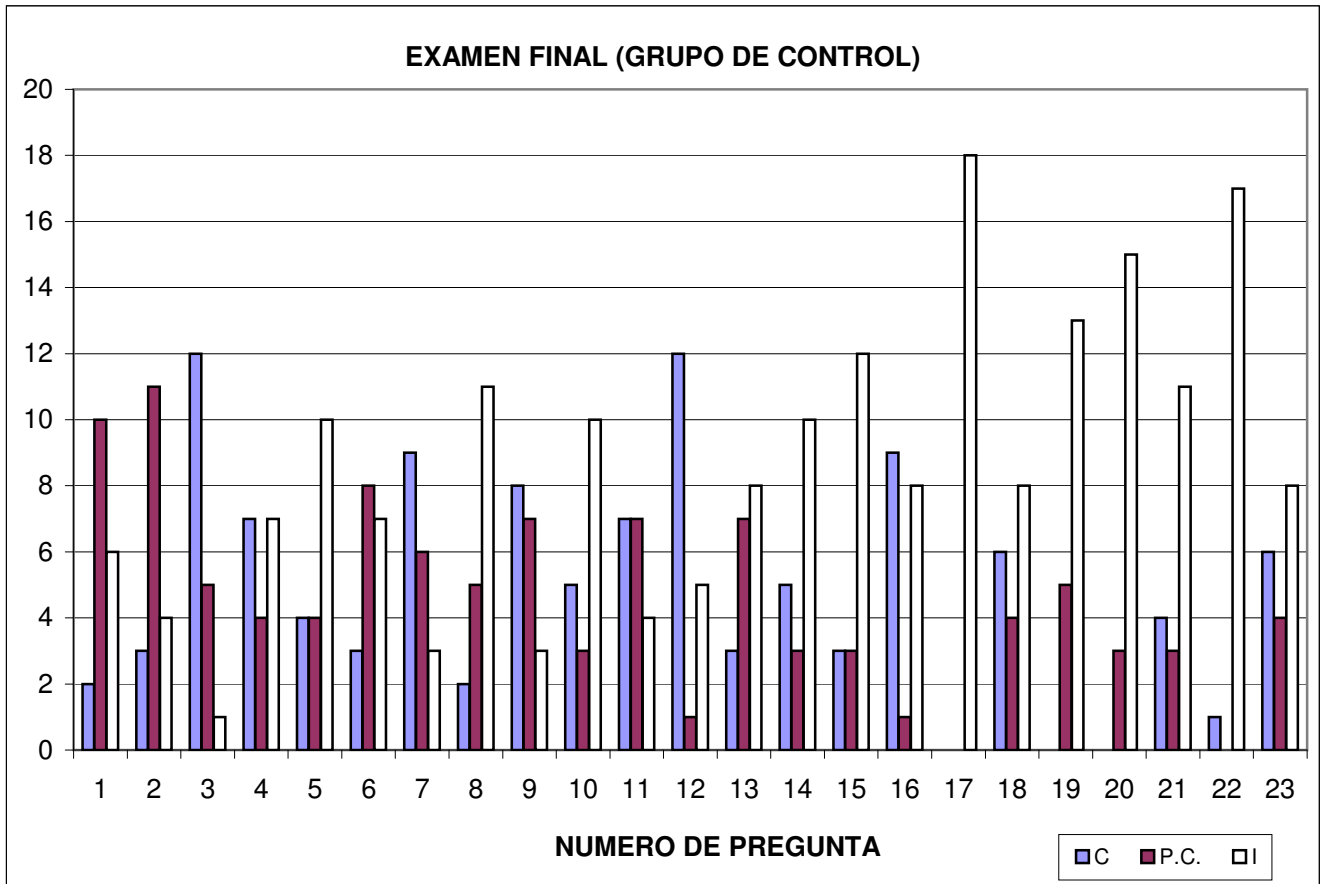


**ENCUESTAS REFERENTES A LOS CONCEPTOS BASICOS  
 APLICACION AL GRUPO DE CONTROL**

FECHA: 5 de Diciembre del 2005



FECHA: 13 de Febrero del 2006



**ENCUESTAS DE EVALUACION DE LAS METODOLOGIAS**

ENCUESTA NUMERO 2 (Ing. de Sistemas - Ing. Mecánica)

FECHA : 5 de enero 2006

	PREGUNTA NUMERO	SI	NO	
La revisión de ejercicios resueltos ayudan a comprender los conceptos	9	38		
			2	
Explique el porque de la respuesta anterior	10			<p><b>RAZONES</b></p> <p>ayudan a recordar conceptos matemáticos, aclaran dudas se comprende el papel y objetivo de los modelos matemáticos son guias para los procedimientos, relacionan la teoría con la realidad se entienden los objetivos de la TDC, se comprende el comportamiento de los sistemas, se comprende el objetivo de las F(s) conocimientos matematicos poco claros conocimientos olvidados, falta de tiempo</p>
Que dificultades encontraron para comprender y como trataron de resolverlas	11			<p><b>DIFICULTADES ENCONTRADAS</b></p> <p>conceptos matmáticos olvidados, los modelos no son comprendidos se equivocan conceptos, textos no presentan aplicación a modelos las explicaciones en clase no son claras, los numeros complejos no se realizaron análisis detallados en clase, multiples dificultades</p> <p><b>COMO RESOLVIERON LOS PROBLEMAS</b></p> <p>revisando los textos de calculo, preguntando al profesor resolviendo los ejercicios en grupo,</p>
Temas de fisica y matemática que deben ser re	13			<p><b>TEMAS QUE DEBEN SER REVISADOS</b></p> <p>transormada de Laplace, resolución de ecuaciones diferenciales fisica en lo general, la derivada, aplicaciones electricas y mecanicas</p>
Sugerencias para incrementar la efectividad de	14			<p><b>SUGERENCIAS</b></p> <p>resolver ejercicios completos en clase, participacion de estudiantes resolución en grupos, explicaciones mas pausadas y detalladas buscar aplicaciones prácticas, enviar tareas de ejercicios visitas técnicas, resolución apenas se concluya un tema, simular en laboratorio,</p>

ENCUESTA NUMERO 3 (Ing. Automotriz - Ing. Mecánica)

FECHA : 30 de enero 2006

	PREGUNTA NUMERO	SI	NO	
Cuales fueron las dificultades que encontró cuando hizo para solucionar esos problemas	1			<b>DIFICULTADES COMUNES</b> planteamientos iniciales, modelos no conocidos, faltan detalles, falta enlace con otras materias, ecuaciones iniciales no demostradas faltan pasos, modelos complejos, no son guía, falta de aplicación a la area de cada especialidad, conceptos básicos olvidados, sencillos en los ejemplos, diferentes nomenclatura a la utilizada en clase
	2			<b>COMO SE SOLUCIONARON LAS DIFICULTADES</b> consultar en los textos de otras materias, resolución en grupos preguntar al profesor, realizar otros ejercicios, relacionando con otros ejercicios conocidos, se busco en Internet
				<b>PORQUE</b>
La resolución de ejercicios propuestos ayudó a	3	37	3	los graficos ayudan a entender los procesos globales, las respuestas son una guía, se observa como se aplican los conceptos solo se tratan temas específicos, se observa la aplicación matemática planteamientos diferentes a los usados en clase, se debieron utilizar otros textos, texto complicado en comprender, demasiados ejemplos
				<b>PORQUE</b>
Cree necesario realizar trabajos teóricos que ayudan	4	37		incrementa la perspectiva de las aplicaciones en diferentes áreas se aclaran dudas, se observan los resultados finales, complementan
				<b>CUALES CONCEPTOS SE AFIANZARON</b>
Algunos de los conceptos de la TDC han sido necesarios	5	37		las diferentes respuestas en el tiempo, la estabilidad, la obtención de transmitancias, el efecto de las señales de entrada, obtención de las constantes, las reacciones del sistema, efecto de los parametros
Cuales han sido las dificultades para realizar actividades	6			<b>DIFICULTADES PARA REALIZAR LOS MODELOS</b> planteamiento de ecuaciones electricas y mecanicas en el tiempo no conocer toda la matemática y física, determinación de constantes el papel de las constantes, la influencia de las perturbaciones falta de relación con las matemáticas, conceptos desconocidos
Que ventajas puede tener el uso de MATLAB como herramienta	7			<b>VENTAJAS DEL USO DEL MATLAB</b> gráficas rápidas, facilita el cálculo, rápida modificación de constantes gráficas confiables, comprobación de resultados, optimiza tiempo análisis rápidos, múltiples opciones,
				<b>PORQUE</b>
Las respuestas obtenidas con el SIMULINK eran correctas	8	28	9	debido a la resolución manual previa, los tipos de sistemas conocidos coincidencia con la práctica, se concideran los analisis de estabilidad se conocia el funcionamiento de cada bloque, de acuerdo a las raices respuestas no coincidentes, ecuaciones mal planteadas, diferentes parámetros, no se domina el software, ejercicios no comprendido
Enumere de acuerdo a la efectividad de las diferentes actividades	9	<i>puntaje</i>		<b>efectividad relativa</b>
Revisión de ejercicios resueltos	a)	5		3
Observacion de videos relacionados con la TDC	b)	9		4
Lectura de artículos especializados de aplicación	c)	10		6
El uso de Matlab y Simulink	d)	7		2
La realización de un trabajo práctico	e)	12		1
La modelación de sistemas de control reales	f)	7		5
Expresar sugerencias para mejorar las metodologías de enseñanza	10			<b>SUGERENCIAS</b> aplicaciones específicas a la carrera, curso de Matlab, resolución de ejercicios en clase, artículos especializados en español, plantear aplicaciones reales, mas evaluaciones, cronograma de trabajo definido mas ejemplos de modelación, usar simulador con mayor frecuencia temas teóricos concretos, debatir en clase los artículos, mas práctica

ENCUESTA NUMERO 4 - TRABAJO 2 (todos los grupos)

FECHA : 14 de febrero 2006

	PREGUNTA NUMERO	SI	NO	
La información presentada en las cuatro fuentes	6	42		<b>PORQUE</b> se revisan diferentes puntos de vista, se evitan los análisis demasiado complejos, se concretan conceptos, conocimientos actualizados se escogen los detalles mas relevantes, se conciben las aplicaciones reales, internet enfatiza en los detalles, se delimitan las aplicaciones
El video ayuda a comprender mejor los conceptos	7	42		<b>PORQUE</b> se observan las aplicaciones prácticas, se complementa con lo que presenta el artículo de IEEE, nos pone al tanto de técnicas modernas complementa conceptos presentados en Inglés, se observa la aplicación de la TDC a lo social, visión de los avances futuros muestra la teoría como una realidad, se observan los componentes
Cree usted que la información recogida en Internet	8	40	2	<b>PORQUE</b> aclarar los detalles técnicos del artículo de IEEE, estudios actualizados ayuda a la traducción de palabras y conceptos, diversidad de estudio las otras fuentes de información ofrecen conocimientos necesarios solamente es un complemento no indispensable
Cuales son las ventajas y desventajas de realizar trabajos de investigación	9			<b>ventajas</b> conceptos que se complementan, diversos puntos de vista, despierta el interés por investigar, se profundizan detalles importantes, mejora la capacidad de lectura y comprensión, se llega a todo el grupo al usar diferentes medios, se crean puntos de discusión, permite comparar la información existente, ilustra mejor, brinda opciones de soluciones. <b>desventajas</b> las fuentes no siempre se complementan, dificultades cuando se usan otros idiomas, no todas fuentes son fiables, no siempre podemos discernir los posibles errores, no siempre se presentan los detalles más importantes, algunas fuentes no ayudan a clarificar conceptos trabajos demasiado extensos, pueden confundir sobre un solo tema
Expresar sugerencias para mejorar la técnica de enseñanza	10			<b>SUGERENCIAS GENERALES</b> documentos en español, mas diversidad de videos de aplicaciones realizar aplicaciones prácticas, realizar foros de discusión de los temas analizados, usar textos con temas concretos, diversidad en la bibliografía, prácticas de laboratorio, profundizar el control digital



**ENCUESTAS SOBRE LA REALIZACION PRÁCTICA DE UN CONTROLADOR**

**ENCUESTA FINAL (Ing. de Sistemas)**

Fecha: 20 de Febrero de 2006

Pregunta Correcta Parcialmente Incorrecta  
Numero correcta

	C.	P.C	I.
Cual es el objetivo del sistema de control realizado	18	12	1
Cuales son los objetivos específicos	16	15	
Como están constituidos los componentes de los diferentes bloques	6	25	
Cual es el objetivo de cada una de las acciones del PID	15	14	2
Porque se escogió una función de primer grado para la planta controlada	4	5	22

	SI	NO
Se pudieron verificar los diferentes tipos de respuestas de segundo orden	12	11
Con la realización del trabajo práctico se aclararon algunas dudas	30	
La realización del trabajo práctico despertó dudas con respecto a la teoría	27	3
La demostración de un controlador analógico ayudó a comprender mejor el control	28	1
Cree necesario realizar trabajos prácticos para complementar el aprendizaje	30	
Los costos son un impedimento para la realización práctica	12	18
El trabajo realizado ayudó a concebir aplicaciones reales de la TDC	30	

Enumere de acuerdo a su efectividad cada una de las alternativas	13	1	2	3	4	5	6	7	8
resolución de ejercicios propuestos	a) 7		5	3	3	1	2	8	2
revisión de ejercicios resueltos	b) 6		1	3	4	2	2	6	1
observación de videos relacionados con la TDC	c) 4		5	5	3	4	2	2	1
lectura de artículos especializados de aplicaciones reales	d) 2		2	7	3	3	3	1	1
uso de Matlab y Simulink	e) 5		6	1	2	4	7	1	3
realización del trabajo práctico	f) 1	10	6	1	2	1		2	3
modelación de sistemas de control reales	g) 3	1	2	6	5	4	5	1	
busqueda de información en INTERNET	h) 8	2	4	3		1	3	4	7

ENCUESTA NUMERO 2 (GRUPO DE CONTROL)

Fecha: 29 Enero 2006

Pregunta  
 número SI NO

**Problematicas de implementación**

Cuales han sido las problematicas encontrads el momento de realizar el montaje del sistema electrónico de control

1		elementos acordes al cálculo, configuración de los C.I. funcionamiento de cada elemento, enlace de bloques falta de práctica en el montaje de circuitos electrónicos,
---	--	---

**Razones**

Al realizar las pruebas de funcionamiento, esta conciente de las señales con las cuales se encontraría en cada

Estaban totalmente claros los objetivos de cada uno de los bloques del sistema de control

Se podian o no relacionar los conceptos teóricos estudiados con anterioridad con cada uno de los bloques del control

Se realizó una revisión de conceptos teóricos antes de plantear las funciones de transferencia de cada bloque

La teoría revisada cuando cursó la materia TDC, le ayudó a plantear el modelo matemático del sistema

Se utilizó el Matlab para obtener la respuesta en el tiempo de las funciones de transferencia

Sugerencias para evitar problemas en prácticas futuras

2	8		se realizaron los análisis previos, ayuda del profesor puntos de prueba especificados, funciones de transferencia conocidas,
3	7	1	ayudaron los analisis previos, se explico en clase las señales acorde a la teoría, elementos simples no se conocia correctamente el funcionamiento de los elementos fotoelectricos,
4	6	2	se entiende lo que son señales de salida y entrada solo es una aplicación de la teoría, se trata de un sistema de control sencillo dificultad de poner en práctica la teoría, elementos con particularidades de funcionamiento,
5	5	3	
6	4	3	se recordó como se obtenían las F(s), se revisó como actua la realimentación por sugerencia del profesor en la materia no se vieron las aplicaciones prácticas no se comprendía la utilidad de la función F(s) el circuito se lo realizó mecánicamente
7	2	6	la simulación permite observar el funcionamiento de cada bloque, se reconocieron las respuestas tiempo LOS ESTUDIANTES NO DIERON RAZONES
8			<b>sugerencias para trabajos futuros</b> que se provean guias de prácticas, comprobar el desempeño de los elementos, analizar las posibles fallas, mayor exigencia a los estudiantes, mas tiempo para las prácticas, la asignatura TDC mas práctica, recordar previamente los conceptos

## ENCUESTA FINAL (GRUPO DE CONTROL)

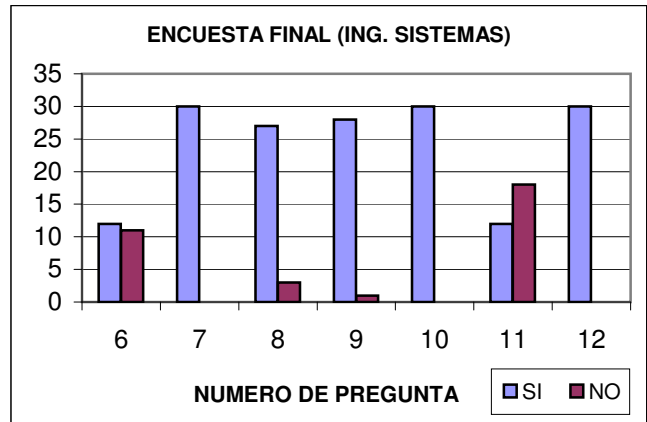
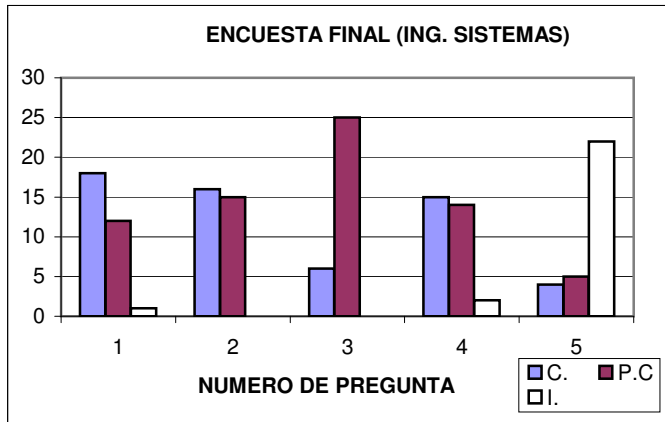
Fecha: 13 de Febrero de 2006

Pregunta Correcta Parcialmente Incorrecta  
Numero correcta

		C.	P.C	I.
Porque es necesario obtener un modelo matemático previo del sistema	1	6	11	1
Como se obtuvo el modelo matemático del compensador PID	2	3	6	9
Como se obtuvo el modelo matemático de la carga controlada y respuesta	3		5	13
Características de los sistemas de primer y segundo orden	4	3	9	6
Como se utilizo los comandos básicos de Matlab	5	16		2
Características de: integrador, derivador, amplificador, inversor, compensador	6		10	8
Explique las diferencias entre el circuito planteado y el implementado	7		1	17
Explique la función de los principales elementos electrónicos	8	5	11	2
Explicación de lo fundamental de dispositivo de disparo UJT	9	2		16
En que zona deben trabajar los transistores	10			18
Como se verifica que los transistores trabajan en la zona adecuada	11	3	2	13
Cual es el objetivo del voltaje de control del circuito de disparo	12	5	3	10
Cuales son las causas para que el SCR se active incorrectamente	13	11	5	2
Como se solucionaron los problemas en el UJT	14	8	4	6
En que se fundamentó para encontrar la solución	15	7	3	8
De que tipo debe ser la respuesta global del amplificador de potencia	16	5	1	12
Dibuje la forma de onda típica que se presenta en la carga	17	4	1	13
De que tipo debe ser la relación entre el voltaje de control y voltaje de disparo	18	8		10
Para que sirve el diodo en antiparalelo en la carga	19	2	1	15
Como se dimensionaría el diodo zener del circuito de disparo	20	2		16
Esquematice el diagrama de bloques del sistema completo	21	14	2	2
Especificar los componentes físicos que conforman cada bloque y su función	22	4	7	7
De que grado es la ecuación característica de la F(s)	23	9	4	5
Cuales y como se realizaron las pruebas de estabilidad	24	9	1	8
Un compensador proporcional puede o no tener un error igual a cero	25	1	1	16
Cual es el objetivo de colocar un compensador integrador	26	3	1	14
Cual es el objetivo del compensador derivativo	27			18
Las respuestas simuladas se asemejan o no a las obtenidas en la práctica	28	9	3	6
Mencione aplicaciones reales del sistema construido	29	10	4	4

**ENCUESTAS SOBRE LA REALIZACION PRACTICA DE UN CONTROLADOR**

Fecha: 20 de Febrero del 2006



Fecha: 13 de Febrero del 2006

