

Título: Cambios metodológico-didácticos y evaluación del impacto de los mismos en un curso introductorio a los conceptos de algorítmica y programación.

Autores: Ariel Ferreira Szpiniak ^{*1}, Guillermo A. Rojo ^{*2}

Institución a la que pertenecen: Universidad Nacional de Río Cuarto

Dirección postal: Ruta Nacional 36 Km. 601- Río Cuarto - Córdoba – Argentina

T.E. y Fax: 0358 - 4676529

Dirección electrónica: aferreira@exa.unrc.edu.ar, grojo@exa.unrc.edu.ar

Título profesional:

^{*1} Licenciado en Ciencias de la Computación y Profesor en Ciencias de la Computación. JTP

^{*2} Ingeniero Civil. JTP.

Lugar de trabajo: Universidad Nacional de Río Cuarto.

Cambios metodológico-didácticos y evaluación del impacto de los mismos en un curso introductorio a los conceptos de algorítmica y programación

Introducción

El presente resumen presentamos la idea general sobre la problemática de la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos básicos de algorítmica y de programación, así como también la línea de trabajo e investigación que estamos llevando a cabo un grupo de docentes-investigadores del Departamento de Computación de la Universidad Nacional de Río Cuarto a los fines de lograr que nuestros alumnos de primer año aprendan más y mejor los conceptos básicos de programación que se desarrollan en una única materia de carácter anual, denominada Introducción a la Algorítmica y Programación, que serán la base para su carrera y su vida profesional, así como también innovar en la trasposición didáctica de los contenidos a los fines de que la enseñanza sea de la mayor calidad posible.

Problemas que dan origen al proyecto de mejoramiento

Sin entrar en la evolución histórica que determinó la creación de los lenguajes estructurados y de las técnicas y estrategias para la enseñanza de la programación empleando el paradigma de la programación estructurada, partimos de la forma tradicional de enseñanza practicada en nuestro caso. Dicha forma consiste en la construcción de algoritmos independientemente del lenguaje de programación en que posteriormente se va a implementar. Para ello se definió un lenguaje algorítmico, con un grado de generalidad que permite en un segundo paso la traducción de la solución algorítmica desarrollada a cualquier lenguaje estructurado. Esta fue la forma adoptada desde los inicios en nuestras carreras con el objetivo de lograr que los estudiantes fueran capaces de encontrar soluciones informáticas estructuradas independientemente del lenguaje de programación que dispusieran.

En este camino la enseñanza de la programación se convirtió en la enseñanza del diseño de algoritmos para recién luego enseñar a traducir algoritmos en programas. Dentro de la enseñanza del diseño de algoritmos en nuestras carreras, se incorporó la enseñanza de esquemas para el tratamiento de datos secuenciales. Esta idea toma como base que la mayor parte de los tratamientos de datos que se pueden plantear en el campo de la algorítmica básica son de tipo secuencial o al menos pueden ser asimilados a un tratamiento de este tipo. En ésta línea se hizo hincapié en la idea de utilizar máquinas abstractas y esquemas para el tratamiento de secuencias a los fines de lograr desarrollar algoritmos correctos. Posteriormente y como un proceso evolutivo se innovó el desarrollo de algoritmos planteando una metodología que introdujo como base el planteo de predicados lógicos iniciales, intermedios y finales.

Con el objeto de propender al desarrollo de algoritmos correctos se introdujeron con mayor énfasis los conceptos de estado inicial (o precondition del problema) y estado final (o postcondición) la cuál también es previamente definida y que expresa de manera no ambigua la solución que se pretende alcanzar. Asimismo y acompañando estos conceptos se introdujo el uso de invariantes para derivar las distintas partes que conforman a una estructura iterativa. Para abordar ésta forma de resolución de algoritmos fue necesario introducir el uso de predicados y la aplicación de reglas de lógica.

Esta forma de desarrollar algorítmica privilegió los aspectos teóricos por sobre los prácticos, y la experiencia nos demostró que los esfuerzos por aproximar soluciones correctas en definitiva tuvieron un efecto negativo. El énfasis puesto en ésta metodología imposibilitó el trabajo con problemas complejos, le restó tiempo de desarrollo a los proyectos (desarrollo de programas más complejos y grandes) y a temas inherentes como arreglos, matrices, archivos, punteros y recursividad. En consecuencia y a pesar de la constante preocupación por la enseñanza de la programación se verificaron diversos indicadores que ponían en evidencia una situación problemática que era necesario abordar, algunos de estos indicadores fueron:

- Alta cantidad de alumnos que dejan la asignatura sin agotar todas las instancias evaluativas.
- Los alumnos que alcanzan la condición de regulares en la asignatura ingresan a segundo año con graves falencias en cuanto a la construcción de algoritmos y a conceptos fundamentales que luego son de utilidad a lo largo de toda la carrera y en su actividad profesional.
- Escasa destreza en los alumnos para desarrollar algoritmos de mediana o alta complejidad.
- Poca ejercitación a lo largo del curso como resultado del método aplicado para el desarrollo de algoritmos.
- Aumento en la complejidad de la resolución, originada en el propio método y que deviene entre otros factores en la dificultad para especificar estados intermedios en los algoritmos, con un mayor énfasis en el caso de determinadas estructuras de datos como los arreglos uni o bidimensionales.
- Falta de apropiación por parte del alumno de la metodología de resolución de problemas propuesta.
- Escasa experiencia en el manejo del lenguaje de programación utilizado en la asignatura.
- Falta de integración de conocimientos con las otras asignaturas de la carrera, especialmente con Lógica Matemática Elemental y con Introducción al Álgebra.

Sobre la base de los problemas detectados se plantearon los siguientes objetivos:

- Lograr que los alumnos mejoren su destreza para solucionar problemas mediante algoritmos correctos, que puedan ser traducidos a un lenguaje de computadora y ser ejecutados en ella.
- Lograr que los alumnos realicen mayor cantidad de ejercicios en clase; de manera acumulada en el subtotal de cada unidad temática; y al término de cada cuatrimestre con respecto a la cantidad que realizaban en el año anterior.
- Aumentar el porcentaje de alumnos que habiendo agotado todas las instancias evaluativas, alcancen la regularidad en la asignatura, medido con respecto al año anterior.
- Mejorar el grado de apropiación del método de desarrollo de algoritmos por parte de los alumnos midiendo la comprensión de éstos respecto a la utilidad de ésta metodología.
- Aumentar el tiempo de contacto de los alumnos con la computadora y anticipar dicho contacto con relación al momento en que se hacía anteriormente (mediados de año).
- Incorporar buenos hábitos de estilo en la escritura de programas.
- Mejorar la interrelación de contenidos de la materia con los contenidos de las otras materias de la currícula.

Descripción de la innovación realizada

Conforme se había planteado en un proyecto de investigación e innovación en la enseñanza de grado presentado oportunamente ante una convocatoria de la Secretaría de Ciencia y Técnica y la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, se fueron implementado una a una las acciones de innovación diseñadas. Estas acciones son enumeradas a continuación:

- Con relación al método de desarrollo de algoritmos hemos propuesto una simplificación de los pasos aplicados en el método anterior, siguiendo la idea de las etapas de Análisis, Diseño, Implementación y Prueba, modificando fundamentalmente la rigurosidad de la especificación y la forma de construcción de los ciclos, que ya anteriormente se hacían partiendo de la definición del invariante.

- En relación a las clases prácticas se ha fortalecido la ejercitación, posibilitando a los alumnos una mayor práctica concreta en la resolución algorítmica de problemas. Esto fue llevado a cabo mediante la inclusión de mayor cantidad de ejercicios por práctica, organizados en orden a su complejidad creciente. Como parte de los cambios se implementó un contacto con computadoras más temprano en el proceso de aprendizaje, a partir de la segunda semana de clases. En cuanto a la escritura de los algoritmos en un lenguaje de programación concreta (generalmente Pascal) se

estimuló y recomendó el cumplimiento de convenciones de escritura previamente establecidas, introduciendo así un estilo de programación.

- Respecto a la integración de conocimientos de otras materias se coordinó la aplicación de los conocimientos de lógica en la medida que eran aprendidos en esa materia por los alumnos, para ello se verificaron semana a semana los contenidos que los alumnos recibían en las otras materias y se incorporaron de manera ordenada.

- En el segundo cuatrimestre se adelantó dos semanas el comienzo de clases para posibilitar la culminación del cursado dos semanas antes que el resto de las materias y permitir de esa manera a los alumnos desarrollar al trabajo final sin superposición con los exámenes parciales de las otras materias.

Dificultades u obstáculos observados

Cómo principal obstáculo al término del 1er cuatrimestre se observó una fuerte deserción de alumnos sin agotar todas las instancias obligatorias. Entendemos que hay causas que escapan a las estrategias de la propia asignatura y que se explican por procesos exógenos a la misma. No obstante en el marco del presente proyecto hemos concluido que es necesario investigar las causas reales de esta deserción, que es necesario preguntar a los propios actores cuales son éstas causas a fin de desarrollar estrategias adecuadas para contrarrestar sus efectos si fuera necesario en el marco institucional.

Investigación evaluativa

Problema y objetivos

El problema que origina la investigación admite múltiples causas, algunas propias de la asignatura y que fueran planteadas anteriormente como lo son: modalidad, visión, recursos y otras de carácter exógeno. El objetivo de la evaluación es determinar en qué medida las acciones propuestas resuelven los problemas que hemos detectado.

Los problemas fundamentales a abordar tienen que ver con:

- La gran cantidad de alumnos que no pueden alcanzar la condición de regularidad y que por lo tanto quedan en condición de alumnos libres.
- Las graves falencias en temas básicos que presentan en años superiores los alumnos que regularizan y aprueban la asignatura. Temas específicos como la construcción de algoritmos, con acciones, funciones, pasaje de parámetros, especificación, abstracción e implementación.
- La escasa destreza en los alumnos para desarrollar algoritmos de mediana o alta complejidad.
- La poca ejercitación a lo largo del curso como resultado del método aplicado en años anteriores.
- El aumento en la complejidad de la resolución de los problemas producto no de tratarse de problemas difíciles sino de la utilización del método de derivación de programas utilizado.
- La falta de apropiación de la metodología de resolución de problemas propuesta por parte de los alumnos.
- La escasa experiencia en el manejo del lenguaje de programación utilizado en la asignatura.
- La escasa integración de la asignatura con las otras materias de la carrera, especialmente con Lógica Matemática Elemental y con Introducción al Álgebra.

En función de estos problemas los objetivos que nos planteamos son:

- Mejorar la destreza de los alumnos para solucionar problemas de mediana complejidad mediante algoritmos correctos, que puedan ser traducidos a un lenguaje de computadora y ejecutados en ella.

- Aumentar el porcentaje de alumnos que regularizan la asignatura con relación al año anterior.
- Aumentar la cantidad de ejercicios resueltos en las clases de trabajos prácticos.
- Incorporar al menos un problema de mediana complejidad por cada guía de trabajos prácticos.
- Anticipar dos meses el contacto con la práctica concreta en computadora, es decir, con la implementación.
- Utilizar para la especificación de los problemas un lenguaje semiformal.
- Utilizar la especificación para conocer mejor el problema a solucionar pero no derivar el algoritmo a partir de ella.
- Incorporar el tema de Recursividad, de manera coordinada con Introducción al Álgebra estableciendo la relación entre este tema y el principio de inducción.

Metodología

Por la temática a tratar la metodología a que se utilizó fué cualitativa-cuantitativa. Para ello se realizaron:

- Observaciones de clases prácticas en aula y en computadora.
- Recopilación de una muestra representativa de ejercicios resueltos que los alumnos fueron entregando en cada práctica y que fueron corregidos con devolución de resultado.
- Recopilación de una muestra representativa de proyectos (primero y segundo) entregados por los alumnos agrupados, con corrección y devolución de resultados.
- Análisis de una muestra representativa de parciales y recuperatorios identificando los temas que presentaban mayor dificultad entre los alumnos.
- Encuesta a los alumnos recursantes promediando el cuatrimestre y encuesta a los alumnos regulares al final del año, comparación de resultados con respecto a otros años.
- Encuesta a docentes y correlación de resultados con la misma encuesta realizada a los alumnos.
- Identificación de los temas que presentaron mas dificultades a los alumnos durante los exámenes finales, se sistematizó esta información mediante planillas preparadas al efecto.
- Calculo y análisis de datos cuantitativos sobre la base de aprobados y no aprobados en la diversas instancias de evaluación, relación con las asistencia, con los ejercicios prácticos y los proyectos realizados a lo largo del año, etcétera

Resultados preliminares

Análisis de encuestas

Al término el año 2003 se realizó entre los alumnos regulares una encuesta de caracter cualitativo con el objeto de conocer aspectos relacionados con la asignatura y con la apreciación que hacían los alumnos de ella. Entre los resultado más significativos se pudo identificar una fuerte predisposición por parte de los alumnos a la práctica en computadora, actividad que consideraron como “la que más les gustó”. Con relación al método de desarrollo de algoritmos y en particular la utilización de formalismos tuvo una aceptación que podríamos llamar moderada. Consultados sobre “si les había ayudado a resolver problemas un 54% respondió que más o menos y un 22% se inclinó por la negativa.

Durante el 2004 se realizó una encuesta a los alumnos recursantes. Esta población fué elegida por la particularidad de que estos alumnos tenían la posibilidad de comparar el método de desarrollo de algoritmos implementado durante 2004 con el que se había utilizado durante 2003. Además éstos alumnos conformaron una única comisión con lo cuál el grupo resultó homogéneo en cuanto a la enseñanza recibida. En la encuesta realizada a éste grupo se obtuvieron resultados significativos. Así, un 95% respondió que desde el punto de vista de la complejidad el método de desarrollo de algoritmos aplicado en 2004 les resultó “más simple” que el aplicado en el año

anterior. No obstante un 64% respondió que aplica el método “sólo a veces”. Estos resultados reflejan que existe una natural inclinación de los alumnos a desafiar las metodologías enseñadas para buscar sus propios métodos. En este punto si bien reconocemos que método de desarrollo de algoritmos es una ayuda para la resolución de problemas algorítmicos, también tiene pretensiones de constituir una forma eficaz y sistemática de obtener algoritmos correctos. Por esto es necesario profundizar en el análisis y la investigación. Entendemos que es necesario establecer la correlación entre los resultados de aprendizaje obtenidos y el grado de utilización que hace el alumno del método de desarrollo de algoritmos, sólo así podríamos estar en condiciones de hacer aseveraciones contundentes, tanto a favor del método de desarrollo de algoritmos como en su contra.

Con relación a los aspectos prácticos los resultados de las encuestas han sido muy positivos puesto que contabilizamos un 95% de alumnos que consideraron que los trabajos prácticos realizados contienen más ejercitación y el tiempo que se dedicó en clases para resolverlos permitió realizar la mayoría. El 77% coincidió en que los ejercicios estaban ordenados según su complejidad de forma creciente, lo cuál permitió resolverlos sin mayores dificultades. El 86% coincidió en que la cantidad de ejercicios propuestos en las prácticas fue suficiente para comprender los contenidos de cada unidad temática.

Con relación a la práctica en computadora un 91% coincidió en que “este año (2004) se empezó más temprano la práctica en computadora, esto fue positivo porque me permitió entrar en contacto con la computadora más rápido y poder probar mis algoritmos de forma real”.

Con relación a la integración con otra materias estuvieron de acuerdo en que “en el presente curso se utilizaron conocimientos de otras materias (Cálculo y Lógica) cuando ya los habíamos adquirido” un 55%.

La misma encuesta que se realizó a los alumnos recursantes fue realizada a los docentes de la materia. La apreciación del curso que hacen los docentes refleja una notable coincidencia con los resultados de los alumnos. Las únicas discrepancias notables se plantean en la apreciación que hacen un grupo y el otro respecto al método de desarrollo de algoritmos en el aspecto conceptual, ya que mientras la mayoría de los alumnos opina que es equilibrado en teoría y práctica, los docentes discrepan entre sí opinando la mitad que es más práctico y la otra mitad que es más equilibrado. Idéntico resultado se obtuvo cuando se pregunta en que medida el método es aplicado: los alumnos opinan en su mayoría que “a veces” y los docentes se dividen entre “a veces” y “siempre”.

Un resultado notable de ésta encuesta es que todos los alumnos encuestados aplicaron “alguna vez” o “siempre” el método de desarrollo de algoritmos, mientras que nadie respondió “no lo utilizo”.

Resultados Cuantitativos

Sobre la base de los datos suministrador por el Sistema Integral de Alumnos (SIAL) que depende de la UNRC se pudieron realizar comparaciones entre alumnos inscriptos y alumnos regulares desde el año 1999 al 2004.

La evolución en la cantidad de alumnos regulares en términos absolutos no varió significativamente desde al año 2001, manteniéndose en un promedio de 60 alumnos. No obstante, si realizamos relaciones con respecto al porcentaje de alumnos inscriptos versus alumnos regulares surgen datos significativos. Así se verifica una tendencia significativa en el crecimiento del porcentaje de alumnos regulares con respecto a los que se inscriben, es decir que cada vez es mayor la probabilidad de que un alumno inscripto alcance la regularidad. Si comparamos el año 2003 con el 2004 podemos observar que el porcentaje de alumnos regulares se incrementó del 21% al 31%. También en base a la misma fuente se verifica que cada vez es menor la cantidad de alumnos que quedan libres por magros resultados en los parciales. Si comparamos los años 2002, 2003 y 2004 podemos observar que el porcentaje de alumnos que quedan libres por parcial va en descenso: del 46% en el 2002, al 31% en el 2003 y al 28% en el 2004.

Otro resultado significativo es que el 67% de los alumnos regulares asistió a más del 60% de las clases prácticas, siendo la composición de éste grupo de 29% de alumnos recursantes y 71% de alumnos ingresantes (que cursaron por primera vez la materia.).

De los alumnos que aprobaron en primera instancia el primer parcial, o sea que no tuvieron que usar el recuperatorio, el 77% regularizó la materia.

Debido a que posee gran cantidad de información producto de las actividades realizadas en el año 2004, a la fecha se siguen procesando y analizando resultados que oportunamente serán dados a conocer. Asimismo se está elaborando un nuevo proyecto de investigación-innovación para desarrollar durante el corriente año a los fines de realizar una evaluación continua de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.