

USO Y DESUSO DE LAS MATEMÁTICAS EN INGENIERÍA

GABRIEL POVEDA RAMOS
Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín

RESUMEN. Se da un vistazo a vuelo de pájaro sobre la evolución de la enseñanza de las matemáticas a estudiantes de ingeniería en Colombia durante el siglo XX. Ha habido avances en el curriculum, pero hay fuertes evidencias de que éste no es tan relevante ni tan útil como lo era para los ingenieros en su práctica profesional hace algunas décadas. Se recomiendan varias reformas.

ABSTRACT. Bird's eye view on the evolution of the teaching of Mathematics for students of Engineering in Colombia during the Twentieth Century. There has been some advances in the curriculum but there are strong evidences that this is not as relevant and as useful for practicing engineers as it used to be some decades ago. Several reforms are suggested.

Hace siglo y medio, en 1848, se abrió en Bogotá la primera escuela de ingenieros en Colombia: el Colegio Militar de Ingeniería. Los primeros cursos que recibieron sus alumnos fueron de aritmética, geometría euclidea, álgebra, trigonometría, geometría descriptiva, geometría analítica, cálculo "infinitesimal" (como se le decía entonces) y mecánica analítica. Durante un siglo, así se enseñaron las matemáticas en las pocas facultades de ingeniería que hubo en el país durante esos cien años. Siempre se hizo con textos excelentes que garantizaban el buen cubrimiento del pñsum, la alta eficiencia en la enseñanza y un fuerte nivel de exigencia. Los profesores en ese siglo fueron ingenieros y matemáticos de alta categoría: Lino de Pombo, Agustín Codazzi, Luis Lleras, Indalecio Liévano, Manuel Antonio Rueda Jara, Luis María Tisnés, Jorge Rodríguez Lallinde, Julio Garavito, Jorge Acosta Villaveces, Juan de Dios Higueta y otros de igual categoría, para solo mencionar algunos de los anteriores a 1950. En esa época las matemáticas, además, se usaban intensamente en la enseñanza de materias posteriores que son de carácter profesional y especializado: la física, el dibujo, la mecánica aplicada, la resistencia de materiales, el diseño arquitectónico, la mecánica de suelos, la electrotecnia, el diseño de máquinas, las operaciones unitarias y demás. Ya afuera de sus escuelas, en el campo de su trabajo profesional, los ingenieros cultivaban sus conocimientos matemáticos en dos modalidades: una, como el cultivo de

una riqueza intelectual muy propia de la profesión; y otra, como herramienta práctica de trabajo en sus ferrocarriles, sus carreteras, sus fábricas y sus minas. Los ingenieros que ejercieron su profesión hasta mediados de este siglo recordaban, estudiaban y utilizaban activamente las enseñanzas y los textos de sus años de estudiantes en la facultad. La aritmética, la geometría métrica, el álgebra clásica, la geometría analítica, la geometría descriptiva y la trigonometría eran herramientas de uso diario para ellos. Esas matemáticas podían ser mas "elementales" que hoy (?) pero indudablemente eran más relevantes para el ingeniero de su tiempo en su profesión.

Hoy el curriculum de matemáticas típico de las escuelas de ingeniería ha cambiado. Ya no se enseña aritmética, ni geometría descriptiva, ni geometría analítica de tres dimensiones. Y en muchas de aquellas tampoco se enseña geometría métrica, lo cual es una grave falla. En cambio se enseñan ecuaciones diferenciales, y ocasionalmente se dan unas "matemáticas especiales para ingenieros". Estos últimos son progresos parciales que hay que encomiar. Pero, en conjunto, es muy dudoso que este currículo de hoy sea mejor que el del pasado, especialmente por el aspecto de su utilizabilidad profesional como herramienta para el ingeniero en su trabajo.

Entre 1955 y 1960 se fundaron los primeros departamentos universitarios de matemáticas. Fueron en

las universidades del Valle y en la Nacional de Bogotá. Inicialmente su función era, en esencia, enseñar matemáticas a los estudiantes de las escuelas de ingeniería; y sus profesores eran ingenieros con una buena preparación en matemáticas, adquirida por estudios en el exterior o por una preparación autodidáctica sólida. Entre 1960 y 1970 aparecieron un gran número de otras facultades de ingeniería, de las denominaciones ya existentes (civil, mecánica, química, eléctrica) y de denominaciones nuevas (metalúrgica, industrial, electrónica, sistemas, otras). Todas empezaban sus cinco años de estudio con cuatro o cinco semestres de matemáticas. También en ese tiempo se inició la mala práctica de abandonar los buenos textos didácticos y reemplazarlos por las "notas de clase", que tienen tantos inconvenientes.

A mediados de los años sesenta aparecieron en varias facultades del país (empezando por la Escuela de Minas), nuevas asignaturas matemáticas: álgebra lineal, programación lineal, filas de espera, procesos estocásticos, "ingeniería económica" (tan mal denominada) y otras. Y entraron a fondo los computadores, sus lenguajes y sus métodos de programación. Eran materias impartidas (bien impartidas) por ingenieros que volvían de post-gradados en el exterior o que permanecieron en el país estudiando con intensidad. Esas novedosas asignaturas estaban diseñadas para ser parte activa de las herramientas para el uso diario de los estudiantes cuando ya fueran ingenieros civiles, industriales, químicos u otros, en plena vida profesional.

En esa época también surgieron en el país las primeras facultades de "matemáticas puras". (Nombre desafortunado. O será que existen "matemáticas impuras" ?). Y además: los profesores jóvenes de matemáticas descubrieron las "matemáticas modernas" y el extravagante estilo bourbakista de enseñarla, el que cundió como un sarampión. Y en la malhadada época del fanatismo "de izquierda" de los setenta, el bourbakismo como método fue identificado absurdamente con el marxismo como ideología, y ambos se impusieron como dogmas excluyentes, en casi todas las universidades del país. A comienzos de los años setenta comenzaron a graduarse en Bogotá, Medellín y Cali, los primeros matemáticos "puros". Sus estudios no los habilitaban (ni entonces ni hoy) para entender ningún otro saber del mundo real: ni física, ni astronomía, ni ciencias de la tierra, ni demografía, ni electricidad, ni ninguna otra de las disciplinas donde la matemática, históricamente, ha sido una herramienta fundamental y poderosa, y donde, en el futuro, lo va a seguir siendo. Pero muchos matemáticos "puros" extendieron la creencia errónea y gratuita de que las matemáticas "aplicadas" son

matemáticas pobres y de que los ingenieros, aunque sean muy competentes en matemáticas, son matemáticos aprendices e "impuros". La consecuencia fue la natural: los ingenieros calificados fueron desalojados de sus cátedras de matemáticas en todas las facultades de ingeniería y reemplazados por matemáticos "puros".

Los noveles profesores (desconocedores de la ingeniería y embriagados de bourbakismo y otros tóxicos) quitaron de los currículos de las ingenierías, en todas las universidades, la geometría euclídeana (por muchos años); abolieron definitivamente la aritmética, la mecánica analítica y la geometría descriptiva, y redujeron a casi nada la trigonometría y la geometría analítica. Muchos de ellos ofrecían argumentos absurdos para tales desatinos, que se basaban en el "marxismo científico"; o los justificaban porque "Bourbaki no les dá importancia" a esas materias; o porque "las matemáticas modernas no admiten dibujos ni figuras".

Ya hoy han pasado los años. Pasaron las intoxicaciones. Pero varios daños que éstas provocaron quedan y están vigentes. En efecto, veamos algunos. En todas las facultades de ingeniería se dá ya muy poca álgebra clásica, aun cuando ella es sumamente necesaria a todo buen ingeniero estudioso. En cambio se dá mucha "álgebra lineal", mucha álgebra booleana, y mucha retórica "epsilon-delta" para enseñar cálculo, lo que poco o nada sirve al 999 por mil de los ingenieros en su trabajo profesional. No pocos profesores actuales de álgebra desdeñan el álgebra clásica y prefieren recitar definiciones, axiomas, lemas y teoremas sobre monoides, grupos, anillos, ideales, espacios vectoriales, cuerpos y otras estructuras algebraicas, sin dar tampoco ningún ejemplo importante para estas, que sea tomado del mundo real. El alumno que quiere ser ingeniero no entiende esto, no lo asimila, lo olvida para siempre y se convence de que "el álgebra que me enseñaron no me sirve de nada a mi como ingeniero", como dicen muchos ingenieros jóvenes. Un joven profesional recién egresado decía una vez: Las matemáticas se enseñan hoy a los estudiantes de ingeniería, con tres finalidades: (1) para "rajarlos" en los exámenes, (2) para olvidarlas cuando se apruebe la materia; y (3) para no usarlas nunca más.

En todas las escuelas de ingeniería desapareció la geometría descriptiva fuerte. Lo que se dá de geometría analítica es poco, elemental o superfluo. Está prohibido usar aparatos o instrumentos experimentales en clases de matemáticas. La utilísima aritmética fue desterrada, como lo fue la trigonometría esférica y casi también la plana. El utilísimo

análisis numérico en pocas facultades se da, y eso casi de modo episódico. En general (aparte de dos o tres facultades de una o dos ingenierías), en todo el país, los currículos de matemáticas para estudiantes de nuestras profesiones han mermado en importancia, en prestigio, en relevancia y en utilidad. Si se busca en esos programas un concepto implícito pero robusto que los abarque a todos, que sea su organizador, su integrador y su justificador, y que sea sólido (como sí lo tenían don Lino de Pombo, o Julio Garavito o Juan de Dios Higuera o, más recientemente, el Prof. Carlo Federici), hoy no lo encontramos. Casi ningún currículo de matemáticas en ingeniería (salvo en los de ingeniería eléctrica) muestra el propósito de que el estudiante lo interiorice en su totalidad, lo recuerde de por vida, y lo use cuando sea ingeniero durante sus 30 ó 40 años de ejercicio profesional.

En la gran mayoría de las doscientas o trescientas escuelas de ingeniería del país (con pocas excepciones) no son bien enseñadas, en los cursos de matemáticas, numerosos temas que son utilísimos e importantísimos en la vida profesional real. Cito como ejemplos algunos (que no son todos) como los siguientes:

- Los números primos y su papel en la estructura de los números naturales se ignoran del todo
- Las ocho operaciones en el cuerpo de los racionales no se profundizan
- La geometría métrica de curvas, superficies y sólidos en el espacio tridimensional (Para no hablar de su geometría diferencial !) no se menciona
- La geometría analítica de curvas no cónicas, en dos y tres dimensiones es desconocida
- La cinemática de puntos, de curvas, de superficies y de sólidos en dos y tres dimensiones no se estudia
- El álgebra combinatoria está descartada
- El análisis dimensional en serio y las 10 dimensiones del mundo físico de verdad ni se recuerda que existe
- La programación geométrica ni se dice qué significa
- Las desigualdades y las inecuaciones en el cuerpo ordenado de los reales están relegadas
- Las sucesiones de reales, sus diferencias finitas, sus sumaciones y las ecuaciones en diferencias finitas tampoco se enseñan
- Los números complejos y las funciones complejas y su geometría solo se ve en algunas ingenierías
- La geometría descriptiva de Monge y Desargues se archivó

- Nada se enseña de análisis numérico en 2 y en 3 dimensiones.

Hay otro fenómeno que contribuye a la dilapidación de esfuerzos y a la confusión en este tema. Se trata de las materias técnicas y profesionales que se enseñan en los semestres superiores de las carreras de ingeniería a sus estudiantes. Hablamos de aquellas como resistencia de materiales, diseño de máquinas, máquinas hidráulicas, diseño de concreto, motores térmicos, operaciones unitarias, "ingeniería económica", cristalografía, metalurgia, termodinámica aplicada, economía y otras. Es lo común que estas asignaturas se enseñen usando muy poca matemática y eso de nivel más bien elemental. Casi nada se usa en ellas de ecuaciones diferenciales en serio. Los números y las funciones complejas se olvidan (salvo, claro está, en circuitos eléctricos). Nunca aparece un tratamiento geométrico-analítico de fondo. Esporádicamente se emplean algunos integrales definidos, y eso de nivel elemental, casi sin excepción. Nunca se emplea una transformación integral (salvo en cursos de circuitos eléctricos y de teoría del control, materias poco comunes en las 30 ó más ingenierías que se imparten en el país). Esta falencia se hace peor en cuanto no se usan textos de buen nivel sino "notas de clase", muchas veces mal tomadas, incompletas o en orden inadecuado. Examinando las notas de clase de alumnos de materias técnico-profesionales como resistencia de materiales, diseño de máquinas u operaciones unitarias se comprueba que sus profesores usan (o recuerdan) muy poco de las buenas matemáticas "duras" que el estudiante recibió en los primeros semestres. Todo ello contribuye eficazmente a llevar a la mente del estudiante la convicción de que la matemática que aprendió con mucho esfuerzo en los primeros semestres, le sirve de muy poco en los últimos semestres, y de casi nada cuando esté ejerciendo la profesión. En ese momento empieza a olvidar lo que aprendió (poco o mucho) de esa hermosa ciencia que es la matemática, pero que poco le enseñamos los profesores a utilizar en el mundo de lo real. Y algo más grave aún: nada le enseñamos a nuestros estudiantes de matemáticas para descubrir el mundo con su ayuda. Por eso, entre otras razones, son muy pocos los ingenieros colombianos que son investigadores eficaces y persistentes.

La verdad desnuda y dura en toda esta situación es que los profesores de matemáticas enseñan en qué consiste esta bella ciencia (es decir, su anatomía inmóvil); pero ni ellos ni otros profesores le enseñan eficazmente a los futuros ingenieros cómo es que ella

funciona en la práctica, en el mundo real y concreto donde van a trabajar y a vivir (es decir, su fisiología palpitante). Las matemáticas para el ingeniero son un instrumental bello, poderoso y fino. Pero los profesores de matemáticas y los de materias técnico-profesional enseñamos muy poco o nada a usar ese instrumental en forma permanente y muy fructífera al ingeniero cuando éste ejerza.

En otra época había que estudiar matemáticas en buenos libros de texto. Ahora nó. Hoy se estudia en notas que dicta el profesor, más o menos improvisadamente en el aula, y que los alumnos toman a las volandas, sin tiempo para entender lo que escriben, y, consecuentemente, con vacíos y con errores. En los textos había teorías, modelos, experimentos, dibujos, ilustraciones, tablas, problemas adicionales y otros elementos que permitían aprender más, comprender mejor, ejercitarse bastante, adquirir el vocabulario correcto y profundizar conocimientos, para hoy, y para dentro de cinco y diez años, ya como profesional. Los ingenieros de hoy, ya egresados de su carrera, poco o nada estudian de matemáticas habitualmente; y, casi sin excepción, a los pocos años de estar ejerciendo las han olvidado prácticamente del todo. Haga Ud. el experimento de preguntarle a ingenieros bien acreditados, a los cinco o diez años de salir de la facultad cómo es la expansión de $(a + b)^n$ según el teorema del binomio de Newton, o cómo se resuelve la ecuación diferencial $dy/dx + P(x)y = Q(x)$ y encontrará que 90 de aquellos entre cien no lo saben; y que no más de cinco de los cien lo han aplicado alguna vez, según ellos.

Quien esto escribe ha sido ingeniero durante 45 años, y ha sido profesor y usuario activo de las matemáticas y de la estadística como ciencias aplicadas, durante el mismo tiempo. Ha conocido a centenares de colegas que ejercen con éxito en el mundo real. Así, ha oído a muchísimos de ellos que declaran: (1) que nunca volvieron a estudiar matemáticas después de salir de la escuela; (2) que las han olvidado casi del todo; y (3) que casi nunca las necesitaron para resolver algún problema real de su trabajo profesional. Pero quien esto escribe sabe, por su experiencia personal de muchos años, que las buenas matemáticas, que sean apropiadas, bien escogidas y bien entendidas, unas elementales y otras superiores, son supremamente útiles, todos los días, en el ejercicio práctico de la profesión.

Lo que aquí se plantea es que debe haber algo muy disfuncional en la enseñanza de las matemáticas en los primeros semestres de las carreras de ingenierías, debido a lo cual, lo mucho y bueno que se le dá al estudiante, le resulta en su vida profesional muy poco

útil; y que en la facultad, durante sus diez semestres de trabajo, los profesores (los de matemáticas y los otros) no les sabemos enseñar a usar activamente e intensamente la matemática en los muchos ámbitos de la ingeniería que sí la requieren crucialmente, aunque les hayamos enseñado formalmente "bien" esas matemáticas. Hay pues, así, un enorme desperdicio de tiempo y de esfuerzo para estudiantes y profesores, y de presupuestos para las facultades en dinero y en tiempo.

En este breve escrito no alcanzaremos a identificar y a analizar los motivos de esta situación actual de desuso o sub-utilización real de las matemáticas por los ingenieros en ejercicio. Pero sí pueden señalarse algunos de ellos como los siguientes:

1. La calidad y la amplitud de las matemáticas que se enseñan en el bachillerato en Colombia son muy deficientes.
2. Muchos profesores que son matemáticos "puros" desconocen del todo las ciencias de la ingeniería (eminentemente "prácticas" y aplicadas) y más aún desconocen lo que pueden hacer los ingenieros en su ejercicio profesional con las matemáticas.
3. El uso de "notas de clase" en asignaturas de matemáticas, en vez de un buen libro de texto, es muy contraindicado.
4. El ritualismo bourbakista que algunos profesores de matemáticas todavía cultivan, es muy inadecuado para enseñar a futuros ingenieros.
5. El uso del computador en vez del conocimiento, del raciocinio y del análisis cerebral, es una manera eficaz pero dañina de hacer inútil el estudio de la matemática buena y útil.
6. Los profesores de matemática jamás estimulamos (ni ayer ni hoy) la experimentación con números, con objetos físicos, con figuras, con funciones o con instrumentos de medición. Erradicamos así de la mente del estudiante y del egresado el uso de los métodos heurísticos, que son sumamente poderosos y útiles para hacer investigación aplicada en matemáticas y en ingeniería.
7. Es lamentable que las facultades de matemáticas puras en Colombia solo capacitan a sus egresados para cazar dragones y por eso muchos de ellos solo pueden enseñar a esto mismo.
8. Es muy deplorable que en las escuelas de ingeniería del país, los profesores de matemáticas y los de física teórica y aplicada se desconocen mutuamente, y casi nada se coordinan en sus labores docentes.

9. Tanto o más deplorable es el desconocimiento que existe y la poca o nula coordinación docente y didáctica que hay entre profesores de matemáticas y física, por un lado, y profesores de materias técnico-profesionales, por el otro lado.
10. Ha sido y es una gran falla de nuestras escuelas de ingeniería y de nuestras facultades de matemáticas, que casi nunca han ofrecido maestrías, ni especializaciones, ni diplomados, ni cursos de post-grado, de materias técnicas para ingenieros en ejercicio, materias que sean intensivas en el uso de matemáticas. Ejemplos de ellas serían: mecánica racional, teoría de elasticidad, hidrodinámica viscosa, mecánica de Lagrange en máquinas, meteorología avanzada, geodesia avanzada, aparatos electromagnéticos, biología matemática, dinámica de gases, series estocásticas de tiempo, electromagnetismo avanzado y aplicado, teoría y sistemas de control, ecuaciones diferenciales parciales aplicadas, análisis numérico superior, etc.
11. La creencia de muchas escuelas de ingeniería de que hay que enseñar las mismas matemáticas para todas las ingenierías y para todos los estudiantes, es seriamente equivocada. Da lugar a que a muchos estudiantes se les enseñe mucho que no necesitan y que no se les enseñe mucho que sí necesitan.
12. Hay un gran descuido en las asociaciones profesionales de ingenierías que no estimulan a sus miembros a seguir estudiando y aplicando las matemáticas en su profesión y de por vida.

Surge de lo anterior un conjunto de recomendaciones:

1. Es preciso mejorar a fondo y ampliar en el bachillerato la enseñanza de las matemáticas para quienes aspiran a ser ingenieros, concentrándola mucho en la aritmética, la geometría euclídea en dos y tres dimensiones, la trigonometría plana y el álgebra clásica.
2. Es muy necesario aplicar en todas las facultades de ingeniería, exámenes rigurosos de admisión y rechazar candidatos malos o mediocres. Los candidatos a ingenieros de verdad solo pueden escogerse en el mejor cuartil (25% superior) de los bachilleres aspirantes.
3. Hay que volver a enseñar bien a todo estudiante de ingeniería las ocho operaciones aritméticas en el cuerpo de los números racionales; y enseñarle buena geometría métrica en dos y tres dimensiones, no tanto como calistenia mental, sino como herramienta práctica utilísima.
4. Es preciso corregir un grave error de los años anteriores, y ampliar sustancialmente el contenido de la enseñanza del álgebra clásica, en todas las ingenierías, incluyendo siempre sus muchos métodos numéricos, las inecuaciones, el álgebra combinatoria, la teoría de ecuaciones, el álgebra de complejos y si es necesario, bajarle énfasis al álgebra lineal.
5. Hay que impartir geometría analítica en dos y tres dimensiones, ampliamente, profusamente ilustrada con el estudio de trayectorias de puntos, de superficies, de cuerpos sólidos; y de familias de curvas, familias de superficies y de otras variedades geométricas no convencionales. Ese es el mundo que vemos, tocamos y manejamos los ingenieros.
6. Es altamente necesario resucitar la asignatura de mecánica racional o mecánica analítica a nivel matemático avanzado, para todos los ingenieros a quienes tan útil les es esta ciencia, como son los civiles, mecánicos, químicos, industriales, de minas, metalúrgicos, etc.
7. Se debería establecer en todas las escuelas de ingeniería, de cualquier denominación, un curso amplio sobre análisis numérico real, profusamente ilustrado con ejemplos de la vida real. En la mayoría de los 200 ó 300 programas de ingeniería no se enseña esta disciplina en serio.
8. Es muy urgente y muy importante abrir resueltamente las facultades de matemáticas al mundo de lo real: menos axiomática cabalística, pero más física, más estadística, más geometrías, más experimentación, más probabilística, más geodesia, más cristalografía, y varios etcéteras.
9. Es muy necesario trabajar para integrar a fondo los profesores de los primeros semestres de matemáticas con los de física teórica y aplicada, en cada facultad de cada ingeniería; y a todos los anteriores con los de las materias técnico-profesionales de los semestres superiores.
10. Trabajemos todos los ingenieros para unir a las buenas escuelas de ingeniería con las asociaciones de profesionales para hacer, conjuntamente, educación continuada y educación de post-grado en matemáticas aplicadas a temas y problemas de nuestra profesión.
11. Es altamente recomendable acabar con las "notas de clase" y volver a los buenos libros de texto en las asignaturas de matemáticas y

en las asignaturas técnico-profesionales donde más se usan estas asignaturas.

Si se encuentra que para hacer bien todo lo anterior (además de lo mucho que hay por hacer pronto para

formar ingenieros de excelencia para nuestro tiempo) se necesitan once o doce semestres de estudio, pongamos manos a la obra. Y enseñémosles a los futuros ingenieros mucha y buena matemática, pero sobre todo, enseñémosles a que la usen fructíferamente y activamente durante toda su vida.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, APARTADO AÉREO 56006, MEDELLÍN, COLOMBIA.
E-mail address: mgt@logos.upb.edu.co