

# Integrando perspectivas: Desarrollo de una herramienta sistémica para la cuantificación de opiniones

Solano Cruz Octavio, Hernández Aguilar Claudia, Domínguez Pacheco Flavio Arturo, Sánchez Sánchez Marcial Margarito. Programa de posgrado de Ingeniería de Sistemas – Sistemas Biofísicos – ESIME Zacatenco  
Instituto Politécnico Nacional  
osolanoc1300@alumno.ipn.mx

**Resumen**— Russell Ackoff se caracterizó por definir la investigación sistémica como aquella que debe centrarse en el actor del problema, promoviendo un enfoque participativo. Su método de "diseño ideal" propone que los problemas sean definidos desde la perspectiva de los actores involucrados y que las soluciones se generen dentro del propio sistema.

Siguiendo este enfoque, se desarrolló un programa en MATLAB (Matrix Laboratory) para la recolección y priorización de datos basado en técnicas del pensamiento sistémico, integrando herramientas como lluvia de ideas, TKJ (Método de Tarjeta de Kawakita Jiro), Análisis de Jerarquía Analítica (AHP) y TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Inicialmente, este programa fue diseñado para la creación de un contenedor de pruebas para pretratamientos con semillas, pero su estructura permite aplicarlo a cualquier estudio sistémico que requiera la recolección y el tratamiento de datos bajo este enfoque.

El programa permitió estandarizar la priorización, reduciendo sesgos individuales y asegurando decisiones fundamentadas. Su automatización en MATLAB garantizó precisión y rapidez en el análisis de alternativas cualitativas. Además, su enfoque participativo reflejó el conocimiento de los involucrados, transformando percepciones subjetivas en información cuantificable y mejorando la objetividad y efectividad en la toma de decisiones.

**Abstract**— Russell Ackoff defines systemic research as that which should focus on the problem actor, promoting a participatory approach. Its "ideal design" method proposes that problems be defined from the perspective of the actors involved and that solutions be generated within the system itself.

Following this approach, a program was developed in MATLAB (Matrix Laboratory) for data collection and prioritization based on systems thinking techniques, integrating tools such as brainstorming, TKJ (Kawakita Jiro Method), Analytical Hierarchy Analysis (AHP) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution).. Initially, this program was designed for the creation of a test container for seed pretreatments, but its structure allows it to be applied to any systemic study that requires the collection and processing of data under this approach.

The program allowed prioritization to be standardized, reducing individual biases and ensuring informed decisions. Its

automation in MATLAB guaranteed precision and speed in the analysis of qualitative alternatives. Furthermore, its participatory approach reflected the knowledge of those involved, transforming subjective perceptions into quantifiable information and improving objectivity and effectiveness in decision-making.

**Palabras Clave** — Sistémico, TKJ, AHP, TOPSIS, MATLAB.

## I. INTRODUCCIÓN

En un mundo caracterizado por el cambio y la complejidad, surge la necesidad de un enfoque que reconozca las interrelaciones entre los fenómenos, evitando fragmentar la realidad [1]. Russell Ackoff promovió un enfoque participativo, donde la comprensión del sistema se genera con la participación activa de los actores involucrados, quienes son los más afectados por las intervenciones [2].

Dentro del pensamiento sistémico, es fundamental adoptar una práctica colaborativa y reflexiva. Herramientas como la lluvia de ideas permiten generar soluciones sin juicio, integrando diversas perspectivas [4]. El método TKJ, por su parte, organiza y prioriza ideas de manera colaborativa, fortaleciendo el enfoque sistémico [5].

Este tipo de herramientas facilita la resolución de problemas complejos desde una visión holística, donde el resultado depende de la interacción de los actores involucrados [6]. Además, es necesario jerarquizar las alternativas generadas, y técnicas como AHP se utilizan para seleccionar entre alternativas competitivas [7], mientras que la combinación de AHP con QFD es útil para metodologías sistemáticas [9]. Para proyectos con enfoque dialógico, la combinación AHP-TOPSIS es especialmente útil [10].

Este trabajo tiene como objetivo integrar AHP y TOPSIS para procesar datos de procesos dialógicos como lluvia de ideas y TKJ, desarrollando un programa en MATLAB que facilite el análisis de decisiones complejas y garantice un enfoque participativo en la priorización de alternativas.

## I. METODOLOGÍA

*Metodología general para la priorización de características*

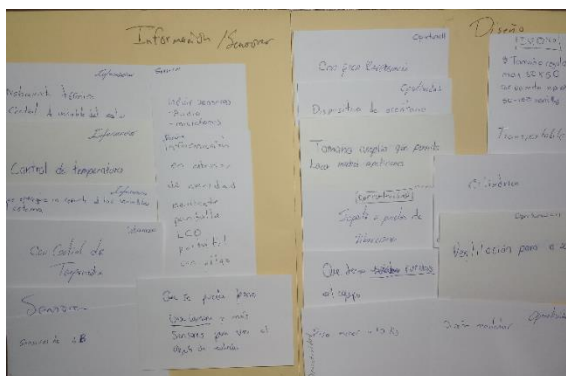
Esta metodología permite estructurar y analizar información obtenida a partir de la opinión de un grupo de trabajo mediante

un proceso sistemático. Su objetivo es convertir percepciones subjetivas en datos cuantificables que faciliten la toma de decisiones.

### 1. Generación de Ideas (Lluvia de Ideas y TKJ)

El primer paso consiste en reunir a un grupo de participantes con distintos perfiles y especialidades para obtener una amplia diversidad de opiniones sobre el problema identificado. Es de suma importancia que los actores del problema estén presentes y no solo un grupo de especialistas técnicos. Se utiliza la lluvia de ideas como técnica inicial para recoger propuestas. Ninguna idea es desechada con lo que buscamos garantizar la participación equitativa y evitando sesgos.

Para organizar estas ideas, se emplea la técnica TKJ (Tsuji Kanri), la cual estructura la información en categorías comunes. En esta etapa, los participantes anotan sus ideas en tarjetas de manera anónima (se busca no darles peso mayor a algunas de las opiniones emitidas únicamente por el perfil). Luego, se realiza un proceso de agrupación de ideas intercambiando las tarjetas para evitar sesgos individuales, obteniendo así una lista organizada de alternativas potenciales, tal como se muestra en la **Figura 1**.



**Figura 1.-** Fichas con ideas generadas durante la lluvia de ideas, que sirvieron de base para definir las alternativas.

### 2. Priorización de Ideas (AHP)

Una vez estructurada la información, utilizamos el método de Análisis de Jerarquía Analítica (AHP) para evaluar y priorizar las ideas obtenidas. Este método transforma opiniones cualitativas en valores cuantificables mediante un proceso de descomposición jerárquica, donde se identifican los criterios clave y las alternativas de decisión.

Se realiza una comparación por pares, asignando valores según la importancia relativa, como se muestra en la **Tabla 1**. Finalmente, se evalúan el índice de consistencia (CI) y la razón de consistencia (CR), que debe ser menor a 0.1 para garantizar la validez de los resultados al minimizar inconsistencias, según las ecuaciones (1), (2) y (3), donde  $n$  es el número de alternativas e  $IA$  el índice aleatorio.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

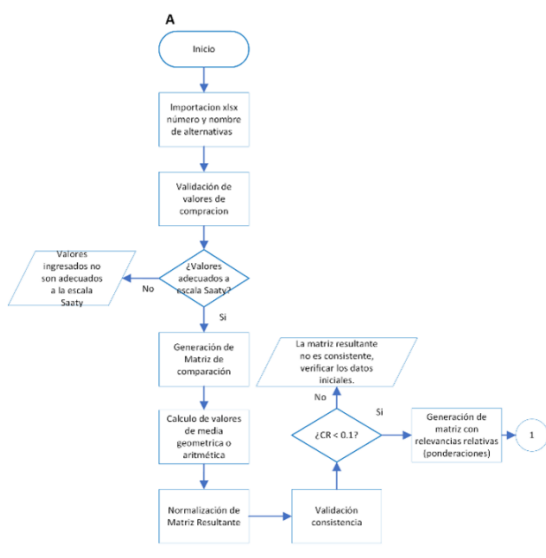
$$IA = \frac{1.98(n - 2)}{n} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{IA} \quad (3)$$

**Tabla 1.-** Escala propuesta en el diseño de Thomas Saaty y empleada en la jerarquización analítica para las alternativas obtenidas.

Escala de juicio para metodología AHP	
Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante que el otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios.
Inversos	Se usan cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar

Los cálculos de AHP pueden implementarse fácilmente en entornos de programación. Se eligió MATLAB debido a su capacidad para manejar matrices, lo que facilitó la automatización del proceso y garantizó la precisión de los datos obtenidos. La lógica del algoritmo para la obtención de la matriz de relevancias se muestra en la **Figura 2**, donde se presenta el diagrama de flujo correspondiente.



**Figura 2.-** Diagrama de flujo para la implementación del método AHP en MATLAB.

### 3. Evaluación de Alternativas (TOPSIS)

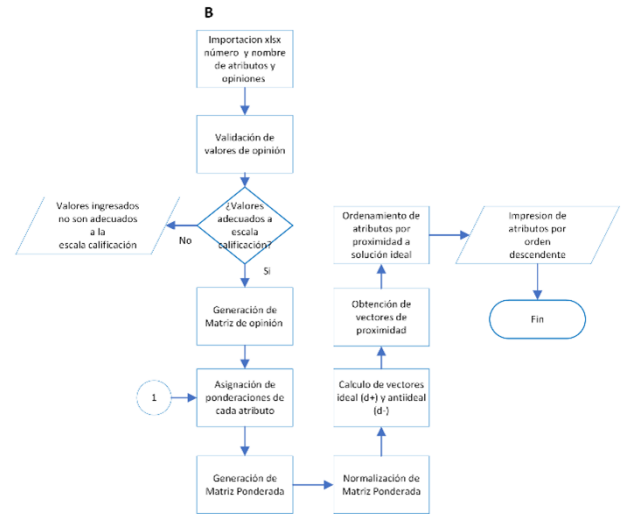
Después de obtener los pesos relativos con AHP, como se muestra en la Figura 3, se procede a evaluar las alternativas mediante TOPSIS, seleccionando la mejor opción en función de su proximidad a la solución ideal y su alejamiento de la solución anti-ideal. La lógica seguida fue la siguiente:

La lógica por seguir fue la siguiente:

- 1) Construcción de la matriz de decisión, cuyos valores se han obtenido con referencia de la **Tabla 2**: Se organizan los datos obtenidos en una matriz.
- 2) Normalización de los valores: Se ajustan los datos para que sean comparables.
- 3) Cálculo de la solución ideal y anti-ideal: Se identifican los valores óptimos y los menos deseables.
- 4) Determinación de la distancia relativa: Se calcula la cercanía de cada alternativa a la solución ideal.
- 5) Listado final: Se asigna un orden de preferencia según la distancia relativa calculada.

**Tabla 2.-** Escala de valoración empleada para TOPSIS.

Tabla de valoración para la obtención de calificaciones		
Calificación	Valoración	Descripción
1	Muy irrelevante	La alternativa no tiene relación con los objetivos y no aporta valor.
2	Irrelevante	La alternativa presenta poca o ninguna utilidad en el contexto.
3	Poco relevante	La alternativa puede tener algún valor, pero su impacto es mínimo en la solución.
4	Moderadamente relevante	La alternativa es útil y aporta información, aunque no es crítica para el éxito.
5	Aceptable	La alternativa cumple con algunos criterios, pero puede mejorar en ciertos aspectos.
6	Relevante	La alternativa es útil y tiene un impacto positivo.
7	Bien relevante	La alternativa es significativa y contribuye de manera notable a los objetivos planteados.
8	Muy relevante	La alternativa es crucial y su implementación mejora considerablemente el desempeño del contenedor.
9	Altamente relevante	La alternativa es esencial para y se considera un factor determinante.
10	Relevancia absoluta	La alternativa es fundamental; su inclusión es indispensable para lograr los objetivos establecidos.



**Figura 3.-** Diagrama de flujo para la implementación del método TOPSIS en MATLAB.

### 4. Validación y Toma de Decisiones

Finalmente, los resultados obtenidos a través de AHP y TOPSIS se presentan para su validación. Se pueden realizar ajustes en caso de que los índices de consistencia no sean satisfactorios o si se requieren modificaciones en los criterios.

El programa desarrollado permite la automatización de este proceso, facilitando el análisis de datos y asegurando decisiones fundamentadas en criterios cuantificables. Este enfoque es aplicable en diversos contextos donde sea necesario estructurar información subjetiva y jerarquizar alternativas para la toma de decisiones.

#### CASO DE APLICACIÓN

##### Grupo de trabajo.

Se conformó un pequeño grupo de discusión con alumnos de distintas especialidades en las instalaciones de SEPI ESIME Zacatenco, todos ellos provenientes de la maestría y/o el doctorado en Ciencias en Ingeniería de Sistemas.

Las ideas emitidas fueron bajo anonimato, con el fin evitar un sesgo sugerido por conocer la opinión emitida por algún especialista en particular, tal y como se muestra en el resumen presentado en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.-** Descripción general del grupo de trabajo conformado.

Grupo de discusión generado para la lluvia de ideas y la generación de alternativas.		
No. Participante	Edad	Nivel de estudios
1	-	Post Doctorado
2	43	Post Doctorado
3	36	Doctorado

Grupo de discusión generado para la lluvia de ideas y la generación de alternativas.		
4	38	Maestría
5	37	Maestría
6	30	Maestría
7	25	Licenciatura

Las ideas se presentaron al grupo para una clasificación general, que, mediante consenso, dio forma a las alternativas finales. En orden alfabético estas fueron: estética, diseño, información, materiales, precio, seguridad y finalmente sensores y control.

Con la escala propuesta en la **Tabla 1**, se obtuvieron los valores de comparación individuales para cada par. Estos fueron utilizados en el programa de MATLAB para garantizar la mayor precisión y certeza posible. La **Tabla 4** presenta los resultados finales de las relevancias relativas tras la aplicación del método AHP.

**Tabla 4.-** Relevancias relativas obtenidas tras la aplicación de AHP.

Porcentajes obtenidos por AHP para las alternativas generadas	
Alternativa	Porcentaje
Diseño	10.38 %
Información	14.29 %
Sensores y control	20.20 %
Seguridad	32.38 %
Materiales	12.28 %
Estética	2.67%
Precio	7.8 %

Mediante un último proceso dialógico, se obtuvieron las calificaciones con potenciales usuarios finales de dicho contenedor, por lo que se generó la matriz de opinión. La **Figura 4** muestra la valoración individual para cada alternativa generada de acuerdo con la escala de valoraciones presentada en la **Tabla 2**.

	Diseño	Información	Sensores y Control	Seguridad	Materiales	Estética	Precio
Ing. Octavio	4	4	9	10	8	1	1
Dr. Marcial	5	5	9	10	5	5	5
Dr. Arturo	9	7	10	10	8	5	5
Dra. Claudia	8	6	9	10	10	7	9
Dr. Otoniel	3	6	8	8	5	2	7
Ing. Jared	3	9	10	6	4	3	7

**Figura 4.** Matriz de opinión generada durante la ejecución del programa implementado en MATLAB para el método TOPSIS.

Con los datos de esta matriz, se ejecuta el programa para el método TOPSIS, obteniendo las posiciones presentadas en la **Tabla 5**, las cuales determinan la cercanía de las opiniones emitidas y su relación con las tendencias de priorización de las alternativas generadas.

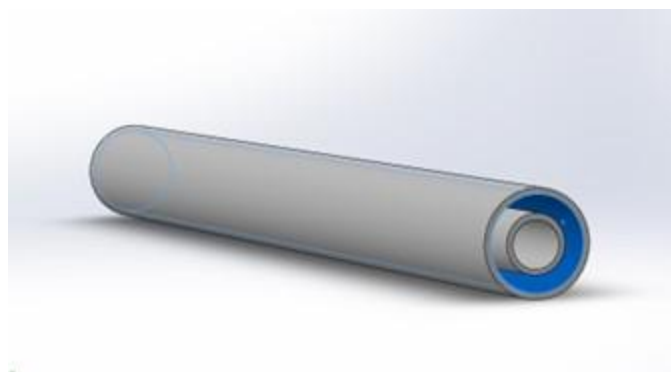
**Tabla 5.** Ordenamiento descendente de atributos totales según la proximidad de cada participante a la solución ideal.

Valores finales de proximidad P para las opiniones emitidas por cada participante		
Posición	Alternativas	P
1	Dra. Claudia	0.735
2	Dr. Arturo	0.707
3	Dr. Marcial	0.489
4	Ing. Octavio	0.452
5	Ing. Jared	0.429
6	Dr. Otoniel	0.398

## II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para nuestros fines, este resultado nos brindó la oportunidad de priorizar las opiniones de los participantes, permitiendo identificar aquellas que tienen un mayor impacto en la toma de decisiones y en la estructuración del contenedor: seguridad y sensores/control con un 32.38% y 20.20% respectivamente. Al analizar la relevancia de cada criterio y su influencia en el diseño final, se establece una base sólida para la conceptualización del prototipo. De este modo, se busca integrar las perspectivas más significativas en el desarrollo de una solución óptima y funcional.

La propuesta del prototipo inicial, resultado de este proceso de priorización y análisis, se presenta en la **Figura 5**. Este consiste en un doble tubo cuyo componente principal es un material ampliamente disponible y de fácil acceso: PVC, con una pared de agua que funcionará como aislante sonoro en las pruebas iniciales. Su diseño no solo se basa en criterios prácticos y accesibilidad, sino que también mantiene un sólido fundamento técnico al inspirarse en el principio del tubo de Kundt, asegurando así un enfoque metodológico riguroso en su desarrollo.



**Figura 5.** Propuesta de prototipo para un contenedor de prueba con materiales de fácil acceso y cuya rigidez técnica.

La implementación de este programa en MATLAB representa una clara aplicación del pensamiento sistémico en la recopilación y análisis de información proveniente de los actores involucrados en un problema. Al integrar herramientas metodológicas como AHP y TOPSIS en un entorno automatizado, se logra una estandarización en la priorización de datos, minimizando sesgos individuales y garantizando decisiones fundamentadas. Este enfoque permite estructurar de manera más eficiente el conocimiento generado por los participantes, transformando percepciones subjetivas en información cuantificable que contribuye a una toma de decisiones más objetiva y efectiva.

Además, la versatilidad de esta herramienta la hace aplicable a una amplia gama de estudios con enfoque sistémico, más allá del diseño del contenedor experimental. Su capacidad para procesar y priorizar datos con rapidez y precisión abre la posibilidad de extrapolar resultados en entornos complejos, como en redes de centros de recolección de datos, hospitales o instituciones de investigación. Esto facilita la identificación de patrones, tendencias y correlaciones en múltiples fuentes de información, maximizando el alcance de los análisis y permitiendo tomar decisiones estratégicas en menor tiempo, lo que refuerza las ventajas del pensamiento sistémico aplicado a problemas reales.

### III. CONCLUSIONES

La implementación del programa en MATLAB representa una consecuencia directa del pensamiento sistémico como herramienta para el análisis y la toma de decisiones. Esta metodología, al integrar diversas perspectivas de los actores involucrados, nos permitió transformar opiniones subjetivas en datos cuantitativos, generando un enfoque más riguroso y estructurado en la resolución de problemas. Gracias a la automatización de procesos como AHP y TOPSIS, se logra una priorización precisa de criterios, minimizando sesgos y maximizando la objetividad.

A partir de los resultados obtenidos con este enfoque, se ha logrado identificar las prioridades para la generación del contenedor experimental. Donde la seguridad y los sensores fueron identificados como las prioridades más importantes, con un 30.57% y un 20.68%, respectivamente, lo que ha guiado los esfuerzos de diseño hacia la optimización de estos aspectos. En total congruencia, la contribución de los miembros del equipo de métodos biofísicos refleja su experiencia y conocimiento, ha sido fundamental en los resultados obtenidos, demostrando la cercanía y armonía de criterios entre colaboradores clave con puntuaciones de 0.735 y 0.705. Estos hallazgos confirman la importancia de integrar tanto las aportaciones de expertos en biofísica como en acústica en la construcción del contenedor.

La implementación de este programa no solo ha facilitado el diseño y la priorización de las características del contenedor experimental, sino que también ha demostrado ser una herramienta flexible y poderosa que puede aplicarse a una amplia gama de trabajos con enfoque sistémico, ampliando significativamente las posibilidades de análisis en futuros proyectos.

### AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, cuya infraestructura y ambiente académico han sido esenciales para el desarrollo de esta investigación. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada, que ha sido un pilar fundamental en este trabajo. A la SEPI ESIME Zacatenco por su apoyo y entorno académico, y muy en especial a todos quienes conforman la Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por su compromiso y dedicación.

### DECLARACIÓN ETICA

"Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación con el presente artículo. No existen intereses contrapuestos que puedan influir en los resultados o conclusiones presentados."

### REFERENCIAS

- [1] Martínez L, Londoño J. (2013) 'El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas', *Revista Soluciones de Postgrado*. Disponible en: <https://revistas.eia.edu.co/index.php/SDP/article/view/354/347>
- [2] Ackoff, R. (1974) *Redesigning the Future: A Systems Approach to Societal Problems*. New York: Wiley. <https://doi.org/10.1007/BF02596154>
- [3] Viteri, J. R. (2015) 'Gestión de la producción con enfoque sistémico', *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15153>
- [4] Osborn, A. F. (1953) *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem-Solving*. New York: Charles Scribner's Sons.
- [5] [Kawakita, J. (1986) 'The KJ Method: A method for organizing and analyzing qualitative data', *Japanese Journal of Operations Research*, 29(1), pp. 15-26.
- Nieto, C. (2013) 'Enfoque sistémico en los procesos de gestión humana', *Revista EAN*, 76, pp. 120-137. <https://doi.org/10.21158/01208160.n74.2013.740>
- [6] Vaidya, O.S. and Kumar, S. (2006) *Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications*. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- [7] [Russo, R. & Camanho, R. (2015) 'Griteria in AHP: A Systematic Review of Literature', *Procedia Computer Science*, 55, pp. 1123-1132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>
- [8] [Ho, W. (2008) 'Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review', *European Journal of Operational Research*, 186(1), pp. 211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- [9] Ishizaka, A. & Labib, A. (2011) 'Review of the main developments in the analytic hierarchy process', *Expert Systems with Applications*, 38(11), pp. 14336-14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>