

Tabla 5 Alternativas para transporte de Café Verde en la CA

MT	EC ó EA	Nomenclatura	Alternativas de transporte
I. Terrestre	Terrestre	I-2-2-03	Granelero (Dry bulk)
		I-3-1-04	Ventilado
		I-3-1-05	Refrigerado
		II-2-2-03	Granelero (Dry bulk)
		II-3-1-04	Ventilado
II. Marítimo	Contenedores	II-3-1-05	Refrigerado
		III-2-2-03	Granelero (Dry bulk)
		III-3-1-04	Ventilado
		III-3-1-05	Refrigerado
		III. Férreo	Remolques R / Semirremolques SR
III-3-1-07	Refrigerado		
III-3-1-08	Camión tipo furgón		
III-3-1-09	Isotermo		
III. Férreo	Remolques R / Semirremolques SR		
		III-3-1-07	Refrigerado
		III-3-1-08	Camión tipo furgón
		III-3-1-09	Isotermo
		III. Férreo	Vagones-V
III-3-1-05	Refrigerado (Flat-Car)		
III-3-2-06	Furgón Frígil		
III-3-5-07	Plataforma intermodal (COFC ó TOFC)		
IV. Aéreo	Contenedor		

Fuente. Los autores

Figura 2 Figura 1 Matriz Multi Criterio en la interfaz Visual PROMETHEE

Fuente. Los autores en Visual PROMETHEE

En la figura 1 se presenta la Matriz de Evaluación Multi Criterio en Visual PROMETHEE con los pesos y las funciones de preferencia analizadas para el conjunto de criterios de la MCDN [10] utilizada para la CS de Café Verde. Sin embargo, el tomador de decisiones podría a su criterio seleccionar uno diferente.

En la figura 2, se muestra el PROMETHEE I y II para clasificación parcial y completa de las alternativas con los parámetros presentados en la matriz de evaluación anterior.

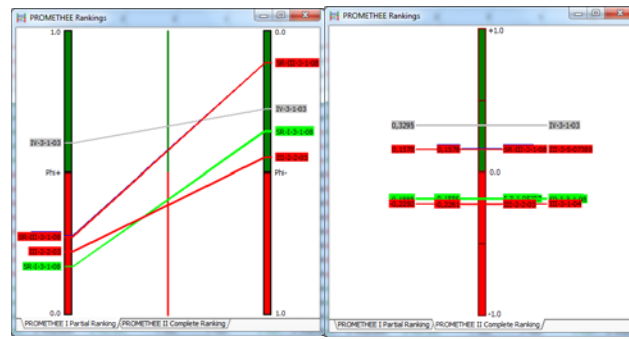


Figura 3 PROMETHEE I y II
Fuente. Los autores en Visual PROMETHEE

Con lo anterior, el tomador de decisiones usa el modo aéreo para enviar los 275 sacos de 70 kg en un EC: IV-3-1-03, el cual es incomparable con el modo multimodal de Semirremolque sobre plataforma férrea SR-III-3-108; sin embargo éstos son mejores que utilizar el EC semirremolque en modo terrestre SR-3-1-08 y el vagón en modo férreo III-2-2-03 incomparables entre sí mismos también.

El orden quedaría que en primer está lugar está el contenedor aéreo IV-3-1-03, luego los EC férreos, marítimos y terrestres en su orden. Para perfilar ésta decisión y establecer una política se presenta la gráfica GAIA en la figura 3.

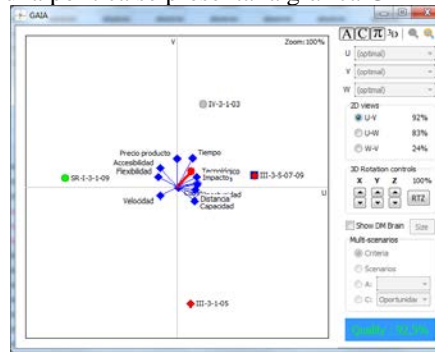


Figura 4 GAIA para la selección del EC
Fuente. Los autores en Visual PROMETHEE

La gráfica GAIA, como soporte a la política de selección de EC, indica que la calidad de la información es del 92,5% por tanto el modelo es aceptado. El perfil de las alternativas de acuerdo a los criterios de la MCDN presentada, especialmente cuando el costo tiene una ponderación más alta son IV-3-1-03; SR-I-3-1-09, III-3-5-07/09 y III-3-1-05. En el estudio de caso se selecciona el EC: IV-3-1-03 debido a que bajo los criterios de eficiencia en términos de tiempo, impacto, a nivel tecnológico y por el precio del producto.

Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación Universitaria Cafam por el financiamiento de éste proyecto de investigación y al programa de Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla por los aportes científicos al mismo.

Conclusiones

- La nomenclatura sirve como un método de estandarización de alternativas en las metodologías de MCDA para diferenciar la selección de modos de transporte y la de tipos de transportadores.
- La nomenclatura permite combinar los modos de transporte desde un origen y destino.
- El aporte a la literatura de ésta investigación es el inventario de EC, UA y EA, bajo una misma nomenclatura.
- El uso del PROMETHEE I y II, para seleccionar el EC permite tomar decisiones sustentadas científicamente.
- La necesidad de los tomadores de decisiones en las CS de elegir rápidamente los transportadores, hace que la gráfica GAIA brinde los perfiles de los transportadores para la toma de decisiones dependiendo el tipo de UC y las necesidades de los clientes.

Perspectivas

- Proponer nuevas nomenclaturas de alternativas en otras funciones logísticas y validarlas con otras técnicas de toma de decisiones más avanzadas.
- Utilizar las nomenclaturas propuestas en ésta investigación para otros contextos empresariales, logísticos de forma agregada y desagregada con el fin de utilizarlas en la jerarquización, selección y caracterización de los modos de transporte y grados de consolidación.
 - Estandarizar el uso de la nomenclatura y la metodología

Referencias

- [1] L. A. Mora García, *Gestión logística integral las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos*. Bogotá D.C.: Ecoe, 2008.
- [2] A. Castellanos R., *Manual de la gestión logística del transporte y la distribución de mercancías*. Barranquilla (Colombia): Ediciones Uninorte, 2009.
- [3] F. Astals Coma, *Almacenaje, mantenimiento y transporte interno en la industria*: Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, 2009.
- [4] A. M. Bewer, K. o. Button, and D. A. Hensher, "Handbook of Logistics and Supply-Chain Management," *Handbook in Transport PERGAMON*, vol. 2, p. 218, 2001.
- [5] J. Trujillo, A. Velasquez, R. Martínez, H. Bolívar, J. Vallejo, and J. Perez, "Methodology for decisions making in transportation logistics function, for Supply Chain (SC) colombian green coffee study," in *International Dubai, United Arab Emirates*, 2015.
- [6] J. Trujillo, E. Gonzalez, and A. Velasquez, "Hybrid model for making Tactical and Operational decisions in land transportation for the case of a perishable Supply Chain," in *2nd International Symposium (1963-2013 - 50th Anniversary) - 24th National Conference on Operational Research; Hellenic Operational Research Society (HELORS)*, Athens, Greece, 2013, pp. 66-80.
- [7] R. H. Ballou, *Logística Administración de la Cadena de Suministro* vol. 5ta Edición. Mexico, 2004.
- [8] D. Riopel, A. Langevin, and J. F. Campbell, "The network of logistics decisions," in *Logistics Systems: Desing and Optimization*, A. Langevin and D. Riopel, Eds., ed United States of America: Springer Science+Business Media, Inc, 2005.
- [9] T. G. Crainic and G. Laporte, "Planning models for freight transportation," *European Journal of Operational Research*, vol. 97, pp. 409-438, 1997.
- [10] J. Trujillo, A. Velasquez, M. Martínez, H. Bolívar, C. Franco, and J. Perez, "Criteria for decision-making in transportation logistics function," in *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM) 2015*, Dubai, United Arab Emirates, 2015, pp. 1-6.
- [11] D. J. Bowersox, D. J. Closs, and M. B. Cooper, *Administración y Logística en la Cadena de Suministros*: McGraw Hill, 2007.
- [12] T. Crainic, "Long-Haul Freight Transportation," in *Handbook of Transportation Science*. vol. 56, R. W. Hall, Ed., ed: Springer US, 2003, pp. 451-516.
- [13] E. J. Bardi, J. J. Coyle, and R. A. Novack, *Management of transportation* Thomson/South-Western, 2006.
- [14] A. Velasquez, J. Trujillo, C. Franco, and H. Bolívar, "Measure Characterization of a Complex System Logistics," in *International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS)*, Salerno (Italy), 2014, pp. 504-508.
- [15] J. F. Campbell, "Strategic Network Design for Motor Carriers," ed, 2005.
- [16] J. H. Banks, *Transportation Planning*, 2 ed. USA: Mc Graw Hill, 2002.
- [17] J. Khisty C. and L. Kent B., *Transportation Engineering: an introduction*, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- [18] D. Blanchard, "Transportation: Logistics a la Mode," in *Supply Chain Management Best Practices*, ed USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007, pp. 103-119.
- [19] J. Pau i Cos, R. De Navascues, and Gasca, *Manual de Logística Integral*. Madrid (España): Ediciones Díaz de Santos S.A., 2001.
- [20] T. I. S. TIS, *Container Handbook: Cargo loss prevention information from German marine insurers* vol. 1: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV, German Insurance Association) 2012.
- [21] R. López Fernandez, *Logística Comercial*, 1st ed. Madrid: Tomson, 2004.
- [22] J. Baena. (2002). *Transporte internacional*. Available: <http://books.google.com.co/books?id=kT9qmN8D7REC&printsec=frontcover&hl=es>
- [23] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management Strategy, Planning and Operation*, 3ra Edición ed., 2010.
- [24] D. M. Lambert, J. R. Stock, and L. M. Ellram, *Fundamentals of Logistics Management*: Mc Graw Hill Higher Education, 1998.
- [25] J. J. C. Edward J. Bardi, Robert A. Novack, *Management Of Transportation*: Thomson/South-Western, 2006.
- [26] M. Verma and V. Verter, "A lead-time based approach for planning rail-truck intermodal transportation of dangerous goods," *European Journal of Operational Research*, vol. 202, pp. 696-706, 2010.
- [27] S. Corrent, S. Greco, and R. Sowinski. (2012) Multiple Criteria Hierarchy Process with ELECTRE and PROMETHEE. *ScienceDirect*.
- [28] X. Yu, Z. Xu, and Y. Ma. (2013) Prioritized Multi-Criteria Decision Making. *ScienceDirect*.
- [29] J. P. Brans, "L'ingénierie de la décision. Elaboration d'instruments d'aide à la décision. Méthode PROMETHEE," in *L'aide a la Décision: Nature, Instruments et Perspectives d'avenir*, R. Nadeau, Landry, M, Ed., ed. Québec, Canada: Presses de l'Université Laval, 1982, pp. 183-214.
- [30] Y.-C. Hu and C.-J. Chen. (2011) A PROMETHEE-based classification method using concordance. *ScienceDirect*.
- [31] J.-P. Brans and B. Mareschal, "Promethee Methods," in *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. vol. 78, J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, Eds., ed New York, United States of America: Springer Science+Business Media, 2005, pp. 163-186.
- [32] B. Mareschal and J.-P. Brans, "Geometrical representations for MCDA," *European Journal of Operational Research*, vol. 34, pp. 69-77, 1988.
- [33] J. P. Brans and B. Mareschal, "The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid," *Decision Support Systems*, vol. 12, pp. 297-310, 1994.
- [34] R. Dulmin and V. Mininno, "Supplier selection using a multi-criteria decision aid method," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 9, pp. 177-187, 2003.
- [35] K. Lidouh, Y. De Smet, and E. Zimányi. "GAIA Map: A tool for visual ranking analysis in spatial multicriteria problems," in *Information Visualisation, 2009 13th International Conference*, 2009, pp. 393-402.
- [36] Y. Peng, Y. Zhang, G. Kou, J. Li, and Y. Shi. (2012) Multicriteria decision making approach for cluster validation. *ScienceDirect*.
- [37] A. Raveh, "Co-plot: A graphic display method for geometrical representations of MCDM," *European Journal of Operational Research*, vol. 125, pp. 670-678, 2000.
- [38] Y. Bai, D. Zhou, P. Zhou, and L. Zhang. (2012) Optimal path for China's strategic petroleum. *ScienceDirect*.
- [39] Y.-H. Chen, T.-C. Wang, and C.-Y. Wu. (2011) Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *ScienceDirect*. 2.
- [40] M. Taviana, M. Behzadian, M. Pirdashti, and H. Pirdashti. (2012) A PROMETHEE-GDSS for oil and gas pipeline planning in the Caspian Sea basin. *ScienceDirect*.
- [41] G. Kabir and R. Sultana. (2014) Power substation location selection using fuzzy analytic hierarchy process and PROMETHEE: Acase study from Bangladesh. *ScienceDirect*.
- [42] J. P. Brans, P. Vincke, and B. Mareschal, "How to select and how to rank projects: The Promethee method," *European Journal of Operational Research*, vol. 24, pp. 228-238, 1986.
- [43] R. Vetschera and A. Teixeira. (2011) A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *ScienceDirect*.
- [44] Z. Ribarović and N. Mladineo, "Application of multicriterial analysis to the ranking and evaluation of the investment programmes in the ready mixed concrete industry," *Engineering Costs and Production Economics*, vol. 12, pp. 367-374, 1987.
- [45] R. Maciel, D. Dumke, and A. Teixeira. (2015) A multicriteria model for ranking of improvement approaches in construction companies based on the PROMETHÉE II method. *ScienceDirect*.
- [46] M. Behzadian, R. B. Kazemzadeh, A. Albadvi, and M. Aghdasi, "PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications," *European Journal of Operational Research*, vol. 200, pp. 198-215, 2010.

- [47] J. Karkazis, "Facilities location in a competitive environment: A promethee based multiple criteria analysis," *European Journal of Operational Research*, vol. 42, pp. 294-304, 1989.
- [48] B. Mareschal and J. P. Brans, "PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints," *INFOR Journal*, vol. 30, pp. 85-96, 1992.
- [49] A. S. Fernández Castro and M. Jiménez, "PROMETHEE: an extension through fuzzy mathematical programming," *Journal of the Operational Research Society* vol. 56, pp. 119-122, 2004.
- [50] I. Pavić and Z. Babić, "The use of the PROMETHEE method in the location choice of a production system," *International Journal of Production Economics*, vol. 23, pp. 165-174, 1991.
- [51] O. Marinoni, "A stochastic spatial decision support system based on PROMETHEE," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 19, pp. 51-68, 2005.
- [52] J. C. Leyva López and E. Fernández González, "Un nuevo método para el apoyo de decisiones en grupo basado en la metodología ELECTRE III " *European Journal of Operational Research (EJOR)*, vol. 148, pp. 14-27, 2003.
- [53] N. Mladineo, J. Margeta, J. P. Brans, and B. Mareschal, "Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants," *European Journal of Operational Research*, vol. 31, pp. 215-222, 1987.
- [54] H. Selcuk, S. Zaim, and D. Denle. (2014) Selecting "The Best" ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *ScienceDirect*.
- [55] J.-J. Wang and D.-L. Yang, "Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing," *Computers & Operations Research*, vol. 34, pp. 3691-3700, 2007.
- [56] C. Araz, P. Mizrak Ozfirat, and I. Ozkarahan, "An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management," *Computers & Operations Research*, vol. 34, pp. 3738-3756, 2007.
- [57] I. Veza, S. Celar, and I. Peronia. (2014) Competences-based Comparison and Ranking of Industrial Enterprises using PROMETHEE Method. *ScienceDirect*.
- [58] H. Kuang, M. Kilgour, and K. Hipel. (2014) Grey-based PROMETHEE II with application to evaluation of source water protection strategies. *ScienceDirect*.
- [59] T. Amaral and A. Costa. (2013) Improving decision-making and management of hospital resources: An application of the PROMETHEE II method in an Emergency Department. *ScienceDirect*.
- [60] K. Kourtit, C. Macharis, and P. Nijkamp. (2013) A multi-actor multi-criteria analysis of the performance of global. *ScienceDirect*.
- [61] N. Mladineo, I. Lozić, S. Stošić, D. Mlinarić, and T. Radica, "An evaluation of multicriteria analysis for DSS in public policy decision," *European Journal of Operational Research*, vol. 61, pp. 219-229, 1992.
- [62] D. Radojevic and S. Petrovic, "A fuzzy approach to preference structure in multicriteria ranking," *International Transactions in Operational Research*, vol. 4, pp. 419-430, 1997.

Biografía

J. Trujillo-Díaz, Docente e Investigador de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Magistra en Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Estudiante de doctorado en de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).
 ORCID: 0000-0001-6243-6393; ReseacherID Thomson Reuters: M-9683-2013