

# Causas de reprobación en los cursos de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán

Morales Burgos, A.<sup>1</sup>, García Sosa, J.<sup>1</sup> y Escalante Triay, E.<sup>2</sup>

*Fecha de recepción: 10 de julio de 2009 - Fecha de aceptación: 10 de diciembre de 2009*

## RESUMEN

La asignatura de Mecánica de Fluidos forma parte del tronco común en las licenciaturas de Ingeniería Civil, Ingeniería Física e Ingeniería Mecatrónica que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. En dicha asignatura se ha detectado que el 45% de los alumnos que la cursan tienen un bajo aprovechamiento. Por lo anterior, el Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología de esta Facultad ha tomado la iniciativa de identificar las causas de reprobación de los estudiantes utilizando la técnica de investigación acción. Como resultado de la investigación realizada se obtuvieron cuatro dimensiones que afectan el aprovechamiento académico de los estudiantes: 1) dedicación al estudio, 2) organización académica, 3) planeación de actividades y 4) conocimientos previos. Las dimensiones mencionadas explican más del 70% de la varianza de los cuestionarios que fueron administrados; de acuerdo con los resultados se concluye que la principal causa de reprobación de los estudiantes es la falta de dedicación al estudio. En el análisis de los cuestionarios se emplearon las técnicas estadísticas de Kruskal-Wallis y de análisis factorial con rotación de factores.

**Palabras clave:** Investigación educativa en ingeniería, mecánica de fluidos, enseñanza.

## Reasons of low performance on Fluid Mechanics of students at the Faculty of Engineering, Autonomous University of Yucatan

### ABSTRACT

Fluid Mechanics is a common subject included in the undergraduate curricula of Civil Engineering, Physical Engineering and Mechatronics Engineering programs that are imparted at the Faculty of Engineering of the Autonomous University of Yucatan. It has been detected that 45% of the students have a low performance in this subject. As a first step to solve the above-mentioned learning deficiency, the Academic Body of Hydraulics and Hydrology of this Faculty has taken the initiative of identifying the causes of the students' low performance using an action research technique. As a result of the investigation carried out, four dimensions were obtained that affect the academic performance of the students: 1) dedication to study, 2) academic organization, 3) planning of activities and 4) previous knowledge. The mentioned dimensions explain more than 70% of the variance of the questionnaires that were administered; in accordance with the results, it is concluded that the main cause of the students' failure to learn the subject is due to lack of dedication to study. In the analysis of the questionnaires the statistical techniques of Kruskal-Wallis and factorial analysis with rotation of factors were used.

**Keywords:** Engineering educational research, fluid mechanics, teaching.

---

<sup>1</sup> Profesor de Carrera del Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología de la FIUADY. Email: [mburgos@uady.mx](mailto:mburgos@uady.mx).

<sup>2</sup> Coordinador del Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología de la FIUADY.

**INTRODUCCIÓN.**

La Mecánica de Fluidos es uno de los cursos fundamentales en la formación de los ingenieros y quizá uno de los más demandantes en cuanto al manejo de conceptos matemáticos, conceptualización de teorías, entendimiento de ecuaciones generales, etc. (Cheng, Liu, Shen, Teng y Wang, 2002; Shrivastava, 2004; Streveler y otros, 2004). Estas demandas académicas generalmente producen dificultades en el aprendizaje de los estudiantes.

licenciaturas de Ingeniería Civil, de Ingeniería Física y de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) en los últimos cinco semestres, se detectó que los estudiantes obtienen calificaciones por debajo del mínimo aprobatorio, que es de setenta en la escala de cero a cien puntos, en sus evaluaciones, siendo éstas el principal indicador de su aprovechamiento. En el caso particular de la asignatura de Mecánica de Fluidos, se obtuvo que el índice de reprobación es cercano al 45% (Véase la Tabla 1).

De la revisión de los registros de calificaciones de los alumnos que cursaron Mecánica de Fluidos en las

**Tabla 1.** Porcentaje de alumnos reprobados en Mecánica de Fluidos en las licenciaturas impartidas en la FIUADY en los últimos cinco semestres

Licenciatura de inscripción	Número de alumnos que la cursaron	Número de alumnos que la reprobaron	Porcentaje de reprobados
Ingeniería Civil	275	133	48.40%
Ingeniería Física	79	34	43.00%
Ingeniería Mecatrónica	38	9	23.70%
Total	392	176	44.90%

Si se compara el porcentaje de reprobación mencionado anteriormente con los obtenidos en las demás asignaturas a cargo del Cuerpo Académico de

Hidráulica e Hidrología resulta el más bajo (Véase la Tabla 2)

**Tabla 2.** Porcentaje de alumnos reprobados en las demás asignaturas a cargo del Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología

Asignaturas	Porcentaje reprobados	de
Hidráulica de Tuberías y Canales	34.33%	
Hidrología	36.15%	
Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	7.61%	
Abastecimiento de Agua y Alcantarillado	12.10%	
Hidráulica de Máquinas y Transitorios	25.70%	

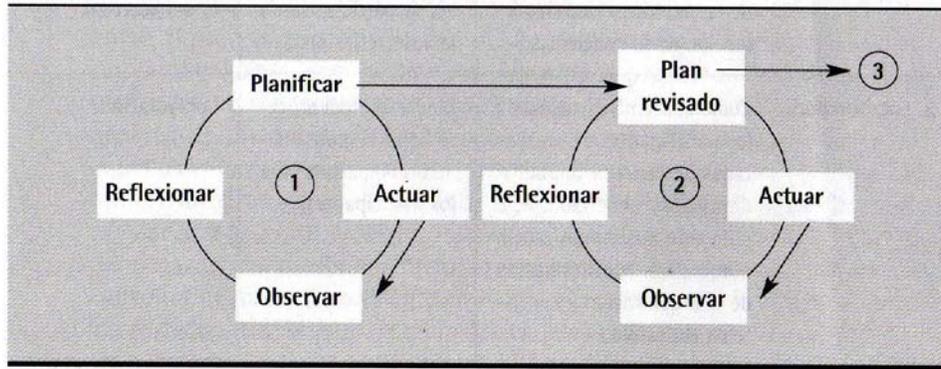
Los profesores de la asignatura de Mecánica de Fluidos de FIUADY, preocupados por el bajo aprovechamiento de los estudiantes en la asignatura mencionada, que se ve reflejado en el alto índice de reprobación, utilizaron la investigación acción con objeto de identificar las causas que lo producen.

educativa a través de ciclos de acción y reflexión” (Latorre, 2003).

**METODOLOGÍA.**

Con objeto de identificar las causas que más afectan el rendimiento académico de los estudiantes y realizar acciones que coadyuven a la elevación de sus índices de aprobación se utilizó la técnica conocida como Investigación-Acción, que “es una indagación práctica realizada por el profesorado, de forma colaborativa, con la finalidad de mejorar su práctica

La investigación-acción incluye cuatro etapas básicas que son: 1. Planificación, etapa en la que se identifica el problema o el área de mejora deseado y se planean las acciones por realizar; 2. Actuación, se ejecuta lo planeado en la etapa anterior; 3. Observación, durante esta etapa –que puede coincidir con la etapa de actuación–, se lleva un registro de la actuación, así como los resultados obtenidos; 4. Reflexión, finalmente en esta etapa se realiza una evaluación de las acciones realizadas a fin de continuarlas o modificarlas para lograr la mejora de la práctica educativa. Las cuatro etapas de la investigación-acción pueden verse en la figura 1.



Fuente: Latorre, A. (2003). La investigación-acción.

Figura 1. Espiral de ciclos de la investigación-acción.

Para la identificación del problema, se realizaron tres actividades: una lluvia de ideas entre los profesores que imparten o han impartido la asignatura, un grupo focal con estudiantes que han cursado la asignatura y, finalmente, la administración de un cuestionario a estudiantes.

En la lluvia de ideas en la que participaron cinco profesores se comentaron las diversas causas que podrían influir en el rendimiento académico de los estudiantes. Entre ellas se mencionaron sus antecedentes académicos, las estrategias de enseñanza y aprendizaje utilizadas por profesores y estudiantes, la disponibilidad de recursos de aprendizaje, los tipos de evaluación utilizados, la carga académica y la asistencia del estudiante a los cursos, así como la motivación del estudiante hacia la asignatura.

Para conocer desde el punto de vista de los estudiantes, cuáles de las causas antes mencionadas influyen más en este problema se integró un grupo focal en el que se invitó a doce alumnos que habían cursado y/o aprobado la asignatura mencionada en cualquiera de las oportunidades que establece el Reglamento Interior de la FIUADY. La actividad fue programada, pero sólo asistieron tres alumnos que fueron los que habían aprobado la asignatura en la primera oportunidad.

Los profesores responsables de la investigación concluyeron que la información recabada no era suficiente, por lo que se tomó la determinación de elaborar un cuestionario y administrarlo a una muestra mayor de alumnos que hubiesen cursado y/o aprobado la asignatura. El cuestionario fue elaborado con base en la lluvia de ideas de los profesores, así como en las opiniones de los estudiantes que asistieron al grupo focal. Se identificaron trece posibles causas de afectación del rendimiento académico de los estudiantes y se les solicitó que las

ordenaran en forma jerárquica, de mayor a menor influencia. Las causas consideradas fueron: los conocimientos académicos previos, las explicaciones del profesor, las notas y apuntes de clase, la resolución de ejercicios adicionales a los de clase, el interés por la asignatura, la asistencia a asesorías con el profesor, los exámenes, el uso del libro de texto, la carga académica semestral, la asistencia a clase, la solución de ejercicios en clase y la organización del estudiante para el estudio de la asignatura; adicionalmente, se le permitió incluir cualquier causa que no hubiera sido considerada en el cuestionario.

Para todas las causas anteriores se le solicitó al estudiante, la priorización ordenada del 14 al 1 (Máxima importancia – Mínima importancia) respecto de la importancia que cada una de las causas dificultó su aprendizaje.

Considerando la posibilidad de la existencia de cierta influencia en el rendimiento de los estudiantes asociado a la licenciatura que cursaban, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, puesto que se tienen tres grupos independientes –una por cada licenciatura–, para averiguar si el tipo de licenciatura cursada influye en los aprovechamientos medidos de los estudiantes.

Como la muestra considerada es grande ( $n_i \geq 5$ ), se tomó la aproximación de Kruskal-Wallis, en la que  $H_0$  es verdadera para  $H \sim \chi^2_{k-1}$  y se rechaza  $H_0$  si  $H > \chi^2_{\alpha, k-1}$ . Los grados de libertad son  $k - 1 = 3 - 1 = 2$  ( $k$ , número de grupos) con  $\alpha = 0.05$  de significancia por lo que el valor  $\chi^2_{0.05, 2} = 5.991$ , valor obtenido de las tablas de distribución de probabilidades.

De los resultados obtenidos puede concluirse que no existe diferencia significativa en los niveles de aprovechamiento de las tres licenciaturas, ya que al tenerse los valores de  $H = 5.565$  y de  $\chi^2_{0.05, 2} = 5.991$ ,

se cumple que  $H < \chi^2_{0.05, 2}$ . De la misma forma, puesto que el p-valor  $> 0.05$ , se acepta que no existe diferencia significativa entre los niveles de aprovechamiento de las tres licenciaturas. Lo anterior implica que los cuestionarios pueden ser administrados indistintamente a los estudiantes de Mecánica de Fluidos, sin importar la licenciatura de procedencia. Por tanto, se administraron 78 cuestionarios a estudiantes que cursaron la asignatura de Mecánica de Fluidos. En la Figura 2, se muestra el cuestionario que fue administrado.

Para determinar las causas que afectan al estudiante en su rendimiento académico, se administró el cuestionario mencionado anteriormente, al que le fue verificada su validez mediante el análisis factorial con rotación de factores por componentes principales, que busca establecer ejes ortogonales independientes en las direcciones de máxima varianza; este método forma parte de un tipo de estadística multivariada cuyo propósito principal es la obtención de la estructura subyacente en una matriz de datos (Hair, Anderson, Tatham & Black, 1999).



**Universidad Autónoma de Yucatán**  
**Facultad de Ingeniería**

Encuesta de opinión sobre el aprendizaje de la Mecánica de Fluidos

**Estimado estudiante:**

El objetivo de esta encuesta es identificar los factores más importantes que dificultaron tu aprendizaje en la asignatura "Mecánica de Fluidos", por lo que mucho agradeceremos tu **respuesta honesta** al cuestionario anexo, así como el tiempo que le dediques. La información que nos proporciones será tratada en forma estrictamente confidencial.

**Datos Generales**

Indica en los espacios siguientes el nombre de la licenciatura que cursas, todas las oportunidades utilizadas para la aprobación de la citada asignatura y el tipo de curso en el que la aprobaste.

Licenciatura cursada	Oportunidades utilizadas	Tipo de curso
<input type="checkbox"/> Ingeniería Civil <input type="checkbox"/> Ingeniería Física <input type="checkbox"/> Ingeniería en Mecatrónica	<input type="checkbox"/> Primer ordinario <input type="checkbox"/> Primer extraordinario <input type="checkbox"/> Segundo ordinario <input type="checkbox"/> Segundo extraordinario	<input type="checkbox"/> Curso semestral <input type="checkbox"/> Curso de verano

**Cuestionario de opinión**

En la columna de la izquierda prioriza del 14 al 1 las causas que **dificultaron tu rendimiento** en el aprendizaje de la "Mecánica de Fluidos". El número **14** representa la "**Máxima importancia**" y el **1** se refiere a la "**Mínima importancia**"; solamente puedes utilizar en una ocasión cada dígito.

Si algún factor no fue considerado en la relación, agrégalo en la última fila y priorízalo. Si deseas realizar algún comentario adicional, utiliza el reverso de la hoja.

Prioridad (14-1)	Factores de afectación
P1	No poseo los conocimientos previos en matemáticas.
P2	El profesor no explica con claridad los temas de Mecánica de Fluidos.
P3	No tomé notas ni apuntes en la clase.
P4	No resolví suficientes ejercicios adicionales a los de la clase.
P5	No me interesa la asignatura.
P6	No asistí a las asesorías con el profesor.
P7	Los exámenes no evaluaron los temas tratados en la clase.
P8	No utilicé libro de texto.
P9	No asistí lo suficiente a clase.
P10	No cursé un número adecuado de asignaturas en el semestre.
P11	No se resolvieron ejercicios suficientes en clase.
P12	No presté atención a las explicaciones del profesor.
P13	No supe cómo estudiar la asignatura.
	Otro: (especifica)

**Figura 2.** Cuestionario para la obtención de la opinión de los estudiantes respecto de las causas de reprobación en la Mecánica de Fluidos.

Dichos métodos intentan aproximar la solución obtenida al “Principio de estructura simple” según el cual la matriz de cargas factoriales debe reunir las siguientes características:

- 1) cada factor debe tener unos pocos pesos altos y los otros próximos a cero;
- 2) cada variable no debe estar saturada más que en un factor;
- 3) no deben existir factores con la misma distribución, es decir, dos factores distintos deben presentar distribuciones diferentes de cargas altas y bajas.

En este caso se utilizó una solución factorial a través de rotación de factores por componentes principales, que es un proceso iterativo que requiere la repetición del mismo un cierto número de veces, hasta alcanzar una solución satisfactoria.

Se empleó el Statgraphics para la realización de los análisis estadísticos. Se hallaron 77 casos válidos del

total de datos recabados a través de las encuestas, puesto que en uno de los casos, una de las variables carecía de respuesta; con base en la anterior, se puede decir que se tienen más de cinco casos por cada variable analizada.

En este estudio –para lograr la carga adecuada de las variables en los factores– se eliminaron en forma secuencial las variables P2, P11, P8, P5, P12 y P13. En cada caso se eliminó la variable que presentaba cargas poco definidas en los factores y se realizó nuevamente el análisis factorial y la rotación por componentes principales mediante VARIMAX procediendo a realizar la revisión de carga adecuada de factores, así como una explicación de la varianza de al menos el 70%. Finalmente, después de eliminar las seis variables mencionadas, realizar los análisis factoriales, las rotaciones por componentes principales correspondientes y verificar que se explica más del 70% de la varianza, se obtuvieron cuatro factores mostrados en la Tabla 2 (Leech, Barrett y Morgan, 2005).

**Tabla 2.** Matriz de factores rotados mediante VARIMAX conteniendo los ítemes del cuestionario y su carga en cada factor, las comunalidades de cada variable, los autovalores de los factores y los porcentajes de varianza explicada.

Ítemes del cuestionario	Factores*				Comunalidades
	1	2	3	4	
P1. No poseo los conocimientos previos en matemáticas.				0.884	0.794
P3. No tomé notas ni apuntes en la clase.		0.788			0.636
P4. No resolví suficientes ejercicios adicionales a los de ...	0.772				0.748
P6. No asistí a las asesorías con el profesor.	0.868				0.810
P7. Los exámenes no evaluaron los temas tratados en....		0.709			0.568
P9. No asistí lo suficiente a clase.			0.774		0.758
P10. No cursé un número adecuado de asignaturas en....			0.798		0.748
Autovalores	1.476	1.303	1.194	1.090	
Porcentaje de varianza	21.080	18.621	17.063	15.572	
Porcentaje acumulado de varianza	21.080	39.701	56.764	72.335	

\* Solamente fueron consideradas las cargas mayores para facilitar la identificación de los factores.

En la Tabla 2 se identifican cuatro factores como causas de afectación en el rendimiento de los estudiantes. La varianza en la información es explicada en un 21.08% por el primer factor, en un 18.62% por el segundo factor, el tercer factor carga con un 17.06% y, finalmente, el cuarto factor explica el 15.57%. La varianza total en la información es explicada en un 72.335% por los cuatro factores mencionados. En todos los casos los autovalores son mayores a la unidad para los factores.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de la matriz de componentes rotados, considerando las preguntas asociadas a cada factor,

pueden definirse las siguientes dimensiones:

- 1) Dedicación al estudio. Se relaciona con las preguntas 4 y 6; puede entenderse como el tiempo que el estudiante dedica en forma adicional al estudio una vez que ha asistido a las clases.
- 2) Organización académica. Se asocia a las preguntas 3 y 7; con base en las preguntas asociadas al factor se considera que si el estudiante no toma notas ni apuntes en el salón de clase, puede concluirse que no conoce con precisión los temas tratados en el curso. Por

- tanto cree que los exámenes evalúan temas diferentes a los expuestos en el salón de clase.
- 3) Planeación de actividades. Al relacionarse con las preguntas 9 y 10, se considera que el estudiante al tomar cargas académicas excesivas por semestre no puede conciliar sus horarios personales de actividades por lo que se le dificulta la asistencia a los cursos.
  - 4) Conocimientos previos. Solamente tiene asociada la pregunta 1, que se relaciona con los conocimientos previos del estudiante en matemáticas. Este último factor, al tener asociado únicamente una pregunta podría no ser representativo, sin embargo fue incluido debido a la importancia del factor, así como a la necesidad de explicar un porcentaje de varianza total mayor al 70%.

En este primer análisis de las causas de reprobación en los cursos de Mecánica de Fluidos, todos los factores obtenidos están asociados al estudiante. Con

objeto de obtener cuál de las dimensiones encontradas –Dedicación al estudio, organización académica, planeación de actividades y conocimientos previos– es más relevante que las otras, pueden obtenerse las medias en cada uno de los factores, con lo que se tendría un primer ordenamiento de la importancia de las causas de reprobación.

Del análisis de la información, utilizando el SPSS, se obtiene la Tabla 3 que muestra la estadística descriptiva de las cuatro dimensiones o factores obtenidos mediante el análisis factorial y la rotación de factores.

Considerando que la suma de las cuatro dimensiones representa el porcentaje total de las causas de reprobación en la Mecánica de Fluidos, la Figura 1 muestra el porcentaje de participación de cada dimensión como causa de reprobación en la asignatura mencionada.

**Tabla 3.** Estadística descriptiva de los factores causantes de la reprobación de Mecánica de Fluidos.

Dimensiones	Tamaño de muestra	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Dedicación al estudio	78	1.00	13.50	9.7500	2.99540	8.972
Organización académica	77	2.50	11.00	6.4221	1.95856	3.836
Planeación de actividades	78	1.00	12.00	6.5897	2.76192	7.628
Conocimientos previos	78	1.00	14.00	4.4231	3.52917	12.455

En la figura 2, puede observarse que las dimensiones como causas del bajo rendimiento en la Mecánica de Fluidos son, en orden decreciente, las siguientes: Dedicación al estudio, planeación de actividades, organización académica y conocimientos previos.



**Figura 2.** Porcentajes de participación de las dimensiones o factores encontrados en las causas de reprobación de la asignatura de Mecánica de Fluidos.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Con base en los resultados del análisis factorial y la rotación de factores, fue posible identificar las dimensiones que más afectan el rendimiento académico de los estudiantes en la Mecánica de Fluidos; una vez determinadas las dimensiones anteriores y jerarquizadas mediante la puntuación asignada por los estudiantes en las encuestas administradas a los mismos, se puede concluir que:

1. La principal causa de la reprobación de los estudiantes en la Mecánica de Fluidos está asociada a la falta de dedicación al estudio, puesto que al no realizar ejercicios adicionales a los desarrollados en clase por el profesor tampoco asisten a asesorías con los mismos, lo cual da como resultado un bajo rendimiento en la asignatura mencionada.

2. La planeación de actividades del estudiante se muestra como la segunda causa de afectación en su rendimiento, aunque seguida en forma muy cercana por su organización académica, según las puntuaciones obtenidas.

La mejora del rendimiento de los estudiantes podrá elevarse en la medida que se aborden las causas de reprobación indicadas.

El cuestionario administrado puede ser mejorado utilizando, para cada una de las preguntas asociadas a las causas de reprobación mencionadas, una escala de Likert de cinco puntos –Nunca, Ocasionalmente, Casi siempre, Muchas veces, Siempre–, de tal manera que la puntuación asignada en la escala mencionada establecería la jerarquización entre las causas de reprobación.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

Cheng, A. H., Liu, C. C., Shen, H., Teng, M. H., & Wang, K.-H. (2002). Fluid Mechanics: an essential part of an environmental engineering curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice - ASCE*, 201-205.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. España: Pearson Educación, S.A.

Latorre, A. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. España: Graó.

Leech, N. L., Barrett, K. C., & Morgan, G. A. (2005). *SPSS for intermediate statistics. Use and interpretation*. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Shrivastava, G. S. (2004). Fluid Mechanics and the Undergraduate Civil Engineer. *Journal of Hydraulic Engineering - ASCE*, 953-955.

Streveler, R. A., Nelson, M. A., Miller, R. L., Olds, B. M., Evans, D. L., Mitchell, J., y otros. (2004). Investigating the conceptual understanding of engineering students. *Annual Conference of the American Educational Research Association* (págs. 1-9). San Diego, CA.: American Educational Research Association.

---

Este documento se debe citar como:

Morales Burgos, A., García Sosa, J. y Escalante Triay, E. (2009). **Causas de reprobación en los cursos de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-3, pp. 45-51, ISSN: 1665-529X.