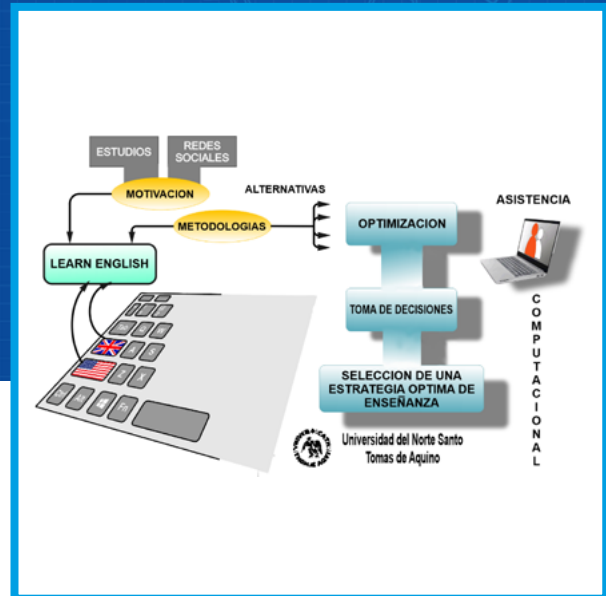


# Nuevo enfoque para seleccionar una estrategia optimizada de enseñanza

**Pablo Rovarini Díaz, María Laura Rovarini, Mario Figueroa de la Cruz**

Laboratorio de Inteligencia Artificial, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Tucumán, Argentina

Contacto: [provarini@unsta.edu.ar](mailto:provarini@unsta.edu.ar)  
[laurarovarini@gmail.com](mailto:laurarovarini@gmail.com)  
[mfigueroa@gmail.com](mailto:mfigueroa@gmail.com)



## RESUMEN

No cabe duda que el proceso escolar moderno muestra una alta complejidad. Esta situación hace que sea recomendable utilizar un soporte computacional adecuado que preste auxilio a la identificación de las mejores estrategias. Este trabajo describe ideas de cómo utilizar PRM (Political-Rational Model), un modelo matemático originalmente desarrollado por los autores para la toma de decisiones en ámbitos económicos aplicado a un contexto educacional. En particular, PRM muestra características satisfactorias para determinar el grado de efectividad de varias alternativas para la enseñanza del idioma inglés en escuelas de nuestro país.

## ABSTRACT

There is no doubt that the modern school process exhibits a high complexity. This situation makes it advisable to use an adequate computer support in the search of better educational strategies. This paper describes ideas of how to use a mathematical model originally developed by the authors for decision-making in economic fields (Political-Rational Model: PRM) within an educational context. In particular, PRM shows satisfactory characteristics to determine the degree of effectiveness of several alternatives for teaching English in schools of our country.

**Keywords:** educational strategies, modern school, PRM model, teaching English

**Palabras clave:** : estrategias educativas, escuela moderna, modelo PRM, enseñanza de inglés

## Introducción

Resulta una dificultosa tarea analizar y proponer alternativas que conduzcan a mejorar las metas de la escuela en nuestro problematizado país. Posiblemente, una metodología adecuada para diseñar planes de estudio sirva para estructurar una escuela que aglutine la complejidad de formas radicalmente innovadoras de aprendizaje con un trabajo diario de orientación, monitoreando la utilización de nuevos medios mediante una investigación continua multidimensional.

Muchos autores hicieron contribuciones significativas procurando soluciones para los problemas del sistema escolar, siendo destacable los esfuerzos de Cesare Scurati [1], resultando interesante su propuesta:

*[...] se debe encontrar siempre los términos e idiomas apropiados para entender el significado de la escuela en el sentido concreto de sus componentes y manifestaciones [...] hoy es el objetivo de encuentro entre el pasado y el futuro en la constante búsqueda de recomposición y reflexión.*

Siguiendo sus sugerencias, la escuela debe garantizar el aprendizaje escolar en términos de tres núcleos:

- Mostrarse *relevante* para todos los alumnos.
- Convertirse en *emblemático* desde un enfoque del conocimiento multidisciplinario indispensable.

Resultar *productivo*, ya que este sistema tendrá que ser capaz de enfrentar desafíos sin precedentes y situaciones complejas debidas a profundos y abruptos cambios, sustentando la continuidad de inversiones en contextos educativos.

La evolutiva sociedad actual, cada vez más global y conectada, se caracteriza por mostrar cambios profundos en lapsos de tiempo cortos. En ella, niños y adolescentes son llevados a cierto grado de desigualdad, producto de su cada vez mayor aislamiento en el universo de sus interrelaciones, presionados por sus vivencias diarias. Lamentablemente, este proceso se realiza con una tasa de variación exponencial. En algún momento de nuestra historia, los estudiantes adquirirían casi completamente sus conocimientos en el ámbito escolar. Sin embargo, las generaciones más jóvenes reciben una gran cantidad de información por parte de personas, medios y agencias educativas externas a la escuela. Se observa el cambio en contenido y forma del conocimiento, lo que afecta los modos de organizar, transformar y transmitir ese precioso concepto que se condensa en la palabra información.

En la actualidad, los estudiantes experimentan actividades extracurriculares que desbordan

de información por reuniones virtuales con una variedad de culturas diferentes. Al mismo tiempo, sin embargo, se debe señalar que este proceso es fragmentado y oscuro, sin interpretaciones o perspectivas educativas que puedan aglutinar estas variadas y tan distintas experiencias, con la idea de obtener un beneficio armónico sobre sus personalidades. Enfrentada con esta situación, la escuela no debe descuidar sus importantes tareas educativas, no dejando que se reduzca su papel a la simple transmisión de solo unas pocas técnicas y algunos conocimientos básicos.

Por todo lo anterior, la misión de la escuela debe ser aún más significativa. Corresponde que sus trayectorias educativas se adecuen a valorar apropiadamente sus experiencias como también la información extracurricular de los estudiantes, subsanando falencias de integración de trozos informativos aparentemente no conexos, con la intención de recomponer el desarrollo de sus formaciones personales.

Esto trae a la discusión la diferencia formal que se debe realizar sobre la información y lo que se entiende por conocimiento. Actualmente, las presiones de todo tipo que impone la sociedad a sus miembros y los transforma en recolectores de datos. Estos son generados y almacenados a velocidades medidas en PB/hora o EB/hora [16], [17], [18], provenientes de sensores remotos en satélites, sondas espaciales, microchips que generan códigos genéticos o provenientes de simulaciones científicas, computadores de cualquier tipo. Realizan tareas vitales, teléfonos celulares (mucho más de la mitad - de los más de 7.500 millones de seres humanos que habitaban nuestro planeta a fines de 2019 - poseían teléfonos celulares, con más de 2.000 millones de smartphone) [19], todos ellos generando una verdadera avalancha de datos hicieron ineficiente las técnicas tradicionales de manejo de datos en crudo. Básicamente, se precisa clasificar y segmentar datos mediante procesos de Data Mining sobre Big Data, utilizando procesos de asociación de datos, métodos de regresión o árboles de decisión, entre tantos otros. Casi a diario se desarrollan nuevas maneras de trabajar con ellos, ya que todos los métodos de uso frecuente, estudiados y desarrollados con anterioridad a Big Data, muestran cada vez más su debilidad cuando se aplican a esta nueva realidad. Para preservar eficacia y efectividad es preciso adaptarlos o abandonarlos utilizando nuevos rumbos. Una vez que los datos son filtrados con eliminación de redundancias y mantenimiento de relevancia sobre el problema bajo estudio, proporcionan la información que aún debe sufrir un postproceso de estructuración, para que resulte aceptable a nuestros fines.

El conocimiento connota la comprensión teórica o práctica de información, junto con la capacidad de usarla para un propósito específico. La combinación de información, experiencia e intuición conduce a lo que se entiende por conocimiento, con el potencial de hacer inferencias y desarrollar nuevas ideas, resultando particularmente apto para tomar decisiones. Como lo sintetiza tan bien Carly Fiorina (ex-Presidente de Hewlett-Packard Co.): *El objetivo es convertir los datos en información y la información en conocimiento.* [2]

La escuela debe entregar al estudiante la posibilidad de efectuar relaciones significativas entre información y conocimiento, para emerger como un constructor básico de herramientas conceptuales y culturales, dando sentido a la pluralidad de la información y al conocimiento que a veces, parece confuso e imbricado. Se debe intentar una didáctica de la integralidad en contraposición a una didáctica sectorial.

Un enfoque interesante muestra que lo relevante es consolidar el desarrollo integral del alumno, no solo alentándolo a acumular conocimiento y técnicas, sino para ayudarlo principalmente a lo largo de todo ese espectro que va, desde el comienzo de la escuela primaria (primer ciclo de enseñanza) hasta su conclusión, preparándolo para enfrentar la transición hacia la escuela secundaria (segundo ciclo de enseñanza), y después de unos años permitirle enfrentar exitosamente su ingreso a claustros universitarios o a la vida laboral. Como resultado de estas observaciones, se trata de delinear cauces a seguir, apoyando su verificación en modelos matemáticos. En este trabajo se sigue un caso de estudio con un objetivo simple: *la estrategia de enseñanza más conveniente para el aprendizaje del idioma inglés.*

El propósito principal considerado fue mejorar el nivel de interacción, enfatizando el aspecto comunicativo tomando cuidado de las perspectivas dadas por el lexicón (Real Academia Española: *conocimiento léxico que un hablante posee sobre una lengua* [3]), siempre referido al lenguaje utilizado como situación concreta enfrentada en el aula.

En este trabajo se utiliza un objetivo general (OG) que identifica a los problemas de interés:

OG = {Alentar a los estudiantes a tener una actitud positiva y abierta hacia un diferente código lingüístico, destinado a aprender inglés en situaciones reales de comunicación}

Este OG puede explicarse a través de varios objetivos específicos. Al centrar el enfoque en aspectos metodológicos, se evidencian al menos seis objetivos específicos significativos.

OE1 = {Usar el inglés para interactuar en el aula mediante comunicaciones grupales}

OE2 = {Saber cómo utilizar la información a través de nuevas tecnologías y colaborar con sus compañeros de clase}

OE3 = {Adquirir las estructuras lingüísticas fundamentales con la ayuda de música, usando piezas pertenecientes a diversos géneros musicales}

OE4 = {Adquirir mayor seguridad y dominio lingüístico}

OE5 = {Mejorar la pronunciación}

OE6 = {Enriquecer el vocabulario a través de una metodología apropiada}

### Modelos Computacionales

En una sociedad hiperconectada, con aristas punzantes donde se entremezclan intereses e ideologías, urge visualizar el entorno teniendo en cuenta teorías que a veces muestran simplificaciones al límite de lo contradictorio. Es por esto, que es preciso reflexionar sobre el cuidado que se debe tomar al construir modelos educativos que incluyan dos condiciones básicas. Una de ellas, es investigar modos de diseñar modelos que reflejen la realidad, teniendo como límite la capacidad de observación del perceptor, siguiendo en un todo el consejo de Albert Einstein: *Todo debe ser lo más simple posible, pero no más simple.*<sup>1</sup>

La otra, revisar la intuición pedagógica de la epistemología de Karl Popper [4], en términos de conjeturas y refutaciones, absorbiendo sus enseñanzas sobre la idea de que la persona que busca una confirmación puede encontrarla. Casi paradójicamente, lo importante es darse de bruces con los errores que llamamos correctos, en el sentido que impulsan a buscar las causas de las dificultades, a captar relaciones inesperadas y singulares, a seguir rastros que detectan verdades ocultas.

Formalmente, y como primera aproximación en la búsqueda de soluciones viables, se comienza tratando el proceso básico de tomar decisiones, frecuentemente realizado por un conjunto de participantes. La Toma de Decisiones grupal (Group Decision Making: GDM) parte de un problema que se desea resolver. Para cumplir con este objetivo

1. En su revisión de citas atribuidas a Albert Einstein, Calaprice nota que algunas fueron editadas tratando de mantener su esencia. En este caso, y según este revisor, posiblemente la cita sea una versión comprimida de lo que dijo Einstein en una disertación de 1933: "It can scarcely be denied that the supreme goal of all theory is to make the irreducible basic elements as simple and as few as possible without having to surrender the adequate representation of a single datum of experience."

<https://www.nature.com/articles/d41586-018-05004-4>

primario, se forma un grupo de seres humanos y/o computadores (de ahora en más *decisores*), al que denominaremos Grupo Decisor (Decision Group: DG), encargado de entregar una respuesta y aceptando la responsabilidad que tal acción conlleva. Cabe destacar que a menudo aparecen factores de incertidumbre en este proceso.

La mecánica de trabajo de un DG incluye reuniones plenarias, donde la meta consiste en encontrar un consenso como resultado de intercambios de ideas (brainstorm). Es típico definir *consenso* como el acuerdo pleno y unánime de todos los expertos con respecto a todas las alternativas factibles. Sin embargo, es claro que esta definición no resulta de mucha utilidad, debido a que solo permite diferenciar entre dos estados del grupo decisor: la existencia y la ausencia de un acuerdo absoluto, por lo que es preferible referirse a consenso como el juicio alcanzado por la mayoría de los interesados, lo que lleva a la definición y el uso de un nuevo concepto del grado de consenso denominado *grado de consenso leve* (soft consensus degree) por Kacprzyk & Fabrizzy [5]. Bajo este enfoque, se modela al consenso como un proceso de discusión grupal iterativo y dinámico, normalmente coordinado por un moderador. Los grados de consenso suave representan niveles de acuerdo entre los expertos, por lo que utilizamos el concepto de *similitud* entre opiniones (preferencias). El problema presentado por la convergencia del proceso de consenso hacia una solución aceptable para la mayoría de los expertos se ve afectada por la métrica particular utilizada. Por ejemplo, el análisis realizado por Chiclana et al. [6] contempla cinco de las funciones de distancia más comunes: Manhattan, Euclidiana, Coseno, Dice y Jaccard. Así, la función distancia elegida para medir el desacuerdo y posteriormente para calcular la medida de consenso leve entre expertos influye de modo directo, reportándose resultados significativamente diferentes sobre la mayoría de los problemas de GDM. Los dos modelos básicos para GDM considerados son [7, 8]:

1- *Modelo racional*, basado en objetivos, alternativas, consecuencias en procura de optimización. Este modelo asume que toda la información sobre la decisión que se va a tomar está disponible, pudiéndose determinar la correcta concepción de la decisión. Asume además que los decisores evalúan constantemente ventajas y desventajas de cualquier alternativa teniendo en cuenta metas y objetivos, para luego evaluar las consecuencias de seleccionar o no seleccionar cada alternativa. Deben seleccionar entonces la alternativa que provea la máxima utilidad (elección óptima).

2- *Modelo político*, que en contraste con el modelo racional deja que los decisores estén motivados y accionen no por objetivos organizacionales,

sino por sus propias necesidades y percepciones. Este proceso involucra ciclos de negociación y discusión entre los miembros del grupo, permitiendo así que la perspectiva de cada uno de ellos sea considerada para su probable modificación, mejorándola o descartándola. Más específicamente, este proceso involucra a todos los decisores que tratan de influir sobre otros decisores para que adopten sus puntos de vista. Todo lo anterior bajo el supuesto que entendemos por política la actividad orientada en forma ideológica a la toma de decisiones de un grupo para alcanzar objetivos determinados previamente. Aristóteles, en el siglo IV a.C propuso un enfoque científico, donde el análisis social se efectúa tomando elementos psicológicos, culturales y sociales y a partir de este análisis, estableció relaciones causales.

El modelo racional utiliza un enfoque lógico y secuencial para realizar GDM mediante la evaluación de alternativas conocidas, eligiendo la alternativa óptima. No obstante, las suposiciones de este modelo pueden no ser totalmente aplicables. En entornos reales, las decisiones grupales enfrentan muchos condicionamientos. Debido a la diversidad de experiencias y opiniones sobre objetivos de las decisiones y criterios de evaluación, los decisores involucrados en el proceso tienen sus propias percepciones y modelos mentales sobre una situación de decisión. Pueden tener información diferente y compartir sólo parcialmente las metas procuradas. Por lo tanto, la información incompleta o ambigua, los conflictos de intereses y la inconsistencia evaluativa son inevitables.

Si se considera que el proceso de toma de decisiones deba realizarse mediante negociaciones y discusiones entre los decisores, lo que al modelo racional le resulta difícil de manejar, se debe tener cuidado, pues utilizar solo un modelo político que funciona basado en negociaciones a menudo, está influenciado por factores individuales y favores concedidos. Este modelo es adecuado para hacer frente a situaciones en las que la información resulte incompleta, incierta o inexacta y sea soportable un cierto grado de error. Una combinación de ambos modelos podría conducir a la obtención de mejoras sustanciales en un paradigma integrador con ventajas reales en la práctica, particularmente en ambientes plagados de factores inciertos.

Antes de realizar una propuesta sobre el modelo a aplicar, es importante hacer referencia a un método tradicional y que eventualmente conduce a resultados satisfactorios. Nos referimos al Método de Saaty (Analytic Hierarchy Process: AHP) [10,11], donde una vez planteado el OG y

los OE, se centra la atención sobre cuatro alternativas que se estiman como las más importantes:

$A1 = \{\text{Enseñanza que favorezca el uso de nuevas tecnologías}\}$

$A2 = \{\text{Enseñanza frente a estudiantes utilizando materiales rutinarios}\}$

$A3 = \{\text{Enseñanza interdisciplinaria (CLIL)}\}$

$A4 = \{\text{Enseñanza del inglés a través de la música}\}$

Una aclaración acerca de CLIL: es una metodología frecuentemente utilizada en varios países que lleva el nombre de Aprendizaje Integrado de Contenidos y Lenguas Extranjeras (en inglés *Content and Language Integrated Learning*: CLIL [9]), creado para utilizar el lenguaje como medio de instrucción, inclinándolo a los estudiantes hacia el uso de un nuevo lenguaje en el momento de su introducción en el aula, y no dejándolo para una utilización posterior, sometiéndolos a una verdadera inmersión lingüística. Sus seguidores piensan que abre las puertas a los idiomas para una gama amplia de estudiantes jóvenes, alimentando la confianza en sí mismos, particularmente en aquellos que no han respondido bien a la enseñanza formal del lenguaje en la educación general. Inclusive ven una ventaja adicional al agregar un lenguaje al currículo sin requerir tiempo extra (al menos minimizándolo).

Sea  $DG = \{D_1, \dots, D_i, \dots, D_n\}$  el Grupo Decisor (también conocido como *C-suite*, *C por CEO*) constituido para resolver un problema  $P$ ,  $A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_m\}$ , el conjunto de alternativas encontradas a partir del OG del problema considerado, y  $A = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_q\}$  el conjunto de criterios que permiten a cada decisor evaluar las alternativas. Se considera que cada decisor logró un consenso personal entre criterios de modo que pueda comparar las alternativas resultantes. En AHP, cada decisor entrega sus valoraciones sobre las alternativas a partir de sus juicios cuantificados por los criterios. Entonces al existir alternativas, se obtienen matrices de dimensionalidad  $n$ , con elementos que pueden ser números reales, o números difusos (Fuzzy Number: FN). Las matrices obtenidas deben cumplir con la condición que  $m_{ij} = 1/m_{ji}$ ;  $m_{ii} = 1$ ;  $\forall i, j$  (recíprocas). Se dice que estas matrices son consistentes si son transitivas, es decir,  $m_{ik} = m_{ij} m_{jk} \forall i, j, k$ .

Tales matrices podrían existir si los se obtienen a partir de datos exactos. Como este no es el caso, se busca la inconsistencia  $C_i$  de juicios, lo que se efectúa calculando lo que recibe el nombre de índice de consistencia mediante una técnica simple descrita en [10], sugiriéndose que si esa relación excede 0,1, el conjunto de juicios puede ser demasiado inconsistente para ser confiable. Caso contrario, la coherencia es ciertamente aceptable y se trata de *coherencia fuerte*. Los experimentos realizados en el campo educativo llevan a aceptar

como consistentes también asignaciones de puntajes en los que  $0,1 \leq CI < 0,2$ . Incluso se llega a considerar como aceptables situaciones, definidas como *coherencia débil*, en las cuales  $0,2 \leq CI < 0,3$ . En caso que el índice de coherencia sea mayor, debe solicitarse una revisión de evaluaciones.

En cada matriz se condensan los resultados de un único decisor, debiéndose a posteriori consensuar estas  $n$  matrices para obtener finalmente una única matriz  $M$  que represente las preferencias del DG, o bien lograr un consenso anterior y construir una única matriz.

## MÉTODO POLÍTICO-RACIONAL

A pesar que el método de Saaty conduce a resultados que en diversas ocasiones concluye en resultados útiles, las sutilezas involucradas en los problemas reales que se pretende abordar lleva a considerar métodos más elaborados. Por esta razón, la idea es utilizar una metodología recientemente desarrollada bajo el nombre de modelo Político-Racional (PRM) [7,8]. Este modelo se basa en ejes semejantes a los planteados anteriormente y a rescatar. La atención en este trabajo se centrará en plantear la aplicación de PRM al caso puntual de la selección de una alternativa que satisfaga el OG (que se mantiene).

Se asume que DG tiene un comportamiento sistémico donde cada decisor provee entradas mediante sus opiniones, juicio en base a su experiencia cuantificables, usualmente modificados durante las reuniones de discusión que se espera conduzcan a lograr un consenso. Estas modificaciones se deben básicamente a muchos factores, tales como ingreso de nueva información relevante, aspectos psicológicos de los decisores, utilización de tácticas y claridad en la exposición de argumentos que avalen una selección particular.

Se define a una *solución satisfactoria grupal* (Satisfactory group solution: SGS) como aquella que resulta aceptable para el grupo decisor en su conjunto y simultáneamente, logre conformidad por parte de cada decisor en forma individual en la mayor medida posible (es decir, se procura consenso del GD, asociado con un grado de consenso en SGS).

En un modelo para GD se identifica tres características con incertidumbre que participan en el proceso de búsqueda de una SGS.

1. Rol que desempeña cada decisor (medido mediante un factor de ponderación o peso, generalmente subjetivo) colocado en un ranking que muestre su importancia relativa.
2. Preferencias de cada decisor sobre determinadas alternativas. Las diferentes preferencias de los miembros del grupo tienen, como es razonable, un impacto directo en la solu-

ción derivada.

3. El o los criterios que utiliza un decisor para evaluar alternativas. Los criterios de evaluación se determinan generalmente a través de discusiones en el seno de los grupos de decisión o bien resultan de una selección de caracterizadores a partir de resultados obtenidos mediante un método de Data Mining que resulte en información útil a los propósitos del decisor.

En una situación real, los diferentes miembros del grupo pueden tener diferentes puntos de vista en la evaluación de criterios durante el proceso de encontrar una solución a un problema. Diferentes miembros tienen a menudo distintos juicios al comparar la importancia entre diversos criterios de evaluación. Por ejemplo, al identificar la importancia de un criterio respecto a otro, tanto los criterios de evaluación como la prioridad de cada uno de ellos, influirán directamente en el ranking de alternativas y por tanto, sobre la selección de la solución satisfactoria grupal. Puesto que la intención es trabajar con un PRM, el modelo utiliza consenso basado en reglas y la construcción del mismo toma ventajas de los modelos racionales y políticos de decisión grupal. Asumiendo que se posee la definición de un problema de decisión, a partir de él se determinan los requisitos y se establecen los objetivos encontrando un modelo que se pasa a describir.

Los miembros del grupo decisor proponen alternativas para el problema de decisión. A continuación, clasifican estas alternativas para seleccionar solo  $m$  de ellas. Un conjunto de criterios de evaluación clasifica estas alternativas otorgando o asignando pesos al comienzo del proceso de toma de decisiones. Aunque los miembros del grupo pueden tener diferentes experiencias, opiniones e información a mano para resolver el problema, deben participar en el proceso de agregación de grupo para asegurarse que opiniones individuales dispares vengán a compartir los mismos objetivos de decisión. Como consecuencia, se permite la incorporación de consistencia humana.

Cualquier rol individual, preferencia por las alternativas o juicios para la evaluación de criterios en un proceso de decisión, se expresan frecuentemente mediante términos lingüísticos por sus ventajas simples de notar (permite la utilización de términos como *normal*, *importante*, *muy importante*, *baja* o *alta*, tan frecuentemente utilizados por decisores humanos). Similarmente, para expresar juicios al comparar un par de criterios de evaluación, se adopta una forma de reglas del tipo *es igualmente importante que* o bien *es más importante que*. Dado que estos términos lingüísticos reflejan la incertidumbre, inexactitud y falta de claridad de los de-

cisores, y teniendo al alcance una herramienta tan versátil y bien fundamentada como lo es la Teoría de Conjuntos Difusos (Fuzzy Sets Theory: FST) de Zadeh [12][15], se basa todo el desarrollo en la aplicación de variables lingüísticas representadas por números difusos. Se comienza determinando:

1. Cantidad de  $n$  decisores implicados en el problema.
2. Cantidad de  $q$  criterios considerados para tomar decisiones.
3. Cantidad de  $m$  posibles soluciones (alternativas) que se consideran.

Es tarea de PRM generar la estructura del problema de modo que el usuario solo tenga que preocuparse por la carga de los valores correspondientes a sus apreciaciones para la obtención del resultado final. Para esto, replanteamos el problema que nos ocupa:

Al partir del supuesto que un establecimiento educacional, en procura del objetivo general OG ya descrito, forma un grupo de tres decisores  $\{D_1, D_2, D_3\}$ ;  $n = 3$ , encargados de decidir un ranking de posibles estrategias de enseñanza y constituido por:

$D_1$ : Director del establecimiento

$D_2$ : Coord. de Estudios del establecimiento

$D_3$ : Rep. de los Profesores de Inglés

Después de una lluvia de ideas, el DG llega a restringir los criterios de evaluación a  $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$ ;  $q = 6$  con:

$c_1$ : Usar el idioma inglés para interactuar en el aula mediante comunicaciones grupales.

$c_2$ : Saber cómo utilizar la información a través de nuevas metodologías y colaborar con sus compañeros de clase.

$c_3$ : Adquirir las estructuras lingüísticas fundamentales con la ayuda de música, usando piezas pertenecientes a diversos géneros musicales.

$c_4$ : Adquirir mayor seguridad y dominio lingüístico.

$c_5$ : Mejorar la pronunciación.

$c_6$ : Enriquecer el vocabulario a través de una metodología apropiada.

A partir de estos conjuntos, se construyen las matrices de comparación de criterios para cada decisor mediante la ponderación (similar al método de Saati) de sus preferencias sobre los criterios acordados, para obtener así la relevancia de cada uno de ellos utilizada para la decisión final. Se cargan los datos en el sistema a través de la edición de cada uno de los criterios, como se muestra en figura 1.

Como existen 4 alternativas  $\{A_1, A_2, A_3, A_4\}$ , cada decisor construye matrices de su apreciación utili-

zando los criterios tenidos en cuenta, las que se cargan en el sistema mediante una pantalla mostrada en la figura 2. Las diferentes etapas de carga en el sistema se muestran en las figuras 2, 3 y 4.

**Tabla 1: Matrices de comparación de criterios para cada decisor (solo para  $D_1$ ).**

$D_1$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$
$c_1$	*	Weak Importance	Same Importance	Same Importance	Weak Importance	...
$c_2$	Same Importance	*	Importance accentuated	Extremely Strong Importance	Extremely Strong Importance	...
$c_3$	Light Importance	Very Strong Importance	*	Strong Importance	Absolute Importance	...
$c_4$	Importance accentuated	Same Importance	Importance accentuated	*	Light Importance	...
$c_5$	Very Strong Importance	Light Importance	Strong Importance	Absolute Importance	*	...
$c_6$	...	...	...	...	...	*

**Figura 1: Pantalla de carga de criterios en el sistema.**

**Tabla 2: Matriz de apreciación utilizando los criterios tenidos en cuenta (solo para  $D_1$ ).**

$D_1$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$
$A_1$	M	L	M	VH	M	...
$A_2$	VL	M	VH	H	EH	...
$A_3$	VL	L	VL	H	EL	...
$A_4$	...	...	...	...	...	...

**Figura 2 : Pantalla de carga de las matrices de apreciación mediante edición de alternativas.**

Name	Rating	Fuzzy Value	
d1	Very Important	(5,8,10)	⊕ ⊖
d2	Important	(2,5,8)	⊕ ⊖
d3	Normal	(0,6,4)	⊕ ⊖

**Figura 3 : Pesos de los decisores.**

En este momento el sistema permite, mediante la presión de un simple actuador, calcular de acuerdo a la teoría correspondiente los resultados que muestran información que debe interpretarse como el ranking de las alternativas, desplegándose la pantalla de la figura 4.

**Figura 4: Pantalla final del sistema mostrando el ranking de alternativas.**

En ella, se observa una secuencia ordenada de alternativas, que muestran la integración de las valoraciones de cada decisor con todas sus características asociadas. Esta secuencia, al formarse con valores numéricos, admite un análisis por parte del usuario que le permite apreciar el grado de dispersión de las diferentes metodologías que compiten. Por ejemplo, existen situaciones donde las diferencias entre los valores de preferencia alcanzados por las alternativas están en un rango  $[\Psi_1, \Psi_2]$  muy estrecho, mostrando que en realidad, no existe solo una de ellas realmente superior a las demás. En este caso, una buena idea es ampliar el conjunto de criterios o bien solo modificar las funciones de pertenencia utilizadas, con la finalidad de crear situaciones que realmente produzcan una separación entre alternativas lo suficientemente marcadas como principio de una buena toma de decisión.

En el caso ejemplificado, la alternativa 1 (*tecnología avanzada*) y la alternativa 4 (*música*) difieren en un valor pequeño, aproximadamente de 0,075, lo que analizado con cuidado no resulta nítidamente definitorio para tomar la decisión de utilizar 1 y no 4 (se debe notar que quizás, éste sea un buen argumento para fusionar alternativas).

## CONCLUSIONES

Al existir  $m$  alternativas, cada decisor entrega un punto sobre un espacio euclídeo  $m$ -dimensionalidad. La distancia entre dos puntos (lo que podemos llamar distancia entre los rankings de dos decisores) mide de alguna manera la diferencia de opinión entre ellos. Se solicita a cada decisor  $d_i; 1 \leq i < n$ , que asigne a cada par  $(a_j, c_k)$  un grado  $g_{j,k}^i$  que exprese la medida en que la alternativa  $a_j$  satisface el criterio  $c_k$ . Este grado  $g_{j,k}^i$  puede ser un número real, o un número difuso, representativo de los significados dados a términos de una variable lingüística [12] [15].

El conocimiento de los  $g_{j,k}^i$  permite la construcción de una matriz  $G=[g_{j,k}^i]$  (se trabaja normalmente con  $n$  matrices bidimensionales de orden  $(m \times k)$ , tomada como el punto de partida de un proceso que conduce a la elección de una alternativa o al menos, a la construcción de un ranking de alternativas (quizás solo parcial).

Con frecuencia es conveniente considerar restricciones, por ejemplo, se puede establecer para cada criterio  $c_k$  un umbral  $\sigma_k > 0$ , con la restricción  $g_{j,k}^i \geq \sigma_k; \forall k$ . A veces resulta apropiado considerar combinaciones convexas lineales de alternativas  $a_j$ , formando una estrategia mixta como  $a_{mixta} = r_1 a_1 + \dots + r_j a_j + \dots + r_m a_m$  donde  $r_m \in \mathbb{R}^+$  tales que  $r_1 + \dots + r_j + \dots + r_m = 1$ . La necesidad de considerar estrategias mixtas surge como un intento de solucionar las *alternativas de riesgo*, es decir, aquellas que muestran grados altos para ciertos criterios y bajos para otros (posiblemente por debajo del umbral). En el problema tratado, el número  $r_j$  puede representar la fracción de tiempo en que se aplica la estrategia de enseñanza  $a_j$ . En el caso de incertidumbre en la evaluación de los puntajes, los grados  $g_{j,k}^i$  pueden reemplazarse por números difusos.

Si se opta por números reales, se asumen las restricciones:

$$\begin{aligned} & (\text{si } a_j \text{ no cumple el criterio } c_k) 0 \leq g_{j,k}^i \\ & \leq 1 \text{ (si } a_j \text{ cumple el criterio } c_k) \\ & \forall i : g_{1,k}^i + \dots + g_{j,k}^i + \dots + g_{m,k}^i = 1 \end{aligned}$$

O bien, para números difusos:

$$\begin{aligned} & \text{soporte}(g_{j,k}^i) \subseteq [0,1] \\ & \forall i : \text{nucleo}(g_{1,k}^i) + \dots + \text{nucleo}(g_{j,k}^i) + \dots \\ & \quad + \text{nucleo}(g_{m,k}^i) \geq 1 \end{aligned}$$

El sistema descrito para solucionar la toma de decisiones en un problema real y de considerable importancia, como lo es la elección de estrategias

adecuadas a la enseñanza, condujo en nuestra simulación a un resultado, que después de un análisis exhaustivo con el grupo decisor (configurado en este caso por personal real de un colegio real), mostró características que permiten considerarlo apropiado y con una buena flexibilidad para cambiarlo cuando algunas características del mismo sufren modificaciones imprevistas o el entorno se vuelve inestable. Esto es, el sistema descrito es un sistema adaptivo con una pérdida ínfima en los resultados devueltos. Este sistema de toma de decisiones, en conjunto con trabajos anteriores sobre un sistema para el otorgamiento de calificaciones justas en pruebas de suficiencia [13,14], esperan lograr un sistema integral que pueda ser útil para ayudar a alcanzar una educación de calidad adecuada a un país como el nuestro, que aparentemente, y de acuerdo a los conocimientos incompletos que disponemos, presenta una buena cantidad de problemas a resolver.

## Referencias

- [1] (2011) Scurati - Scuola Materna per l'educazioni dell'infanzia, *Omaggio a Cesare Scurati*, Nro. 2, settembre 2011. <https://cesarescurati.files.wordpress.com/2012/09/scuola-materna-numero-speciale-scurati-2011-22.pdf>
- [2] <https://www.thehrdirector.com/features/hr-in-business/turning-data-into-insight/>
- [3] <https://dle.rae.es/?id=NDHxtBd>
- [4] Popper, K. (1974) - Unended Quest an Intellectual Autobiography. *First published as "Autobiography by Karl Popper" in The Philosophy of Karl Popper in The Library of Living Philosophers, ed. Paul Arthur Schlipp, Open Court Publishing Co., La Salle, IL.*
- [5] Kacprzyk, J.; Fedrizzi, M. (1986). Soft consensus measures for monitoring real consensus reaching processes under fuzzy preferences. *Control and Cybernetics*. pp. 309–323. 1986.
- [6] Chiclana, F.; Tapia García, J. M.; del Moral, M. J.; Herrera-Viedma, E. (2015). Analyzing Consensus Measures in Group Decision Making. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [7] Rovarini, P.C.; Jordan G.; Rovarini, M.L. .Framework para la Toma de Decisiones Mediante un Modelo Político-Racional I (2020). Enviado a publicación.
- [8] Rovarini, P.C.; Jordan, G.; Rovarini, M.L.. Framework para la Toma de Decisiones Mediante un Modelo Político-Racional II (2020). Enviado a publicación.
- [9] <http://www.onestopenglish.com/clil/what-is-clil/>
- [10] Saaty, T. L. (1997) A scaling method for priori-



- ties in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, n. 3, p. 234-281.
- [11] Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, N. York, USA..
- [12] Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-353.
- [13] Rovarini, P.C. & Cerviño, M. de las M. (2008). Evaluación Fuzzy de Test en Humanidades (I). *Congreso Ciencias, Tecnologías y Culturas, Mirando al futuro de América Latina y el Caribe, 30 de octubre, Universidad de Santiago de Chile. 2008.*
- [14] Rovarini, P.C. & Cerviño, M. de las M. (2009). Test en Humanidades: una Evaluación Fuzzy. *Congreso de Inteligencia Computacional Aplicada (CICA), Universidad de Palermo, 23 al 24 de julio.*
- [15] Rovarini, & Díaz, P.C (2020). *Inteligencia Computacional*. Editorial UNSTA, ISBN 978-987-1662-99-9, Tucumán, Argentina.
- [16] Desjardins, J. *How much data is generated each day?* World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/04/how-much-data-is-generated-each-day-cf4bddf29f/>
- [17] Marr, B *How Much Data Do We Create Every Day?*. Enterprise Tech. Forbes Report. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/21/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read/?sh=73c4866560ba>
- [18] Milenkovic, J. *30 Eye-Opening Big Data Statistics for 2020: Patterns Are Everywhere*. December 4, 2019. <https://kommandotech.com/statistics/big-data-statistics/>
- [19] OBERLO Report. *How many people have smartphones in 2020?* <https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-have-smartphones#:~:text=Latest%20figures%20show%20an%20increasing,rate%20is%20at%2045.4%20percent>.