



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba

REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

Decisión multicriterio grupal aplicada a la selección de proveedores para gestión de residuos patógenos

Nadia Ayelén Luczywo, José Francisco Zanazzi, Daniel Alberto
Pontelli, Laura Leonor Boaglio, José Luis Zanazzi

Capítulo del Libro Multimetodologías para el análisis y mejora de sistemas sociales y
tecnológicos. Hacia el desarrollo sustentable, 1º ed. publicado en Septiembre de 2016.

ISBN 978-987-3840-45-6



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

DECISIÓN MULTICRITERIO GRUPAL APLICADA A LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES, PARA GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS

NADIA AYELEN LUCZYWO
JOSE FRANCISCO ZANAZZI
DANIEL ALBERTO PONTELLI
LAURA LEONOR BOAGLIO
JOSÉ LUIS ZANAZZI

Palabras clave: Residuos patógenos, selección proveedores, procesos DRV, grilla de repertorio.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento aborda el problema de seleccionar un proveedor externo para la gestión de residuos patógenos en una entidad universitaria. El asunto es complejo porque resulta necesario considerar las posturas de diversas dependencias y personas. Por ese motivo, este trabajo propone la aplicación de un método multicriterio diseñado para sustentar decisiones grupales.

La Universidad en cuestión, realizó un llamado a Licitación Pública para la adjudicación del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos patógenos. Presentaron pliegos tres empresas, a las que se identifica como Oferentes uno, dos y tres. A fin de estudiar la cuestión, se designó una comisión de seis técnicos, vinculados con distintas dependencias.

Las actividades colectivas no son sencillas y están influenciadas por aspectos humanos que condicionan la captura y el uso del conocimiento (Richars y Duxbury, 2014). De hecho, los ejercicios grupales deben enfrentar ciertas dificultades. Entre estas se cuentan: por un lado, las perturbaciones sobre la información utilizada en las aplicaciones de toma de decisiones en grupo que son *incertidumbre* o presencia de valoraciones y percepciones distintas por parte de cada miembro, *imprecisión* vinculada a errores de medición y la falta de disponibilidad de algunos datos (Georgiou, 2008); y por otro, los riesgos de resignar las verdaderas posturas ante la presión del grupo [Robbins y Coulter(2005); Montibeller and Winterfeldt(2015)]. Las consecuencias de estas distorsiones pueden ser significativas,

porque no se obtienen aportes reales de los participantes, el aprendizaje grupal se corrompe y no se logra el compromiso de los actores -Franco(2013)- . En consecuencia, resulta recomendable que en el análisis se consideren aspectos como la interacción y la comunicación entre los actores (Aarts and van Woerkum, 2002), así como el empoderamiento de las personas involucradas (Bodstein, 2007) lo que posibilitará el aprendizaje, la elicitación y apalancamiento del capital intelectual y la administración del conocimiento (Rubenstein-Montano, Liebowitz y Buchwalter ;2001), la literatura considera a la toma de decisiones en grupo como esencial para la Gestión del conocimiento, porque permite a los tomadores de decisiones examinar los problemas multidimensionales, identificar las prioridades para cada factor de decisión, y evaluar la clasificación de alternativas. De hecho, se acepta que las aplicaciones grupales multicriterio favorecen el aprendizaje colectivo de los participantes (Dias y Climaco, 2005)

Sin embargo, las aproximaciones multicriterio realizadas sobre problemas similares, soslayan la importancia del grupo dado que adoptan un paradigma típico de decisor individual. Pueden mencionarse los trabajos de: Demesouka, Vavatsikos, y Anagnostopoulos(2014) Liu, Wu, y Li (2013), Ozkan (2013); Thampi y Rao (2015). Este enfoque puede no ser el mejor, de hecho, Georgiou(2008) y Franco y Lord (2011) alertan que la falta de consideración de los diferentes intereses, disminuye las posibilidades de éxito posterior del plan de acciones acordado.

Por ese motivo, este trabajo estudia y resuelve el problema con un método especialmente preparado para tomar decisiones en forma grupal, denominado Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad).(Zanazzi 2016). Esta aproximación estimula el desarrollo de aprendizajes conjuntos entre los participantes. De ese modo, además de la decisión propiamente dicha, se genera un espacio de construcción de conocimientos compartidos y se fortalece el consenso respecto a las acciones a seguir.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Las organizaciones se encuentran surcadas por procesos de toma de decisiones. Choo (1999) expresa que: Las organizaciones son redes de decisiones, y de personas que se ocupan de tomar dichas decisiones. La selección de proveedores para la gestión de

residuos patógenos puede entenderse como un proceso de este tipo, sometido a diversas perturbaciones (incertidumbre, imprecisión, datos confusos o inexistentes), que condicionan el éxito de cualquier proyecto.

Dentro del ámbito del apoyo multicriterio a la decisión (MCDM), es posible distinguir a los métodos de estructuración de problemas (PSM) y a la Decisión Multicriterio Discreta (DMD). En el primer conjunto es natural trabajar con la interacción del grupo, de forma que sea posible intercambiar opiniones, contrastar experiencias, compartir conocimientos y evolucionar hacia una postura común. Las aplicaciones PSM proveen beneficios como el análisis participativo, el desarrollo del conocimiento compartido, el alcance de soluciones integrales y el compromiso posterior. (Sorensen y Vidal, 2003; Franco y Montibeller 2010).

La DMD se ha concentrado en dar un soporte matemático y técnico para el logro de la decisión. En general, las aproximaciones multicriterio grupales se caracterizan por precisar la representación de la variabilidad en la información básica. Así se trabaja a partir de un proceso iterativo para la retroalimentación y se inscriben tres tratamientos diferenciales: el uso de la teoría de la evidencia (Fu y Yang, 2011), los conjuntos borrosos y la Teoría de la Utilidad Multiatributo -MAUT (Kenney y Raiffa, 1993). Dentro de esta última perspectiva, a su vez es posible encontrar autores que trabajan con diversos enfoques. Entre estos enfoques es posible identificar un primer conjunto de autores que tiende a centrarse en encontrar soluciones razonables aun cuando existe ruido mediante la propuesta de diferentes modalidades de agregación, por ejemplo a través de medias geométricas o aritméticas (Entre ellos: Forman y Peniwati [1997]; Dong y Saaty [2014]. Los trabajos de un segundo conjunto de investigadores se orientan a modelar el ruido pero sin un intento de reducción de éste.

Un método inscripto en esta corriente es el Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)(Tervonen, 2014). Por último en el tercer grupo existen contribuciones que reconocen la existencia de ruido y tratan de reducirlo con diversos enfoques metodológicos. Entre las metodologías que trabajan con este enfoque puede mencionarse: VIP (Días y climaco 2005).

En este sentido, Montibeller y Winterfeld (2015) indican que si bien se ha prestado atención a la obtención de juicios (probabilidades, valores, pesos, etc.) para la toma de decisiones y el análisis de los riesgos, es sorprendente la escasa atención prestada a

las posibles distorsiones en el análisis. Realmente, estas perturbaciones se deben trabajar, a fin de reducirlas, para aumentar las posibilidades de éxito de las propuestas de acción acordadas.

En particular, la metodología aplicada en este documento: Procesos DRV (Zanazzi, 2016), procura ofrecer ventajas típicas de los dos enfoques. En efecto, el método se orienta a facilitar la identificación de soluciones, a la vez que reduce los efectos de la presión del grupo y minimiza las perturbaciones.

3. METODOLOGÍA.

El método Procesos DRV puede aplicarse con problemas que requieren elegir un objeto entre una cantidad finita de alternativas. Además se supone que los miembros del grupo comparten objetivos en cuanto al problema analizado, es decir que no se trata de situaciones de negociación o de conflicto.

El método se desarrolla en tres etapas: Estabilización; Agregación y Ordenamiento. La primera permite que el grupo analice en plenario los diferentes sub problemas que integran el proceso decisional y que establezca consenso básico. La Agregación permite obtener valores globales para cada alternativa de decisión. La última fase permite ordenar las alternativas, desde la mayor a la menor preferencia y establecer relaciones de preferencia estricta o equivalencia. La secuencia de operaciones es la siguiente:

1. Estructuración del problema: el grupo selecciona los criterios, identifica las alternativas y adopta las escalas a utilizar.
2. Estudio de un sub-problema: se recorren los sub problemas, uno por uno.
3. Análisis grupal del sub problema: se realizan ejercicios que permiten definir los elementos a comparar en el sub problema e intercambiar conocimientos. El análisis conjunto contribuye a la reducción de las diferencias de posturas.
4. Asignación de utilidades a los elementos comparados: el nivel de consenso se verifica mediante la asignación de utilidades de tipo subjetivo (Keeney y Raiffa, 1993; Gomes, Araya, & Carignano, 2004)
5. Análisis de las utilidades: permite verificar estabilidad y consenso. Se consideran las siguientes evidencias: Indicador IVR (Índice de Variabilidad Remanente) y normalidad de los datos.

6. Verificación de consenso: cuando todas las utilidades asignadas a cada uno de los elementos comparados, pueden ser representadas con una Distribución Normal, se presume consenso y se pasa a un nuevo sub problema (paso 2).
7. Agregación: cuando todos los sub problemas se encuentran estabilizados, es posible agregar las utilidades. Esta operación permite aproximar las distribuciones de probabilidad para cada alternativa comparada.
8. Ordenamiento de las alternativas: desde la mayor a la menor preferencia.

En el estudio de un subproblemas, las percepciones de cada uno de los miembros integrantes son distintas porque cada persona _tra la realidad de forma selectiva en función de su área de conocimiento y experiencias anteriores. En esas condiciones, la función de distribución de probabilidad más razonable parece ser la Uniforme o Rectangular. El trabajo grupal debe contribuir a la reducción de las diferencias. Por ende, la dispersión observada mantiene una tendencia sostenida a la reducción y se espera como función de distribución de probabilidad la Distribución Normal para una situación de consenso.

Si se consideran: equipo de trabajo con N individuos; K número de elementos de decisión a evaluar; y se denomina w_{kn} al valor de la función de utilidad asignada por el integrante n ($n = 1, 2, \dots, N$) al elemento k (con $k = 1, 2, \dots, K$), las utilidades estandarizadas se indican en la expresión (1).

$$w_{kn} = \frac{u_{kn}}{\sum_{k=1}^K u_{kn}} \quad (1)$$

Los resultados del subproblema pueden representarse en términos de la suma de cuadrados de los w_{kn} como se refleja en (2).

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K (w_k - \bar{w})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (w_{kn} - w_k)^2 \quad (2)$$

Donde \bar{w} es la media general y \bar{w}_k es el promedio para cada una de las ramas. A su vez, el primer término puede denominarse: suma de cuadrados entre elementos (SCE) y el segundo: suma de cuadrados dentro de los elementos (SCD). La sumatoria dentro de los cuadrados es la que representa las diferencias entre las opiniones y la que debe disminuir a medida que avanza el análisis.

La estabilidad se evalúa a partir del indicador IVR (Índice de Variabilidad Remanente) y la verificación de la compatibilidad de los datos con una distribución Normal de probabilidad. El alcance de estabilidad implica que las utilidades ya no pueden cambiar demasiado, aun cuando prosiga el análisis.

El Índice de Variabilidad Remanente (IVR) se obtiene según la siguiente expresión:

$$IVR = (SCD / SCU) * 100\% \quad (3)$$

Siendo $SCU = \frac{N-1}{3K}$ la suma de cuadrados correspondientes

a la Distribución Uniforme la que se considera referencia para calcular el IVR. En la práctica, los valores de IVR por debajo de veinticinco por ciento se consideran estables.

Cuando todos los subproblemas se encuentran estabilizados, es momento para agregar las utilidades. Es entonces factible determinar valores globales para cada alternativa. Para la obtención de coeficientes globales se trabaja con la ponderación lineal. Así, W_j es la variable aleatoria que representa los pesos de los criterios, y las U_{ij} son variables aleatorias que simbolizan las utilidades asignadas a los candidatos al evaluar la alternativa genérica i bajo el criterio j . La contribución parcial a la prioridad asignada se obtiene como el producto de las dos variables aleatorias mencionadas conforme a la siguiente expresión:

$$Z_{ij} = W_j * U_{ij} \quad (4)$$

Las distribuciones de las variables Z_{ij} , pueden ser formuladas mediante la integral de la expresión (5).

$$P(\mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} < \mathbf{z}) = \iint_{(w,u) \in \{\mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} < \mathbf{z}\}} \frac{1}{2\pi \sigma_{\mathbf{W}_j} \sigma_{\mathbf{U}_{ij}}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{w_j - \mu_{w_j}}{\sigma_{w_j}} \right)^2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{u_{ij} - \mu_{u_{ij}}}{\sigma_{u_{ij}}} \right)^2} dw du \quad (5)$$

Si bien la integral (5) no tiene solución analítica, se pueden aproximar sus momentos, tanto al origen como centrados. De este modo es posible determinar que tanto la asimetría como la curtosis de las distribuciones resultantes, son similares a las típicas de las distribuciones gaussianas.

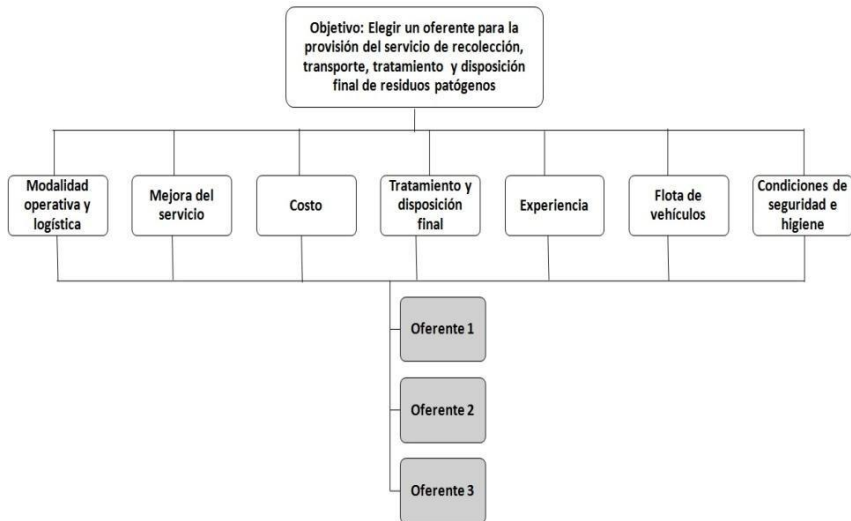
Asimismo, los valores globales de una alternativa genérica V_i , se obtienen como se indica en la siguiente expresión:

$$V_i = \sum_{j=1}^j \mathbf{W}_j * \mathbf{U}_{ij} = \sum_{j=1}^j \mathbf{z}_{ij} \quad (6)$$

4. RESULTADOS

En el caso de estudio la recolección de información se realizó a través de entrevistas individuales y semi estructuradas con los integrantes de la comisión evaluadora y a través de la recopilación documental sobre el pliego de licitación. La información obtenida en el campo se sistematizó a partir la Teoría de Constructos Personales de Kelly [Padilla 2010] de manera que permitió la elicitación de constructos dicotómicos (deseables y no deseables) a considerar en la evaluación de proveedores. A partir de los emergentes, se trabajó en el intercambio de conocimientos a través de un análisis grupal del conjunto de subproblemas asociados a ponderar la importancia relativa de cada de criterios de evaluación en una apreciación de un oferente tipo. El trabajo con los constructos y el posterior intercambio de experiencias, permitió a la comisión estructurar el problema bajo estudio y resumir tal información en un diagrama de árbol presentado en la figura 1.

Figura 1: Árbol del proceso de decisión y subproblemas asociados: Selección oferentes.



Se desarrolló un ejercicio orientado a explicitar una función de utilidad conforme las valoraciones de cada uno de los integrantes a partir de la relación de cuantas veces era mejor o peor un criterio de evaluación en relación a otro. El primer ensayo indicó que existían diferencias aún después del trabajo grupal en la estructuración del problema ya que se obtiene $IVR = 43,83\%$. En consecuencia, se trabajó en un segundo ciclo de análisis completo en el que pudo observarse una mejora notable del indicador que alcanzó un valor del $14,49\%$. La síntesis en Tabla 1.

Tabla 1: Análisis de subproblemas (Criterios de evaluación)

Iteración	Suma de cuadrados	IVR
Elemento de referencia	0,2381	100,00%
Primera iteración	0,1044	43,85%
Segunda iteración	0,0345	14,49%

El paso siguiente consiste en verificar el requisito de normalidad de las utilidades para cada subproblema. Con esa finalidad, se recomienda la prueba de hipótesis de verificación de Normalidad de Shapiro-Wilks modificada (Rahman & Govindarajulu (1997).

Los resultados obtenidos (se omite su presentación por razones de espacio), en ninguno de los casos rechazan la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%. Lograda la estabilidad, los pesos resultantes se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Ponderaciones sobre criterios de evaluación.

Criterio	Modalidad operativa y logística	Costo	Experiencia	Flota	Mejora del servicio	Condiciones de Higiene y Seguridad	Tratamiento
Ponderador	0,302	0,224	0,136	0,117	0,079	0,076	0,066

La aplicación de pruebas de comparación de medias, arroja los resultados que se presentan en la tabla 3. Allí se obtienen diferencias significativas entre los oferentes.

Tabla 3: Ordenamiento final.

Oferentes comparados	Valor t	Valor p observado	Valor p de contraste	Decisión
1 con 2	4,68	0,00545	0,00909	Hay Diferencia
1 con 3	19,4	0,00001	0,01819	Hay Diferencia
2 con 3	16,07	0,00002	0,02728	Hay Diferencia

5. CONCLUSIONES

En el presente documento se propone un método orientado a facilitar la realización de experiencias de toma de decisiones en grupo que busca controlar los efectos negativos derivados de la presión grupal y las distorsiones sobre la información que se gestiona (incertidumbre, la imprecisión o la ausencia de algunos datos). El método DRV es de fácil implementación y permite la reducción de los efectos de la presión grupal a través de la asignación de utilidades subjetivas en forma individual. La aplicación del método permitió la selección de un oferente apropiado.

Los integrantes del grupo participaron activamente en todas las fases del método y no presentaron dificultad para utilizar las herramientas matemáticas necesarias. Asimismo, se identificaron las situaciones de aparente consenso, y se trabajó sobre la diferencia de posturas de manera que fue posible construir conocimiento conjunto. De todos modos, es recomendable la realización de nuevas

experiencias y el agregado de mejoras a la propuesta metodológica actual.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, N., & van Woerkum, C. (2002). Dealing with uncertainty in solving complex problems. *Wheelbarrows Full of Frogs: Social Learning in Rural Resource Management–International Research and Reflections*, 421–435.
- Bodstein, R. (2007). The complexity of the discussion on effectiveness and evidence in health promotion practices. *Promotion & Education*, 14(1 suppl), 16–20.
- Demesouka, O., Vavatsikos, A., & Anagnostopoulos, K. (2014). GIS-based multicriteria municipal solid waste landfill suitability analysis: A review of the methodologies performed and criteria implemented. *Waste Management & Research*, 32(4), 270–296.
- Dias, L. C., Cl maco, J. N. (2005). Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, 160(2), 291–307.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165–169.
- Franco, L. A. (2013). Rethinking soft OR interventions: models as boundary objects. *European Journal of Operational Research*, 231(3), 720–733.
- Franco, L. A., & Lord, E. (2011). Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions. *Omega*, 39(3), 362–372.
- Franco, L. A., & Montibeller, G. (2010). Facilitated modelling in operational research. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 489–500.
- Franco, L. A., Rouwette, E. A., & Korzilius, H. (2016). Different paths to consensus? The impact of need for closure on model-supported group conflict management. *European Journal of Operational Research*, 249(3), 878–889.
- Fu, C., & Yang, S. (2012). An evidential reasoning based consensus model for multiple attribute group decision analysis

- problems with interval-valued group consensus requirements. *European Journal of Operational Research*, 223(1), 167–176.
- Georgiou, I. (2008). Making decisions in the absence of clear facts. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 299–321.
 - Gomes, L., Araya, M. C. G., & Carignano, C. (2004). Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: *Pioneira Thomson Learning*, 107.
 - Hung, Y.-H., Chou, S.-C. T., & Tzeng, G.-H. (2011). Knowledge management adoption and assessment for SMEs by a novel MCDM approach. *Decision Support Systems*, 51(2), 270–291.
 - Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge university press.
 - Liu, H.-C., Wu, J., & Li, P. (2013). Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision making method. *Waste management*, 33(12), 2744–2751.
 - Montibeller, G., & Winterfeldt, D. (2015). Cognitive and motivational biases in decision and risk analysis. *Risk Analysis*, 35(7), 1230–1251.
 - Özkan, A. (2013). Evaluation of healthcare waste treatment/disposal alternatives by using multi-criteria decision-making techniques. *Waste Management & Research*, 31(2), 141–149.
 - Padilla-Carmona, M. T. (2001). La rejilla de constructos personales: un instrumento para el diagnóstico y la orientación. *Ágora digital*, (2), 6.
 - Rahman Govindarajulu (1997): -A modification of the test of Shapiro and Wilk for normalityll. *Journal of Applied Statistics*, vol. 24, 2, pp. 219-236.
 - Richards, G. S., & Duxbury, L. (2014). Work-Group Knowledge Acquisition in Knowledge Intensive Public-Sector Organizations: An Exploratory Study. *Journal of Public Administration Research and Theory*, muu034.
 - Robbins, Stephen P., & Coulter, M. (2005). *Administración*. (Octava). México: Pearson.
 - Rubenstein-Montano, B., Liebowitz, J., Buchwalter, J., McCaw, D., Newman, B., Rebeck, K., & Team, T. K. M. M.

- (2001). A systems thinking framework for knowledge management. *Decision support systems*, 31(1), 5–16.
- Shih, H.-S., Shyr, H.-J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7), 801–813.
 - Sørensen, L., & Vidal, R. V. V. (2003). The anatomy of soft approaches. *Investigacao Operacional*.
 - Thampi, A., & Rao, B. (2015). Application of Multi-criteria Decision Making Tools for Technology Choice in Treatment and Disposal of Municipal Solid Waste for Local Self Government Bodies—A Case Study of Kerala, India. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 41(1), 84–95.
 - Zanazzi, J (2016). Tesis doctoral: -Toma de decisiones en grupos de trabajo. El método Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad). FCEFYNat, UNC.