

ASIGNACIÓN DE HORARIOS DE CLASES UNIVERSITARIAS MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS

José Ma. Mejía Caballero

Universidad de La Guajira, Riohacha (Colombia)

Carlos Paternina Arboleda

Universidad del Norte, Barranquilla (Colombia)

Resumen

La asignación de horarios de clases es un problema complejo debido a la cantidad de restricciones que presenta y el criterio con el que se aplican. La asignación de horarios de clases y salones universitarios, es un sistema experto que reproduce el conocimiento adquirido tras años de manejar procesos académicos. Existen universidades que en su proceso de asignación de horarios y salones, generan cruces entre asignaturas, se descubre extensos intervalos entre clases, muestran distancias geográficas para los estudiantes entre jornadas lectivas y manifiestan insatisfacción de los docentes y estudiantes. El conjunto de restricciones que impone la filosofía de la universidad introduce complejas limitaciones diseñadas para minimizar el tiempo que pasan los estudiantes en la ciudadela universitaria y los conflictos entre asignaturas. Esta investigación busca principalmente la resolución de un problema práctico de asignación de horarios de clases, en particular clasificado como un problema de *Timetabling*, frecuentemente presentado en el ámbito académico.

Palabras clave: Asignaturas, horarios, salones

Abstract

Allocation of class schedules is a complex problem due to the amount of restrictions that it poses and the criteria that are applied to the process. The allocation of class schedules and classrooms is an expert system that reproduces the knowledge gained from years of handling academic processes. There are universities that, in the process of allocation of class schedules and classrooms, generate conflicts between subjects, produce long intervals between class sessions, show geographical distances for students among teaching shifts and reveal dissatisfaction expressed by teachers and students. The set of restrictions imposed by the philosophy of the university introduces some complex restrictions designed to minimize the time students spend in the university campus and the conflicts among subjects. This research work seeks to find a solution for a practical problem of allocation of class schedules, a problem classified as a matter of *timetabling* which is often considered a common problem in the academic context.

Keywords: Subjects, scheduling, classrooms

Introducción

El problema de asignación de horarios en universidades radica en programar en un horizonte de planificación (generalmente una semana) las asignaturas que se dictan en un período académico determinado (año, trimestre o semestre), para las distintas asignaturas que las requieren, considerando los profesores necesarios en cada asignatura, los grupos de alumnos que toman un conjunto de asignaturas, los días o períodos disponibles, los salones requeridos de tal manera que pueda optimizar un conjunto de restricciones relacionadas con la organización del sistema de educación. Para la Universidad de La Guajira, el problema está en asignar salones y horas para la práctica docente de cada una de las asignaturas dentro de un marco de horario de cinco (05) días por semana y un máximo de siete (07) períodos por día, de noventa (90) minutos cada período. Cada asignatura requiere de uno (01) a tres (03) períodos a la semana. El problema presenta una serie de características que son comunes a todos los sistemas de elaboración de horarios universitarios que siguen el modelo en el que se pueden repetir asignaturas:

- Cada profesor está encargado de la docencia de una o más asignatura, y éstas pueden encontrarse en salones distintos. Por tanto, cabe la posibilidad, sino se restringe, de que se produzca un conflicto debido a la imposibilidad de que un profesor esté en dos sitios a la vez.
- La Universidad de La Guajira tiene alumnos que provienen de un área geográfica muy amplia y algunos de sus alumnos tienen que desplazarse una gran distancia cada día. Otros de sus estudiantes trabajan, con el fin de pagarse sus estudios. Por tanto, se debe hacer un especial esfuerzo en la planificación por programa de todas las asignaturas y salones de forma que cada uno de ellos se imparta en un bloque tan compacto como sea posible, sin que queden huecos entre la finalización de una clase y el comienzo de la siguiente. Este es un tipo especial de problema de horarios que se suele denominar horario compacto.
- Las asignaturas se imparten en franjas horarias que van desde las 6:30 horas hasta las 12:30 horas y desde las 18:00 horas hasta las 22:30 horas.
- Se permite que un estudiante por semestre matricule hasta siete (7) asignaturas como quiera,

incluso si pretende matricular asignaturas hasta tres (3) semestres siguientes. Sumado al hecho de que la asistencia a clase es obligatoria, el sistema de matrícula impide que un estudiante escoja dos asignaturas con el mismo horario.

- Las asignaturas del plan de estudios pueden estar ligadas entre sí por una serie de relaciones duales llamadas prerrequisitos. Si una asignatura es prerrequisito de otra, no se puede cursar la segunda hasta haber aprobado la primera. Eso quiere decir que es imposible que un alumno esté matriculado simultáneamente en una asignatura y de su prerrequisito. En consecuencia, la forma lógica de situar estas dos asignaturas es utilizar la misma franja horaria en sus respectivos semestres, ya que así se minimiza el riesgo de conflicto que se enunció anteriormente.
- Ciertas asignaturas son extracurriculares y tienen así un horario fijo, que no puede ser modificado durante la planificación de un semestre.

En resumen, se tratará la problemática de organizar y distribuir horarios de clases dentro de un número limitado de recursos, fijos y variables, utilizando para ello, la disponibilidad horaria de cada profesor. Los problemas de programación de horarios en Universidades han sido ampliamente estudiados en la Literatura, entre ellos (Bardadym, 1996).

Formulación del problema

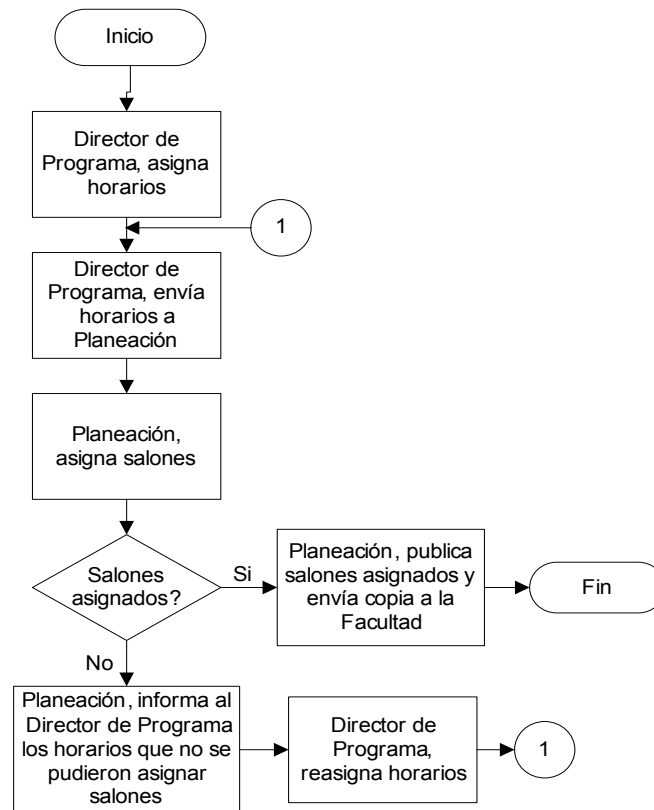
El caso particular, la dificultad de la asignación de horarios de clases y salones en el programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira, que actualmente los asigna manualmente con el siguiente procedimiento, considerando las restricciones obligatorias y deseables descritas anteriormente.

- La asignación de horarios se realiza semestralmente de acuerdo con la malla curricular.
- Cada director de programa elige al docente, dentro de los horarios disponibles, el que más le conviene. Este horario será respetado si es un profesor de tiempo completo en la Universidad y puede ser modificado si el profesor es catedrático.
- Una vez que todos los horarios han sido reunidos, éstos se entregan a la oficina de

Planeación al profesional encargado de asignar los salones para dictar las asignaturas de cada programa de la Facultad de Ingeniería. Si no existen salones disponibles para alguna hora en

particular, se informa al director de programa, quien es el encargado de informar al profesor correspondiente para que éste último decida un nuevo horario.

Figura 1. Procedimiento de asignación de salones, en la Universidad de La Guajira.



En el primer período académico del año 2010, la Universidad de La Guajira tiene 7.243 estudiantes matriculados, coordinados por las decanaturas de Ingeniería (Industrial, Medio Ambiente, Civil y Mecánica), de Ciencias Económicas y Administrativas (Administración de Empresas y Contaduría Pública), de Ciencias Sociales y Humanas (Trabajo Social), de Ciencias de la Educación (Etnoeducación y Proyección Social, Pedagogía Infantil y Licenciatura en Educación Física) y de Ciencias Básicas (Tecnología en Acuicultura y Biología), bajo la responsabilidad de la oficina de Admisiones, Registro y Control Académico, encargada de administrar, procesar y reportar la información académica de cada uno de los estudiantes.

Los directores de programas son los encargados de elaborar semestral y manualmente los horarios de clases, tarea que normalmente requiere varios días de trabajo, produciendo insatisfacción en algunos

aspectos, por ejemplo, un estudiante no podría tomar todos los cursos que desea, debido a que están programados al mismo tiempo, además a un docente se le programan dos asignaturas en el mismo horario, trayendo como resultado problemas de funcionamiento, molestias personales, desprogramación, aunque lo más preocupante es la cantidad de tiempo que se gasta para solucionar los cruces de horarios.

Para realizar la asignación de horarios, los directores de programas no cuentan con una planeación de la información a usar, como por ejemplo, el número de estudiantes por asignatura, lo cual trae como consecuencia que se tenga que abrir un grupo adicional, asignarle un docente disponible y programarlos en un nuevo horario que beneficie a todos.

Con una asignación de horarios de clases automática se elimina el proceso manual que requiere mucho

tiempo y una desgastante y compleja coordinación entre directores de programas, decanos, coordinadores de laboratorios, además de lograr una mejor administración del espacio físico, y evitan que se desaprovechen los espacios físicos.

El problema a modelar consiste en obtener una programación de horarios para cada una de las asignaturas que intervienen, considerando cada una de las restricciones que tiene el problema y buscando maximizar el número total de períodos asignados en espacios de tiempo deseados¹.

Las asignaturas se encuentran dentro de grupos o clases y los profesores ya tienen asignada cada una de sus asignaturas a dictar. Las asignaturas se deben asignar a períodos y salones, en que los períodos pertenecen a los días en que se puede dictar cada asignatura. Cada asignatura tiene preestablecido el profesor que la dicta, una cantidad de período a asignar y el tamaño o cantidad de períodos consecutivos (bloques de períodos) en que debe estar dividida la asignatura. El modelo también considera que pueden existir asignaciones previas para que algunas asignaturas sean dictadas en períodos y/o salones especiales (video beam, aire acondicionado, internet). Por último, se considera que todos los salones están disponibles en todos los períodos del horizonte de planificación.

El objeto de la investigación está en encontrar una solución mediante un procedimiento de optimización metaheurística al problema de asignación de horarios y salones, para el programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira, a través de una técnica no tradicional llamada algoritmos evolutivos.

Para desarrollar las actividades que faciliten la implementación de la técnica no tradicional, se lograrán las siguientes acciones:

- Diseñar un algoritmo que proporcione una solución óptima a la asignación de horarios de clases universitarias con base en elementos estratégicos identificados en la técnica de algoritmos evolutivos, para tomar decisiones acertadas, sin mucho esfuerzo en la recolección y procesamiento de los

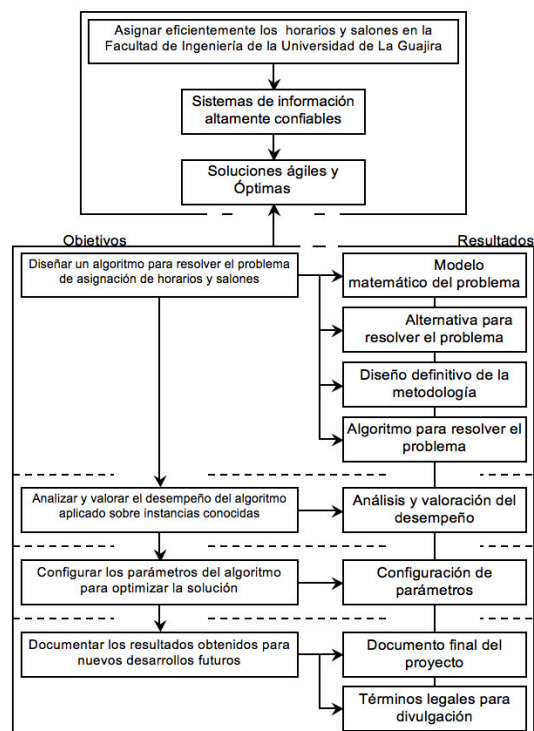
¹ Los períodos deseados se consideran como los períodos determinados por profesores, alumnos integrantes de asignaturas, grupos o unidades académicas.

datos, y en la interpretación de sus resultados, que deben poder obtenerse en un tiempo considerado prudencial.

- Analizar y valorar el desempeño del algoritmo implementado con otros que resuelven el problema de *timetabling* o similares, mediante aplicación directa sobre instancias conocidas; con el objeto de determinar la calidad de las soluciones obtenidas, en términos de cercanía a los mejores resultados registrados.
- Configurar los parámetros del algoritmo para encontrar una asignación que optimice todas o la mayor cantidad de restricciones posibles.
- Documentar los resultados obtenidos con éste algoritmo computacional para identificar sus ventajas y desventajas prácticas, y pueda servir finalmente como base para mejoramientos futuros, su validación en otros entornos o el diseño futuro de nuevas técnicas; esto es, definir directrices para proyectos de investigación posteriores.

¿Se resolverá el problema de asignación de horarios y salones en la Universidad de La Guajira, donde si bien es un problema de optimización, el algoritmo encontrará una solución óptima local teniendo en cuenta soluciones factibles?

Figura 2. Objetivos específicos y resultados esperados de la investigación.



Estado del arte

Para la elaboración de un algoritmo basado en las técnicas metaheurísticas, que entregue solución óptima a un problema de asignación de recursos, es necesario conocer las investigaciones que se han realizado acerca del tema, las técnicas que se

pueden utilizar para resolver este problema y las variables que afectan directamente en éste. Por lo tanto, se describirá en qué consiste el problema de asignación de recursos, cómo se clasifican estos tipos de problemas, cuales son las variables que incluyen en éste, y las técnicas que se pueden utilizar para resolver un problema de éste tipo (Burke,*et al.*,1998).

Tabla 1. Características de Highschool vs University Timetabling.

CARACTERÍSTICAS	HIGH-SCHOOL TT	UNIVERSITY TT
Programación	Por clases	Por estudiantes
Elección	Pocas elecciones Mallas bien estructuradas	Muchas elecciones Mallas débilmente estructuradas
Disponibilidad de profesor	Ajustado (Posee gran carga)	Flexible (Posee carga liviana)
Salones	Pocas salas Mismo tamaño Centralizada	Muchas salas Variedad de tamaño Descentralizada
Carga de estudiantes	Ocupado todo el día	Medianamente holgado Utiliza día y noche
Criterio	Sin conflictos	Mínimos conflictos

Técnicas de resolución utilizadas

Para resolver estos tipos de problemas, se han aplicado diversas técnicas, dentro de las cuales se encuentran dos grandes grupos:

Técnicas tradicionales

Métodos que debido a su forma de buscar, se les denomina métodos completos, ya que recorren todo el espacio de búsqueda, es decir, encuentran todas las soluciones posibles a un determinado problema, sin embargo, estos depende del número de variables que influyen en el problema, es decir, el éxito de estas depende directamente del número de variables que intervienen en el problema (De Werra,1985). Dentro de este grupo podemos encontrar los siguientes tipos: programación entera, programación lineal, *backtracking*, entre otras.

Técnicas no tradicionales

Al contrario de las técnicas tradicionales, éstas no encuentran todas las soluciones posibles a un problema, es decir, acotan el espacio de búsqueda,

por lo mismo caen en la categoría de métodos incompletos (Burke,*et al.*,1998). Dentro de este grupo podemos encontrar los siguientes tipos: recocido simulado (*Simulated Annealing*), algoritmos evolutivos (*Evolutionary Algorithms*), búsqueda tabú (*Tabu Search*), algoritmos voraces (GRASP), redes neuronales (*Neuronal Networks*), entre otras.

Formulación matemática del problema

El inconveniente se afrontará estudiando el caso particular de asignación de horarios de clases y salones del programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira, cuyo problema se tomará mediante un procedimiento de optimización metaheurística, al cual se le aplicará algoritmos evolutivos para encontrar una solución óptima, teniendo en cuenta soluciones factibles, para el problema de *timetabling*.

Modelo General

Se establecerán los recursos necesarios para describir el modelo matemático.

Parámetros

m = cantidad de salones.
 n = cantidad de asignaturas.
 p = cantidad de profesores.
 q = cantidad total de períodos semanales,
 $\forall m,n,p,q \in \mathbb{Z}$
 [a,b] = intervalo de asignaturas correspondientes a un semestre,
 [c,d] = intervalo de períodos correspondientes a un día de la semana.
 K_i = capacidad del salón i en términos de alumnos. $\forall i \in \{1, \dots, m\}$
 C_j = cantidad de alumnos en la asignatura j. $\forall j \in \{1, \dots, n\}$

Es posible entregar una cantidad estimada de los dos últimos parámetros, para el caso de la capacidad del salón i, los salones desde el 1 al 10 entran 40 alumnos y en los salones 11 y 12 la capacidad es de 60 alumnos, bajo esta estimación la cantidad de alumnos en las asignaturas no debiese exceder de 40, considerando 30 alumnos como una holgura.

Variables de decisión

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{si el salón } i \text{ es asignado a la asignatura } j \\ & \text{con el profesor } k \text{ en el período } l . \\ 0 & \text{si no.} \end{cases}$$

$\forall i \in \{1, \dots, m\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall k \in \{1, \dots, p\}, \forall l \in \{1, \dots, q\}$

Restricciones del problema

Restricciones para evitar colisiones (obligatorias):

- Todo salón i puede tener a lo más una asignación en un período.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i, \forall l \quad (1)$$

- Toda asignatura j tiene P_j períodos semanales.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^q X_{ijkl} = P_j \quad \forall j \quad (2)$$

- Toda asignatura j debe tener asignado a lo más un profesor k y un salón i en un período.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall j, \forall l \quad (3)$$

- Todo profesor k debe tener asignado a lo más una asignatura j y un salón i en un período l.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall k, \forall l \quad (4)$$

- Los horarios de las asignaturas de un mismo semestre no deben coincidir en un mismo período.

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=a}^b \sum_{l=1}^m X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall l \quad (5)$$

- La cantidad de alumnos de la asignatura j debe ser menor o igual a la capacidad del salón i.

$$X_{ijkl} \leq 1 + (K_i - C_j) \quad \forall i, j, k, l \quad (6)$$

Función objetivo

Función objetivo global

$$\text{Máx } [f_{og}(x)] = \sum_{x=1}^N f_{ol}(x) \quad \forall x \in \{1, \dots, 350\} \quad (7)$$

Función objetivo local

$$f_{ol}(x) = ((chsl(x) + chsg(x))/2) \times ((chpl(x) + chpg(x))/2) \quad (8)$$

En donde, las variables chsl y chpl representa los conflictos de salones y profesores en un mismo semestre, respectivamente, mientras que chsg y chpg representan los conflictos de salones y profesores entre semestres.

Criterio de optimización

Función objetivo

$$\text{Máx } [f_{og}(x)] = \sum_{x=1}^N f_{ol}(x) \quad \forall x \in \{1, \dots, 350\} \quad (9)$$

Modelo particular

Una vez descrito el modelo general, es necesario adaptar éste al problema práctico de la Universidad de La Guajira, presentando así el modelo particular que se utilizará para resolver el problema de asignación de horarios y salones. La diferencia con el modelo general, se presenta en la descripción de los parámetros: capacidad de salón y cantidad de alumnos en la asignatura.

4.2.1. Parámetros

$$K_i = \text{Capacidad del salón } i \quad \forall_i \in \{1, \dots, 12\}$$

$$C_j = \text{Cantidad de alumnos en la asignatura } j$$

$$\quad \forall_j \in \{1, \dots, 61\}$$

De lo cual se detalla:

1. La cantidad de salones es igual a 12.
2. La cantidad de profesores de jornada completa es igual a 22 y de jornada parcial 47, cabe destacar que ésta cantidad puede ser variable dependiendo de la situación actual.
3. La cantidad total de asignaturas es igual a 61, distribuidas así: 1 a 7 corresponde al primer semestre, 8 a 13 al segundo semestre, 14 a 19 al tercer semestre, 20 a 25 al cuarto semestre, 26 a 31 al quinto semestre, 32 a 37 al sexto semestre, 38 a 43 al séptimo semestre, 44 a 49 octavo semestre, 50 a 55 al noveno semestre y 56 a 61 al décimo semestre.
4. La cantidad total de períodos semanales (q) es 35, considerando siete períodos diarios a partir de 6:30 horas hasta las 12:30 horas y 18:00 horas hasta 22:30 horas; durante los días hábiles.

Variables de decisión

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si el salón } i \text{ es asignado a la asignatura } j \\ & \text{en el período } k \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

$$\forall_i \in \{1, \dots, 12\}, \forall_j \in \{1, \dots, 61\}, \forall_k \in \{1, \dots, 35\}$$

Restricciones del problema

Restricciones obligatorias, para evitar colisiones:

1. Un salón i puede tener a lo más una asignación en un período.

$$\sum_{j=1}^{61} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall_{i,k} \quad (10)$$

2. Una asignatura j tiene P_j períodos semanales.

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{k=1}^{35} X_{ijk} = P_j \quad \forall_j \quad (11)$$

3. Una asignatura debe tener asignada a lo más un salón en un período

$$\sum_{i=1}^{12} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall_j, \forall_k \in \{(1,7); (8,13); (14,19); (20,25); (26,31); (32,37); (38,43); (44,49); (50,55); (56,61)\} \quad (12)$$

4. Los horarios de las asignaturas de un mismo semestre no deben coincidir en un mismo período

$$\sum_{j=a}^b \sum_{k=1}^{12} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall_k, \forall_{(a,b)} \in \{(1,7); (8,13); (14,19); (20,25); (26,31); (32,37); (38,43); (44,49); (50,55); (56,61)\} \quad (13)$$

Función objetivo

Función objetivo global

$$\text{Máx } [f_{og}(x)] = \sum_{x=1}^N f_{ol}(x) \quad \forall x \in \{1, \dots, 350\} \quad (14)$$

Función objetivo local

$$f_{ol}(x) = ((chsl(x) + chsg(x))/2) \times ((chpl(x) + chpg(x))/2) \quad (15)$$

$chsl$ y $chpl$ representa los conflictos de salones y profesores en un mismo semestre, respectivamente, mientras que $chsg$ y $chpg$ representan los conflictos de salones y profesores entre semestres.

Criterio de optimización

Función objetivo

$$\text{Máx } [f_{og}(x)] = \sum_{x=1}^N f_{ol}(x) \quad \forall x \in \{1, \dots, 350\} \quad (16)$$

Donde x representa cada elemento de la matriz, N representa el número total de elementos en la

matriz tridimensional. El valor de N es igual a 350, resultado de multiplicar 7 períodos por 5 días de la semana por 10 semestres que tiene el programa de Ingeniería Industrial.

Alternativa metaheurística (Algoritmo)

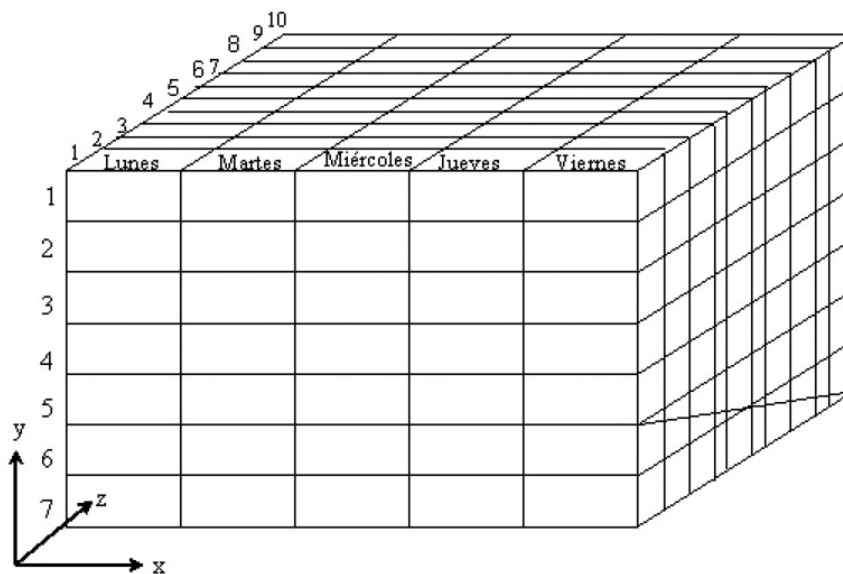
La técnica que se utilizará para hallar la solución se conoce con el nombre de algoritmos evolutivos, una técnica no tradicional y perteneciente a la familia de las metaheurísticas. Con esta técnica se definen un conjunto de elementos requeridos para su utilización tales como: población, descripción

del individuo, representación de operadores genéticos, etc.

Representación del problema

Para utilizar algoritmos evolutivos, es necesario definir una población inicial y ésta será un conjunto de cromosomas. En relación, a los cromosomas éstos serán representados como una matriz tridimensional, cuyos ejes coordenados representan, los cinco (05) días de las semana (eje x), los siete (07) períodos de clases (eje y) y los diez (10) semestres de la carrera de Ingeniería Industrial (eje z), como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Representación cromosoma para el problema timetabling de Uniguajira



Con respecto al gen, éste será definido como el valor que contiene cada elemento de la matriz, que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Representación del gen para el problema de timetabling de Uniguajira

Profesor	Salón	Asignatura
----------	-------	------------

Las variables profesor, salón y asignatura tomarán sus valores correspondientes, es decir, la variable profesor tendrá el nombre del profesor que imparta la asignatura, la variable salón el número de salón en la que se impartirá la asignatura y la variable asignatura corresponde a la disciplina asociada a ésta.

La función evaluación del algoritmo es la siguiente:

$$Máx [fog(x)] = \sum_{x=1}^N fol(x) \quad (17)$$

Donde, se define:

fog : función objetivo global.
 fol : función objetivo local.
 x : representa cada elemento de la matriz.
 N : representa el número total de elementos en la matriz tridimensional. El valor de estos elementos es igual a 350.

Se define, la función objetivo local como:

$$fol(x) = ((chsl(x) + chsg(x))/2) x \\ ((chpl(x) + chpg(x))/2) \quad (18)$$

En donde, las variables $chsl$ y $chpl$ representa los choques de salones y profesores en un mismo semestre, respectivamente, mientras que $chsp$ y $chpg$ representan los choques de salones y profesores entre semestres.

La función evaluación busca evitar los choques de horario en el cromosoma, aplicando la multiplicación para penalizar los genes que presenten choques.

Para resolver el problema de *timetabling* se utilizará el siguiente procedimiento:

$t = 0$

Inicializar población $P_{(t)}$

Evaluar población $P_{(t)}$

Mientras llenar población **hacer**

Ejecutar rueda de ruleta

$P_{(t)}$ = Seleccionar_pareja $P_{(t)}$

$P'(t)$ = Recombinación $P_{(t)}$

Seleccionar individuo $P_{(t)}$

$P'_{(t)}$ = Mutación $P_{(t)}$

Evaluar $P'_{(t)}$

$P_{(t+1)}$ = selecc_entorno [$P'_{(t)}$ U $P_{(t)}$]

$t = t+1$

fin mientras

A continuación, se presenta el código utilizado para calcular el *fitness* acumulado:

Suma=suma total de los fitness de cada individuo de la población

Suma₂ = 0

Para $i = 1$ a 20

Suma₂ = suma₂ + redondear(suma/individuo i)

Próximo i

Fit acum = 0

Para $j = 0$ a 20

Fit acum=fit acum + (((suma/individuo j)/suma₂) * 100)

Próximo j

Conclusiones

En esta investigación se ha caracterizado, por resolver un problema de programación de horarios y salones al programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de La Guajira, a través de la técnica metaheurística de algoritmos evolutivos, obteniendo un *software* que permite resolver problemas de gran tamaño en tiempos computacionales razonables y satisfaciendo niveles de calidad deseados.

Se encontraron soluciones muy buenas dentro del margen de error relativo, obtenidas de optimizar mediante el algoritmo evolutivo, principalmente. El tiempo computacional es sorprendentemente menor de 10 minutos, por lo cual esta alternativa puede resultar muy conveniente en la práctica. En esto radica su ventaja práctica y en la organización de las soluciones para una provechosa gestión. De esto se deduce también que el objetivo general de encontrar una solución mediante un procedimiento de optimización metaheurística al problema de asignación de horarios y salones se haya cumplido a cabalidad.

Para construir el algoritmo fue necesaria la formulación matemática del problema donde se definieron las restricciones obligatorias y deseables para nuestro propósito, así como las variables de decisión, criterio de optimización, entre otros. También se realizó la alternativa metaheurística donde se plasmó la representación del problema, así también se describieron los operadores genéticos, la función objetivo local, etc., y de ahí la puesta en marcha de la solución, definiendo todos los recursos necesarios, fue en este punto donde se decidió diseñar el *software* en *Visual Basic* con base de datos *Access*, herramienta que brinda facilidad para guardar gran cantidad de información.

Si se analizan los resultados obtenidos, estos son buenos, por lo tanto, es posible utilizar algoritmos

evolutivos para solucionar un problema de asignación de recursos, y que la optimización de obtener buenas

soluciones depende en gran medida del algoritmo diseñado y de la herramienta implementada.

Referencias

Bardadym V. (1996). Computer Aided School and University Timetabling. The New Wave. Lecture Notes in Computer Science Series, Vol. 1153, pp. 22-45.

Burke E., De Werra D. y Kingston J. (2003). Applications to Timetabling. Gross y Yellen Editores and Handbook of Graph Theory, pp. 445-474.

Burke E., Jackson K., Kingston J. y Weare R. (1998).

Automated University Timetabling: The State of the Art. The Computer Journal. Vol. 40 N° 9, pp. 565-571.

Carter M. y Laporte G. (1998). Recent Developments in Practical Course Timetabling. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 1408, pp. 3-19.

De Werra D. (1985). An Introduction to Timetabling. European Journal of Operational Research. Vol. 19, pp. 151-162.

Sobre los autores

José Ma. Mejía Caballero

Ms.C. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial, Director de Sistemas y Docente Catedrático de la Universidad de La Guajira, Km 5 Vía a Maicao, Riohacha – La Guajira, Ponente en el XVI Congreso Latino Ibero Americano de Investigación de Operaciones – Claio 2008.
jmejia@uniguajira.edu.co

Carlos Paternina Arboleda

Ph.D., Ingeniero Industrial, Ph.D. en Ingeniería Industrial de la FIU (E.U.), Profesor de Tiempo Completo del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Norte, Km 5 Vía a Puerto Colombia, Barranquilla – Atlántico, Intelligent Dynamic Control Policies..., II E Transactions (to Appear) - Kluwer Academics, 9/1/2000.
cpaterni@uninorte.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.