

Universidad de La Habana

FACULTAD DE MATEMÁTICA Y CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN

CREACIÓN DE PROPUESTA DE
APLICACIÓN Y MÓDULO DE
OPTIMIZACIÓN PARA LA
REALIZACIÓN DE CALENDARIOS
DE EXÁMENES

*Proyecto de la asignatura Modelos Matemáticos
Aplicados*

Juan Miguel Pérez Martínez
Marcos Antonio Pérez Lorenzo
Amanda Noris Hernández

Abril 2024

1 Introducción al problema

1.1 Contexto del Proyecto

El proyecto se inició en respuesta a un problema recurrente en la facultad: la planificación de las evaluaciones de cada asignatura a lo largo del semestre. Este desafío se presenta cada semestre, poniendo en riesgo la eficiencia y la satisfacción de los estudiantes y profesores. La necesidad de encontrar una solución eficiente y efectiva para este problema es imperativa, ya que afecta directamente la calidad de la educación y la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

1.2 Sobre el problema :

En el ámbito académico, la planificación de evaluaciones es una tarea crítica que afecta directamente la eficiencia del proceso educativo y la satisfacción de los estudiantes y profesores. Este problema se presenta anualmente en muchas instituciones educativas, donde se requiere una solución que permita optimizar la distribución de las evaluaciones a lo largo del semestre, considerando los requisitos específicos de cada asignatura, las implicaciones para los estudiantes y la medición del impacto de estas decisiones en la experiencia de aprendizaje.

La necesidad de una solución eficiente y efectiva para este problema es imperativa, dado que una planificación adecuada de las evaluaciones puede mejorar significativamente la calidad de la educación, facilitar la gestión del tiempo de los estudiantes y profesores, y reducir los conflictos de horarios. Este informe presenta un enfoque innovador para abordar este problema, utilizando técnicas avanzadas de optimización y modelado matemático para diseñar una aplicación que permita determinar la mejor manera posible de planificar las evaluaciones, teniendo en cuenta todos los factores relevantes.

2 Objetivo del Proyecto

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar una aplicación que permita determinar la mejor manera posible de planificar las evaluaciones de cada asignatura a lo largo del semestre. Para lograr este objetivo, se considerarán varios factores clave:

1. Requisitos de las Asignaturas: Se analizarán las necesidades específicas de cada asignatura en términos de la cantidad de evaluaciones y el período ideal para realizarlas.
2. Conveniencia de las Evaluaciones: Se evaluará qué evaluaciones tiene sentido realizar en una misma semana, considerando la carga de trabajo para los estudiantes.
3. Implicaciones para los Estudiantes: Se medirá el impacto que tiene para los estudiantes la planificación de cada evaluación en una semana específica.

3 Metas y Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo principal del proyecto, se buscan los siguientes metas y objetivos específicos:

1. Análisis de Requisitos: Se buscará la manera de obtener los requisitos de cada asignatura, incluyendo la cantidad de evaluaciones y el período ideal para su realización.
2. Evaluación de Conveniencia: Identificar qué evaluaciones son convenientes realizar en una misma semana, teniendo en cuenta la carga de trabajo para los estudiantes.
3. Diseño de la Aplicación: Diseñar una aplicación que permita a los usuarios (profesores y estudiantes) planificar las evaluaciones de manera eficiente, considerando los requisitos de las asignaturas y el impacto para los estudiantes.
4. Feedback y Mejora Continua: Recopilar feedback de los usuarios y realizar mejoras continuas en la aplicación para optimizar la planificación de las evaluaciones.

4 Resultados Claves del Proyecto

1. Desarrollo de una Aplicación Web para la Gestión de Calendarios de Exámenes: La aplicación web desarrollada facilita la recopilación de datos necesarios para la planificación de calendarios de exámenes, permitiendo a los usuarios ingresar información relevante como fechas de exámenes, cursos, y asignaturas, así como la carga de trabajo que representa cada asignatura para cada uno.
2. Implementación de un Algoritmo Genético para la Optimización de Calendarios : Se ha implementado un algoritmo genético que utiliza técnicas de cruce, mutación, y selección para optimizar la planificación de calendarios de exámenes. Este algoritmo busca minimizar conflictos de horarios y la carga de trabajo de los estudiantes, asegurando que todos los estudiantes puedan cumplir con sus obligaciones académicas.
3. Mejora en la Eficiencia y Coherencia de los Calendarios de Exámenes : Gracias a la aplicación web y al algoritmo genético, se ha logrado una mejora significativa en la eficiencia y coherencia de los calendarios de exámenes.

5 Intentos de Optimización que no funcionaron

5.1 Optimización con pulp

El primer intento se realizó utilizando la biblioteca pulp, que permite modelar problemas de optimización como problemas de programación lineal. Este enfoque tampoco funcionó por la linealidad. El código correspondiente se puede encontrar en el Anexo B.

5.2 Optimización con scipy.optimize

El segundo intento de optimización se realizó utilizando la función minimize de scipy.optimize, junto con NonlinearConstraint para definir restricciones específicas. Este enfoque no funcionó debido a la linealidad. El código correspondiente se puede encontrar en el Anexo A.

5.3 Optimización con gurobipy

El tercer intento se realizó utilizando gurobipy, una interfaz de Python para el solver Gurobi. Tampoco funcionó (no se implementó en su totalidad). El código correspondiente se puede encontrar en el Anexo C.

5.4 Optimización con scipy.optimize y Clases Personalizadas

El último intento se realizó utilizando scipy.optimize junto con clases personalizadas para definir el problema de optimización y el proceso de optimización. Este enfoque permitió una mayor flexibilidad y control sobre el proceso de optimización, incluyendo la capacidad de dividir el problema en subproblemas más pequeños y manejar de manera más eficiente las restricciones y la función objetivo. Aunque tampoco con esto pudimos lograr el objetivo. El código correspondiente se puede encontrar en el Anexo D.

6 Definición del Modelo de Optimización

Minimizar $f(x)$ donde $f : \mathbb{M}^{n \times m}(\mathbb{N}) \rightarrow \mathbb{R}$.

- F es el conjunto de días no elegibles (días festivos, fines de semana, días no disponibles para el profesor o alumnos, etc.).
- V_{ij} es el conjunto de conjuntos de días elegibles para la j -ésima asignatura en el i -ésimo curso.
- k_{ij} es la carga de trabajo específica para la asignatura j -ésima del i -ésimo curso.
- D_i son los días totales correspondientes al curso i -ésimo.

La función objetivo $f(x)$ se define como:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (ke_i + kp_i + kc_i)$$

s.a.

:

$$x_{ij} \notin F$$

$$x_{ij} \geq V_{ij0}$$

$$x_{ij} \leq V_{ij1}$$

donde:

- E_{ijk} es un conjunto auxiliar para ke_i , definido como:

$$E_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_{ij} > k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- C_{ik} es un conjunto auxiliar para kc_i , definido como:

$$C_{ik} = \begin{cases} k_{ia} + k_{ib} & \text{si existe } a, b : X_{ia} = X_{ib} = k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- ke_i es la carga del estudiante, calculada como:

$$ke_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{D_i} E_{ijk} \cdot \frac{k_{ij}}{1 + |X_{ij} - V_{ij0}|}$$

- kp_i es la carga de proximidad, calculada como:

$$kp_i = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m \frac{k_{ia} + k_{ib}}{1 + |X_{ia} - X_{ib}|}$$

- kc_i es la carga de trabajo específica, calculada como:

$$kc_i = \sum_{k=1}^{D_i} C_{ik}$$

7 Algoritmo Genético para la Optimización de un Calendario de Exámenes

El algoritmo genético es una técnica de optimización inspirada en la evolución natural, diseñada para encontrar soluciones óptimas o cercanas a óptimas a problemas complejos que son difíciles de resolver mediante métodos convencionales. Este enfoque se basa en la creación y evolución de una población de soluciones candidatas, cada una representada por una cadena de símbolos llamada cromosoma. Los cromosomas codifican los valores de las variables que definen el espacio de soluciones. La calidad de cada solución se mide mediante una función de aptitud, que asigna una puntuación numérica basada en qué tan bien la solución satisface los objetivos y restricciones del problema.

7.1 Definición de la Función Objetivo y Restricciones

El modelo de optimización se centra en minimizar una función objetivo que incluye cargas del estudiante, carga de proximidad y carga de trabajo específica. Las restricciones se refieren a los días elegibles para cada asignatura en cada curso. Este enfoque permite una representación precisa de los problemas de programación y horario, donde la calidad de una solución se evalúa en función de cómo se distribuyen los horarios de las asignaturas, teniendo en cuenta las restricciones de disponibilidad y preferencias.

7.2 Representación de la Solución

Cada solución en el algoritmo genético se representa como una cadena de bits, donde cada bit corresponde a un día elegible o no elegible para una asignatura en un curso. Esta representación permite una manipulación eficiente de las soluciones a través de operaciones genéticas como el cruce y la mutación. La función `decode` convierte esta cadena de bits en una representación numérica que puede ser evaluada por la función objetivo, facilitando así la evaluación de la calidad de las soluciones candidatas.

7.3 Operaciones Genéticas

7.3.1 Cruce (cross)

Se realiza un cruce entre dos soluciones seleccionadas, combinando partes de ambas soluciones para generar nuevas soluciones. Este proceso introduce diversidad en la población y ayuda a explorar diferentes combinaciones de horarios. Para combinar dos cromosomas, primero se obtiene un valor aleatorio normal; si dicho valor sobrepasa un umbral preestablecido (factor de cruzamiento, *pc* en la literatura) se selecciona una posición aleatoria y se mezclan los cromosomas, seccionando en dicha posición y uniendo la parte correspondiente del segundo cromosoma, luego las partes restantes se unen para formar un segundo cromosoma.

Ejemplo:

$$a = 010001110100011001000011111110001011110001001111$$

$$b = 010010000111100111101110000111011011110111100011$$

$$p = 27$$

$$a_1 = 010001110100011001000011111$$

$$a_2 = 110001011110001001111$$

$$b_1 = 010010000111100111101110000$$

$$b_2 = 111011011110111100011$$

$$a_1 b_2 = 01000111010001100100001111111011011110111100011$$

$$a_2 b_1 = 110001011110001001111010010000111100111101110000$$

7.3.2 Mutación (mutate)

Se realiza una mutación en una solución, cambiando aleatoriamente algunos de los bits. Esto introduce variación en la población y ayuda a evitar quedar atrapado en óptimos locales. Para mutar un cromosoma, se itera sobre cada posición en el cromosoma, para cada una se obtiene un valor aleatorio normal; si dicho valor sobrepasa un umbral preestablecido (factor de mutación, pm en la literatura), se invierte el valor del bit en dicha posición.

Ejemplo

$$a = 0110...$$

$$pm = 0.8$$

$$\text{Paso 1: } p = 0.43, a_1 = 0110...$$

$$\text{Paso 2: } p = 0.89, a_2 = 0010...$$

$$\text{Paso 3: } p = 0.21, a_3 = 0010...$$

$$\text{Paso 4: } p = 0.75, a_4 = 0010...$$

$$\text{Paso } i\text{-ésimo: } a_i = 0010...$$

7.3.3 Selección (selection)

Se seleccionan soluciones para el próximo ciclo de cruce y mutación basándose en sus puntuaciones. Las soluciones con mejores puntuaciones tienen más probabilidades de ser seleccionadas, lo que favorece la evolución hacia soluciones de mayor calidad. Para la selección se toman k cromosomas aleatorios (en nuestro caso $k = 3$) de la población, luego de ellos se toma en cromosoma de mayor aptitud.

7.4 Optimización

La función `optimize` implementa el algoritmo genético, inicializando una población de soluciones y realizando iteraciones de cruce, mutación y selección para mejorar la solución. La mejor solución encontrada se devuelve al final, proporcionando una solución óptima o cercana a óptima para el problema de programación de horarios.

7.5 Integración con el Problema Específico

Para adaptar el algoritmo genético al problema de optimización descrito, se definen la función objetivo y las restricciones en el contexto de este problema. Esto se hace en la clase `Problem`, donde se definen las funciones `kc`, `ke`, y `kp` para calcular las cargas de trabajo específicas, la carga de proximidad y la carga de trabajo específica, y la función `f` para la función objetivo. Esta integración permite que el algoritmo genético se aplique directamente al problema específico de optimización de horarios, utilizando las restricciones y objetivos definidos para guiar la búsqueda de soluciones óptimas.

7.6 Ejecución del Algoritmo

Finalmente, se ejecuta el algoritmo genético llamando al método `optimize` de la clase `Problem`, pasando los parámetros necesarios como el número de intentos, tamaño de la población y número de generaciones. Este proceso permite la evolución de la población de soluciones a lo largo de varias generaciones, mejorando continuamente la calidad de las soluciones candidatas hasta que se alcanza una solución óptima o se cumplen los criterios de terminación.

8 Propuesta de Aplicación para la Optimización de Calendarios de Exámenes

En esta sección, presentamos una propuesta de aplicación diseñada para mejorar la gestión y optimización de los calendarios de exámenes en instituciones educativas. La aplicación se centra en la autenticación de usuarios y en la asignación de diferentes niveles de acceso permitiendo una gestión eficiente y segura de los calendarios de exámenes.

8.1 Autenticación de Usuarios

La aplicación implementa un sistema de autenticación que permite a los usuarios acceder a la plataforma de manera segura. Una vez autenticados, los usuarios tienen la capacidad de cambiar sus contraseñas, lo que asegura la seguridad de sus cuentas. Este sistema de autenticación es esencial para garantizar que solo los usuarios autorizados puedan acceder a la información y realizar cambios en los calendarios de exámenes.

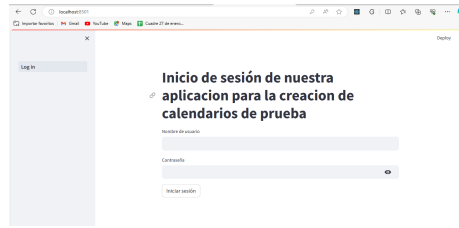


Figure 1: Pantalla de autenticación de usuario.

8.2 Niveles de Acceso

La aplicación define tres niveles de acceso distintos, cada uno con un conjunto específico de funcionalidades:

8.2.1 Usuario

El nivel de acceso de usuario permite a los usuarios calificar asignaturas en términos de carga de trabajo y visualizar los calendarios de exámenes. Esta funcionalidad es crucial para que los estudiantes puedan evaluar la carga de trabajo de sus asignaturas y planificar adecuadamente su tiempo.

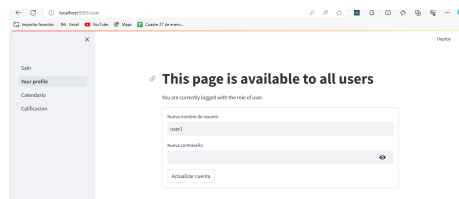


Figure 2: Funcionalidades del nivel de acceso de usuario.

8.2.2 Administrador

El nivel de acceso de administrador amplía las capacidades del usuario, permitiendo la adición de nuevos usuarios a la aplicación y la inclusión de asignaturas en el calendario. Este nivel de acceso es vital para la gestión de la plataforma, ya que permite a los administradores mantener actualizada la información relevante para los estudiantes y profesores.

8.2.3 Superadmin

El nivel de acceso de superadmin es el más alto, otorgando todas las funcionalidades disponibles en la aplicación. Los superadmins tienen la capacidad de ejecutar el módulo de optimización para crear el calendario de exámenes de todos los cursos. Este nivel de acceso es esencial para la toma de decisiones

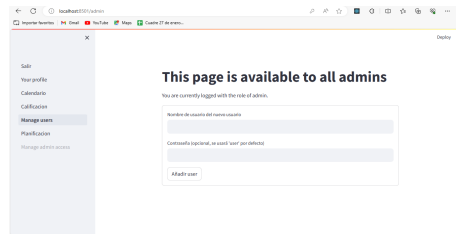


Figure 3: Funcionalidades del nivel de acceso de administrador.

estratégicas y la implementación de cambios a gran escala en la gestión de los calendarios de exámenes.

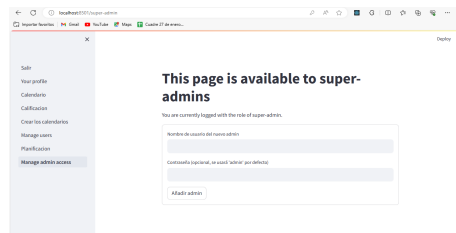


Figure 4: Funcionalidades del nivel de acceso de superadmin.

8.3 Funcionalidad de Salir

La funcionalidad de salir permite a los usuarios cerrar sesión de manera segura. Esta funcionalidad es esencial para garantizar la privacidad y seguridad de los datos del usuario.



Figure 5: Pantalla de salir.

8.4 Funcionalidad de Perfil de Usuario

El perfil de usuario permite a los usuarios ver y editar su contraseña y en una versión futura todo lo relacionado con su información personal. Esta funcionalidad es crucial para mantener actualizada la información del usuario y facilitar la personalización de la experiencia de usuario.

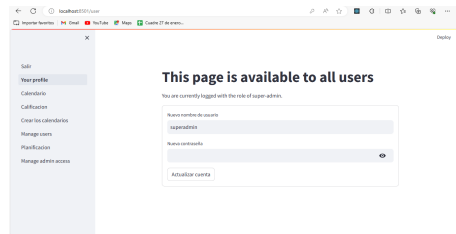


Figure 6: Pantalla de perfil de usuario.

8.5 Funcionalidad de Calendario

El calendario permite a los usuarios visualizar sus horarios de exámenes. Esta funcionalidad es esencial para la planificación y gestión del tiempo de los estudiantes.

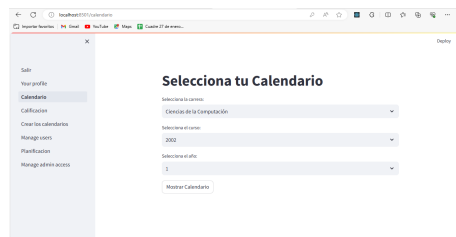


Figure 7: Pantalla del calendario.

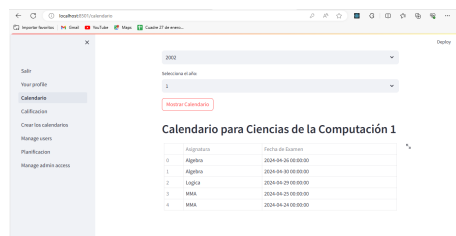


Figure 8: Pantalla del calendario.

8.6 Funcionalidad de Calificación

La funcionalidad de calificación permite a los usuarios calificar asignaturas en términos de carga de trabajo. Esta funcionalidad es crucial para evaluar la carga de trabajo de las asignaturas y planificar adecuadamente el tiempo.

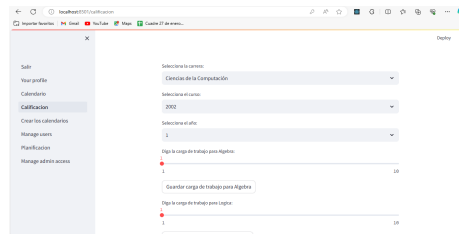


Figure 9: Pantalla de calificación.

8.7 Funcionalidad de Crear Calendarios

La funcionalidad de crear calendarios permite a los superadmins generar calendarios de exámenes para todos los cursos. Esta funcionalidad es esencial para la gestión y optimización de los horarios de exámenes, aquí es donde se ejecuta el módulo de optimización.

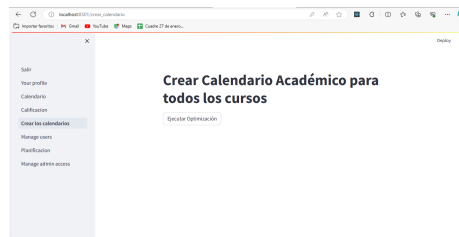


Figure 10: Pantalla de creación de calendarios.

8.8 Funcionalidad de Gestión de Usuarios

La gestión de usuarios permite a los administradores y superadmins añadir usuarios en un futuro si se quisiera sería sencillo poner la funcionalidad de editar y eliminar usuarios. Esta funcionalidad es vital para la administración de la plataforma.

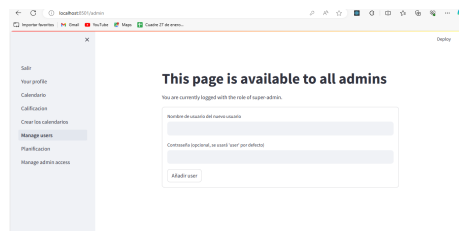


Figure 11: Pantalla de gestión de usuarios.

8.9 Funcionalidad de Planificación

La funcionalidad de planificación permite a los administradores y superadmins planificar asignaturas y exámenes. Esta funcionalidad es crucial para la organización y distribución de los horarios de exámenes.



Figure 12: Pantalla de planificación.

8.10 Funcionalidad de Gestión de Acceso de Admin

La gestión de acceso de admin permite a los superadmins gestionar los niveles de acceso de los administradores. Esta funcionalidad es esencial para la seguridad y control de la plataforma.

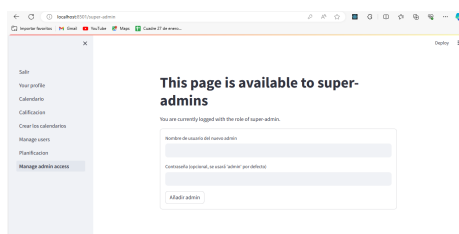


Figure 13: Pantalla de gestión de acceso de admin.

8.10.1 Conclusión

La propuesta de aplicación presentada aquí representa un avance significativo en la gestión de calendarios de exámenes, al proporcionar una solución segura y eficiente que satisface las necesidades de diferentes usuarios con diferentes niveles de acceso. Al implementar esta aplicación, las instituciones educativas pueden mejorar la experiencia de sus estudiantes y profesores, al tiempo que optimizan la planificación y distribución de los calendarios de exámenes. Se recomienda su uso para recibir retroalimentación de los usuarios y hacer las mejoras que se consideren convenientes.