

SOBRE LA NECESIDAD DE UNA MATERIA ESPECÍFICA EN EL ÁMBITO DE LOS MÉTODOS NUMÉRICOS - EXPERIENCIAS EN LA UTN, FACULTAD CÓRDOBA

Juan F. Weber^a

^a*Dpto. de Ingeniería Civil, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Maestro
López Esq. Cruz Roja Argentina, Córdoba, Argentina,
jweber@civil.frc.utn.edu.ar; <http://www.frc.utn.edu.ar>*

Palabras Clave: Métodos Numéricos, UTN, enseñanza, Cálculo Avanzado, CONEAU

Resumen. Se presenta la discusión acerca de la necesidad detectada en la carrera de ingeniería civil, Facultad Regional Córdoba (FRC-UTN), de un espacio curricular obligatorio para el desarrollo específico del proceso enseñanza-aprendizaje en el ámbito de los Métodos Numéricos. Esta asignatura, existente en los planes 1988 y anteriores (denominada Computación y Cálculo Numérico), fue eliminada por el plan 1995 (aún en vigencia con las adecuaciones del año 2005). Los contenidos, en teoría distribuidos entre Álgebra y los Análisis Matemáticos, en la práctica no se dictan, lo cual genera un grave inconveniente para alcanzar los objetivos establecidos para la nueva asignatura Cálculo Avanzado, surgida de las recomendaciones de los pares evaluadores de CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria). Si bien en la FRC (ingeniería civil) se palia esta situación introduciendo contenidos elementales entre las asignaturas Fundamentos de Informática y Cálculo Avanzado (cubriendo el 80 % del temario de un curso introductorio clásico a los Métodos Numéricos) se concluye que se considera urgente la implementación de una asignatura específica, dada la importancia de estas técnicas en la ingeniería actual.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la creación en 1947 de la ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), la resolución de problemas en ingeniería fue migrando lentamente desde las soluciones analíticas (cerradas) a las soluciones numéricas (aproximadas). Este proceso se aceleró y popularizó rápidamente con la aparición de las computadoras personales (PC). Hoy en día gran parte de los problemas de ingeniería cuentan con software comercial y/o libre para su solución. Pero lo que distingue a los ingenieros de los operadores de PC, es que conocen el qué y el cómo lo están resolviendo. Como indican [Chapra y Canale \(2007\)](#), además de proporcionar un aumento en la potencia de cálculo, la disponibilidad creciente de computadoras y su asociación con los métodos numéricos han influido de manera muy significativa en el proceso de solución de los problemas de ingeniería (figura 1). Si bien numerosos problemas ingenieriles cuentan con software comercial y/o de libre distribución para su resolución, el uso eficiente de estos programas depende del buen entendimiento de la teoría básica de los métodos numéricos implementados en ellos.

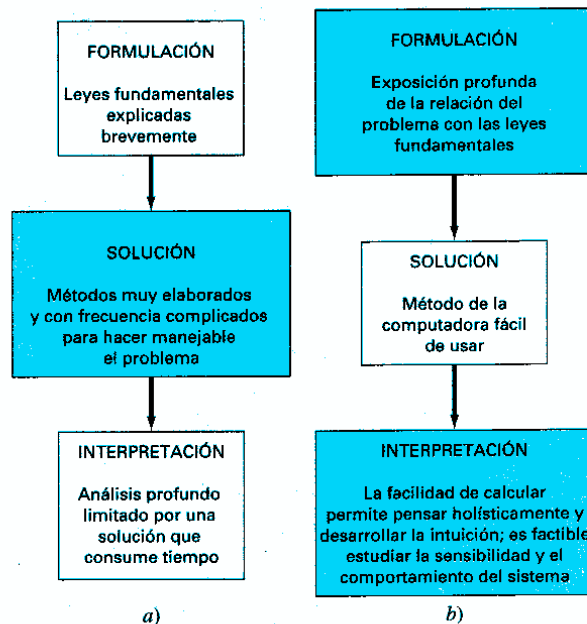


Figura 1: Resolución de problemas en ingeniería, a) antes, y b) después de la computadora (adaptado de [Chapra y Canale \(2007\)](#))

Si bien es probable que a nivel profesional la aplicación de los métodos numéricos se vincule más a un correcto uso de bibliotecas existentes de reconocido prestigio, como por citar un ejemplo, [Press et al. \(2007\)](#), la oportunidad de conocer en detalle los fundamentos y algoritmos asociados a los métodos más tradicionales debe ser y deberá seguir siendo un componente formativo básico en cualquier currícula de ingeniería.

2. LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - fue creada el 14 de octubre de 1959 por medio de la ley 14.855, integrando desde ese entonces, el sistema universitario nacional. Surge así como Universidad Nacional con la función específica de crear, preservar y transmitir la

técnica y la cultura universal en el campo de la tecnología, siendo la única Universidad Nacional del país cuya estructura académica tiene a las ingenierías como objetivo central.

2.1. Desarrollo institucional

La institución venía actuando desde el año 1953 con la estructura académica de Universidad, bajo el nombre de Universidad Obrera Nacional (Malatesta, 2008) existiendo ya en ese entonces las Facultades Regionales de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Rosario y Santa Fe, a las que se sumaron - en 1954 - las Facultades Regionales de Bahía Blanca, La Plata, Tucumán y luego Avellaneda. Esta actividad fue posible a partir de 1952, ya que el Decreto 3014/52, había aprobado su Reglamento de organización y funcionamiento con carácter de Universidad (Alvarez de Tomassone, 2006).

Luego de su creación, las características organizativas y académicas continuaron atrayendo a un número cada vez más elevado de alumnos, lo que llevó a la creación de nuevas Facultades Regionales. El 31 de agosto de 1962, la Asamblea Universitaria aprobó el Primer Estatuto de U.T.N., que al momento contaba con once (11) Facultades Regionales.

A inicios de 1984, Argentina retoma definitivamente el camino de la democracia institucional. En el mes de junio de ese año, el Congreso de la Nación aprueba la Ley 23.068, destinada a normalizar las Universidades Nacionales, seriamente afectadas por las medidas tomadas en todos los campos por el ex gobierno de facto. La referida ley permitió iniciar los trabajos destinados a devolver a la U.T.N. toda la fuerza creadora que necesitaba para reasumir su papel en la reconstrucción de la educación universitaria.

En diciembre de 1986, U.T.N. elige nuevamente sus propias autoridades a través de la Asamblea Universitaria, resultando electo Rector el Ing. Juan Carlos Recalcatti, quien fue reelecto en 1989. En 1993 la Universidad Tecnológica Nacional renueva sus autoridades y la Asamblea Universitaria convocada al efecto en diciembre del mismo año elige como Rector al Ing. Hector Carlos Brotto, quien en la actualidad sigue conduciendo los destinos de esta Institución.

Cuenta actualmente con 29 Facultades Regionales, un Instituto Superior y un Centro de Estudios, distribuidos en todas las regiones de la República Argentina (figura 2). Desde su creación - Ley 14.855 del año 1959 - han egresado más de 30.000 profesionales de sus carreras de ingeniería.

2.2. Particularidades de la organización académica

Su carácter de institución única garantiza la homogeneidad de planes de estudios, régimen de correlatividades, etc. a lo largo de las 29 facultades regionales distribuidas a lo largo del país. Este esquema, si bien presenta una ventaja indudable en relación a la organización académica (permite, entre otras cosas, pases directos de alumnos entre facultades en período de cursadas), supone un esfuerzo mayor a la hora de plantear modificaciones ya que las mismas deben ser consensuadas a nivel nacional.

De hecho, la última modificación mayor a los planes de estudios vigentes en la U.T.N. data de los años 1994-1995, en correspondencia con las corrientes ideológicas que desembocaron en la sanción de la Ley de Educación Superior Nro. 24.521 (sancionada el 20 de julio de 1995 y promulgada el 7 de agosto de 1995 por Decreto 268/95). Uno de los efectos más evidentes de esta modificación fue la reducción de la longitud de las carreras de ingeniería de 6 años a 5 años, lo cual trajo aparejado una modificación sustancial acerca de los contenidos mínimos exigibles a la currícula.

Otra modificación significativa introducida por los planes de estudio 1994-1995 consistió

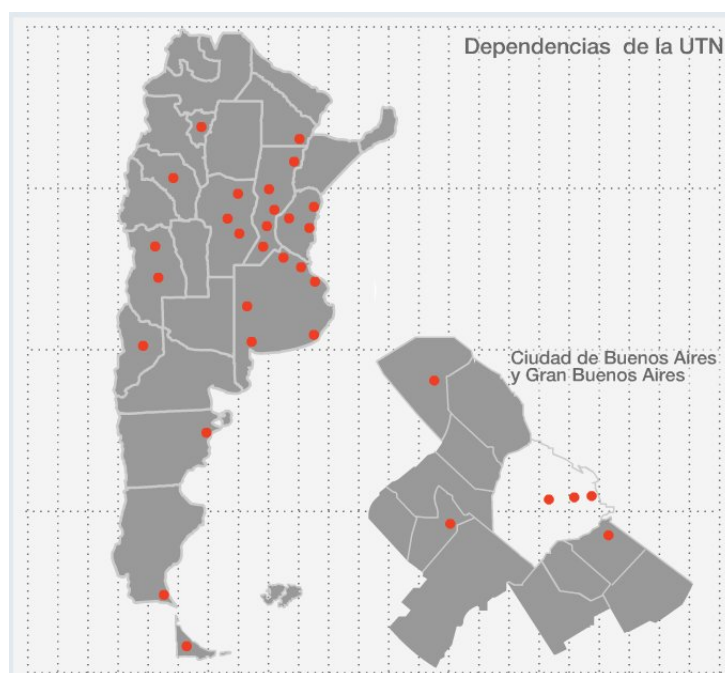


Figura 2: Dependencias de la UTN

en que, si bien el Consejo Superior continúa fijando los lineamientos generales acerca de los contenidos mínimos exigibles a las asignaturas que conforman los planes de estudio, son las propias facultades regionales las encargadas de definir los programas analíticos de las materias. Esto otorga cierta flexibilidad en la definición de contenidos, que, como se verá, ha permitido paliar ciertas deficiencias en la articulación de contenidos en el área de los métodos numéricos.

Por otro lado, el proceso de acreditación de carreras de grado llevado adelante por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) ha exigido una modificación a los planes de estudio de la U.T.N. que si bien no se tradujo en un cambio de plan de estudios, se materializó a través de una adecuación de los planes en vigencia, que implicó, entre otras cosas, la aparición de nuevas asignaturas en correspondencia con las debilidades detectadas por los pares evaluadores. Estas adecuaciones también son de alcance nacional y fueron consensuadas en el ámbito del Consejo Superior Universitario.

De allí que en el ámbito de la U.T.N., las reformas a los planes de estudio (como, por ejemplo, la incorporación de una nueva asignatura) deben ser necesariamente planteadas a nivel nacional.

2.3. La Facultad Regional Córdoba

La Facultad Regional Córdoba de la U.T.N. es una de las unidades académicas más importantes de esta Universidad, no sólo en relación a la cantidad de alumnos y docentes que la integran, sino en su actividad académica en general. En la misma se dictan 8 carreras de grado:

- Ingeniería Civil
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica

- Ingeniería Metalúrgica
- Ingeniería Química
- Ingeniería de Sistemas de Información

cinco carreras cortas:

- Tecnicatura Superior en Mantenimiento Industrial
- Tecnicatura Superior en Alimentos
- Tecnicatura Superior en Mecatrónica
- Tecnicatura Superior en Programación
- Tecnicatura Superior en Moldes, Matrices y Dispositivos

seis maestrías:

- Maestría en Ingeniería en Calidad
- Maestría en Administración de Negocios
- Maestría en Ingeniería Ambiental
- Maestría en Docencia Universitaria
- Maestría en Ingeniería en Control Automático
- Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información

siete especializaciones:

- Especialización en Ingeniería en Calidad
- Especialización en Ingeniería Gerencial
- Especialización en Ingeniería Ambiental
- Especialización en Docencia Universitaria
- Especialización en Ingeniería en Control Automático
- Especialización en Ingeniería en Sistemas de Información
- Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo

dos licenciaturas:

- Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo
- Licenciatura en Tecnología Educativa

y el Doctorado en Ingeniería, en determinadas áreas.

3. LA ENSEÑANZA DE LOS MÉTODOS NUMÉRICOS EN LA U.T.N.

3.1. La situación actual

La situación actual de la enseñanza de los métodos numéricos en las carreras de grado que se dictan en la Facultad Regional Córdoba, es variada, de acuerdo a la carrera de que se trate.

3.1.1. Ingeniería Electrónica

En el caso de la carrera de Ingeniería Electrónica, que exige a sus alumnos un total de 40 materias (37 obligatorias y 3 electivas), no existe una materia específica sobre la temática; detectándose contenidos relacionados a los métodos numéricos sólo en la última unidad de la asignatura Informática II, de acuerdo al siguiente detalle:

UNIDAD 8: APLICACIONES DE LA PC AL CALCULO NUMERICO

Utilización de la computadora como auxiliar en la ingeniería. Métodos numéricos para la solución de sistemas de ecuaciones lineales. Obtención de raíces. Método de cuadrados mínimos. Elaboración y manejo de bibliotecas de funciones.

Duración : 3 Semanas

Cabe destacar que la asignatura contiene las siguientes unidades:

- Unidad 1: programación avanzada en C
- Unidad 2: listas enlazadas y otras estructuras de datos
- Unidad 3: introducción a sistemas operativos avanzados
- Unidad 4: control de periféricos
- Unidad 5: el lenguaje C++
- Unidad 6: entornos gráficos
- Unidad 7: filtros. Tratamiento de la información
- Unidad 8: aplicaciones de la pc al calculo numérico

y que sobre un total de 28 semanas, se destinan 3 al tema, lo cual equivale a 15 horas cátedra (aproximadamente 10 horas reloj). Por otro lado, los contenidos cubren sólo una porción limitada de un curso clásico introductorio a los métodos numéricos.

3.1.2. Ingeniería Eléctrica

Desde la adecuación 2005 del plan de estudios 1995 (Ordenanza 1026/04), la carrera incluye la asignatura Cálculo Numérico (segundo año) que cubre los contenidos mínimos de la temática. La duración del curso es de 64 horas cátedra/año (aproximadamente 43 horas reloj), con la siguientes unidades:

- Solución de sistemas lineales.
- Solución de sistemas no lineales.
- Integración numérica.

3.1.3. Ingeniería Industrial

Desde la adecuación del plan de estudios reglamentada por la Ordenanza 1114/06, la carrera incluye la asignatura Análisis Numérico y Cálculo Avanzado (ubicada en el tercer año de la carrera). Sin embargo, y siguiendo la propia Ordenanza 1114/06, los contenidos sintéticos de la asignatura exigidos son los siguientes:

- Series de Fourier
- Ecuaciones diferenciales en Ingeniería
- Método de Diferencias finitas
- Métodos aproximados de solución
- Método de elementos finitos

Resulta llamativa la ausencia de los contenidos previos clásicos de un curso de métodos numéricos en esta y otras asignaturas previas del plan de estudios, que permitan un desarrollo firme de los contenidos mínimos indicados precedentemente.

3.1.4. Ingeniería Mecánica

La adecuación del Plan de estudios 1994 de la carrera (Ordenanza 1027/04) incorpora la asignatura Cálculo Avanzado (tercer año de la carrera) con una carga horaria de 96 horas cátedra / año (aproximadamente 64 horas reloj) con los contenidos siguientes:

- Variable Compleja
- Análisis de Fourier
- Transformada de Laplace
- Métodos Numéricos

Particularmente, esta última unidad abarca los siguientes aspectos:

- Introducción al cálculo numérico
- Cálculo numérico de raíces de ecuaciones
- Interpolación y aproximación de funciones
- Diferenciación e integración numérica
- Resolución numérica de ecuaciones diferenciales
- Métodos computacionales

En el contexto de los restantes temas integrantes de la asignatura, aparenta haber un desbalance entre la carga horaria asignada y la cantidad de temas que se pretende abarcar.

3.1.5. Ingeniería Metalúrgica

Desde la adecuación 2005 del plan de estudios 1995 (Ordenanza 1058/05), la carrera incluye la asignatura Cálculo Numérico (tercer año). La duración del curso es de 96 horas cátedra/año (aproximadamente 64 horas reloj), con las siguientes unidades:

- Variable Compleja
- Análisis de Fourier
- Métodos Numéricos

Particularmente, esta última unidad abarca los siguientes aspectos:

- Introducción al cálculo numérico
- Cálculo numérico de raíces de ecuaciones
- Interpolación y aproximación de funciones
- Diferenciación e integración numérica
- Resolución numérica de ecuaciones diferenciales
- Métodos computacionales

Llama la atención la inclusión, bajo el nombre de Cálculo Numérico, de contenidos típicos de un curso de Análisis Matemático, como Análisis de Variable Compleja y Análisis de Fourier, lo cual evidentemente reduce la carga horaria destinada específicamente a los contenidos sugeridos por el título.

En particular, la implementación de la asignatura en la Facultad Regional Córdoba se traduce en los siguientes contenidos y carga horaria:

- Capítulo 1: Números Complejos. Formas binómica y polar (6horas).
- Capítulo 2: Representación gráfica. Operaciones fundamentales (6horas).
- Capítulo 3: Funciones de variable compleja. Topografía. Ejercicios (6horas).
- Capítulo 4: Funciones de Cauchy Riemann. Teoremas. Corolarios (6horas).
- Capítulo 5: Funciones exponencial, potencial, logarítmica; propiedades (6horas).
- Capítulo 6: Límite de funciones de variable compleja. Ejercicios (4horas).
- Capítulo 7: Funciones armónicas. Laplace. Ejemplos en ingeniería (6horas).
- Capítulo 8: Integral curvilínea. Trayectoria. Teorema de Cauchy (6horas).
- Capítulo 9: Series en el Campo complejo. Serie de Taylor. Ejercicios (6horas).
- Capítulo 10: Serie de Mc Laurin. Serie de Laurent. Ejercicios (6horas).
- Capítulo 11: Serie de Fourier. Aplicaciones en Ingeniería (6horas).

- Capítulo 12: Residuo. Teorema del residuo. Aplicaciones (6horas).
- Capítulo 13: Introducción a la teoría de elementos finitos. Aplicaciones (6horas).
- Capítulo 14: Presentación de ecuaciones del campo de la ingeniería para su reconocimiento y ubicación en el contexto de la materia. Taller debate (6horas).
- Capítulo 15: Ejercitación previa a cada uno de los tres parciales (10 horas).

Esto último evidencia un sesgo importante hacia el dictado de los temas del Análisis de Variable Compleja (de los 13 primeros capítulos, 12 destinados al tema). Sólo un capítulo destinado a un tema en particular de los Métodos Numéricos (elementos finitos) que, habitualmente, requiere una formación previa en conceptos del análisis numérico (resolución de sistemas de ecuaciones, resolución de ecuaciones no lineales, aproximación de funciones, optimización, etc.) que hacen que comúnmente sea uno de los últimos capítulos de un curso clásico de métodos numéricos; quedando en evidencia la ausencia de los conceptos básicos descriptos.

3.1.6. Ingeniería Química

La Ordenanza 1028/04, que adecua el Plan de estudios 1995 de la carrera, incluye la asignatura Matemática Superior Aplicada (segundo años del plan de estudios), con 96 horas cátedra / año (aproximadamente 64 horas reloj), con las siguientes unidades:

- Funciones de Variable Compleja
- Series y transformadas de Fourier
- Transformada de Laplace
- Solución de sistemas lineales
- Solución de sistemas no lineales
- Integración numérica

La asignatura incluye tres unidades vinculadas a los Métodos Numéricos, además de contenidos vinculados a cursos de Análisis Matemático.

3.1.7. Ingeniería en Sistemas de Información

El Plan de Estudios 2007 (implementado por la Ordenanza 1150/07) incluye la asignatura Matemática Superior, con 128 horas cátedra / año (aproximadamente 85 horas reloj) con los siguientes contenidos:

- Transformada de Laplace
- Aplicación a la resolución de ecuaciones diferenciales
- Transformada de Fourier
- Convolución en el dominio temporal y frecuencia
- Transformada discreta de Fourier

- Transformada en Z
- Relación entre el plano S y el plano Z
- Resolución numérica de ecuaciones diferenciales y en diferencias
- Métodos Numéricos
- Problemas de aproximación. Errores
- Sistemas dinámicos lineales discretos y continuos.

Se evidencian algunos temas del Análisis Numérico incluidos en la asignatura.

3.2. Ingeniería Civil

Se tratará por separado y en detalle el caso de la carrera de Ingeniería Civil, y la implementación de sus programas sintéticos en la Facultad Regional Córdoba.

3.2.1. Planes de estudio anteriores

En forma pionera, desde el Plan 1965 de la carrera de Ingeniería en Construcciones de Obras (Ordenanza 46/66 del Consejo Superior Universitario) la U.T.N. incluyó en sus planes de estudio una materia afín a la programación científica, denominada por aquel entonces Introducción a la Computación Digital ([Weber, 2006b](#)).

En el Plan 1979 (Ordenanza 299/78 del Consejo Superior Universitario) aparecen las asignaturas Computación, Algebra y Métodos Numéricos, Análisis Matemático y Métodos Numéricos I, Análisis Matemático y Métodos Numéricos II. En esta última se abordaban los temas de solución numéricas de ecuaciones diferenciales ordinarias y solución analítica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (EDPs).

En el Plan 1988 (Ordenanza 593/87 del Consejo Superior Universitario) aparece la materia Computación y Cálculo Numérico, con 4 horas cátedra semanales (anual). Esta asignatura consistía de dos partes: una primera en la cual se enseñaba la programación imperativa, y una segunda conformada por un curso clásico de Métodos Numéricos (hasta solución de ecuaciones diferenciales ordinarias inclusive).

Lamentablemente, el Plan 1995 – primer Plan de estudios cuatrimestral – (Ordenanza 769/94 del Consejo Superior Universitario) de la carrera de Ingeniería Civil elimina la materia Computación y Cálculo Numérico del Plan 1988, y si bien las materias Algebra y Geometría Analítica, Análisis Matemático I y Análisis Matemático II del nuevo Plan de Estudios incluyen al final de sus programas un punto denominado Computación Numérica y Simbólica, la realidad mostró que dicho punto del programa fue de muy difícil cumplimiento, básicamente por dos razones:

1. la carga horaria de las materias anteriormente citadas no se modificó sustancialmente en el cambio de plan, por lo que los docentes de las mismas sólo lograron, con gran esfuerzo, adaptar los contenidos que venían dando al nuevo régimen cuatrimestral, y
2. exigía a los docentes incorporar nuevos temas a sus materias, lo cual no siempre se logra con éxito.

Además, está implícito que de implementarse el dictado de este punto, se esperaba que los docentes de estas asignaturas pusieran a disposición e instruyeran a sus alumnos en el manejo de utilitarios de aplicación (software como por ejemplo, Matlab, Mathematica, MathCad, Derive, etc.), lo cual dista mucho del enfoque que se pretende dar a un curso clásico sobre Métodos Numéricos, en el sentido de que la habilidad para manejar un utilitario no implica necesariamente el conocimiento del fundamento matemático de los cálculos aproximados que estos programas realizan.

Posteriormente se intenta paliar el déficit antes mencionado agregando a la currícula el denominado Taller de Computación, en el que, lamentablemente, no se retoman los temas vinculados a Programación sino que se centra en la enseñanza de herramientas de oficina (el paquete Microsoft Office).

3.2.2. La adecuación 2005 del Plan de Estudios 1995

La Ordenanza 1030/04 del Consejo Superior Universitario de la U.T.N. (consecuencia del primer proceso de Acreditación llevado adelante por la CONEAU) dispone una adecuación del Plan de Estudios 1995 (en vigencia) de la Carrera de Ingeniería Civil (figura 3), incluyendo (entre otras) dos nuevas asignaturas denominadas Fundamentos de Informática y Cálculo Avanzado. Esta ordenanza indica además en su Capítulo 10 los contenidos (a través de programas sintéticos) y objetivos mínimos de las diferentes asignaturas (Weber, 2006a). En la figura 3 las columnas 1º cuat y 2º cuat muestran, respectivamente, la carga horaria (horas cátedra) en cada cuatrimestre por asignatura.

Queda en evidencia la ausencia de un curso específico sobre Análisis Numérico, Métodos Numéricos o Cálculo Numérico.

Los objetivos planteados por la mencionada Ordenanza para Fundamentos de Informática son:

- Capacitar a aquellos alumnos que recién se inician actuando como elemento potenciador.
- Capacitar para la utilización de los utilitarios.
- Utilizar software de especialidad
- Nociones de programación.

Resulta particularmente llamativo el tercer objetivo, en el cual se pretende que el alumno utilice software de la especialidad (se supone hace referencia a software de carácter técnico) siendo que se trata de una materia ubicada en el primer año de la carrera, momento en el que los alumnos aún no tienen los conocimientos necesarios para poder siquiera discernir el problema que se pretende resolver.

El cuarto objetivo, claramente indicaría una breve y resumida introducción a los conceptos de la programación estructurada, que, como se verá más adelante, resulta incompatible con los objetivos planteados en materias posteriores.

Para concretar dichos objetivos, la Ordenanza prevé el siguiente programa sintético:

- Estructura de una computadora.
- Utilitarios
- Software de especialidad

8. PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA INGENIERIA CIVIL

Nivel	Nº	Asignatura	Carga Horaria	1º cuat	2º cuat
I	1	Análisis Matemático I	5	10	-
	2	Algebra y Geometría Analítica	5	10	-
	3	Ingeniería y Sociedad	2	2	2
	4	Ingeniería Civil I (Int.)	3	3	3
	5	Sistemas de Representación	3	6	-
	6	Química General	5	-	10
	7	Física I	5	-	10
	8	Fundamentos de Informática	2	-	4
			30		
II	9	Análisis Matemático II	5	10	-
	10	Estabilidad	5	10	-
	11	Ingeniería Civil II (Int)	3	3	3
	12	Tecnología de los materiales	4	4	4
	13	Física II	5	-	10
	14	Probabilidad y Estadística	3	-	6
	15	Inglés I	2	-	4
			27		
III	16	Resistencias de materiales	4	8	-
	17	Tecnología del hormigón	2	4	-
	18	Tecnología de la Construcción (Int)	6	6	6
	19	Geotopografía	4	-	8
	20	Hidráulica General y Aplicada	5	10	-
	21	Cálculo Avanzado	2	-	4
	22	Instalaciones Elec.y Acústicas	2	-	4
	23	Instalaciones Termomecánicas	2	-	4
	24	Economía	3	6	-
	25	Inglés II	2	-	4
			32		

Figura 3: Plan de estudios adecuado - ingeniería civil (años 1 a 3)

- Algoritmos de programación
- Introducción al diseño de algoritmos y lógica de programación

Finalmente cabe destacar la carga horaria (2 horas cátedra semanales - 1,5 horas reloj) que es la mínima asignable a una materia.

Los objetivos planteados por la Ordenanza 1030/04 para Cálculo Avanzado son:

- Valorar la vinculación entre el Algebra Lineal y el Análisis Matemático.
- Conocer los conceptos básicos de la teoría de la Ecuaciones Diferenciales lineales en Derivadas Parciales.
- Aplicar esos conceptos en la modelización de fenómenos físicos de interés en Ingeniería Civil.

- Conocer los rudimentos de los métodos numéricos en la resolución de problemas matemáticos.
- Desarrollar algoritmos y programas computacionales que le permitan aplicar dichos métodos en la resolución de problemas.

Siguiendo la misma filosofía del Plan de Estudios 1995, la U.T.N. deja como responsabilidad de cada Unidad Académica la elaboración de sus respectivos Programas Analíticos. Para cumplir los objetivos antes indicados, la citada Ordenanza 1030 establece los contenidos sintéticos mínimos a cumplir por dichos programas analíticos:

- Series de Fourier.
- Ecuaciones diferenciales en ingeniería.
- Método de diferencias finitas.
- Métodos aproximados de solución.
- Método de elementos finitos.

Finalmente cabe aclarar que la citada Ordenanza 1030 establece también la carga horaria de la materia, la cual es de 2 horas cátedra (1,5 horas reloj) por semana, es decir un total anual de 64 horas cátedra (48 horas reloj). Nuevamente se trata de la mínima carga horaria asignable.

Si se analiza el último objetivo de esta asignatura, debería darse por supuesto que el alumno ha tenido un curso completo de programación estructurada, de modo que le sea posible *desarrollar algoritmos y programas computacionales*, tal como exige la propia ordenanza. Comparando esto con el descriptor de la última unidad del programa sintético de Fundamentos de Informática, se detecta una inconsistencia que evidentemente se traduciría en la imposibilidad material de cumplimentar con el último objetivo de Cálculo Avanzado.

Por otro lado, los conceptos necesarios del Análisis Numérico requeridos para abordar el desarrollo de los métodos de Diferencias Finitas y Elementos Finitos (exigidos por la Ordenanza 1030) no están incluidos en los contenidos de ninguna asignatura previa, ya que, como se describió precedentemente, no existe una materia específica (como sí aparece en los programas sintéticos de casi todas las demás carreras, con distinto nivel de profundidad, según se vió en el apartado 3.1.

De todos modos, como el Plan de Estudios en vigencia permite a las Facultades Regionales definir sus propios Programas Analíticos, se ha tratado de paliar esta situación en la forma que se describirá en el apartado siguiente.

3.2.3. Estrategia seguida en la Facultad Córdoba

A los fines de respetar el espíritu de los objetivos de la asignatura Cálculo Avanzado, se han implementado los siguientes programas analíticos.

Fundamentos de Informática

- Unidad 1. Introducción a la Computación: Historia de la Computación. Estructura de una computadora. Sistemas operativos: Windows, Linux. Utilitarios. Suites ofimáticas: Microsoft Office, OpenOffice. Procesador de texto (Word, OpenWriter). Planilla de Cálculo (Excel, OpenCalc). Presentaciones (PowerPoint, OpenImpress). Editor de ecuaciones

(MSEquation, OpenMath). Lenguajes de programación. Clasificación. Aplicaciones de Ingeniería Civil. (6 horas)

- Unidad 2. Introducción a la Programación – parte I: El lenguaje de programación GNUOctave (MATLAB). Introducción al uso de GNUOctave. Constantes y variables. Operaciones aritméticas. Operadores relacionales. Operadores lógicos. Archivos *.m. Lectura y escritura: INPUT, DISP, PRINTF. Estructuras de decisión: IF, IF...ELSE, SWITCH. Estructuras de repetición: FOR, WHILE, DO...UNTIL. Escritura de programas en GNUOctave. Aplicaciones de Ingeniería Civil (16 horas)
- Unidad 3. Introducción a la Programación – parte II: Funciones de librería. Funciones definidas por el usuario. Arreglos. Funciones sobre arreglos. Operaciones matriciales. Lectura y escritura de archivos estilo Octave: SAVE y LOAD. Lectura y escritura de archivos estilo C: funciones fopen, fprintf, fscanf, fclose. Gráficos 2D. Función plot. Opciones. Gráficos 3D. Gráficos paramétricos. Funciones mesh y meshgrid. Función contour. Escritura de programas en GNUOctave. Aplicaciones de Ingeniería Civil. (16 horas)
- Unidad 4. Aplicaciones de la Programación: introducción a los Métodos Numéricos: Solución de ecuaciones no lineales: Método de bisección. Método de la iteración de punto fijo. Método de Newton-Raphson. Solución iterativa de sistemas de ecuaciones lineales: los métodos de Jacobi y Gauss-Seidel. Derivación e integración numéricas: Deducción de los operadores de derivación. Esquemas de derivación centrados, hacia atrás y hacia adelante. Cálculo de derivadas. Integración numérica. Regla trapezoidal. Reglas de Simpson. Aplicaciones de Ingeniería Civil (18 horas).

Cálculo Avanzado

- Unidad 1. Solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs) con condiciones iniciales: Introducción. Series de Taylor. Método de Euler. Método de Euler modificado. Método de Runge-Kutta. Sistemas de ecuaciones diferenciales. Problemas de segundo orden con valores iniciales. Aplicaciones a la Ingeniería Civil. (8 horas)
- Unidad 2. Solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs) con condiciones de contorno: Problemas de contorno. Método de las diferencias finitas. Condiciones de borde en la derivada. Métodos de aproximación global: métodos de Colocación y de Galerkin para EDOs. Métodos de aproximación local: el método de los elementos finitos (MEF) para EDOs. Aplicaciones a la Ingeniería Civil. (12 horas)
- Unidad 3. Series de Fourier: Introducción. Serie trigonométrica. Deducción de las fórmulas de los coeficientes. Series de Fourier para funciones pares e impares. Series de Fourier para funciones de período arbitrario. Series de Fourier para funciones no periódicas. Aplicaciones a la Ingeniería Civil. (8 horas)
- Unidad 4. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (EDPs): Introducción. Clasificación de las EDPs: ecuación característica. Ecuaciones parabólicas, hiperbólicas y elípticas. Condiciones de contorno. Ecuaciones lineales y no lineales. Solución analítica: método de separación de variables y series de Fourier. Aplicaciones a la Ingeniería Civil. (8 horas)

- Unidad 5. Solución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales: Introducción. Problemas de equilibrio y ecuaciones elípticas. El método de relajación. Método de las diferencias finitas (MDF). Solución numérica de EDPs parabólicas e hiperbólicas por el MDF. Métodos explícitos e implícitos. Nociones sobre el MEF para EDPs elípticas. Programas de Elementos Finitos. Aplicaciones a la Ingeniería Civil. (12 horas)

Como puede verse, los contenidos de Programación en el curso de Fundamentos de Informática, lejos de ser una breve noción sobre el tema, se transforman en un curso de programación imperativa, con las restricciones en profundidad asociadas a la limitada carga horaria disponible. Como lenguaje de programación se eligió GNUOctave (Eaton et al., 2008), émulo libre del conocido lenguaje MATLAB. A su vez, se presenta al alumno una introducción a los Métodos Numéricos (como una aplicación de la Programación a la resolución aproximada de problemas matemáticos que los alumnos están conociendo en asignaturas coetáneas) que incluye aproximadamente el 50 % de los contenidos de un curso clásico, nuevamente con restricciones en la profundidad de los temas, asociadas no sólo a la limitada carga horaria, sino al hecho de tratarse de alumnos de primer año de la carrera.

Como puede inferirse, los temas abordados en la última unidad de Fundamentos de Informática son los contenidos mínimos necesarios para poder abordar los temas propuestos en el programa analítico de Cálculo Avanzado. Las dos primeras unidades no forman parte del temario sugerido por la adecuación del Plan de Estudios, pero se vuelven necesarias atendiendo a los siguientes planteos:

1. Toda la bibliografía de fácil acceso por parte de los estudiantes sobre Métodos Numéricos (Chapra y Canale, 2007; Gerald et al., 2000; Mathews et al., 2000; Burden y Faires, 2001) detalla la solución numérica de EDOs previo a explicar los métodos de solución de EDPs. Razones didácticas más que evidentes justifican esto.
2. Ciertos métodos numéricos de solución, como el de las Diferencias Finitas, encuentran un ámbito simple de explicación en las EDOs, antes de abordar su implementación en las EDPs.
3. En la práctica, los alumnos no han visto cómo resolver numéricamente EDOs, siendo que muchos problemas de la física y de la ingeniería se ven representadas por este tipo de modelos matemáticos.

En particular resulta de interés que de forma temprana los alumnos reconozcan las diferencias matemáticas entre los problemas de equilibrio y los problemas dinámicos. Las unidades 3, 4 y 5 corresponden al temario descrito en la Ordenanza 1030, con lo cual se asegura el cumplimiento de dicha norma.

De este modo, entre la unidad 4 del programa analítico de Fundamentos de Informática, y las unidades 1 y 2 del programa analítico de Cálculo Avanzado, se cubre el 80 % de los contenidos de un curso clásico de Métodos Numéricos, restando los importantes capítulos destinados a la aproximación y la optimización de funciones (necesarios para un cabal entendimiento de algunos métodos, como el de Elementos Finitos). Cabe recordar que ninguno de los contenidos indicados resulta estrictamente obligatorio para la Ordenanza 1030.

4. CONCLUSIONES

Se ha detectado la necesidad de una materia específica en el ámbito de los métodos numéricos, en la currícula de Ingeniería Civil (U.T.N.), la cual, en ese aspecto, se encuentra en

inferioridad de condiciones frente a los planes de estudio de prácticamente todas las restantes carreras de ingeniería que se han implementado en la Facultad Regional Córdoba, que si bien presentan deficiencias, contemplan al menos la inclusión de un espacio curricular específico.

Las materias Fundamentos de Informática y Cálculo Avanzado (incorporadas en la adecuación 2005 del plan de estudios en vigencia), en sus contenidos mínimos exigidos por la Ordenanza 1030 resultan insuficientes para cubrir la formación básica en métodos numéricos esperable de los estudiantes de esa carrera.

Los objetivos requeridos a la materia Cálculo Avanzado son impracticables sin una formación previa de los alumnos en Programación y Métodos Numéricos, contenidos no previstos en la Ordenanza 1030.

La solución de compromiso encarada en la Facultad Regional Córdoba, resulta sólo un paliativo a una situación de déficit formativo en esta importante área del conocimiento para la Ingeniería.

REFERENCIAS

- Alvarez de Tomassone D.T. *UNIVERSIDAD OBRERA NACIONAL - UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. La génesis de una universidad (1948 - 1962)*. edUTecNe, Buenos Aires, Argentina, 1 edición, 2006. ISBN 9874325356.
- Burden R. y Faires J. *Análisis numérico*. Thomson Learning, 2001. ISBN 9789706861344.
- Chapra S. y Canale R. *Métodos numéricos para ingenieros*. McGraw-Hill, 2007. ISBN 9789701061145.
- Eaton J.W., Bateman D., y Hauberg S. *GNU Octave Manual Version 3*. Network Theory Ltd., 2008. ISBN 095461206X, 9780954612061.
- Gerald C., Wheatley P., y Velázquez H. *Análisis numérico con aplicaciones*. Pearson Educación, 2000. ISBN 9789684443938.
- Malatesta A.A. *La etapa fundacional de la Universidad Obrera Nacional: La conexión universitaria entre el aula y el trabajo*. edUTecNe, Buenos Aires, Argentina, 1 edición, 2008.
- Mathews J., Fink K., Escolano P., y Carrión A. *Métodos numéricos con MATLAB*. Prentice Hall, 2000. ISBN 9788483221815.
- Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., y Flannery B.P. *Numerical Recipes 3rd Edition: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 3 edición, 2007. ISBN 0521880688, 9780521880688.
- Weber J.F. Experiencias acerca de la implementación de la materia cálculo avanzado en la u.t.n. – fac. reg. córdoba. In S. Rivera y J. Núñez McLeod, editores, *Experiencias Docentes en Ingeniería: desde el ingreso a la práctica profesional supervisada*, volumen 1, páginas 213–220. V Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería, CAEDI, CONFEDI, Mendoza, 2006a.
- Weber J.F. La materia cálculo avanzado en la carrera de ingeniería civil, frc-utn: una profundización en la formación matemática de los alumnos. In *XIII Congreso de Educación Matemática en carreras de Ingeniería, EMCI*. Oberá, Misiones, 2006b.