

# EL PUZLE I L'APRENENTATGE DE LA PROGRAMACIÓ

PDI responsable de la bona pràctica

Miguel Valero García

Membres de l'equip  
que l'ha desenvolupat i aplicat

Cristina Barrado  
Pablo del Canto  
Antonia Gallardo  
Isabel Gallego  
Rubén Hidalgo  
Juan López  
José Manuel López  
Joshua Tristancho  
Esunly Medina  
Roc Meseguer

Francisco Mochón  
Javier Mora  
Enric Pastor  
Angélica Reyes  
Eva Rodríguez  
Dolors Royo  
Pablo Royo  
Esther Salamí  
Kana Sanjeevan  
Eduard Santamaría

Titulació o titulacions en què  
s'ha realitzat la bona pràctica, i nivell (1r curs, ...)

Enginyeria Tècnica de Telecomunicació – 1r curs

Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació – 1r curs

Grau en Enginyeria Telemàtica – 1r curs

Assignatura o assignatures  
i tipologia (obligatòria, optativa...)

Introducció als Ordinadors –  
Obligatòria

Projecte de Programació – Obligatòria

Àmbit de coneixement UPC

Enginyeria Informàtica

Enginyeries de la Telecomunicació

Alumnat implicat i grups

Nombre total d'alumnat: 3960

La metodologia del puzzle s'ha aplicat a tots els grups  
de totes les assignatures participants

Trajectòria/recorregut

9 anys acadèmics (des del curs 2004-2005)

---

## Resum

Es descriu una experiència formalitzada d'aprenentatge cooperatiu mitjançant la utilització de la metodologia del puzle. Concretament, s'utilitza el puzle com una eina de suport en una assignatura organitzada d'acord amb l'estratègia de l'aprenentatge basat en projectes.

La metodologia del puzle s'ha aplicat a tots els grups de les assignatures següents des del curs 2004-2005: 1. Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, Introducció als Computadors (Q1 de primer curs, 4,5 crèdits) i Laboratori de Programació (Q2 de primer curs, 4,5 crèdits), i 2. Graus en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació i en Enginyeria Telemàtica, Introducció als Ordinadors (Q1 de primer curs, 6 crèdits ECTS) i Projecte de Programació (Q2 de primer curs, 6 crèdits ECTS). Com a part d'assignatures basades en l'aprenentatge basat en projectes es va començar a experimentar en dues assignatures a l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC), en el marc de les proves pilot d'adaptació de titulacions a l'espai europeu d'educació superior (EEES), impulsades per l'antic Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya. Posteriorment es va seguir aplicant aquest model en els nous graus. Aquests anys d'experimentació ens han proporcionat una bona quantitat de resultats i conclusions.

---

## Paraules clau

Tècnica puzle (*jigsaw*)

Aprenentatge basat en  
problemes/projectes  
(ABP o PBL)

Aprenentatge  
cooperatiu (AC)

---

## Presentació

### Context

En el nostre cas, l'aprenentatge cooperatiu s'emmarca en una assignatura orientada a l'aprenentatge basat en projectes i el puzzle s'utilitza com a tècnica bàsica per introduir els conceptes nous que constitueixen el contingut de l'assignatura. Els estudiants (organitzats en grups) han d'aplicar aquests conceptes al desenvolupament del seu projecte de programació d'ordinadors de complexitat baixa-mitjana.

L'assignatura es Introducció als Ordinadors (IO), del primer quadrimestre de primer curs (1A). Es tracta d'una assignatura comuna als graus en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació i de Telemàtica de l'EETAC de la UPC. Encara que es descriu amb detall el puzzle de l'assignatura IO, l'assignatura següent, Projecte de Programació (PP), del segon quadrimestre de primer curs, utilitza també un puzzle. La planificació és similar, la principal diferència és el contingut temàtic dels puzzles. L'objectiu formatiu general de l'assignatura és l'aprenentatge de la programació d'ordinadors en llenguatge C#. L'assignatura té assignats 6 crèdits ECTS. Això significa una dedicació de l'estudiantat de 10 hores setmanals. D'aquestes 10 hores de feina personal, 3 o 4 hores (segons la setmana) corresponen a hores de classe i la resta (7 o 6 hores) són hores de feina addicional per realitzar tasques individuals o en grup. Els grups de classe són de 40 alumnes.

En l'assignatura IO s'utilitza el puzzle en la segona part del quadrimestre. Els grups d'aprenentatge cooperatiu estan formats per tres alumnes, de forma que els coneixements que inclou el puzzle s'han dividit en tres parts:

- Estructures de dades bàsiques
- Funcions
- Fitxers

El contingut de les tres parts que formen el puzzle s'han escollit de forma que, d'una banda, siguin suficientment independents, però, de l'altra, tinguin una certa dependència entre si per poder aplicar els coneixements associats a les tres parts en el desenvolupament del projecte de programació en grup i es produeixi la comprensió global. D'aquesta forma, el nostre puzzle compleix la propietat d'interdependència positiva, tan característica de l'aprenentatge cooperatiu.

## Característiques

El puzzle és una estructura formal d'aprenentatge cooperatiu en què els alumnes estan organitzats en grups i el material d'estudi es divideix en tantes parts com alumnes formen el grup de base. Cada membre del grup estudia individualment la part que té assignada per tal d'esdevenir l'"expert" d'aquest tema del seu grup. Més endavant, membres de grups diferents però que han treballat la mateixa part es reuneixen per aclarir dubtes i aprofundir en el tema. És el que anomenem *reunió d'experts*. A continuació, cada membre del grup es prepara per ajudar els altres membres del grup a aprendre el seu tema. Per aconseguir-ho elaboren un vídeo amb exemples d'exercicis relacionats amb els coneixements de la part del puzzle de la qual són "experts". Cada membre del grup visualitza els vídeos preparats pels seus companys i avalua la qualitat d'aquests vídeos. Finalment, el grup ha d'enfrontar-se a una tasca comuna, en la qual hauran d'aplicar els coneixements de les tres parts estudiades i s'avaluaran els coneixements adquirits individualment i en grup. És en aquesta part, que anomenem *exercici d'integració*, en què es produeix la comprensió global dels continguts del puzzle, ja que es necessiten les tres parts que s'han estudiat de manera independent. Aquest exercici d'integració és la primera versió simplificada del projecte de programació C# que els estudiants, organitzats en grups, han de dur a terme en el curs.

---

## Planificació de la bona pràctica i descripció de les activitats que s'han dut a terme

### La nostra versió del puzzle

L'estratègia del puzzle s'utilitza en la nostra assignatura per introduir nous coneixements per aplicar-los al desenvolupament del projecte. El puzzle té una duració de cinc setmanes. Les tasques que ha de fer l'estudiant o estudianta les podem classificar en les tipologies següents:

- Treball individual per esdevenir un “expert” d'un dels temes del puzzle.
- Exercicis d'integració en què s'han aplicar els coneixements de totes les parts del puzzle: individuals i en grup.

A continuació es descriuen les tasques que han de realitzar els estudiants al llarg d'aquestes cinc setmanes, classificades segons que es desenvolupin dins o fora de la classe. Les activitats corresponents a cada setmana que no estan relacionades amb el puzzle no s'enumeren. Per cada setmana també s'enumeren les evidències que han de lliurar els estudiants, individualment o en grup, relacionades amb les tasques del puzzle planificades setmanalment.

### Primera setmana (setmana 6)

#### *Dins de la classe: 15 minuts*

- Presentació del puzzle: el professor o professora fa una presentació breu del puzzle i del seu contingut.
- Repartiment de tasques: es fa el repartiment entre els membres del grup dels temes del puzzle. Els temes són: “Advanced Structured Data Types in C#”, “Functions in C#” i “Files in C#”.

#### *Fora de la classe: 3 hores*

- Primeres tasques d'aprenentatge individual (expert): pràctiques guiades amb resolució d'exercicis i qüestionaris d'autoaprenentatge.

#### *Lliuraments:*

- Cap lliurament relacionat amb el puzzle.

## Segona setmana (setmana 7)

### *Dins de la classe*

- Cap activitat formativa relacionada amb el puzle.

### *Fora de la classe: 1 hora 30 minuts*

- Preparar dubtes sobre el tema assignat (30 minuts).
- Avaluar dels vídeos d'exemple (1 hora): els vídeos són el recurs formatiu que utilitza l'estudiantat "expert" en un tema per ajudar els seus companys de grup a aprendre'l.

### *Lliuraments*

- **7.2:** avaluació individual dels vídeos d'exemple mitjançant una plantilla d'avaluació (rúbrica) de la presentació oral (tasca relacionada amb l'assoliment de la competència de comunicació oral al primer nivell competencial).

## Tercera setmana (setmana 9)

### *Dins de la classe: 3 hores*

- Reunió de grup per acordar la valoració dels vídeos i debat amb el professorat: activitat formativa que prepara l'estudiantat per avaluar els vídeos que han elaborat els companys de grup per ajudar-los a aprendre les parts del puzle.
- Reunió d'experts para clarificar dubtes: els grups d'"experts" es reuneixen per compartir i clarificar dubtes sobre el tema del puzle del qual són "experts".
- Exercici d'aprofundiment dels grups d'"experts": exercici per aprofundir en l'aprenentatge dels coneixements de la part del puzle que han estudiat els "experts".
- Preparació d'exercicis amb solucions dels companys: han d'elaborar uns quants exercicis per ajudar els companys de grup a aprendre la part del puzle de la qual són "experts". Aquests exercicis poden ser els que formen part del vídeo que han d'elaborar.

### *Fora de la classe: 7 hores*

- Preparar un vídeo per explicar el tema assignat (4 hores): l'estudiantat ha de preparar un vídeo amb els aspectes bàsics del tema i amb exercicis per poder consolidar l'aprenentatge.
- Veure els vídeos preparats pels companys i fer-ne l'avaluació (1 hora 30 minuts): l'estudiantat ha de visualitzar els vídeo dels experts del seu grup i fer-ne una valoració mitjançant la rúbrica. Això permet als companys fer una versió millorada del vídeo que incorpori aquests suggeriments. Aquesta versió millorada serà avaluada pel professorat.
- Fer exercicis proposats pels companys (1 hora 30 minuts): fer els exercicis dels dos temes del puzzle que han fet els companys de grup i després consultar les solucions. Fer un informe d'autoavaluació en què s'especifiqui si s'han fet bé els exercicis i quin són els errors comesos.

### *Lliuraments*

- **9.1:** exercici proposat pel professorat a cada grup d'"experts", sobre materials del puzzle, que funciona correctament en l'ordinador, al final de la sessió (demostració a la classe).
- **9.2:** vídeo amb l'explicació sobre el tema de cada "expert", juntament amb la petita col·lecció d'exercicis i solucions (campus virtual).
- **9.3:** avaluació de la qualitat de cadascun dels vídeos dels companys (campus virtual).
- **9.4:** informe d'autoavaluació dels exercicis dels companys (campus virtual).

## Quarta setmana (setmana 10)

### *Dins de la classe: 4 hores*

- Clarificació dels dubtes en grup: el grup de base es reuneix per discutir i clarificar els dubtes i intercanviar les solucions dels exercicis.
- Explicació del professorat sobre temes del puzzle: el professorat comenta els dubtes més comuns detectats i fa un resum dels conceptes més importants dels tres temes del puzzle.

- Exemple de pas de paràmetres per referència: el professorat il·lustra el concepte de pas de paràmetres en C# mitjançant exemples.
- Inici de l'exercici d'integració: el professorat exposa l'exercici d'integració dels coneixements del puzzle. El professorat planteja una versió molt simplificada de l'exercici d'integració, que l'estudiantat haurà de completar i ampliar.

#### *Fora de la classe: 6 hores*

- Repassar la pràctica sobre el pas de paràmetres i exercici d'integració (1 hora): es visualitzen els vídeos que ha elaborat l'equip de professors sobre aquests temes.
- Preparar la nova versió del vídeo sobre tema assignat (1 hora 30 minuts): aquesta versió millorada del vídeo que incorpora els suggeriments dels companys de grup és avaluada pel professorat.
- Fer l'estudi individual d'altres parts del puzzle (1 hora 30 minuts): ara és el moment d'estudiar de forma individual les altres dues parts del puzzle. Els estudiants han de respondre un qüestionari de preguntes d'integració de les tres parts del puzzle. També disposen del material elaborat pels companys de grup (vídeo i exercicis amb solucions) i del material d'autoaprenentatge elaborat pel professorat.
- Continuar en grup l'exercici d'integració (2 hores): els membres de cada grup de base ha de reunir-se i continuar la tasca d'acabar l'exercici d'integració que es va començar a la classe.

#### *Lliuraments*

- **10.1:** dubtes comuns sobre els temes del puzzle (en paper): dubtes del grup de base sobre els temes del puzzle.
- **10.3:** versió millorada del vídeo sobre el tema estudiat (campus virtual): vídeo millorat que incorpora els suggeriments dels companys de grup. Aquest vídeo serà avaluat pel professorat.



## Quinzena setmana (setmana 11)

*Dins de la classe: 3 hores*

- Demostrar l'exercici d'integració: cada grup base ha de mostrar al professorat l'exercici d'integració del puzzle que funciona correctament.
- Iniciar l'exercici individual d'ampliació: el professorat proposa a cada membre del grup de base una ampliació individual de l'exercici d'integració del puzzle d'acord amb l'enunciat del projecte. El primer prototip del projecte de programació és pràcticament l'exercici d'integració.

*Fora de la classe: 6 hores*

- Cap tasca relacionada amb el puzzle.

*Lliuraments*

- **11.1:** exercici d'integració que funciona correctament (campus virtual): cada grup de base ha de lliurar a ATENEA el seu exercici d'integració del puzzle que funciona correctament.

A partir d'aquesta setmana, un cop finalitzat el puzzle, la planificació del curs se centra en el desenvolupament del projecte. El primer prototip del projecte coincideix pràcticament amb l'exercici d'integració amb les ampliacions individuals proposades. Fins que finalitza el curs, els grups de base han d'acabar el segon i últim prototip del projecte, que consisteix a afegir noves funcionalitats més complexes al primer prototip, d'acord amb l'enunciat.

---

## Avaluació i resultats

Aquest anys d'experimentació ens han proporcionat una bona quantitat de resultats i conclusions. Els més importants s'organitzen en tres parts: el rendiment acadèmic, les reaccions de l'estudiantat i les reaccions del professorat.

Rendiment acadèmic: un dels resultats més evidents i immediats ha estat la reducció de l'abandonament, que era un problema a les nostres assignatures abans dels canvis introduïts el curs 2004-2005 . No era estrany que el 50 % dels estudiants deixés d'assistir a classe durant el curs, especialment a les sessions de classe de teoria. En el nou escenari, l'abandonament es redueix a conseqüència de les moltes

estratègies de motivació que s'utilitzen durant el curs (pla d'activitats molt guiat, el treball en grup, el projecte, etc.). En els últims cursos l'abandonament es troba al voltant del 6-7 %. Hem observat també un augment en la proporció d'estudiants que aproven l'assignatura. Un percentatge d'aprovat del 50 % era habitual abans dels canvis, mentre que aquest percentatge en els últims cursos es troba al voltant del 60-70 %. A més, aquest increment de rendiment s'ha produït en paral·lel amb una reducció de la nota de tall a la nostra escola, que en els últims anys ha passat aproximadament de 6,5 a 5,0. En relació amb els resultats acadèmics, hem de dir que durant aquests anys de desenvolupament del nou escenari, el sistema de control de qualitat de l'EETAC no ha donat cap senyal que pugui haver-hi problemes amb el nivell de coneixements d'informàtica a les assignatures més avançades que requereixen aquests coneixements. Així doncs, el nou escenari produeix un nivell d'aprenentatge no inferior a l'anterior, però amb una eficiència més gran.

**Reacció de l'estudiantat:** en general, als estudiants els agrada treballar en grup i no es resisteixen a ser avaluats en grup. L'estudiantat aprecia un molt bon nivell d'aprenentatge. Per acabar els aspectes positius de les reaccions, l'estudiantat aprecia un curs molt ben organitzat, amb instruccions clares sobre el que s'ha de fer i quan, i valora molt positivament la manera en què s'utilitza el campus virtual per facilitar el procés. Al costat negatiu, l'estudiantat es queixa de la quantitat d'hores que s'ha de dedicar a les nostres assignatures. Tenim una planificació per omplir totes les hores corresponents al nombre de crèdits ECTS i tenim un sistema de recollida de dades que ens permet afirmar que l'estudiantat no dedica més temps del que s'estimava (de fet, dediquen lleugerament menys temps del previst). Als estudiants no els agrada treballar amb lectures, problemes, exercicis o projectes sense una classe prèvia que inclogui la teoria. Finalment, els estudiants manifesten un cert nivell de frustració durant el curs, quan no poden completar el treball, resoldre exercicis o avançar en el projecte. Aquest també és un resultat natural de la utilització de mètodes actius.

**Impressions del professorat:** en considerar la nostra experiència com a professorat en el nou escenari, el primer que hem de dir és que aquesta experiència ha estat

fortament condicionada pel fet que som un grup nombrós de professorat que compartim la mateixa visió i les mateixes estratègies. Una de les dificultats és l'augment en la càrrega de treball, sense un reconeixement institucional adequat. La càrrega de treball és especialment alta en la fase de posada en marxa, quan s'ha de preparar el nou material (guies d'estudi, definició del projecte, criteris de qualitat, etc.). L'esforç requerit en el nou escenari pot tenir fruits limitats si s'aplica només en algunes assignatures aïllades d'uns quants crèdits ECTS. En el nostre cas, hem estat capaços de treballar amb dues assignatures consecutives de 6 ECTS cadascuna. Una altra dificultat important té a veure amb l'avaluació i, en particular, amb la necessitat d'aconseguir un bon equilibri entre l'avaluació individual i la grupal. Al costat més positiu, hem de dir que en el nou escenari el professorat tendeix a millorar la seva opinió sobre actituds i capacitats de l'estudiantat. El nou escenari ens planteja també una gamma molt més àmplia de temes que es poden considerar i discutir respecte a la nostra tasca com a docents.

---

## Plans de millora contínua

Des de la implantació dels nous graus adaptats a l'EEES (i també en els antics) s'ha establert un pla de recollida sistemàtica d'opinions de l'estudiantat i del professorat sobre el desenvolupament del curs i s'utilitzen aquestes dades com a motor d'un procés de millora continuada. Aquest pla de millora està inspirat en l'anomenada *roda de Deming* o *cicle PDCA* (*plan, do, check, act*).

Encara que l'objectiu principal de la recollida de dades és disposar d'informació al final del curs per dur a terme el procés de millora contínua, algunes dades es poden i s'han d'utilitzar durant el curs per prendre mesures de caràcter immediat per tal de millorar-ne algun aspecte.

Les dades que es recopilen són les següents:

- Temps de dedicació de l'estudiantat a realitzar les tasques planificades setmanalment. En concret es pregunta, quant de temps han dedicat a les activitats de la setmana i quin percentatge del treball previst han realitzat amb el temps de dedicació.

- Opinió de l'estudiantat sobre el curs i les activitats formatives associades. En concret s'utilitzen diferents instruments: qüestionaris d'incidències crítiques (CUIC) cada 4 setmanes, enquestes específiques sobre algun aspecte que ens interessi especialment i una enquesta final de curs que és una simplificació i adaptació de l'enquesta SEEQ.
- Opinió del professorat: és essencial prendre nota de forma sistemàtica de totes les incidències que es van produint durant el curs per tal de poder analitzar-ne el desenvolupament i prendre mesures correctives, si cal, abans de l'inici del nou curs.
- Rendiment acadèmic: s'han de recopilar les dades del rendiment acadèmic de l'estudiantat per poder fer una anàlisi dels aspectes en què l'alumnat té més dificultats d'aprenentatge i que puguin millorar.

Durant tots aquests anys d'experiència hem pogut detectar aspectes del curs que es poden millorar. Per exemple, adaptar la planificació temporal d'algunes tasques, millorar la documentació d'autoaprenentatge, modificar alguns exercicis bàsics, incloure algun exercici nou d'algun concepte, etc. En aquests moments el contingut del curs ha arribat a un estat bastant estable i les modificacions i millores són d'un abast reduït.

---

## Referències

Aronson, E., Blaney, N., Stephin, C., Sikes, J. & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company.

Aronson Elliot, <http://www.jigsaw.org>

Chickering, A.W. and Gamson, Z.F., “Seven principles for good practice in undergraduate education”, *American Association for Higher Education Bulletin*, March 1987.

Deming, W. Edwards. *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos, 1989.

Gibbs, G., “Conditions Under Which Assessment Supports Students’ Learning”. *Learning and Teaching in Higher Education*, Issue 1, 2004.

Markham, T., “Project Based Learning, a guide to Standard-focused project based learning for middle and high school teachers”, *Buck Institute for Education*, 2003.

Marsh, H., “SEEQ: A reliable valid and useful instrument for collecting students evaluations of university teaching”, *British Journal of Educational Psychology*, 52, pp. 7-95, 1982.

Marsh Herbert W. and Roche Lawrence A. *The use of Sudents' Evaluations of University Teaching To Improve Teaching Effectiveness. Final Project Report* (June, 1994). University of Western Sydney, Macarthur.