

APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN LAS CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

B. Frontana de la Cruz; Profesor Investigador; frontana@servidor.unam.mx

RESUMEN

Desde que inicia la enseñanza de la ingeniería en el Real Seminario de Minas, se dicta la necesidad del aprendizaje de las matemáticas, la química y la física; como se consigna en la Reales Ordenanzas.

En su devenir, la Facultad de Ingeniería de la UNAM, depositaria de los valores de la ingeniería en nuestro país, el real Seminario y el Palacio de Minería; ha establecido en los planes y programas una sólida formación de las ciencias básicas en todas las ingenierías que imparte.

La presente ponencia intenta poner de manifiesto que el sólido aprendizaje, o aprendizaje significativo, de las matemáticas previas que se imparten a los alumnos es crucial para poder cursar con éxito otras asignaturas posteriores de su carrera; En particular, abordaré la asignatura de Inferencia Estadística, que se imparte a los alumnos de sexto semestre de la carrera de Ingeniería Geofísica; asignatura que, por otro lado, es de suma utilidad para otras carreras profesionales. Se ejemplifican algunos antecedentes necesarios para dicha asignatura y se termina con las conclusiones y recomendaciones.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Este es un año de conmemoraciones de dos acontecimientos nacionales trascendentales para la vida de los mexicanos: el bicentenario del inicio de la insurrección por la independencia de nuestro país, en 1810, y el inicio de la Revolución Mexicana, en 1910; y, por la trascendencia que tiene para las ciencias básicas, también juzgo oportuno conmemorar el inicio de la ingeniería en México, en 1792, 18 años antes del inicio de nuestra independencia.

Conforme a Sánchez (1995), al término de la conquista de Tenochtitlán, en 1521, gracias a la información proporcionada por los indígenas se inició una época pujante de prospección y explotación minera, a tal grado que una centuria después ya se explotaban yacimientos en la mayoría de las regiones mineras actualmente productoras importantes de minerales metálicos no ferrosos. A mediados del siglo XVII empezó el decaimiento de la producción de plata al agotarse las menas superficiales; para 1774, se terminó la explotación fácil y; para reactivarla, se necesitaban profesionales avalados por sus conocimientos científicos.

El 1° de julio de 1776, Carlos III, Rey de España, expidió la Real Cédula en la que se estableció el Gremio formal para los mineros dentro de Real Tribunal de la Minería de la Nueva España cuyo objetivo principal era la construcción y operación de una escuela constituida conforme a los métodos científicos.

El 11 de agosto del siguiente año se constituyó legalmente el Gremio y por votación de las diputaciones mineras fundadoras se eligieron a Lucas de Lassaga para Presidente y a Joaquín Velázquez de León como Director General, el criollo que más alto puesto ocupaba

después de tres siglos de coloniaje español. Las Reales Ordenanzas se basaron en El proyecto de Ordenanzas elaborado en 1788 por su Real tribunal y en las Notas sugeridas por Joaquín Velázquez de León; ellas regularon la explotación de la actividad minera, la columna vertebral de la economía novohispana y; no menos importante, en ellas se establecieron las normas que regirían la buena marcha del colegio.

Para mejorar estado decadente de la minería en la Nueva España, corregir los abusos, para el buen gobierno y la administración de justicia, y para buscar la quietud y felicidad del importante cuerpo de de la minería; Carlos III mandó despachar la Real Cédula de las Ordenanzas de la Minería de la Nueva España, firmada con su real mano, sellada con su sello secreto; en Aranjuez 22 de mayo de 1783.

Dichas Reales Ordenanzas (González 1996) constaban de 19 TÍTULOS de los cuáles, para nuestro propósito, destacaremos algunos artículos del TÍTULO 18: *De la educación y enseñanza de la juventud destinada a las minas y del adelantamiento de la industria en ellas.*

1. Para que nunca falten sujetos conocidos y educados desde su niñez en buenas costumbres, e instruidos... para el más acertado laborío de la Minas,... es mi soberana voluntad y mando que se erijan y establezcan, y si se hallaren ya establecidos, se conserven y fomenten con el mayor esmero y atención el colegio y escuelas...

4. En dicho Colegio se han de poner los necesarios profesores seculares, y bien dotados, para que enseñen las Ciencias, Matemáticas y Física Experimental...

5... ha de haber maestros de Artes mecánicas necesarias para preparar y trabajar maderas, metales y piedras y demás materias de que se forman las Oficinas, Máquinas e instrumentos...; y también un maestro de dibujo y delineación.

6. El mencionado colegio ha de tener el título de Real Seminario de Minería...

10. Para elegir y nombrar a los MAESTROS profesores de las ciencias que se deben de enseñar... se pondrán edictos convocatorios con término y emplazamiento SEÑALADO: y a los que se presentaren, se les repartirán sorteadas algunos problemas..., los cuales deberán presentar resueltos dentro de tercero día.

14... concluido sus estudios deberán ir a los Reales de Minas a asistir por tres años, y practicar las operaciones con el Perito Facultativo de Minas o con el Perito Beneficiador..., tomado Certificación firmada por ellos y de los Diputados territoriales, se les examine, en el Real Tribunal así de teórica como de práctica, y, siendo aprobados se les despachará su título... y se les destinará para Peritos Facultativos o Peritos Beneficiadores...

Cabe señalar que, en sus Notas, Joaquín Velázquez de León había recomendado el título de *Ingeniero de Minas*.

Conforme a los planes del Director General, la escuela contaría, entre otros, con un profesor de matemáticas que impartiría la materia en dos cursos anuales; uno de física que impartiría la materia conforme a los principios de Newton y con aplicaciones inmediatas a la minería; un profesor de *Chimia* (ahora Química); y para complementar los cursos teóricos, los estudiantes deberían ir a un real de minas para la práctica *in situ*; y una vez certificada deberían presentar su examen profesional.

El 1º de enero de 1792, en un edificio que pertenecía a los Agustinos Descalzos ubicado en la calle de Guatemala 90 del Centro Histórico de la Cd de México; acondicionado para la

escuela con los laboratorios de Física y Química; se fundó el Real Seminario de Minería de la Nueva España, con ocho alumnos inscritos hasta entonces.

ANÁLISIS

1. Análisis curricular de los Planes de Estudio de la carrera de Ingeniero Geólogo

De la información proporcionada por Ruiz (1995), la tabla 1 muestra el análisis histórico de las asignaturas de ciencias básicas de los Planes de Estudio para la carrera de Ingeniero Geólogo, que esencialmente son las mismas para todas las carreras que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

El germen de dicha carrera fue la de Perito Facultativo, o ingeniero de Minas, que se inició en 1792 en el Real Seminario de Minería y continuó en el Colegio de Minería (actual Palacio de Minería) a partir de 1826; le sigue el de Ingeniero de Minas de la Escuela Nacional de Ingenieros en 1918 perteneciente a la Universidad Nacional de México, que se inauguró en 1910 para conmemorar el centenario de la independencia Nacional; el de Ingeniero de Minas y metalurgista que se impartió en la misma Escuela a partir de 1928; el de la carrera de Ingeniero Geólogo a partir de 1936 en la Facultad de Ciencias que, en sus orígenes, estaba en la Escuela Nacional de Ingenieros, siete años después de la autonomía en la Universidad Nacional Autónoma de México; el de 1948; y los de dicha carrera de Ingeniero Geólogo 1990 y 1995, impartida ya en la Ciudad Universitaria.

Cabe observar que en todos los planes de estudio analizados hay una o varias asignaturas de Dibujo tales como Métodos generales de Dibujo, Dibujo de Paisaje y Delineación, Dibujo Arquitectónico, Dibujo Topográfico, Dibujo de Máquinas, y Dibujo de Elementos de Construcción; etc.

Del análisis histórico desprende claramente lo siguiente:

1. Desde el nacimiento de la enseñanza de la ingeniería mexicana, sus estudiantes han necesitado aprender durante los primeros años de la carrera, ahora semestres; Matemáticas, Física y Química; ¡de aquí el nombre de Ciencias Básicas!, puesto que son los cimientos en los que se apoya la ingeniería.
2. En su devenir, las asignaturas de ciencias básicas de la Ingeniería se han enriquecido con los avances de dichas ciencias, dejando de lado algunos conceptos para darle cabida a los más modernos que se requieren aprender.
3. Las Matemáticas han sido preponderantes por el papel que juega para el cabal conocimiento de las demás ciencias básicas.

Tabla 1. Planes de Estudio 1790-1990 de la carrera de Ingeniero Geólogo y sus antecesoras

Año calendario Año escolar	1790 Real Seminario	1826 Colegio de Minería	1918 Universidad Nacional de México Escuela Nacional de Ingenieros	1928 UNM Escuela NI
1o	Aritmética, Álgebra, Geometría elemental, Trigonometría Plana, Secciones Cónicas	+Aplicaciones del Álgebra a la Geometría.	1er Ciclo de Matemáticas, 1er Ciclo de Geometría Descriptiva	Matemáticas Técnicas, Complementos de Matemáticas Técnicas
			Física: Nociones de Mecánica y estática, dinámica de los fluidos y Calor	Física, Electricidad y Magnetismo,
2o	Geometría Descriptiva	Secciones Cónicas, Cálculo Infinitesimal, Series, Ecuaciones de grado Superior, Geometrías Plana, subterránea y descriptiva.	2º Ciclo de Matemáticas	Complementos de Matemáticas Técnicas.
	Dinámica	Física Experimental: Dinámica, Óptica, Magnetismo, Electricidad y Elementos de Cosmografía	Mecánica General (Estática), Electricidad: clase y academia	Estática y Estabilidad, Electricidad y Magnetismo.
		Química de Reino Mineral; y Orictognocia	1er Ciclo de Química	Química Cuantitativa y Laboratorio
3o	Física Subterránea			
	Química de Reino Mineral y Orictognocia	Química y docimasia	Química: Análisis Cuantitativo y dosimacia	Química Cuantitativa y Laboratorio

Tabla 1. Continuación

Año calendario Año escolar	1936 UNAM Escuela de Ciencias ENI	1948 UNAM ENI	1990 UNAM Facultad de Ingeniería	1995 UNAM FI
1o	Complementos de Álgebra, Geometría Analítica, Cálculo Diferencial; Geometría Descriptiva	+1er Curso de Geometría Analítica; Geometría Descriptiva	Álgebra, Geometría Analítica, Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Lineal, Geometría Descriptiva	Álgebra, Cálculo Diferencial, Cálculo Integral Geometría Analítica, Álgebra Lineal, Geometría Descriptiva
	Mecánica y Fluidos		Física: Nociones de Mecánica y estática, dinámica de los fluidos y Calor	Estática
	Química Inorgánica y Análisis Cuantitativo		Química General	Química
2o	Cálculo Integral, Ecuaciones Diferenciales	2º Curso de Geometría Analítica y Cálculo Plana, subterránea y descriptiva.	Ecuaciones Diferenciales, Análisis Numérico	Ecuaciones Diferenciales, Cálculo vectorial, Análisis Numérico
	Calor y termodinámica	Física, Calor y termodinámica,	Estática	Principios de Termodinámica y Electromagnetismo, Cinemática y Dinámica
	Química Orgánica	Química Inorgánica y Análisis Cuantitativo		
3o			Probabilidad y Estadística	Probabilidad y Estadística
	Electricidad y Magnetismo	Estática y Ejercicios	Cinemática y Dinámica, Electricidad y Magnetismo	

2. Análisis de los antecedentes de Inferencia Estadística

Ahora bien, para hacer ver la necesidad de aprender con solidez las ciencias básicas, en particular Matemáticas, para que los profesores enseñemos con rigor científico y los alumnos aprendan con éxito las asignaturas posteriores de su carrera; se tomó como ejemplo la asignatura de Inferencia Estadística que se imparte a los alumnos de sexto semestre de la carrera de Ingeniero Geofísico. Los objetivos de dicha asignatura son que el alumno aprenda la teoría, metodología y técnicas requeridas para analizar y representar el comportamiento de los fenómenos aleatorios; y que obtenga las herramientas necesarias para tomar decisiones en situaciones de incertidumbre.

La figura 1 muestra el diagrama causa-efecto en el que aparecen algunos de los conceptos que se estudian en las asignaturas previas de matemáticas, indispensables para el estudio de la Inferencia Estadística. Algunos ejemplos explicarán la figura.

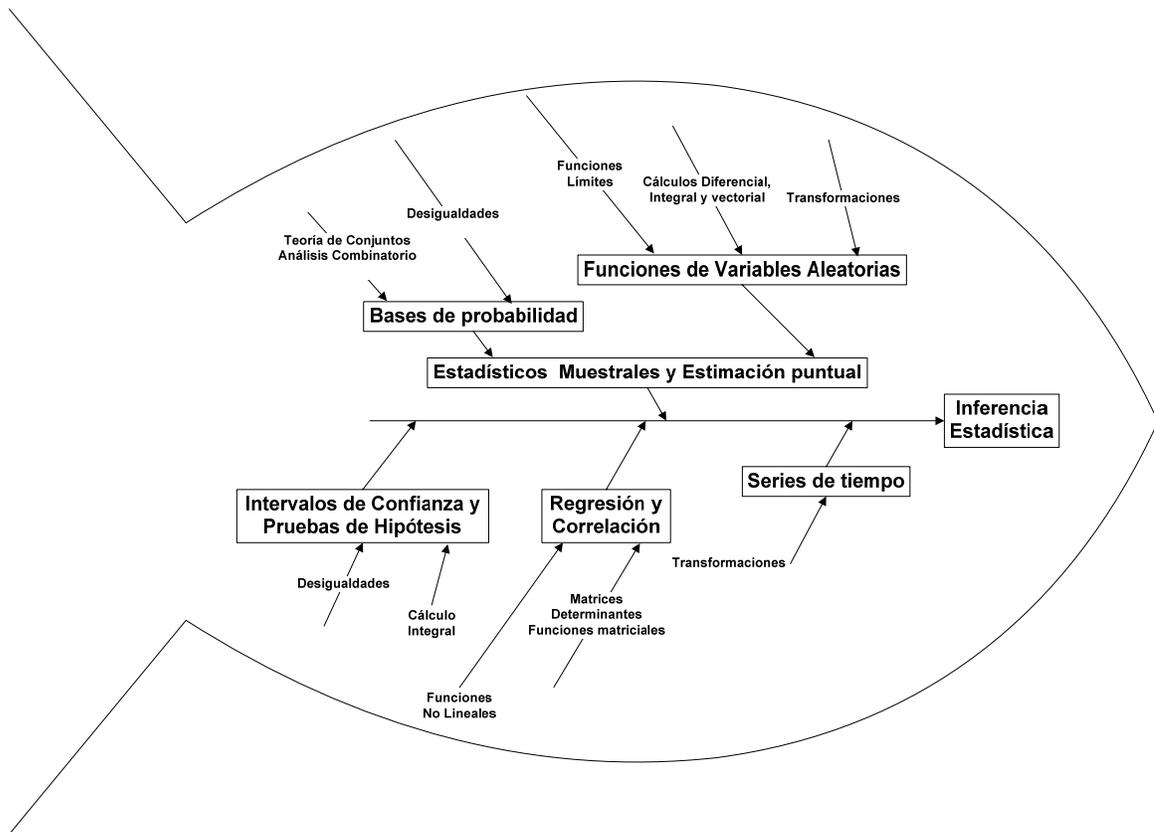


Figura 1. Antecedentes de matemáticas necesarios para el curso de Inferencia Estadística

1. *Para el cálculo de probabilidades de eventos: Desigualdades y Conjuntos.*

Eventos que pertenecen al espacio muestral \mathcal{S} en términos de la variable aleatoria X son:

$$A = x_3 < X \leq x_6, \quad B = x_1 < X \leq x_4 \text{ y } D = \overline{A \cup B} = (X \leq x_1) \cup (X > x_6)$$

Sus respectivas probabilidades son:

$$p(A) = p(x_3 < X \leq x_6), \quad p(B) = p(x_1 < X \leq x_4),$$

$$p(D) = p(\overline{A \cup B}) = p[(X \leq x_1) \cup (X > x_6)] = p(X \leq x_1) + p(X > x_6)$$

2. *Para calcular probabilidades de Variables Aleatorias: Funciones y Cálculo Integral*

La función de densidad conjunta de las variables continuas X y Y , es $f(x, y)$ si satisface los axiomas fundamentales de la teoría de la probabilidad

a. $f(x, y) \geq 0$

b. $\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy dx = 1$

c. $\int_a^b \int_c^d f(x, y) dy dx = p(a \leq x \leq b, c \leq y \leq d)$

3. *Para la representación geométrica de funciones de probabilidad: Geometría Analítica*

a. es la ecuación de una superficie definida en el semiespacio superior o sea que no tiene valores negativos

b. e indica que el volumen bajo la superficie es 1

c. señala que la probabilidad del evento $A = \{a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$ es igual al volumen bajo la superficie comprendida debajo de la superficie $f(x, y)$ delimitada por la región formada por los intervalos conjuntos $\mathcal{R} = [a \leq x \leq b, c \leq y \leq d]$

4. *Para pruebas de hipótesis e intervalos de confianza: Transformaciones*

Para probar la hipótesis $\rho_{XY} \neq 0$ y calcular intervalos de confianza, se utiliza la transformación de Fisher de r a z , que se define como

$$z_r = \frac{1}{2} \text{Ln} \left(\frac{1 + r_{XY}}{1 - r_{XY}} \right)$$

5. Para la regresión múltiple: Funciones, Cálculo Vectorial y Álgebra Lineal

Como casi nunca se conoce la distribución multivariable conjunta de la población, por lo que con los valores de la muestra aleatoria necesitamos estimar los parámetros β_i , simbolizados con $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, K$; y la función de regresión lineal múltiple *estimada* es:

$$\hat{y} = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_Kx_K$$

Para una muestra de tamaño n sacada aleatoriamente de la población $(y_i, x_{2i}, x_{3i}, \dots, x_{Ki}) i = 1, 2, 3, \dots, n$; el error de la predicción es

$$\hat{e}_i = y_i - (b_1 + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} + \dots + b_Kx_{Ki})$$

Los valores de los estimadores $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$, se calculan minimizando la suma

$$\sum \hat{e}_i^2$$

Aplicando el método de máximos y mínimos del cálculo vectorial determinando las K derivadas parciales e igualándolas a cero

$$\frac{\partial \hat{e}_i^2}{\partial a_i} = 0$$

Resolviendo el sistema compatible y determinado para las a_i de las K ecuaciones normales,

Si definimos a los vectores y matrices siguientes

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{K1} \\ 1 & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{K2} \\ 1 & x_{23} & x_{33} & \dots & x_{K3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{Kn} \end{bmatrix}; \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \vdots \\ \beta_K \end{bmatrix}; \mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}; \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

En términos matriciales, el conjunto de ecuaciones anterior para la población es

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{e}$$

Después de algunas operaciones, el vector de estimadores de β es

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^t \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{y}$$

Que es un estimador de máxima verosimilitud β si los errores se distribuyen normalmente con media 0 y varianza común σ_e^2 .

Este último ejemplo pone de manifiesto la gran utilidad que brindan las computadoras actuales como medio para la resolución de problemas de regresión múltiple de varias variables.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hemos visto que El Real Seminario fue la parcela del continente americano donde se sembraron las ciencias básicas de la ingeniería: matemáticas, la física y la química; la cuna de donde nacieron todas las escuelas de ingeniería y ciencias en nuestro país y desde entonces quedó indisolublemente ligado al desarrollo de la ciencia y la tecnología nacionales; vale mencionar, fue precursor del Heroico Colegio Militar pues en 1811 la planta entera de los seminaristas se incorporó al Primer Batallón de Patriotas y varios alumnos ejemplares del Colegio de Minas participaron desde sus inicios en la insurrección por la independencia al mando de Miguel Hidalgo, quienes ofrecieron sus vidas por su anhelo a la libertad; y al conmemorar el 1er centenario de la independencia, sus nombres quedaron grabados sobre las arcadas del Palacio de Minería.

Igualmente, a vuelo de pájaro hemos visto la importancia que revisten las ciencias básicas para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de las asignaturas de las ciencias de la ingeniería y de la ingeniería aplicada, ejemplificándola con la asignatura de Inferencia Estadística.

Como hemos visto, desde el nacimiento de la ingeniería mexicana la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias básicas juegan un papel preponderante para la preparación sólida de sus profesionales que han sido claro ejemplo del trabajo coadyuvante en mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad mexicana; sin embargo, bajo las condiciones actuales de nuestro México, las mejores recomendaciones son las que dieran hace más de tres lustros dos de mis profesores entrañables.

a) La que diera acertadamente Daniel Reséndiz (1995) refiriéndose a las Reales Ordenanzas: *“¿Que mejor diseño para que en una institución educativa se vinculen enseñanza, investigación, desarrollo tecnológico y práctica profesional! ¿Hoy que tanto se discute ese problema de nuestras universidades, no sería útil recordar ese sencillo modelo?”*.

b) La síntesis de una hermosa cita del Emilio Rosenblueth (1992), destacado profesor de la Facultad de Ingeniería e investigador emérito de la UNAM: *“... Prevemos que en ese futuro próximo seremos fácil presa de invasiones extranjeras económicas culturales, intelectuales, profesionales; y también podremos ser invasores en las mismas categorías.... El largo lapso durará hasta que se agote el ansia por la libertad, ansia que fomenta los cambios que ahora vemos, y la sustituya, otra vez, la sed por la igualdad y la justicia social, sed que dio lugar a las revoluciones que conocimos o conocíamos... De inmediato me preocupa más el que vamos a ser invadidos. Pero, en parte, sólo contrarrestaremos lo negativo de esta perspectiva si también invadimos. Un hecho irá con el otro: solo exportaremos más ingeniería si aceptamos importar más... Ello me lleva a tener que expresarme dialécticamente...”*

Va la primera tesis: Deseamos seguir siendo reyes en nuestra propia tierra... ya no construiremos todas nuestras obras pero queremos seguir construyendo la mayoría... Si no preparamos mejor a nuestros ingenieros, si no desarrollamos métodos avanzados y enseñamos a usar esos métodos, serán empresas venidas de fuera quienes exploren nuestro territorio y se beneficien de lo que encuentren; ya casi está sucediendo... Antes que soñar en exportar y en conquistar tierras ajenas deberíamos reconquistar las que están en nuestro territorio. Para ello habremos de dar a nuestros ingenieros conocimientos y el espíritu innovador que les permita configurar una ingeniería mexicana, y, para que los apliquen, fomentar en ese material humano el placer de emprender aventuras y tomar riesgos...: Hacemos buena ingeniería en México o nos la hacen otros. Así que las cosas deben cambiar para que sigan siendo iguales”

La correspondiente antítesis: Será inevitable que nos invadas. ¡Ya nos están invadiendo! Lo único que podemos hacer es a nuestra vez exportar servicios de ingeniería... Si vamos a dar servicios de consultoría en el extranjero, los egresados de nuestras escuelas deberán saber acerca de áreas para las que no hay demanda en México o para las que ésta es aún limitada... El panorama es parecido para otras especialidades en que nuestro país destaca... Debemos reforzar la enseñanza en las áreas en que tradicionalmente hemos estado fuertes..., desde luego, con muy buenos maestros...

*Ahora la síntesis: Pero será inevitable que en cierta medida nos invadan, y deseable que los invadamos, así que sí deberemos reforzar la enseñanza en nuestras áreas tradicionales y dar bases para actuar fuera de nuestro país. **La solución es la que ya conocemos: dar una sólida formación básica y ofrecer varias posibles especializaciones...**”*

BIBLIOGRAFÍA

González Ma. Del R. “Ordenanzas de la Minería de la Nueva España Formadas y Propuestas por su Real Tribunal”, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, Serie C: Estudios Históricos, Núm. 58, México, marzo 1996.

Otto G. “Historia de la Enseñanza de la Ingeniería en México desde 1792”, Historia de la Enseñanza de la Ingeniería en México, Facultad de Ingeniería, UNAM, págs. 23 a 34, México, febrero 1995.

Reséndiz D. “Práctica y de la Enseñanza de la Ingeniería Civil”, Historia de la Enseñanza de la Ingeniería en México, Facultad de Ingeniería, UNAM, págs. 171 a 180, México, febrero 1995.

Rosenblueth E. “Las Ciencias Básicas en la Ingeniería”, Tecno Industria, CONACYT, págs. 4-8, México, mayo-junio, 1992.

Ruiz M. “La Enseñanza de la Geología, Logros y Perspectivas”, Historia de la Enseñanza de la Ingeniería en México, Facultad de Ingeniería, UNAM, págs. 35 a 52, México, febrero 1995.

Sánchez M. “200 Años de la Ingeniería en México -Minero Metalurgia”, Historia de la Enseñanza de la Ingeniería en México, Facultad de Ingeniería, UNAM, págs. 85 a 92, México, febrero 1995.