

# 13

Fecha de presentación: octubre, 2018

Fecha de aceptación: diciembre, 2018

Fecha de publicación: febrero, 2019

## ASIGNACIÓN

DE UNIDADES DE APRENDIZAJE A DOCENTES MEDIANTE ACO

### ASSIGNMENT OF LEARNING UNITS TO TEACHERS BY ACO

Amilkar Puris<sup>1</sup>

E-mail: [apuris@uteq.edu.ec](mailto:apuris@uteq.edu.ec)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7288-7451>

Pavel Novoa<sup>1</sup>

E-mail: [pnovoa@uteq.edu.ec](mailto:pnovoa@uteq.edu.ec)

Yaima Trujillo<sup>1</sup>

E-mail: [ytrujillo@uteq.edu.ec](mailto:ytrujillo@uteq.edu.ec)

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Puris, A., Novoa, P., & Trujillo, Y. (2019). Asignación de unidades de aprendizaje a docentes mediante ACO. *Universidad y Sociedad, 11(2)*, 94-98. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

#### RESUMEN

En este trabajo se define el problema de asignación de docente a unidades de aprendizaje (asignaturas). Este problema es de gran interés en el ámbito universitario del Ecuador, debido a que la planta docente está compuesta principalmente por profesores contratados y dicho contrato dura solo 6 meses. Esto provoca que todos los semestres existan cambios en la asignación de profesores a las asignaturas y muchas veces las asignaciones no se realizan de manera correcta. Para modelar este problema se definieron 3 parámetros a partir de una encuesta realizada en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Los resultados mostraron que, la experiencia laboral, la formación de 4to nivel y la preferencia del docente representan las características principales que se deben de tener en cuenta para el proceso de asignación. El objetivo es encontrar una asignación completa de docentes a unidades de aprendizajes que maximice una función de afinidad que agrega ponderadamente los 3 parámetros antes mencionados.

**Palabras clave:** Asignación de recursos, distributivos, ACO.

#### ABSTRACT

In this paper, the problem of teacher assignment to learning units (subjects) is defined. This problem is of great interest in the university environment of Ecuador, because the teaching staff is composed mainly of hired teachers and this contract lasts only 6 months. This causes that in all semesters there are changes in the allocation of teachers to the subjects and often assignments are not made correctly. To model this problem, 3 parameters were defined based on a survey conducted at the Faculty of Engineering Sciences of the State Technical University of Quevedo (UTEQ). The results showed that the work experience, the 4th level training and the preference of the teacher represent the main characteristics that must be taken into account for the allocation process. The objective is to find a complete assignment of teachers to units of learning that maximizes an affinity function that adds weightedly the 3 parameters mentioned above.

**Keywords:** Assignment of resources, distributives, ACO.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad Ecuador está enmarcado en realizar cambios estructurales para lograr una educación universitaria de excelencia. En este sentido se han realizado algunas normativas que obligan a que los docentes puedan impartir asignaturas totalmente relacionadas con la formación de posgrado.

Otro aspecto importante que está sucediendo, es que el claustro es muy dinámico. El personal titular de las universidades es insuficiente por lo que hay que contratar profesores ocasionales por periodos cortos.

Estos factores hacen que todos los semestres haya que hacer nuevas distribuciones de asignaturas que dependen del claustro contratado.

La asignación óptima de recursos a unidades de Aprendizaje (UA) a en instituciones educativas (Aballay & Klenzi, 2010) ha sido reconocida como un problema de difícil solución, el cuál Wren lo define como *“un problema de asignación, sujeto a un conjunto de restricciones y recursos disponibles en un espacio de tiempo, de tal manera que se satisfaga en la medida de lo posible un conjunto de objetivos deseables”* (Wren, 1996). Aunque Wren define un problema de asignación de más recursos como aulas, docentes y horas clase a diferentes cursos para diferentes UA, la situación que se plantea para la asignación de distributivos es un problema similar.

El problema presenta una serie de características que son comunes a todos los sistemas de elaboración de distributivos que siguen el modelo de creación de distributivos de acuerdo a las capacidades y experiencias de los docentes. El problema de asignación de distributivo radica en programar un conjunto de docentes a un conjunto de UA o asignaturas que satisfaga el conjunto de restricciones que tienen ambos, considerando el número de horas que debe estar un docente asignado a dar clases, el número de horas que necesita ser impartida una asignatura, las áreas a las que pertenecen los títulos de los docentes, su experiencia laboral impartiendo las asignaturas, la preferencia por una asignatura, entre otras restricciones que complejizan la solución del problema.

La investigación plantea una solución mediante el uso de la inteligencia artificial con la utilización y adaptación de un algoritmo basado en colonia de hormigas. Ant Colony Optimization (ACO) (Dorigo, 1992), en inglés, es una técnica probabilística para solucionar problemas computacionales que pueden reducirse a buscar los mejores caminos o rutas en grafos (Mao, Xiao Yu & Chen, 2015).

Para el caso planteado, se hará uso del algoritmo Sistema de Hormigas (AS) (Dorigo, Maniezzo & Colorni, 1996) con

la finalidad de ofrecer posibles distributivos (Peñuela, Franco & Toro, 2008) o soluciones para que la parte administrativa de la FCI de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo pueda tomar las decisiones basadas en soluciones propuestas por el algoritmo.

## DESARROLLO

Con la finalidad de recopilar información útil y necesaria para la investigación se entrevistó a profesionales que están directamente vinculados en la asignación manual de distributivos de la FCI en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El objetivo fue identificar los parámetros que se tienen en cuenta para la creación de los distributivos.

Gran parte de la investigación desarrollada está fundamentada en la investigación bibliográfica de libros y publicaciones de revistas, por ejemplo: Revista Uniciencia con el artículo “Implementación de un algoritmo genético para la asignación de aulas en un centro de estudio” (Solano, Sabatier, Marín & Picado, 2008) donde se presenta el modelo de un algoritmo genético clásico para la asignación de aulas teniendo en cuenta parámetros como capacidad tecnológica y tamaño del aula entre otros. Otro trabajo publicado en la Revista Educación en Ingeniería“. Asignación de horarios de clases universitarios mediante algoritmos evolutivos” (Hernández, Miranda & Rey, 2008); presenta una solución para la distribución de horarios de clases en un centro académico, partiendo de un algoritmo evolutivo los autores logran obtener soluciones prometedoras a este problema.

Una situación relevante en este tema es que no encontré bibliografía actualizada específicamente en la asignación de profesores a unidades de aprendizaje. Según se deduce esto ocurre porque no es común en el ámbito universitario del mundo, que el claustro de profesores sea tan dinámico y se estén cambiando constantemente de materias.

Para cumplir con el objetivo del tema planteado el desarrollo de la investigación se dividió en 5 etapas: descripción de los parámetros que vinculan a un docente con una unidad de aprendizaje, construcción de la función objetivo, acoplamiento del algoritmo Sistema de Hormigas al problema de estudio, generación de datos simulados y análisis de los resultados.

### Definición de los parámetros:

Los parámetros que se han considerado para relacionar a un docente con una unidad de aprendizaje (UA) son los siguientes:

- $W(m \times n)$  – Relación del título de tercer nivel con el área a la que pertenece un docente,  $w_{ij} \in [1.5]$ , donde 5 describe total pertinencia y 1 ninguna.
- $V(m \times n)$  – Número de veces que ha impartido una unidad de aprendizaje,  $v_{ij} \in \mathbb{N}$ .
- $U(m \times n)$  – Preferencia de una unidad de aprendizaje por parte de un docente  $u_{ij} \in [1.5]$ .

Con esta información se construyó una matriz  $A_{(m \times n)}$  de afinidad o relación total entre cada docente y cada unidad de aprendizaje sumando ponderadamente las matrices anteriores:

$$A = 0.5W + 0.3V + 0.2U \quad (1)$$

Otro parámetro utilizado por la aplicación es la distribución de horas que tienen las unidades de aprendizaje y los docentes. Donde  $h_{(1..m)}$  representa un vector de entero con las horas de cada unidad de aprendizaje y para el caso de los docentes se establecieron 3 tipos,  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  con un máximo de 10, 15, y 25 horas respectivamente.

```
//UA1 UA2 UA3 UA4 UA5 UA6 UA7 UA8 UA9
{0.8, 0.1, 0.1, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1, 0.8}, //D1
{0.1, 0.7, 0.2, 0.1, 0.2, 0.1, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1}, //D2
{0.2, 0.2, 0.5, 0.1, 0.1, 0.2, 0.0, 0.1, 0.2, 0.2}, //D3
{0.1, 0.1, 0.2, 0.6, 0.1, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1}, //D4
{0.2, 0.2, 0.1, 0.2, 0.9, 0.1, 0.0, 0.2, 0.3, 0.5} //D5
```

Figura. 1. Ejemplo de matriz A para 5 docentes y 9 unidades de aprendizaje.

La figura 1 presenta el porcentaje de relación entre los docentes (fila) y las unidades de aprendizaje (columna). La intersección entre D3 y UA6 de la nos informa que el Docente 4, que bien podría ser el docente “Pepe”, y la UA6, que bien podría ser la unidad de aprendizaje “Fundamentos de programación”, tiene un porcentaje de relación del 40%. También se puede apreciar en esta ilustración que D3 tiene más posibilidades de dar la UA3 porque tiene el porcentaje de relación más alto con respecto a las demás UA.

### Definición de la función Objetivo

La función objetivo se define como la afinidad total de la asignación realizada y el objetivo es maximizar dicha función.

$$F(X, A) = \sum_i^m \sum_j^n x_{ij} * a_{ij} \quad (2)$$

Donde X representa una matriz binaria con la asignación final  $x_{ij}=1$  significa que fue asignado el docente  $i$  a la unidad de aprendizaje  $j$ , en caso contrario  $x_{ij}=0$

### Definición del Sistema de colonia de hormigas.

Para aplicar el Sistema de Hormigas, se define un grafo  $G=(V,A)$  totalmente conexo, donde el conjunto de vértices  $V$  representa las unidades de aprendizaje y los arcos la relación entre estas.

En el proceso de búsqueda cada hormiga realiza de forma independiente las siguientes acciones:

1. Moverse de un nodo  $i$  a otro nodo  $j$ : Esto ocurre a partir de una función heurística (ecuación 4) que utiliza la afinidad de las unidades de aprendizaje por parte de los docentes (ecuación 3) y lo interesante que han sido para la colonia (rastros de feromona, ).

$$\eta_{ij} = 1 - \frac{1}{1 + \sum_{k=0}^T a_{kj}} \quad (3)$$

Donde  $T$  representa el conjunto de docentes que aún tienen horas disponibles.

Por su parte la ecuación 4 representa la probabilidad de seleccionar la unidad de aprendizaje  $j$  a partir de la unidad  $i$ .

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij} * \eta_{ij}}{\sum \tau_{ij} * \eta_{ij}} \quad (4)$$

2. Asignar un docente a una unidad de aprendizaje: En esta acción cada hormiga selecciona de los docentes con horas disponibles el que mayor afinidad tiene con la unidad de aprendizaje en que se encuentra el agente.
3. Actualiza los rastros de feromona: Este proceso lo efectúa cada hormiga ( $k$ ) cuando encuentra una asignación completa y la actualización se aplica en función de la calidad de la asignación ()

$$\tau_{ij} = 0.1\tau_{ij} + \Delta L^k \quad (5)$$

El funcionamiento del algoritmo Sistema de Hormiga para la asignación de Docentes a Unidades de Aprendizaje se presenta en la Figura 2 y se resume de la siguiente manera:

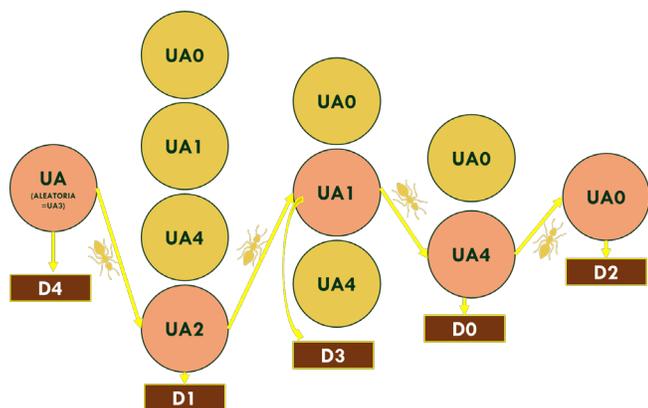


Figura. 2. Representación gráfica del funcionamiento del algoritmo.

Tabla 1. Algoritmo aplicado al problema de asignación.

<b>Entrada: matrices W,V,U</b>
Construir matriz A (ecuación 1) Asignar aleatoriamente cada hormiga a un nodo del grafo. Mientras exista UA sin asignar Para cada hormiga Seleccionar una UA (ecuación 4) Asignar Docente a UA (mayor valor) Fin_ para Fin_ mientras Para cada hormiga Obtener solución Actualizar feromona (ecuación 5) Fin_ para
Salida: Distributivo

La asignación de un docente a una UA se realiza analizando entre los docentes más afines a la UA (mayores valores en la matriz A) aquel que tenga horas disponible. En caso de que no queden docentes disponibles en cuanto a horas, se pasa a asignar de todos t3 (20 horas máximo) el que más tiempo tenga, aunque se pase del límite de horas.

### Generación de datos

Para probar el modelo construido y el algoritmo de Sistema de Hormigas, construimos un escenario con 18 profesores de la facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo con las 54 unidades de aprendizaje que se imparten en la carrera de Ingeniería en Sistemas.

Las matrices W, V y U fueron generadas aleatoriamente entre los valores permitidos en cada caso. Las horas de cada unidad de aprendizaje también fueron generadas de forma aleatoria entre 3 y 6 horas por asignaturas y se

seleccionaron 2 profesores tipo t1, 5 tipos t2 y los restantes 11 de tipo t3.

### Análisis de los resultados

Debido a que los datos fueron generados de forma aleatoria y no se conoce el valor de la asignación óptima, se determinó realizar los siguientes estudios:

1. Analizar la influencia del tamaño de la colonia en la calidad de las soluciones.
2. Analizar la convergencia del algoritmo, para determinar si con el transcurso del proceso de búsqueda se mejoran las soluciones.
3. Identificar el profesor mejor y peor asignado según su afinidad a las unidades de aprendizajes.

Seguidamente se presentan los resultados de cada uno de los estudios.

### Tamaño de la población

De manera general este parámetro determina la cantidad de soluciones que se encuentran en una iteración del algoritmo, lo que en muchos casos se relaciona directamente con la calidad de la solución final.

En este estudio se probó la propuesta con 10, 15 y 20 hormigas en la colonia. La Tabla 2 presenta los resultados del promedio sobre 20 ejecuciones independientes del algoritmo y la desviación estándar, donde se puede apreciar que, aunque el mejor promedio se alcanza con 15 hormigas este resultado no difiere mucho de las otras variantes. En el caso de la desviación estándar tampoco se observa diferencias entre las propuestas y de manera general las 3 variantes se comportan muy similares.

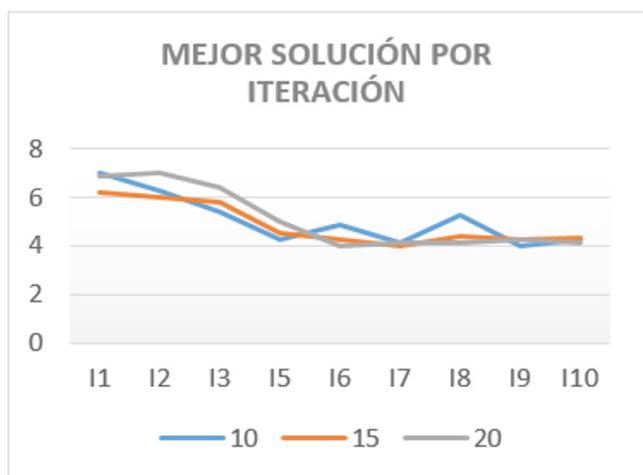
Tabla 2. Resultados comparativos.

<b>Variante</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
10	4.53	0.42
15	4.48	0.54
20	4.57	0.44

El análisis de convergencia tiene como objetivo determinar si el algoritmo es capaz de ir mejorando las soluciones con el transcurso de las iteraciones.

Para analizar este factor se utilizó la Grafica 1, donde se muestra la mejor solución de cada una de las variantes antes descritas. Cada 100 iteraciones se obtuvo la mejor solución encontradas en cada caso. Los resultados muestran que las tres variantes presentaron un nivel de convergencia bastante aceptado, debido a que a medida que aumentan las iteraciones las soluciones mejoran en la mayoría de los casos. La variante con 20 hormigas es la que mayor tasa de convergencia presentó.

Figura 3. Convergencia del algoritmo



## CONCLUSIONES

En este trabajo se definió el problema de asignación de docentes a unidades de aprendizaje, como un primer paso para la creación de un sistema automatizado que realice esta difícil tarea. Entre las características que relacionan un docente con una asignatura definimos tres elementos fundamentales: el título de cuarto nivel, la experiencia en la asignatura y desea de impartirla.

En la construcción del modelo matemático se definió una función ponderada que agrega los valores de estos parámetros para obtener un valor total de afinidad del docente a una unidad de aprendizaje. La función objetivo maximiza la suma los valores de afinidad de las asignaciones realizadas.

En el trabajo se utilizó el algoritmo Sistema de Colonia de Hormigas de la Meta heurística ACO y se definieron una función heurística que permite pasar de una unidad de aprendizaje a otra y asignar el docente más apto para dicha asignatura.

Los resultados demostraron que el tamaño de la colonia de hormigas no es determinante en la calidad de los resultados y en el análisis de convergencia se corrobora que el algoritmo converge en las últimas etapas de la búsqueda.

En la próxima etapa del trabajo se implementa un mecanismo para obtener los parámetros de los docentes de forma online y construir de esta forma un distributivo real, para ayudar a la toma de decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aballay, M. H., & Klenzi, R. O. (2010). Problemas de Asignación de Aulas, Docentes y Materias en instituciones educativas. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/10915/21456/1/1985+-+Problemas+de+Asignaci%C3%B3n+de+Aulas+Docentes+y+Materias+en+Instituciones+Educativas.pdf>
- Dorigo, M. (1992). Optimization, Learning and Natural Algorithms. Milano: Politecnico di Milano.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Coloni, A. (1996). Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Transactions on Systems, 26(1), 29-41. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/484436/>
- Hernández, R., Miranda, J., & A. Rey, P. (2008). Programación de Horarios de Clases y Asignación de Salas para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales Mediante un Enfoque de Programación Entera. Revista Ingeniería de Sistemas, 22, 121-140. Recuperado de [http://www.dii.uchile.cl/ris/RISXXII/horariosUDP\\_RISVersion%20FINAL.pdf](http://www.dii.uchile.cl/ris/RISXXII/horariosUDP_RISVersion%20FINAL.pdf)
- Mao, C., L. Xiao, Yu, X., & Chen, J. (2015). Adapting ant colony optimization to generate soft data for software structural testing. Swarm and Evolutionary Computation. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Adapting-ant-colony-optimization-to-generate-test-Mao-Xiao/cb0b7c62ed2ba6ff796b45a3967a9223e2a63478>
- Peñuela, C., Franco, B., & Toro, O. (2008). Colonia de hormigas aplicada a la programación óptima de horarios de clase. Scientia Et Technica, 14(38), 49-54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/849/84903809.pdf>
- Solano, Y., Sabatier, Marín, M. C., & Picado, L. (2008). Implementación de un algoritmo genético para la asignación de aulas en un centro de estudio. UNICIENCIA, 22(1-2), 115-121. Recuperado de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/3915>
- Wren, A. (1996). Scheduling, timetabling and rostering. A special relationship?. London: Springer-Verlag.