

---

## Estudio de los conocimientos teóricos básicos de los alumnos de nuevo ingreso a ingeniería civil del instituto politécnico nacional

Fecha de recepción: Diciembre, 1995

Rosas Sánchez Ma. Elena y Francisco Casanova del Ángel

Academia de Estructuras, ESIA-IPN

Edificio 10, 2° Piso, Unidad Adolfo López Mateos Lindavista 07270; México, D.F.

fcasanov@vmredipn.ipn.mx

---

---

**Resumen:** *Se presenta un análisis estadístico de los conocimientos básicos en matemáticas de los alumnos de recién ingreso al nivel licenciatura en ingeniería civil del Instituto Politécnico Nacional. La información obtenida a través de la aplicación de un examen de conocimientos sobre temas de matemáticas que se adquirieron en el bachillerato técnico, se analiza con las técnicas del análisis estadístico multidimensional. Se determina el manejo que el alumno tiene en aritmética y álgebra del nivel secundaria, así como en los procesos de derivación e integración de funciones elementales. La estructura jerárquica que tienen los conocimientos básicos del alumno de nuevo ingreso muestra una particularidad muy especial: dos cortes con una discriminación casi perfecta entre conocimientos teóricos-prácticos y la ausencia de ellos.*

**Abstract:** *A statistical analysis is offered on the basic mathematical skills of students recently admitted to the licenciatura level in Civil Engineering of the Instituto Politécnico Nacional. The data gathered from a test on the knowledge of topics of Mathematics that the students learned in technical schools is examined through the multidimensional analysis approaches. The student competence in secondary school arithmetic and algebra, as well as in elementary function processes of derivation and integration, is determined. The hierarchical structure of the basic knowledges of recently admitted students shows a very peculiar trait: two cuts with an almost perfect discrimination between the theoretical-practical knowledges and their lack.*

---

### Antecedentes

Desde 1991, los alumnos de esta licenciatura han cursado sus materias en un plan de estudios denominado "de créditos". Este plan de estudios consiste en cursar las materias sin seriación y ha generado una dispersión grupal por semestre. Debido al alto índice de reprobación y deserción en los primeros semestres de la licenciatura en ingeniería civil, para poder mejorar los aspectos de la labor docente se consideró necesario investigar los conocimientos teóricos básicos con los que cuentan los alumnos de nuevo ingreso.

Este reporte es uno de los resultados de un proyecto de investigación registrado en la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional. Inicia en febrero de 1993 con la aplicación de dos tipos de exámenes: uno de diagnóstico de personalidad del alumno y otro de conocimientos teóricos básicos en temas elementales de mecánica que se aplicaron a un grupo de alumnos de nuevo ingreso a la licenciatura en ingeniería civil, de los veinte grupos que anualmente se forman en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Adolfo López Mateos (ESIA, del IPN, Unidad ALM). Cabe mencionar que el grupo al que se aplicaron los dos exámenes en febrero de 1993 provenía de los CECyT (Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos), con un buen promedio de calificaciones en el bachillerato técnico. Los resultados de este análisis fueron presentados en el V Simposio Internacional en Educación Matemática celebrado en octubre de 1995 [Rosas y Casanova, 1995].

Los resultados académicos obtenidos por este grupo al finalizar el semestre febrero-julio 1993 no fueron alentadores ya que la mayoría de los alumnos evaluados reprobaron más de 3 materias curriculares, por lo que con base en el reglamento académico del Instituto Politécnico Nacional causó la desintegración del grupo por no cumplir con la normatividad en vigencia. En el siguiente semestre (septiembre 1993-febrero 1994), se modificaron los dos exámenes de evaluación y se aplicaron a otro grupo de alumnos de nuevo ingreso. Este nuevo examen de diagnóstico académico contenía 20 preguntas sobre algunos de los conocimientos básicos de matemáticas más utilizados (álgebra, geometría, trigonometría y cálculo) en áreas de la ingeniería civil: dinámica, estática, topografía y dibujo [Tyler, 1990].

### **Justificación**

El nuevo examen de conocimientos se administró a dos grupos de alumnos del plan de créditos, que ingresaron en septiembre de 1993 al turno vespertino. Estos grupos han sido fundamentales en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación. En los semestres que iniciaron en febrero de 1994 y septiembre de 1994 nuevamente los exámenes se aplicaron a un solo grupo de nuevo ingreso

El criterio con el que al inicio del proyecto de investigación se determinó cuáles serían los grupos en estudio fue la selección de un grupo con las características del grupo del semestre anterior (febrero-julio de 1993), y otro con características opuestas. Las características principales de los alumnos del primer grupo en estudio fueron: provenían de los CECyT's, tenían un buen promedio de calificaciones en el nivel bachillerato técnico y habían escogido la licenciatura en ingeniería civil como primera opción. Al finalizar el bachillerato los alumnos proponen jerárquicamente hasta 3 licenciaturas a las que pretenden ingresar; y según el cupo de las escuelas y el promedio escolar, se les asignan la escuela, la carrera y el turno. El otro grupo en estudio tenía características opuestas, las que fueron: provenían de escuelas incorporadas y no incorporadas al IPN, con el promedio mínimo requerido y que no habían elegido en primera instancia cursar esta licenciatura.

Se decidió que el grupo proveniente de los CECyT's cursaría la carrera en el plan de estudios de créditos, pero en forma grupal o conjunta durante los 9 semestres que dura esta licenciatura. A este conjunto de alumnos se le llamará en lo sucesivo grupo piloto, para diferenciarlo de los demás grupos que cursan la licenciatura con base en

créditos pero de forma no grupal; es decir, cada quien cursa sus materias en los grupos de su preferencia, como ocurre en la ESIA, Unidad ALM.

El otro grupo en estudio, formado por alumnos egresados de escuelas del nivel bachillerato, que tenían más bajo promedio en la escuela de procedencia y habían escogido esta licenciatura como segunda o tercera opción, cursan la carrera con el mismo sistema de créditos pero en forma no grupal. A este conjunto de alumnos se les llamó grupo no piloto.

El criterio con el que se hizo esta selección de grupos de alumnos tiene su justificación en un hecho: anualmente ingresan a la ESIA, Unidad ALM, aproximadamente 1,500 alumnos en dos turnos (1,000 en el primer semestre lectivo y 500 en el segundo). Esto permite formar aproximadamente 14 grupos en el primer semestre lectivo y 7 grupos en el segundo. En el Instituto Politécnico Nacional, la Dirección de Estudios Profesionales (DEP), ha elaborado y aplicado exámenes de conocimientos teóricos básicos cuyo objetivo fundamental es la admisión de alumnos.

La selección de los reactivos de los exámenes se basa en la aplicación de exámenes piloto en las escuelas del Instituto. La diferencia entre este trabajo y el de la DEP es el marco estadístico utilizado en él para el análisis de la información. Otro trabajo de este tipo, pero fuera del Instituto y a nivel bachillerato, es el realizado en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se efectuó el trabajo denominado Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el CCH de la UNAM, [Casanova, 1987].

### **Descripción del estudio de conocimientos teóricos básicos**

El examen de conocimientos teóricos básicos aplicados (anexo A), consta de 20 preguntas con los temas de matemáticas que los alumnos de nuevo ingreso necesitan saber al iniciar esta licenciatura.

El número de preguntas y los temas tratados son: 7 preguntas con temas de álgebra y vectores, 8 preguntas con temas de geometría y trigonometría, 2 preguntas del tema de cálculo diferencial y 3 del tema de cálculo integral. Se incluyeron esos temas por su importancia en los planes de estudios de las materias que se imparten durante el primer semestre de la licenciatura en ingeniería civil. Las materias son matemáticas, estática, topografía y dibujo. Se decidió darles mayor peso a los temas de álgebra y cálculo vectorial, fundamentalmente por la impartición de este tipo de conocimientos en las materias de estática, matemáticas, dinámica y topografía. Cabe aclarar aquí que, en la licenciatura en ingeniería civil el tema de análisis vectorial es un tópico de la física y se estudia en áreas de estructuras, hidráulica y mecánica de suelos, entre otros.

El examen se elaboró en estos términos para recabar información necesaria y suficiente sobre el nivel académico de los alumnos de nuevo ingreso, ya que muchos de ellos carecen del conocimiento básico de algunos temas de matemáticas, fundamentales para el desarrollo de los programas de estudio.

### **Aplicación del examen**

Dada la experiencia del docente en el área didáctica de la ingeniería, es necesario tener conocimiento sobre los aspectos socioculturales del alumno de primer ingreso, con la

---

finalidad de obtener resultados óptimos en el aprendizaje de los estudiantes. Por lo tanto, se aplicó al inicio de los cursos, un examen de diagnóstico de personalidad que nos diera información de los aspectos sociales y culturales entre los cuales se pueden citar: el tiempo invertido en la preparación de sus cursos, los hábitos de lectura, su salud mental y física a través de la práctica deportiva, etc. [Rosas y Casanova, 1995].

Junto con la aplicación del examen de diagnóstico de personalidad, a los grupos de alumnos seleccionados que ingresaron en septiembre de 1993, febrero de 1994 y septiembre de 1994, se les aplicó el examen de conocimientos básicos. En apoyo al trabajo académico que todo profesor debe desarrollar para un mayor soporte técnico, se organizaron prácticas y visitas técnicas durante el transcurso del semestre (preferentemente en horas extra clase) para fomentar en el alumno una mayor participación en las actividades dentro y fuera de la escuela.

Al finalizar cada uno de los semestres antes mencionados se evaluó a sus profesores (el análisis de esa información se encuentra en otro reporte en elaboración), evaluación que hicieron los alumnos al término del semestre. También se han estado obteniendo las calificaciones finales de las materias cursadas (el análisis de esta información se encuentra en elaboración).

En febrero de 1994 no se consideró hacer el seguimiento académico a un grupo no piloto por el bajo ingreso a la licenciatura debido al período inter-anual. Con este nuevo grupo sólo se elaboró un calendario óptimo de materias; además se organizaron visitas técnicas y se evaluó a sus profesores.

A la fecha se cuenta con datos de tres grupos piloto y un grupo no piloto. Se muestra la información correspondiente a los grupos piloto. En efecto, aún no se dispone de información completa por las dificultades que plantea el seguimiento académico individual de los alumnos (aquellos que forman el grupo no piloto).

En el mes de febrero de 1996 el grupo piloto (cuyo ingreso fue en septiembre de 1993), ha terminado el quinto semestre en forma grupal y con un 98% de los alumnos inscritos regularmente en la escuela. Los que formaron el grupo piloto e ingresaron en septiembre de 1993, así como los que formaron el grupo piloto con ingreso en febrero de 1994, están inscritos en diferentes grupos de acuerdo con las materias aprobadas y la seriación que se les aplica a ellas.

### **Análisis de los resultados del examen**

El examen de conocimientos teóricos básicos consta de 20 preguntas; en los meses de septiembre de 1993, febrero de 1994 y septiembre de 1994 se aplicó a los alumnos de los grupos piloto, con primera opción de ingreso. A continuación se presentan los principales resultados de la información estudiada y proveniente de los tres grupos piloto. La estructura tabular de la información en análisis es:

$$K_{IJ} = \{k(i, j) \mid i \in I, j \in J\}$$

donde el conjunto I representa a los alumnos de los grupos piloto en estudio:  $I = I_1 \cup I_2 \cup I_3$ .  $I_1$  es el conjunto de alumnos que iniciaron su licenciatura en septiembre de 1993,  $I_2$  es el conjunto de alumnos que la iniciaron en febrero de 1994 e  $I_3$  los que iniciaron en septiembre de 1994. El conjunto J representa a las preguntas del cuestionario sobre conocimientos teóricos básicos.

Las 10 preguntas sobre los temas de álgebra y análisis vectorial se incluyeron para determinar el grado de conocimientos sobre los siguientes temas: propiedad de los números reales, factorización, reducción de términos, desarrollo de binomios, solución de ecuaciones de segundo grado, solución de sistemas de ecuaciones y componentes vectoriales (anexo A). Este tipo de conocimientos se emplea mucho en estructuras, hidráulica, dinámica y mecánica de suelos; son conceptos requeridos en el desarrollo de los temas referentes a la construcción de edificios, presas, túneles y aeropuertos.

Una vez obtenido el conjunto de los exámenes aplicados, se procedió a calificar cada una de las preguntas o reactivos para determinar las dificultades del alumno en la aplicación de sus conocimientos adquiridos en los ciclos anteriores. Así, se definió:

- la no operación aritmética cuando el alumno mostró dificultad en la realización de operaciones simples, tales como la suma o la multiplicación
- la no operación algebraica cuando el alumno no pudo realizar procesos algebraicos, como una factorización o el desarrollo de un binomio
- la no operación trigonométrica cuando éste no fue capaz de definir una propiedad trigonométrica o desarrollar una función trigonométrica, tal como completar una identidad trigonométrica
- la no derivación y la no integración de funciones cuando mostró desconocimiento en este tipo de operaciones.

Como respuesta correcta se determinó aquella que presentó un desarrollo adecuado y el resultado correcto a la pregunta. Es necesario dejar aquí asentado que no se estudió la intersección de estas categorías; por ejemplo, no opera aritmética y no opera álgebra, ya que no era una de las prioridades en esta etapa del estudio.

A continuación se muestran los porcentajes de los errores de las respuestas a las preguntas del tema de álgebra (cuadro 1). Se analizó la información de la tabla KIJ.

Cuadro 1.- Distribución porcentual de errores del examen de conocimientos teóricos básicos (tema álgebra).

Núm. de pregunta	No opera aritmética	No opera álgebra	Respuesta correcta
1	10.13	1.27	88.61
2	0.00	53.16	46.8
3	0.00	92.41	7.59
4	5.06	25.32	69.62
5	0.00	24.05	75.95
6	5.06	58.23	36.7
7	1.27	92.41	6.33

El cuadro anterior indica que los alumnos no manejan el álgebra en relación con el proceso aritmético de las ecuaciones.

Con las cinco preguntas referentes a geometría y trigonometría se intenta evaluar el dominio que tienen en la determinación de ángulos complementarios, propiedades de los ángulos, hipotenusa y funciones de ángulos. Estos conocimientos se requieren para el estudio de topografía, estructuras y mecánica de suelos, ya que el alumno debe hacer levantamientos topográficos, cálculo de estructuras hiperestáticas y determinar la resistencia de un suelo.

En el cuadro 2 se observa que el manejo de la trigonometría es un problema mayor que el de la aritmética o del álgebra, pues altos porcentajes de alumnos no saben como se obtiene un ángulo, ni geométrica ni trigonométricamente.

Cuadro 2.- Distribución porcentual de errores cometidos en el examen de conocimientos teóricos básicos (temas geometría y trigonometría)

Número de pregunta	No opera aritmética	No opera álgebra	No opera trigonometría	Respuesta correcta
8	0.00	93.67	0.00	6.33
9	0.00	62.02	0.00	37.97
10	0.00	0.00	16.46	83.54
11	5.06	0.00	70.89	24.05
12	0.00	0.00	56.96	43.04
13	0.00	0.00	75.95	24.05
14	0.00	0.00	62.02	37.97
15	0.00	69.62	24.05	6.33

Las preguntas de cálculo diferencial se refieren a la derivación de funciones elementales. Aquí sólo se ha buscado saber si cuentan con los conocimientos básicos del cálculo diferencial, fundamentales en el desarrollo de una licenciatura en ingeniería. De acuerdo con el plan de estudios vigente, las principales materias de ingeniería civil donde este conocimiento se aplica son: mecánica de suelos, estructuras, hidráulica y vías terrestres.

Cuadro 3.- Distribución porcentual de los errores cometidos en el examen de conocimientos teóricos básicos (tema cálculo diferencial).

Número de pregunta	No deriva	Respuesta correcta
16	31.65	68.35
17	75.95	24.05

Por último, en el tema "cálculo integral" se plantearon tres problemas de integración de funciones elementales. Así como en el caso de la derivación, también aquí hemos investigado el nivel de conocimientos que los alumnos de nuevo ingreso tienen en la integración de este tipo de funciones, por ser muy importantes en el cálculo de áreas y volúmenes y, en general, en toda licenciatura de carácter técnico. Si bien la totalidad de estos conocimientos se imparten en los niveles escolares anteriores, su adquisición y manejo son para el alumno una valiosa herramienta en sus estudios de ingeniería.

Cuadro 4.- Distribución porcentual de los errores cometidos en el examen de conocimientos teóricos básicos (tema cálculo integral).

Número de pregunta	No opera aritmética	No opera álgebra	No opera trigonometría	Respuesta correcta
18	1.27	0.00	67.09	31.65
19	0.00	3.80	75.95	20.25
20	0.00	2.53	49.37	48.10

Siguiendo un buen plan de análisis estadístico, esta información se analizó con varias técnicas de análisis estadístico multidimensional. Una de ellas fue la del "análisis de correlaciones totales y múltiples" [Casanova, 1990] pp. 100 ó [Lebart et al, 1984]. Las más grandes correlaciones múltiples obtenidas son las relativas al cálculo del ángulo de una pendiente, con 0.789 y el completar una identidad trigonométrica, con 0.741. En términos de ingeniería civil se maneja a nivel técnico y didáctico la palabra pendiente y no la palabra inclinación, ya que el ingeniero determina la pendiente de un camino y no su inclinación. Estos valores representan la correlación total múltiple de cada una de ellas con las restantes preguntas del examen de conocimientos básicos. Recuérdese que la obtención del ángulo de una pendiente tiene un porcentaje de 62.02 en respuestas incorrectas y el completar la identidad trigonométrica también muestra un mayor porcentaje de respuestas incorrectas que de correctas (de 56.96). Estas correlaciones múltiples parecen resaltar una carencia de conocimientos en el manejo de la trigonometría.

Otra técnica de análisis estadístico multidimensional que se usó fue el "análisis factorial de correspondencias múltiples", utilizando el software conocido como ANABAS y desarrollado en (Casanova, 1990), pp. 322-343, por ser el único método multidimensional que busca directamente la mejor representación simultánea de las clases de las 20 preguntas o variables del examen. Para aquellos que necesiten consultar bibliografía en inglés referente a éste tópico, véase [Lebart et al, 1984].

Como se requiere conocer la relación que presentan los desarrollos y las respuestas correctas a las preguntas y los errores cometidos, hacemos  $J = U_{qk} = Q$ , donde  $J$  es el conjunto que representa a las preguntas que describen los conocimientos teóricos del alumno en los temas requeridos y  $Q$  las clases o modalidades que cada una de las preguntas tienen por respuesta. Las modalidades construidas son: no opera aritméticamente, no opera algebraicamente, no opera trigonométricamente, no diferencía, no integra y respuesta correcta, es decir:

$$K_{IQ} = \{k(i, q) \mid i \in I, q \in U_{qk} = Q\}$$

El análisis factorial de correspondencias significa hacer un análisis en componentes principales, a partir de un arreglo tabular  $K_{IQ}$ . Esto quiere decir que la nube de puntos considerada es:

$$K_{IQ} = \frac{f_{iq} \sqrt{f_i}}{f_i \sqrt{f_q}} = \frac{f_{iq}}{\sqrt{f_i} \sqrt{f_q}}$$

Los elementos propios buscados son los obtenidos de la matriz simétrica:  $S = [K^t K]$ .

$$S_{qr} = \sum_i \frac{f_{iq} f_{ir}}{f_i \sqrt{f_q} \sqrt{f_r}}$$

Los vectores propios normalizados son funciones sobre el conjunto de las modalidades  $Q$  y de los valores propios correspondientes, comprendidos entre 0 y 1. Los vectores propios  $V_0$  de las componentes  $\sqrt{f_q}$ , asociados al valor propio  $I$ , y el eje

factorial que corresponde al centrado de la nube no tienen interés para el análisis. Al vector propio  $V_r(q)$ , de norma uno, le corresponde la pareja de funciones  $(F_r, G_r)$ , llamados factores de los alumnos  $F_r$  y de las modalidades  $G_r$ . La estructura de los factores de las modalidades de respuesta de los alumnos de nuevo ingreso es:

$$G_r(q) = (V_r(q) / \sqrt{f(q)}) \sqrt{\lambda_r}$$

A continuación se muestran los resultados más característicos que se obtienen de los primeros cinco ejes factoriales; en el capítulo VII, pág. 207 de (Casanova, 1990), se da la pauta para la lectura e interpretación de un análisis factorial. Los valores propios de estos ejes son  $X_1 = 0.270$ ,  $X_2 = 0.130$ ,  $X_3 = 0.09$ ,  $X_4 = 0.09$  y  $X_5 = 0.08$ , con los siguientes porcentajes de inercia: 0.19, 0.09, 0.06, 0.06 y 0.05 (figura 1). Recuerde que sólo se toma en consideración y analiza un determinado número de valores propios que permita una rápida y efectiva evaluación visual del decrecimiento de los valores propios, con lo que se aprecian las diferencias relativas de dichos valores propios, ver pp. 211-213 de (Casanova, 1990). En el caso que nos ocupa, el número de factores es de 49; es decir, el número total de clases en análisis menos una, por lo que mostrar un histograma con 49 renglones dispersa la atención en el objetivo del trabajo y pone un énfasis innecesario en conceptos de la estadística matemática.

Valor propio	Pocentaje explicado	Porcentaje acumulado	Histograma de valores propios
0.27	19	19	
0.13	9	27	
0.09	6	34	
0.09	6	40	
0.08	5	45	

Figura 1.- Histograma de valores propios de la información en clases de los exámenes de conocimientos teóricos básicos.

La forma del primer plano factorial (figura 2) es del tipo parabólico, cuyas ramas desfiguradas suben hacia la parte negativa del eje horizontal desde la parte negativa del eje vertical, llenando completamente el cuadrante negativo-positivo y descendiendo hacia el extremo derecho del primer eje factorial. Su centro, baricentro o punto de equilibrio, se encuentra en el origen del plano factorial, plasmando una discriminación entre las diferentes clases de las variables de diagnóstico académico.

Se construyó un dendrograma jerárquico para aceptar o rechazar los resultados del estudio de diagnóstico y personalidad académica de los alumnos de nuevo ingreso a la licenciatura en ingeniería civil del IPN.

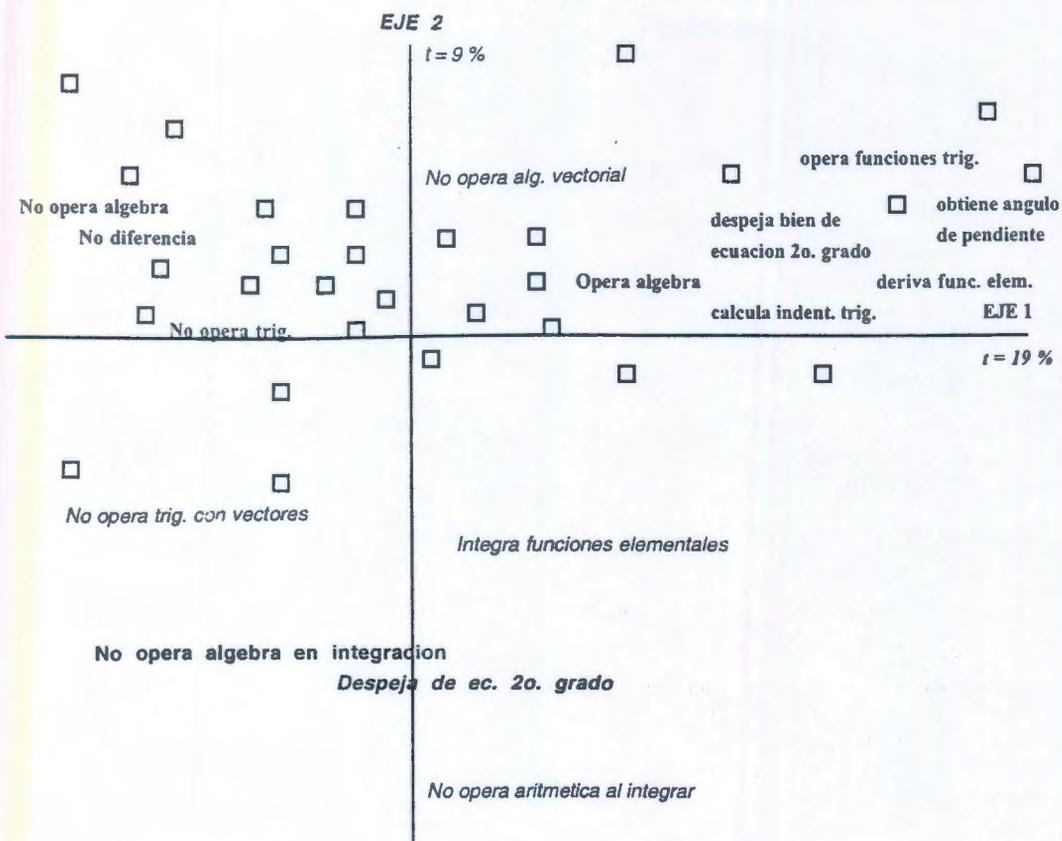


Figura 2.- Plano factorial 1-2, obtenido de la tabla fragmentada del examen de diagnóstico.

### Relación jerárquica de resultados del examen de conocimientos teóricos básicos

Otra técnica de análisis estadístico multidimensional aplicada es la denominada "clasificación jerárquica ascendente del momento central de orden dos", pág. 196 de (Casanova, 1990). El dendrograma se construyó con base en 49 modalidades de respuesta al examen de conocimientos básicos aplicados.

La estructura jerárquica obtenida presenta una especial particularidad, pues muestra dos tipos de cortes que indican una discriminación casi perfecta entre los conocimientos teórico-prácticos y su ausencia en el alumno de nuevo ingreso a las escuelas profesionales del IPN: un corte vertical que resulta ser del tipo no jerárquico y que sólo da la relación de los alumnos con la presencia o ausencia del conocimiento matemático, y otro corte horizontal que forma seis ramas con algunas modalidades sin definición (figura 3). La interpretación de esta estructura jerárquica se da a continuación:

- La primera rama agrupa la incapacidad de operar las matemáticas del nivel secundaria. Aquí se encuentra el conjunto de modalidades que muestran los errores cometidos en operaciones elementales aritméticas de multiplicación o la imposibilidad de determinar trigonómicamente un ángulo.

- La segunda rama jerárquica es muy significativa, pues contiene las modalidades que indican el logro de poder operar la matemática del nivel secundaria (lo que no pueden hacer los de la rama anterior), pero que aún no operan la del nivel bachillerato técnico. Si bien pueden realizar binomios cuadrados, no saben reducir los términos dentro de una ecuación algebraica ni resolver algún sistema trigonométrico, y mucho menos ni diferenciar ni integrar.
- La tercera rama jerárquica agrupa a los alumnos capaces de operar bien la trigonometría y la geometría, pero que fallan en álgebra y que no saben derivar ni integrar funciones elementales.
- Las dos siguientes ramas, con las cuales se cierra el corte vertical no jerárquico denominado ausencia del conocimiento matemático, contienen las modalidades de los que no operan la trigonometría del nivel bachillerato técnico y las modalidades de los que no dominan algunos conceptos de álgebra del nivel secundaria.

#### *Observaciones:*

1. *La lectura e interpretación de una estructura jerárquica como la presentada en la figura 3 puede encontrarse en el capítulo VI a partir de la pág. 185 de (Casanova, 1990). En el caso que nos ocupa, la raíz del dendrograma contiene la definición de la clase o modalidad de la variable estudiada y definida mediante tres dígitos. Los dos primeros representan el número de la pregunta en el examen (las primeras nueve preguntas inician con la letra V, que significa variable, en lugar del cero), y el último dígito representa la modalidad de respuesta que dió el alumno: 1 no contestó, 2 respuesta incorrecta y 3 respuesta correcta. Por lo cual, V11 es la clase de la variable que agrupa a los alumnos que no contestaron la primera pregunta del examen: propiedad de los números reales, ó 112 es la clase de la variable que agrupa a los alumnos que no obtuvieron las componentes  $x$  e  $y$  del radio mostrado en la figura adjunta a la pregunta.*
2. *Un dendrograma jerárquico siempre es "cortado" horizontalmente a una altura conveniente de manera tal que permita la lectura e interpretación de sus ramas, las que deben ser siempre un número pequeño y correspondiente al número de factores involucrados en el estudio. La definición e interpretación de la rama está dada por las clases de las variables agrupadas. Téngase presente que no siempre una agrupación de clases de variables tienen significado.*

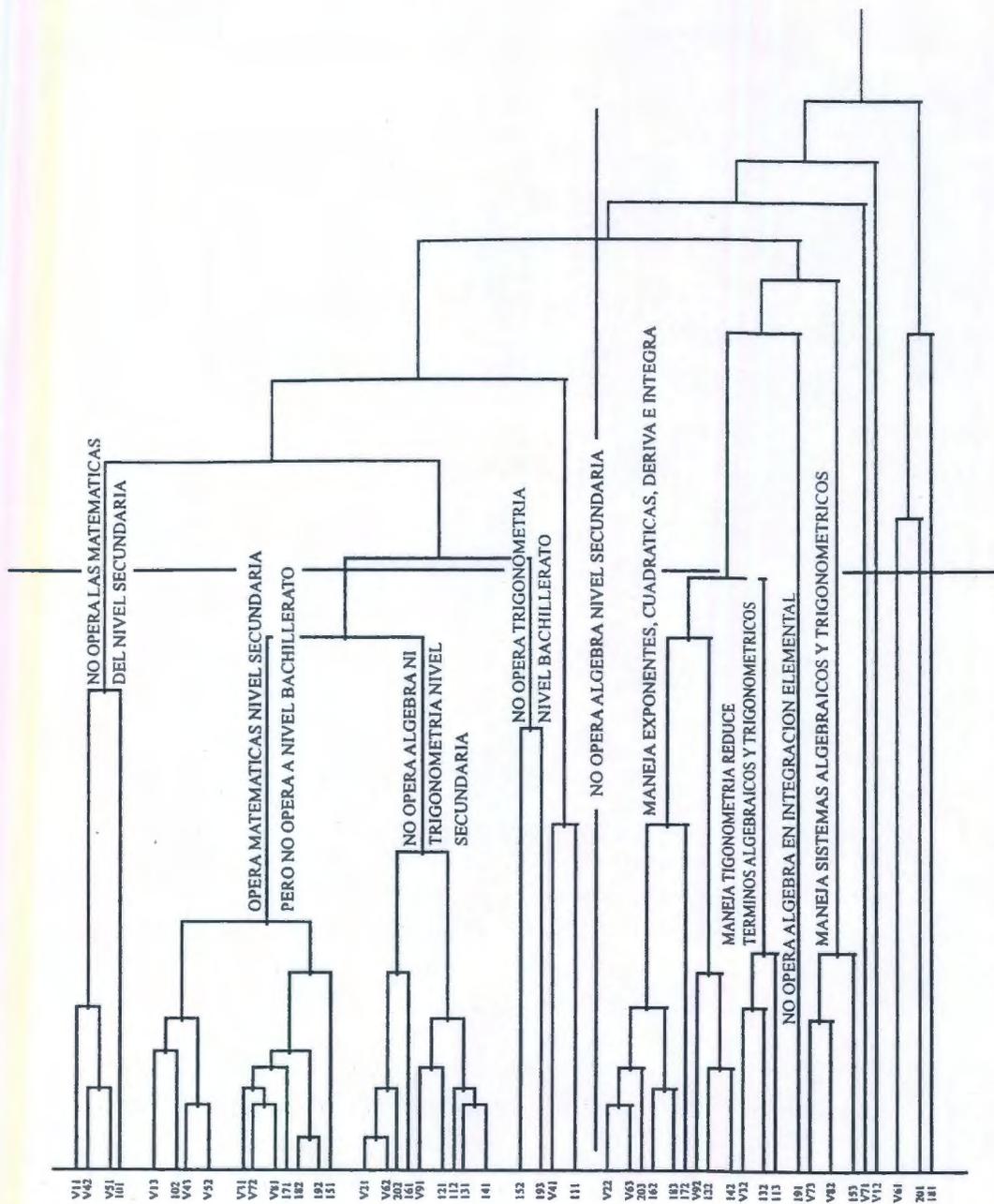


Figura 3.-Estructura jerárquica (a partir de los factores de la tabla fragmentada del examen de conocimientos teóricos básicos) del alumno de nuevo ingreso a la licenciatura en ingeniería civil del Instituto Politécnico Nacional.

### Conclusiones

Las conclusiones son varias y a distintos niveles: las relativas a los porcentajes de éxito y fracaso de solución en los temas tratados y las referentes al análisis estadístico multidimensional.

Antes de leerlas téngase presente que: i) los estudiantes a quienes se aplicó el examen de conocimientos teóricos básicos son los de mejores promedios que provienen del bachillerato técnico; ii) el tipo de errores cometidos no son exclusivos

del estudiante politécnico ya que también se observan en los estudiantes preparatorios (Casanova, 1987).

Las conclusiones referentes a los porcentajes son:

- no manejo del álgebra en relación con el proceso aritmético de las ecuaciones, temas que se estudian en el nivel secundaria. Los porcentajes de fracasos en el manejo de la aritmética son altos, y se expresan a través de la no reducción de un término en una ecuación dada, como el de la tercera pregunta:  $(\sqrt{2x})2x + \sqrt{2x}$  en la que hubo un 92.41% de errores durante tres semestres consecutivos.
- los alumnos mostraron un manejo deficiente en trigonometría. En efecto, si no saben convertir grados a radianes (70.98% de fracasos) ni probar que la función coseno de  $45^\circ$  es un medio de la raíz cuadrada de dos (que es el 95% de fracasos), ¿cómo enseñarles, por ejemplo, a calcular estructuras metálicas?
- los porcentajes de fracasos en la derivación e integración de funciones elementales son altos: llegan a 75.95% en la segunda pregunta relativa a derivación y 75.05% en la segunda pregunta de integración.

Las conclusiones referentes al análisis estadístico multidimensional son:

- las correlaciones múltiples muestran que existe una carencia de conocimiento y manejo de la trigonometría, esto lo confirman los valores de correlación obtenidos por los alumnos en este caso en las respuestas dadas a la pregunta 15 relativa a la obtención del ángulo de una pendiente; 0.789 y a la pregunta 13 relativa a la identidad trigonométrica; 0.741. Véase el anexo A para una óptima identificación de las preguntas.
- la estructura jerárquica muestra una particularidad muy especial: dos cortes con una casi perfecta discriminación entre conocimientos teórico-prácticos y la ausencia de ellos.
- esta misma estructura jerárquica presenta un corte vertical, de tipo no jerárquico, y que sólo da la relación de los alumnos con la presencia del conocimiento matemático y su ausencia. *Este tipo de cortes jerárquicos solamente se había observado anteriormente en algoritmos jerárquicos hechos sobre redes neuronales orientadas* (Casanova, 1996), La estructura jerárquica presenta también otro corte horizontal que forma seis ramas definidas, con algunas modalidades sin definición.

No quisiéramos terminar este trabajo sin mencionar dos aportaciones ya implantadas en la ESIA, Unidad Adolfo López Mateos del Instituto Politécnico Nacional:

- la creación de grupos de alumnos que a partir de febrero de 1996 cursan ya la licenciatura en ingeniería civil en forma grupal.
- los integrantes del primer grupo piloto son actualmente alumnos regulares. La totalidad tiene beca económica. La mayoría de ellos son becarios PIFI (Programa Institucional de Formación de Investigadores). Todos están inscritos en el CENLEX (Centro de Lenguas Extranjeras del IPN) y algunos están inscritos en el Programa de Jóvenes Empresarios.

El trabajo académico aún no termina, pues los alumnos no han concluido la carrera. Actualmente se está desarrollando un seminario multidisciplinario de titulación (el primero en su tipo en ingeniería civil).

## Agradecimientos

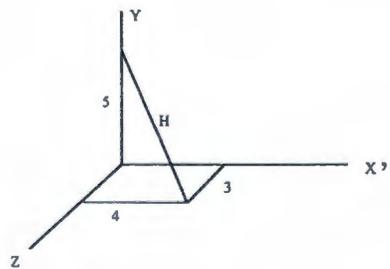
Deseamos agradecer a todas las autoridades académicas del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo dado al trabajo de investigación con número 943193-DEPI, denominado *ESTUDIO DEL RENDIMIENTO ACADEMICO DE LA CURRICULA DE LICENCIATURA EN INGENIERIA CIVIL*, desarrollado en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Adolfo López Mateos del Instituto Politécnico Nacional.

## Bibliografía

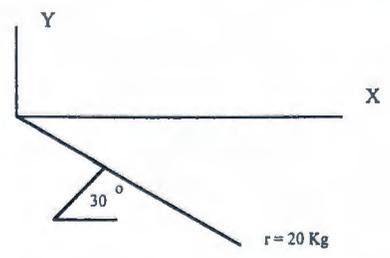
- CASANOVA DEL ANGEL, F. Septiembre de 1987. *Perfil Algebraico del alumno de bachillerato en México*. Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología. Vol V. núm 18-19.
- CASANOVA DEL ANGEL, F. 1990. *Análisis Multidimensional de datos*. Ediciones Logiciels.
- CASANOVA DEL ANGEL, F. 1996. *Algoritmos jerárquicos hechos sobre redes neuronales orientadas*. Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología, en prensa. Instituto Politécnico Nacional.
- LEBART L., MORINEAU A., WARWICK K. W. 1984. *Multivariate Descriptive Statistical Analysis, Correspondence Analysis and Related Techniques for Large Matrices*. John Wiley, New York.
- TYLER, RALPH W. 1989. *Principios básicos del currículo*. Ed Troquel.
- Tendencias actuales de la educación superior en el mundo*. 1986. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ROSAS SÁNCHEZ, M.E. Y CASANOVA DEL ANGEL, F. Octubre de 1995. *Estudio del Rendimiento Académico Curricular de la Licenciatura en Ingeniería Civil: Diagnóstico de personalidad académica*, V Simposio Internacional en Educación Matemática. Grupo Editorial Iberoamérica.

Anexo A

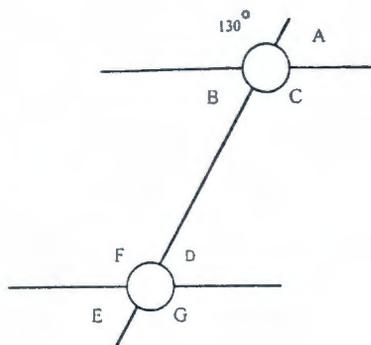
Tema	Número de la pregunta	Pregunta
Propiedad de los números reales:	1	Determine $5^0 =$
Factorización:	2	Determine $(10 + 20 + 30) 1000 =$
	3	Determine $(5 + y)(7 - x) =$
Reducción de términos:	4	Reduzca el término $\sqrt{2x}(2x) + \sqrt{2x} =$
Desarrollo de binomios	5	Determine $(6 + x)^2 =$
Solución de ecuaciones de segundo grado	6	Despejar $y$ de $5/8y + 1/4y - 10 =$
	7	Despejar $x$ de $7x^2 - 2x - 6 =$
Solución de sistemas de ecuaciones:	8	Resolver el siguiente sistema $F(\cos 30^\circ) - 0.30R = 0$ $F(\sen 30^\circ) - 0.95R + 100 = 0$
	9	Determinar H
Componentes vectoriales:		



10 Obtener las componentes  $x$  e  $y$  del radio mostrado



- 11 Determinar los ángulos A, B, C, D, E, F y G



- 12 Indicar el valor de  $\theta = 270^\circ$  en radianes

Propiedades de los ángulos:

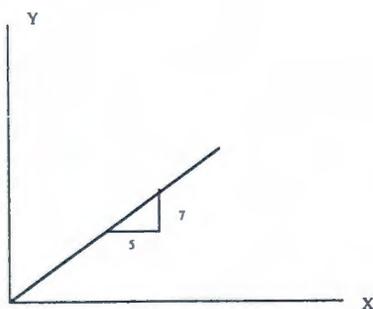
- 13 Completar la identidad  $\cos^2 a + \sin^2 a =$

Hipotenusa:

- 14 Demuestre que  $\cos 45^\circ = 1/\sqrt{2}$

Funciones de ángulos:

- 15 Obtener el ángulo de la pendiente



Derivación:

- 16 Calcular  $d/dx(7x^2 + 6x - 5) =$   
 17 Calcular  $d/dx(8 + 5x)^2 =$

Integración:

- 18 Calcular  $\int 1/2 \cos x \, dx =$   
 19 Calcular  $\int (2x + 1)^2 \, dx =$   
 20 Calcular  $\int (2t + 5t + 2t)^2 \, dt =$