

Categoría:

**Trabajos Finales de Carreras de Grado**

Título del trabajo:

**Optimización de la Toma de Decisiones en Gestión,  
utilizando Algoritmos Genéticos y Sistemas Expertos  
Difusos**

Autores:

**Altamiranda, Pamela Carolina**

**Ferreira, Walter Rafael**

Director y Asignatura:

**Director: Mag. Ing. Marcelo Figueroa de la Cruz  
Cátedra de Inteligencia Artificial**

Carrera de grado:

**Ingeniería en Sistemas de Información**

Universidad:

**Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Tucumán**

## **Optimización de la Toma de Decisiones en Gestión, utilizando Algoritmos Genéticos y Sistemas Expertos Difusos**

**Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Tucumán**  
www.frt.utn.edu.ar

**Abstract.** La presente tesis de ingeniería plantea el desarrollo de un sistema software que permite, la optimización del uso de los recursos existentes de manera inteligente, ayudar sustancialmente a tenerlos disponibles con la antelación necesaria, tomando los recaudos pertinentes o eventualmente sabiendo cuál será el impacto de los nuevos escenarios que se presentarán en nuevos entornos dentro del ámbito académico, y de esta manera entender las modificaciones necesarias o por consecuencias que se darán, evitando llevar a los alumnos, profesores y personal administrativo a situaciones altamente estresantes ocasionadas por una falta de coordinación y disponibilidad.

Desde el punto de vista académico, resulta novedoso, la conjunción de la utilización de herramientas híbridas de Inteligencia Artificial para resolver problemas complejos de optimización de recursos, lo que supone la apertura de nuevas implicancias Universidad-Empresas-Sociedad.

El presente trabajo final de carrera “Optimización de la Toma de Decisiones en Gestión, utilizando Algoritmos Genéticos y Sistemas Expertos Difusos” surge para brindar soluciones inteligentes mediante el uso de una herramienta como soporte para la toma de decisiones frente a problemáticas en la administración del uso de recursos. Buscando que el cursado sea tan cómodo como el dictado de clases.

El desarrollo de esta tesina está centrado en las decisiones de gestión de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán.

El primer paso consiste en el análisis y estudio del proceso actual de gestión de recursos en el ámbito de la universidad y principalmente del sistema vigente utilizado por el personal administrativo.

**Keywords:** Optimización, Coordinación, Disponibilidad, Recursos, Ámbito académico, Herramientas Híbridas, Inteligencia Artificial, Implicancias Universidad-Empresas-Sociedad, Toma de decisión.

**Propósito del trabajo:** Los objetivos que se desean alcanzar a lo largo de este trabajo consisten en brindar al personal administrativo de la facultad una herramienta en la cual apoyarse a la hora de tomar una decisión frente a la administración de los recursos en el ámbito académico.

Por último se debe resaltar que si bien este trabajo está centrado en la toma de decisiones de gestión en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán, se pretende en un futuro, ampliar el desarrollo de esta herramienta de manera general que permita su aplicación en diversos ámbitos de la sociedad.

## **1 Introducción**

El propósito de este documento es suministrar una visión general de la tesina, presentando la motivación y los desafíos que inspiraron el trabajo; la problemática asociada o antecedentes, la definición del problema, los objetivos y la metodología empleada y finalmente se exponen las contribuciones.

## **2 Motivación**

La importancia del presente proyecto radica en brindar al personal administrativo una herramienta que le permita gestionar con eficiencia los recursos y además agilizar y optimizar este proceso evitando llegar a situaciones estresantes.

En esta tesis se presenta el diseño y desarrollo de un sistema software que da solución de manera inteligente a los problemas de tomas de decisiones en la gestión, con base en Algoritmos Genéticos y Sistemas Expertos que permiten la elaboración de escenarios futuros brindando la posibilidad de prever situaciones o consecuencias de una mala gestión de los recursos.

## **3 Antecedentes**

Los Problemas de Satisfacción/Optimización de Restricciones, tienen una gran relevancia en el contexto industrial:

- Planificación de Actividades y Tareas,
- Scheduling de procesos industriales,
- Transporte (asignación vehículos/conductores, horarios, rutas, etc.)
- Logística,
- Planificación de rutas
- Horarios (timetabling),
- Asignación de Recursos,
- Asignación Personal (turnos, tareas, horarios),
- Problemas de Empaquetamiento, Configuración y Diseño,
- Recubrimiento Óptimo en procesos de corte,
- Planificación Inteligente de procesos/tareas,

- Planificación de Robots, etc.

Estos problemas se caracterizan porque la solución debe cumplir un conjunto de restricciones (duras, blandas, difusas, priorizadas, temporales, de capacidad, etc.) y maximizar diversos criterios de optimización.

***Se requiere una solución correcta y optimizada  
a un problema con múltiples y complejas restricciones***

Gran parte de las empresas requieren utilizar sistemas automáticos de optimización en sus procesos de asignación o decisión.

La especificidad y complejidad de dichos procesos, referente a la particularidad de los datos, escenarios, restricciones, etc., hace que no puedan aplicarse, o no resulten plenamente adecuados, los sistemas de gestión genéricos. Lo idóneo resulta el diseño de sistemas específicamente orientados hacia la aplicación concreta, considerando específicamente sus datos, restricciones y criterios de optimalidad. Con ello se consiguen:

- La mayor facilidad de uso,
- Las mejores soluciones, y
- Tiempos de cómputo idóneos.

#### **4 Definición del problema**

Nuestro proyecto se basa en problemáticas vividas diariamente en un ámbito universitario, debido a que los actuales sistemas de gestión no permiten abordar soluciones óptimas para una asignación de los recursos de manera adecuada y brindando la posibilidad de contar con la expansión a visiones futuras que le permitan prever consecuencias de determinadas distribuciones frente a otras.

Algunas de estas problemáticas se detallan a continuación:

1. La cantidad de personas asignadas a una misma aula supera su capacidad, mientras que en otras la cantidad de personas es extremadamente menor. No existe límite en la cantidad de personas asignadas a un aula.
2. Asignación de una misma aula en el mismo horario a más de una materia. Problema de superposición de horarios.
3. Incorrecta administración de insumos (aulas, borradores, felpones, control para proyectores, pupitres, tomas de corriente, etc.)

4. No existen criterios inteligentes para la asignación de aulas masivamente al inicio de las actividades al comienzo de cada año.
5. No se conocen las capacidades y las características de las aulas, alumnos y docentes.
6. Los cambios eventuales generan muchísimos inconvenientes a las asignaciones existentes (sobre todo en la que se realiza a comienzo de año). Frente a esta limitación de los sistemas actuales nuestro objetivo es brindar una solución desde nuestro proyecto.

## **5 Objetivo General**

Desarrollo de un Prototipo de Software que permita optimizar el uso de los recursos materiales a su máxima utilidad con una correcta distribución de los mismos adaptando su implementación en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán.

## **6 Objetivos específicos**

- Conocer con claridad, mediante el uso de un sistema software, los recursos con los que se dispone en contraposición de los que se necesitan.
- Simular escenarios de situaciones eventuales para conocer el impacto en la administración óptima de los mismos.
- Permitir administrar de manera correcta nuevos recursos adquiridos.
- Realizar el estudio e investigación de la adaptabilidad de la utilización de los modelos híbridos Genetic Algorithm-Fuzzy Expert aplicados a la optimización.

## **7 Metodología de trabajo**

Como metodología de desarrollo de software usaremos el Proceso Racional Unificado (Rational Unified Process en inglés, habitualmente resumido como RUP). Es un proceso de desarrollo de software que junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos.

El RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización.

Se basará en un prototipado (versiones incompletas del software a desarrollar) incremental (estrategia para controlar la complejidad y los riesgos, desarrollando una parte del producto software reservando el resto de aspectos para el futuro)

Los principios básicos son:

- Una serie de mini-Cascadas se llevan a cabo, donde todas las fases de la cascada modelo de desarrollo se han completado para una pequeña parte de los sistemas, antes de proceder a la próxima incremental.
- Se definen los requisitos antes de proceder con lo evolutivo, se realiza una mini-Cascada de desarrollo de cada uno de los incrementos del sistema.
- El concepto inicial de software, análisis de las necesidades, y el diseño de la arquitectura y colectivas básicas se definen utilizando el enfoque de cascada, seguida por iterativo de prototipos, que culmina en la instalación del prototipo final.<sup>[2,3]</sup>

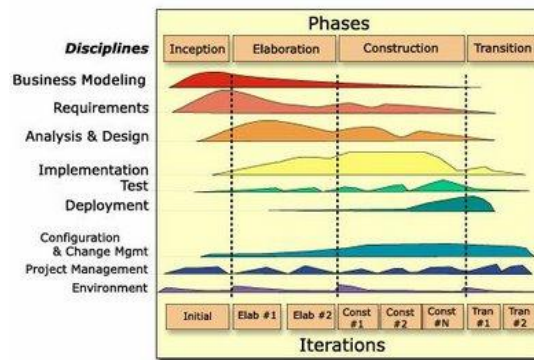


Fig. 1.

## 8 Contribución

La principal contribución de este trabajo consiste en proponer y validar un sistema software para gestión en la toma de decisiones a partir del estudio e investigación de la adaptabilidad de la utilización de los modelos híbridos Genetic Algorithm-Fuzzy Expert aplicados a optimización.

Logrando:

- Asignación inteligente de los recursos existentes, adecuándolos a las necesidades reales;
- Reducción de costos por utilización optimizada de los recursos monetarios que se dispone;
- Optimización tiempo-espacio de los recursos globales

## **9 Marco teórico y estado de arte**

En este capítulo se suministra el marco teórico y se revisa el estado del arte de las áreas de investigación abarcadas. Primero se hace una contextualización referente a la inteligencia artificial y los modelos híbridos Genetic Algorithm-Fuzzy Expert aplicados a optimización. En segunda lugar se realiza un estudio de los sistemas actuales que permiten la optimización de los recursos en la gestión, presentando finalmente el Esquema del Método propuesto en donde se desarrolla el Algoritmo Genético que permite optimizar la asignación del recurso Aula.

### **9.1 Inteligencia Artificial**

La inteligencia artificial es una disciplina en la cual se desarrollan algoritmos de comportamiento que emulan ciertas características de los organismos biológicos inteligentes .

Otras definiciones son:

- Un campo de estudio que se enfoca a la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales.
- El arte de crear máquinas con la capacidad de ejecutar funciones que son realizadas por personas y requieren inteligencia.
- El estudio de las capacidades mentales mediante el uso de modelos computacionales.

### **9.2 Modelos Híbridos**

Las técnicas de Inteligencia Artificial pueden contribuir en varios aspectos: optimizan la clasificación de los recursos, agregan conocimiento del experto, etc. Numerosas técnicas de clasificación surgen del paradigma de la Inteligencia Artificial.

La combinación de dos o más técnicas de Inteligencia Artificial da lugar a los denominados “Modelos Híbridos”, de gran aplicación en diversos campos y en particular en la toma de decisiones.

### **9.3 Algoritmos Genéticos**

Dentro del ámbito científico como en la vida cotidiana, existen problemas para los cuales hallar una solución mediante técnicas exactas en tiempos razonables puede llegar a ser impracticable. Entonces, es posible aplicar técnicas heurísticas, como los algoritmos genéticos, ya que, a pesar de que no hay garantía de obtener una solución óptima, pueden arrojar muy buenas soluciones en tiempos aceptables.

Los Algoritmos Genéticos intentan emular la capacidad que tiene la naturaleza de evolucionar hacia individuos cada vez más aptos. Usan una analogía directa con el

comportamiento natural. Trabajan con una población de individuos, cada uno de los cuales representa una solución factible a un problema dado. Cuanto mayor sea la adaptación de un individuo al problema, mayor será la probabilidad de que el mismo sea seleccionado para reproducirse, cruzando su material genético con otro individuo seleccionado de igual forma. Esta cruce producirá nuevos individuos – descendientes de los anteriores – los cuales compartirán algunas de las características de sus padres.

De esta manera se produce una nueva población de posibles soluciones, la cual reemplaza a la anterior y verifica una interesante propiedad: contiene una mayor proporción de buenas características en comparación con la población anterior. Así, a lo largo de las generaciones las buenas características se propagan a través de la población, con lo que las áreas más prometedoras del espacio de búsqueda van siendo exploradas al favorecer el cruce de los individuos mejor adaptados. Si el Algoritmo Genético ha sido bien diseñado, la población convergerá hacia una generación que contenga una solución óptima del problema.

Dado que el concepto básico de los Algoritmos Genéticos es sencillo de entender, y debido a que han sido aplicados satisfactoriamente en los más diversos campos de la ciencia y de la industria, en la actualidad, junto a las redes neuronales, reinan el grupo de las técnicas "bioinspiradas", y se los investiga, no sólo de manera aislada, sino también en combinación con otras áreas, como diversas heurísticas, sistemas difusos, algoritmos exactos, etc.

La creencia de que los sistemas de este tipo nacen y mueren en los laboratorios de las universidades se está revirtiendo día a día, y son cada vez más las empresas que los incorporan en su oferta de soluciones.

Los Algoritmos Genéticos son métodos de búsqueda de propósito general basados en una simulación parcial de los mecanismos de la evolución natural, que consigue hacer que sus especies estén cada vez más adaptadas a su entorno.

Los principios básicos fueron planteados en la década de los 70's por John Holland, como un modelo para el estudio del fenómeno de adaptación natural y para el desarrollo de mecanismos que permitieran incorporar este fenómeno a los sistemas de cómputo.

El poder de los Algoritmos Genéticos proviene del hecho de que se trata de una técnica robusta, y pueden tratar con éxito una gran variedad de problemas provenientes de diferentes áreas, incluyendo aquellos en los que otros métodos encuentran dificultades. Si bien no se garantiza que el Algoritmo Genético encuentre la solución óptima del problema, existe evidencia empírica de que se encuentran soluciones de un nivel aceptable, en un tiempo competitivo con el resto de algoritmos de optimización combinatoria. En el caso de que existan técnicas especializadas para resolver un determinado problema, lo más probable es que superen al Algoritmo Genético, tanto en rapidez como en eficacia. El gran campo de aplicación de los Algoritmos Genéticos se relaciona con aquellos problemas para los cuales no existen técnicas especializadas. Incluso en el caso en que dichas técnicas existan, y funcionen bien, pueden efectuarse mejoras de las mismas hibridándolas con los Algoritmos Genéticos.



### Definición Formal

“Los Algoritmos Genéticos son procedimientos adaptativos para la búsqueda de soluciones en espacios complejos inspirados en la evolución biológica, con patrones de operaciones basados en el principio darwiniano de reproducción y supervivencia de los individuos que mejor se adaptan al entorno en el que viven”.

### 9.4 Sistemas Expertos

Sistemas Expertos basados en el Conocimiento (Reglas)

Conocimiento (Knowledge) corresponde a una comprensión teórica o práctica de un dominio de interés. También lo vemos como la suma de lo que conocemos, y nos lleva a decir sin dudas que el conocimiento representa poder (Knowledge is power). Llamamos EXPERTOS a aquellos que poseen conocimiento.

La idea se basa en que una persona que se considera con amplios conocimientos (hechos y reglas) y una fuerte experiencia sobre un dominio, se denomine EXPERTO. El área de dominio puede ser limitada. Muchas veces decimos que un experto es una persona con capacidades que puede hacer cosas que otras no pueden.

Los procesos mentales humanos son internos y muy complejos para representarse mediante algoritmos. A pesar de ello, la mayoría de los expertos son capaces de expresar sus conocimientos en la forma de reglas de tipo IF-THEN

IF	La luz de tráfico está en verde
THEN	la acción es cruzar
IF	La luz de tráfico está en rojo
THEN	la acción es detenerse

### 9.5 Sistemas expertos difusos

¿Qué es Pensamiento Fuzzy?

- Los expertos basan sus soluciones a problemas reales en el sentido común.
- ¿Cómo representamos conocimiento experto que utiliza términos vagos y ambiguos en una computadora?
- La lógica fuzzy no es lógica que es fuzzy, sino lógica que se utiliza para describir fuzziness. La Lógica Fuzzy se cimienta en una teoría de conjuntos fuzzy, conjuntos que calibran la vaguedad.
- La Lógica Fuzzy está basada en la idea que todas las cosas admiten grados (temperatura, altura, velocidad, distancia, belleza). Todos los valores de sus

objetos aparecen sobre una escala graduada: Carlos es un hombre alto, Luisa es una linda chica. <sup>[1]</sup>

## **9.6 Modelos Híbridos Genetic Algorithm-Fuzzy Experta aplicados a optimización**

El sistema puede ser críticamente mejorado en su exactitud y en su adaptabilidad si las funciones se optimizan automáticamente para reflejar numéricamente la información contenida.

## **9.7 Sistemas Híbridos**

Los sistemas de Inteligencia Artificial denominados “Híbridos” son aquéllos que combinan dos o más técnicas, ofreciendo un mejor desempeño que las técnicas aisladas. En los últimos años se ha desarrollado el uso de diversas combinaciones entre sistemas que utilizan Redes Neuronales, Lógica Difusa, Algoritmos Evolutivos (particularmente AG) y aprendizaje de máquina (machine learning) [Dounias and Linkens, 2004].

Una de las propuestas más utilizadas consiste en la combinación de Sistemas Expertos Difusos (SED) con AG, lo que logra un Sistema Experto Difuso-Genético (Genetic Fuzzy Expert System) [Cordon, 2004, Cordon et al., 2004]. Este tipo de sistemas ha sido utilizado desde hace años en el contexto de la clasificación [Yuan and Zhuang, 1996] y es tema de constante investigación, principalmente en el área de optimización de sistemas de control [Bonissone et al., 2006, Pal and Pal, 2003]. La propuesta presentada en esta tesina consiste básicamente en un sistema experto difuso optimizado por un proceso de aprendizaje basado en un AG [Herrera, 2005]. <sup>[4]</sup>

## **10 Esquema propuesto**

La resolución se divide en 4 partes principales:

1. Parametrización-Codificación
2. Matriz características de aulas
3. Matriz características de aulas que se piden o se buscan
4. Algoritmo Genético

### **10.1 Parametrización**

Indica la representación de la información necesaria que se usará como entrada del Algoritmo Genético. Cada objeto de estudio del problema será codificado con códigos en base binaria. Así lo indica la siguiente imagen.

Días		Horarios	
Nombre día	ID Día	Nombre horario	ID Horario
Domingo	001	13:00 - 14:00	001
Lunes	010	14:00 - 15:00	010
Martes	011	15:00 - 16:00	011
Miercoles	100	16:00 - 17:45	100
Jueves	101	17:45 - 19:30	101
Viernes	110	20:00 - 21:30	110
Sabado	111	21:30 - 23:00	111

Fig. 2.

### 10.2 Matriz de características de aulas

Indica la representación de las características de cada aula física pertenecientes al establecimiento. Si el aula posee la característica, lo indicamos con un 1 (uno) binario, de lo contrario, con un 0 (cero). Expresa también en que horario está disponible para ser utilizada.

Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles	Horario disponible	F(aula)
Aula 210	50	1	1	0	0	0	1	1	1	0 1 0	0 1 1	12,755
Aula 230	60	0	0	1	1	1	1	0	0	0 1 1	1 1 0	3,869
Aula 320	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0 1 0	0 0 1	14,545
Aula 320	43	1	1	1	0	0	0	1	1	1 0 0	0 0 1	14,561
Aula 320	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1 1 0	1 0 0	14,580
Aula 401	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1 0 1	1 1 1	5,423
Aula magna	48	1	1	1	1	1	1	1	0	1 1 1	1 1 0	16,318
Posición del bit		13	12	11	10	9	8	7	6	5 4 3	2 1 0	

Fig. 3.

La columna F(aula) representa el valor decimal correspondiente a la conversión de los bits de características del aula al sistema decimal. Será utilizada como valor de peso del aula.

$$F(aula) = \sum_i^n (2^i * a_i) \quad (1)$$

Donde

a: representa a un aula,

b: representa un bit de característica,

n: la cantidad total de bits de características,

Nota: Llamaremos “Aula pedida” a cada una de las aulas que se buscan (Necesidad) y “Aula existente” a cada una de las aulas que existen en la organización (Recurso).

### 10.3 Matriz de características de aulas que se piden o se buscan

Similar a la anterior, pero en este caso son aulas que no necesariamente existen físicamente. Son necesidades a satisfacer.

Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles				Horario disponible	F(aula)	
?	50	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	12,755
?	60	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	3,869
?	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	14,545
?	43	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	14,561
?	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	14,580
?	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	5,423
?	48	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	16,318
Posicion del bit		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

Fig. 4.

En primera instancia podemos deducir qué aula será la más adecuada para cubrir las necesidades de un aula que se pide.

Para demostrar lo indicado anteriormente, haremos lo siguiente: tomamos un aula que se pide y comparamos su función con cada una de las funciones de las aulas físicas existentes (F(aula pedida) – F(aula existente)). El valor más pequeño indica que el aula física en cuestión cumple con la mayor cantidad de las características buscadas.

Tomamos como referencia el aula pedida de la segunda fila de la siguiente matriz

Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles				Horario disponible	F(aula)	
?	50	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	8,659
?	60	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	3,869
?	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	14,545
?	43	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	10,465
?	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	14,580
?	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	5,423
?	48	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	11,838
Posicion del bit		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

Fig. 5.

Aplicamos la diferencia de la función del aula solicitada con las funciones de todas las aulas existentes.

Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles	Horario disponible	F(aula)	Diferencia
Aula 210	50	1	1	0	0	0	1	1	1	0 1 0 0 0 1 1	12,755	-8,886	
Aula 230	60	0	0	1	0	1	1	0	0	0 1 1 1 1 1 0	2,845	1,024	
Aula 320	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0 1 0 0 0 0 1	14,545	-10,676	
Aula 320	43	1	1	1	0	0	0	1	1	1 0 0 0 0 0 1	14,561	-10,692	
Aula 320	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1 1 0 1 0 0 0	14,580	-10,711	
Aula 401	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1 0 1 1 1 1 1	5,423	-1,554	
Aula magna	48	1	1	1	1	1	1	1	0	1 1 1 1 1 1 0	16,318	-12,449	
Posición del bit		13	12	11	10	9	8	7	6	5 4 3 2 1 0			

Fig. 6.

Tomando el valor absoluto de la diferencia, podemos concluir que el aula que más se ajusta a las necesidades del aula pedida es el “Aula 230”, ya que el valor de la diferencia es el que más de acerca a cero.

### 10.4 Algoritmo genético

Para preparar la matriz población inicial que alimentará al algoritmo genético haremos lo siguiente. Primero definiremos la matriz combinación entre las aulas pedidas frente a las aulas existentes. Para esto antes vamos a asignarle un número a cada una de las filas de la matriz de aulas existentes, y de forma similar para las pedidas. Veamos las siguientes figuras.

Fila Aula	Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles	Horario disponible	F(aula)
1	Aula 210	50	1	1	0	0	0	1	1	1	0 1 0 0 0 1 1	12,755	
2	Aula 230	60	0	0	1	0	1	1	0	0	0 1 1 1 1 1 0	2,845	
3	Aula 320	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0 1 0 0 0 0 1	14,545	
4	Aula 320	43	1	1	1	0	0	0	1	1	1 0 0 0 0 0 1	14,561	
5	Aula 320	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1 1 0 1 0 0 0	14,580	
6	Aula 401	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1 0 1 1 1 1 1	5,423	
7	Aula magna	48	1	1	1	1	1	1	1	0	1 1 1 1 1 1 0	16,318	
Posición del bit			13	12	11	10	9	8	7	6	5 4 3 2 1 0		

Fig. 7.

Fila Pedido	Aula	Capacidad	Tiene proyector	Tiene sonido	Tiene rampa de acceso para discapacitados	Está en planta baja	Tiene aire acondicionado	Tiene Pizarrón	Está cerca del bar	Esta cerca de la salida de emergencia	Días disponibles	Horario disponible	F(aula)
1	?	50	1	0	0	0	0	1	1	1	0 1 0 0 0 1 1	8,659	
2	?	60	0	0	1	1	1	1	0	0	0 1 1 1 1 1 0	3,869	
3	?	75	1	1	1	0	0	0	1	1	0 1 0 0 0 0 1	14,545	
4	?	43	1	0	1	0	0	0	1	1	1 0 0 0 0 0 1	10,465	
5	?	58	1	1	1	0	0	0	1	1	1 1 0 1 0 0 0	14,580	
6	?	71	0	1	0	1	0	1	0	0	1 0 1 1 1 1 1	5,423	
7	?	48	1	0	1	1	1	0	0	0	1 1 1 1 1 1 0	11,838	
Posición del bit			13	12	11	10	9	8	7	6	5 4 3 2 1 0		

Fig. 8.

La matriz población inicial se corresponde con la matriz de combinaciones posibles entre las aulas existentes y las aulas pedidas. La siguiente imagen ilustra un simple ejemplo de esta matriz de combinaciones/asignaciones.

Solución	Fila pedido 1	Fila pedido 2	Fila pedido 3	Fila pedido 4	Fila pedido 5	Fila pedido 6	Fila pedido 7
1	Fila aula 1	Fila aula 2	Fila aula 3	Fila aula 4	Fila aula 5	Fila aula 6	Fila aula 7
2	Fila aula 7	Fila aula 1	Fila aula 2	Fila aula 3	Fila aula 4	Fila aula 5	Fila aula 6
3	Fila aula 6	Fila aula 7	Fila aula 1	Fila aula 2	Fila aula 3	Fila aula 4	Fila aula 5
4	Fila aula 5	Fila aula 6	Fila aula 7	Fila aula 1	Fila aula 2	Fila aula 3	Fila aula 4
5	Fila aula 4	Fila aula 5	Fila aula 6	Fila aula 7	Fila aula 1	Fila aula 2	Fila aula 3
6	Fila aula 3	Fila aula 4	Fila aula 5	Fila aula 6	Fila aula 7	Fila aula 1	Fila aula 2
7	Fila aula 2	Fila aula 3	Fila aula 4	Fila aula 5	Fila aula 6	Fila aula 7	Fila aula 1

Fig. 9.

Luego de las combinaciones expresadas en la matriz población inicial, la definimos en términos del valor de la diferencia entre las funciones del aula existente y el aula pedida que coinciden con la asignación. Por ejemplo, la celda (2,2) indica que el aula 210 fue asignada al pedido 1, la diferencia entre sus funciones no dará el valor de satisfacción de las necesidades entre ellas. Tengamos en cuenta en este caso las filas aulas y las filas pedidos. Veamos la siguiente figura.

Solución	Fila pedido 1	Fila pedido 2	Fila pedido 3	Fila pedido 4	Fila pedido 5	Fila pedido 6	Fila pedido 7
1	F(fila aula 1)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 7)
2	F(fila aula 7)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 7)
3	F(fila aula 6)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 7)
4	F(fila aula 5)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 7)
5	F(fila aula 4)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 7)
6	F(fila aula 3)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 7)
7	F(fila aula 2)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 7)

Fig. 10.

Ahora haciendo el promedio de cada línea de esta matriz vamos a obtener el valor de peso de la solución. Cuando menor sea el promedio de las diferencias, mejor es la solución, o sea, buscamos que el promedio tienda a 0 (cero) para encontrar la mejor combinación, asignación entre una necesidad (aula pedida) y un recurso (aula existente). Para este caso la matriz será como lo indica la siguiente figura.

Solución	Fila pedido 1	Fila pedido 2	Fila pedido 3	Fila pedido 4	Fila pedido 5	Fila pedido 6	Fila pedido 7	Promedio
1	F(fila aula 1)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 1)
2	F(fila aula 7)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 2)
3	F(fila aula 6)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 3)
4	F(fila aula 5)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 4)
5	F(fila aula 4)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 5)
6	F(fila aula 3)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 2)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 6)
7	F(fila aula 2)- F(fila pedido 1)	F(fila aula 3)- F(fila pedido 2)	F(fila aula 4)- F(fila pedido 3)	F(fila aula 5)- F(fila pedido 4)	F(fila aula 6)- F(fila pedido 5)	F(fila aula 7)- F(fila pedido 6)	F(fila aula 1)- F(fila pedido 7)	Promedio(solución 7)

Fig. 11.

Por lo tanto, el método para calcular el promedio de la solución será la función “Fitness” del Algoritmo Genético y esta última matriz la “Matriz de población inicial de cromosomas”.

El objetivo de nuestro algoritmo genético es encontrar el MÍNIMO DE LOS PROMEDIO DE LAS SOLUCIONES.

Para desarrollar el algoritmo genético seguiremos el siguiente diagrama de flujo:

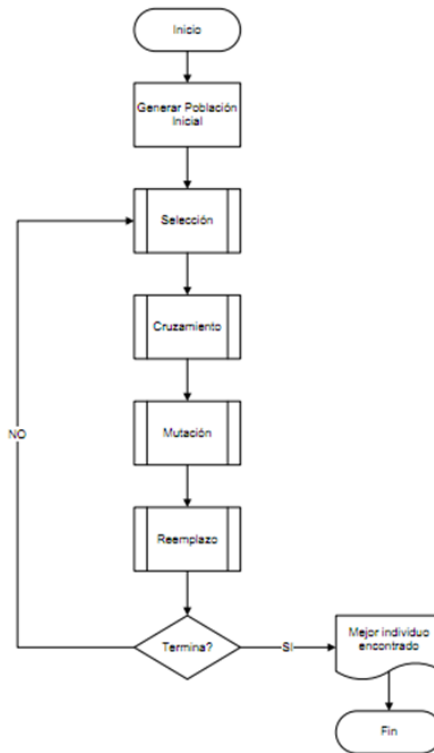


Fig. 12.

## 11 Conclusión

Este proyecto final de carrera “Optimización de la Toma de Decisión de Gestión, utilizando Algoritmos Genéticos y Sistemas Expertos Difusos” ha cumplido tanto el objetivo general como los específicos que se plantearon en un principio.

Para la realización del presente trabajo se procedió a la investigación del proceso de asignación de aulas implementado en la Facultad Regional Tucumán. Dicha información nos fue impartida por el personal de la secretaria académica con total predisposición. Esto nos permitió formar un grupo de trabajo e identificar en primera instancia los usuarios expertos y los principales encargados de guiar y retroalimentar los avances del proyecto.

Luego de organizar la información obtenida en las reuniones coordinadas con el equipo formado, nos abocamos al aprendizaje profundo de las herramientas de inteligencia artificial a utilizar. En esta etapa tuvimos el apoyo incondicional de nuestro tutor, especialista en las temáticas de inteligencia artificial en las que se fundamenta nuestro proyecto, logrando así facilidad en el aprendizaje buscado.

Desde nuestro punto de vista resultó beneficioso la conjunción de la utilización de herramientas híbridas de Inteligencia Artificial para resolver problemas complejos de optimización de recursos, lo que suponemos una apertura de nuevas implicancias Universidad-Empresas-Sociedad.

A través de la conclusión de nuestro proyecto logramos aplicar diversos conceptos aprendidos en la cátedra de Inteligencia Artificial, combinar experiencias adquiridas en otras cátedras e interactuar con procesos y problemáticas reales

Logramos desarrollar un prototipo de software que permite optimizar el uso de los recursos materiales a su máxima utilidad con una correcta distribución de los mismos. Además de realizar el estudio e investigación de la adaptabilidad de la utilización de los modelos híbridos Genetic Algorithm-Fuzzy Expert aplicados a la optimización.

Por último queremos resaltar que una vez más nuestra universidad nos dio la posibilidad de desempeñarnos como ingenieros, acercándonos a procesos del mundo profesional, bajo la coordinación de futuros colegas.

## 12 Referencias

- [1] <http://www.frt.utn.edu.ar/> (Campus virtual)
- [2] SOMMERVILLE 2005: Sommerville Ian, Ingeniería del Software, Séptima Edición, Pearson Educación, Madrid, 2005.
- [3] LARMAN 2003: Larman Craig, UML y patrones Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado, Segunda Edición, Prentice Hall, Pearson, Pearson Educación, Madrid, 2003.
- [4] Modelos Híbridos de Inteligencia Computacional aplicados en la Segmentación de Imágenes de Resonancia Magnética  
[http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/tesis/Tesis\\_Meschino\\_Gustavo.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/tesis/Tesis_Meschino_Gustavo.pdf)