

Modelo Matemático para la Programación de Personal Especializado en Logística Humanitaria Post-Desastre

Lorena S. Reyes-Rubiano

Universidad de la Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia, lorenareru@unisabana.edu.co

Carlos L. Quintero-Araújo

Universidad de la Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia, carlos.quintero5@unisabana.edu.co

Andrés F. Torres-Ramos

Universidad de la Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia, andrestora@unisabana.edu.co

RESUMEN

La cadena de suministro en la logística humanitaria puede describirse como una red de personal voluntariado y especializado que interactúa con un conjunto de bienes y servicios, esto con el fin de satisfacer la demanda de la población afectada por un desastre. Este artículo se enfoca en la caracterización y formulación de un modelo matemático para el problema de programación y ruteo de personal, relacionado con las operaciones de atención médica y psicológica, prestación de primeros auxilios y la construcción de albergues en situación post-desastre. El modelo se formuló usando la metodología de programación lineal entera mixta; dicho modelo considera la dinámica de la situación, es decir, se considera que la demanda cambia en el tiempo, lo cual caracteriza al modelo como multi-periodo.

Palabras clave: Programación de personal de ayuda, suministro de ayudas humanitarias, post-desastre, ruteo de personal de ayuda, programación lineal entera mixta.

ABSTRACT

The supply chain in humanitarian logistics can be described as a network of volunteers and expert personnel that interacts with a set of goods and services, this with the purpose to satisfy the demand of the population affected by a disaster. This article focuses on the characterization and development of a mathematical model for the personnel routing and scheduling problem, related to the operations of medical and psychological care, first aid and shelter construction in post-disaster situation. The model is formulated using mixed integer linear programming methodology; the model considers the dynamics of the situation, ie, that the demand changes over time, which characterizes the model as a multi-period.

Keywords: Personnel scheduling support, humanitarian aids supplies, post-disaster, personnel routing support, mixed integer linear programming.

1 INTRODUCCIÓN

Los desastres naturales son fenómenos inesperados de la naturaleza que generan daños parciales o totales en las zonas en que ocurren. Dentro de los desastres más devastadores de la última década se encuentran: el tsunami del Océano Indico en 2004, el huracán Katrina en 2005, el terremoto de Haití y el terremoto de Chile en 2010 y el tsunami de Indonesia en 2012, los cuales generaron grandes daños en la población. De aquí la importancia de estudiar temas relacionados con la logística humanitaria, pues dada la creciente tendencia de desastres en el mundo (Eshghi & Larson, 2008), surge la logística humanitaria la cual es una herramienta que permite responder, gestionar

y controlar estas situaciones, sin embargo los organismos de socorro aún no cuentan con un modelo de ejecución que les permita actuar de manera eficiente.

Responder a desastres implica afrontar altos costos, pues se requiere de todo un equipo logístico que permita la recuperación y mitigación del efecto del mismo (Tinguaro Rodríguez, Vitoriano, & Montero, 2012). Este artículo se enfoca principalmente en el suministro del personal especializado capaz de atender este tipo de situaciones, lo cual responde a falencias encontradas en la revisión de la literatura. Frecuentemente los esfuerzos relacionados con la cadena de suministro en logística humanitaria se enfocan principalmente en el envío y entrega de bienes (Caunhye, Nie, & Pokharel, 2012). Este trabajo propone un modelo de programación lineal como caracterización de la situación en estudio y herramienta que permita una adecuada programación y ruteo de personal, tomando como parámetro de evaluación el tiempo de respuesta y los costos relacionados a las operaciones de envío y entrega del servicio en situaciones post-desastre. El interés por realizar este trabajo es, a nuestro conocimiento, la carencia de estudios relacionados al aspecto social de la etapa post-desastre. A continuación se presenta el estado del arte en la logística humanitaria, los tipos de flujos que interactúan en la cadena de suministros en desastres, el planteamiento y descripción del modelo junto con la estrategia de solución, y finalmente los resultados y conclusiones que se esperan obtener.

2 ESTADO DEL ARTE

La distribución de recursos consiste en garantizar el flujo óptimo de bienes y servicios con el fin de reducir la vulnerabilidad frente al clima, la inseguridad y enfermedades a las cuales están expuestos los damnificados. Dicha operación resulta compleja, debido a que no es posible conocer con certeza y en tiempo real las necesidades de los damnificados, además del elevado costo de personal especializado y elementos vitales dentro de la emergencia. En algunas regiones existen factores sociales y políticos que establecen restricciones asociadas a las creencias culturales, las cuales entorpecen la gestión de los organismos de socorro (Kunz & Reiner, 2012)(J Holguín-Veras, Taniguchi, Ferreira, Jaller, & Thompson, 2012).

Los desastres naturales están asociados al sufrimiento de la población, sin embargo cabe aclarar que en la mayoría de los casos las poblaciones afectadas por el desastre natural son poblaciones que habitan en asentamientos informales, dichos asentamientos hacen referencia a un crecimiento demográfico descontrolado; este es el motivo por el cual no es posible cuantificar con certeza de los daños y de la demanda real (IFRC, 2010). Los gobiernos son el ente que directamente está responsabilizado de cumplir dicha demanda, pues de éstos depende la distribución y control de los recursos a entregar, además de la oportuna respuesta del ejército, defensa civil y el proceder de los organismos de socorro nacionales e internacionales (Kunz & Reiner, 2012).

El sufrimiento de la población afectada no solo está directamente relacionado con heridas y pérdidas económicas, sino que existen componentes psicológicos que afectan a la población (IFRC, 2010). Es de esperar que dentro de la población damnificada y evacuada se encuentren personas que requieren cuidados especiales, un ejemplo claro son las personas enfermas con VIH, las cuales necesitan el control y cuidado de personal especializado; este tipo de situaciones hace que exista un componente social que enmarque la etapa post-desastre, sin embargo dentro de la revisión de la literatura, no fue posible encontrar estudios relacionados con la logística del personal especializado en situaciones de emergencia (Caunhye et al., 2012), lo cual es el principal aporte de este artículo.

El objetivo de este artículo es proponer una solución frente al problema de la cadena de suministro de servicios, la cual está relacionada directamente con la programación y ruteo del personal de ayuda especializado. Los trabajos de investigación relacionados con la cadena de suministro en situaciones post-desastre, están enfocados en la distribución de bienes donde su principal objetivo es velar por la oportuna entrega de las ayudas humanitarias, para garantizar el cumplimiento del objetivo se debe garantizar el flujo óptimo de bienes necesarios, es decir, tener en cuenta las rutas de envío y los productos a enviar. Algunos autores como (Balcik, Beamon, & Smilowitz, 2008; De Angelis, Mecoli, Nikoi, & Storchi, 2007; Pedraza Martinez, Stapleton, & Van Wassenhove, 2011), entre otros, han trabajado en el tema proponiendo alternativas de solución a través de la investigación de operaciones.

Las rutas y la característica de los vehículos se determinan de acuerdo al tipo de bien y servicio que se debe transportar, por lo cual en situaciones de desastre analizar estas dos operaciones de manera conjunta resulta ser una opción de solución para el problema; sin embargo (Yi & Özdamar, 2007) determina que la operación de localización también debería incluirse al análisis de dichas operaciones, lo que implica la formulación de un modelo que aborda el problema de la localización, programación y ruteo de vehículos. Dicho estudio contempla tres problemas considerados como NP-Hard (Abdelmaguid, Dessouky, & Ordóñez, 2009; Brandão & Mercer, 1997; Cowling & Keuthen, 2005; Faulin, Jorba, Caceres, Marquès, & Angel, 2011; Gourdin & Klopfenstein, 2008; Marinakis, Iordanidou, & Marinaki, 2013; Ngueveu, Prins, & Wolfler Calvo, 2010; Van den Bergh, Beliën, De Bruecker, Demeulemeester, & De Boeck, 2013; Wu, Low, & Bai, 2002; Yi & Özdamar, 2007), de acuerdo a la complejidad de proponer dicho modelo es necesario hacer relajaciones y proponer supuestos tales como la demanda determinística, lo cual hace que el modelo diseñado omita detalles de la situación real y arroje soluciones no óptimas. La situación post-desastre es dinámica, es decir, cambiante en el tiempo por lo cual no es posible determinar un valor de demanda constante en el tiempo.

La localización de depósitos y albergues es una operación que debe ejecutarse en situaciones post-desastre, pues habitualmente dichos desastres destruyen parcial o totalmente todo tipo de infraestructura (IFRC, 2010), sin embargo, para minimizar la complejidad del problema se considera la localización de depósitos y albergues como un parámetro de entrada (Sheu, 2007), lo cual se considera para este artículo con el fin de dar prioridad a la operación de ruteo y entrega de recursos, además de lo anterior se toma en cuenta este supuesto por el hecho de que en situaciones de emergencia la población afectada es evacuada y ubicada en la zona poblada más cercana (IFRC, 2010), por lo cual no es necesario pensar en la localización de instalaciones.

2.1 TIPOS DE FLUJOS

Este artículo se centra en la cadena de suministros en situaciones post-desastre. Habitualmente cuando se habla de cadena de suministro se habla de flujos relacionados a materiales, dinero, e información; sin embargo la complejidad de una cadena de suministro en una situación post-desastre es diferente a la cadena de suministro comercial, por lo cual es importante considerar algunos limitantes como la información y los problemas de asequibilidad en la zona (José Holguín-Veras, Jaller, Van Wassenhove, Pérez, & Wachtendorf, 2012; Tomasini & Wassenhove, 2009), sin embargo se habla del principio de bienestar de la población.

De acuerdo al tipo de bien y de servicio que se vaya a transportar se determinan los requerimientos mínimos de transporte para garantizar la calidad de la entrega. A continuación se describen los tipos de flujos y la Ilustración 1 los describe en la cadena de suministros en situaciones de desastres:

2.1.1 FLUJO FÍSICO

Se relaciona directamente con las ayudas del personal especializado, alimentos, elementos de aseo, primeros auxilios, agua potable, medicamentos, mantas, ropa, materiales, etc. Requeridos por la población afectada además de elementos para la construcción de albergues. Para cada posible producto a transportar se establecen normas mínimas a cumplir, por lo cual dentro de cualquier modelo de gestión de cadena de suministro es importante tener en cuenta dichas normas (SCHR/VOICE/ICVA, 2004). El flujo de dichos productos es cambiante en el tiempo, por lo cual se determinan periodos de tiempo para definir un tipo de producto a enviar; este tipo de trabajos son considerados multi-periodo debido a que se está hablando de un sistema dinámico en el tiempo (José Holguín-Veras et al., 2012; Lin, Batta, Rogerson, Blatt, & Flanigan, 2011; Moghaddam, Ruiz, & Sadjadi, 2012; Nagy & Salhi, 2007; Najafi, Eshghi, & Dullaert, 2013; Rottkemper, Fischer, & Blecken, 2012; Yi & Özdamar, 2007).

2.1.2 FLUJO ECONÓMICO

Referente a la financiación de las operaciones logísticas y al costo de adquirir productos escasos en las donaciones, este flujo está relacionado directamente con los gobiernos. El flujo económico está enfocado en financiar dichas actividades con el fin de realizar una gestión oportuna y lograr reactivar en términos económicos la población. El

desastre ocasiona daños tangibles e intangibles los cuales afectan drásticamente la economía de un país, por lo cual el flujo económico cobra importancia dentro de la logística humanitaria (Guha-sapir, Hoyois, & Below, 2012).

2.1.3 FLUJO DE INFORMACIÓN

En situaciones post-desastre, la información es un recurso indispensable pues a partir de esta se solicitan, se asignan y se envían las ayudas humanitarias, sin embargo, no es posible obtener dicha información en tiempo real y con la certeza necesaria debido a que cualquier desastre natural destruye toda infraestructura incluyendo la comunicación (J Holguín-Veras et al., 2012)(IFRC, 2010).

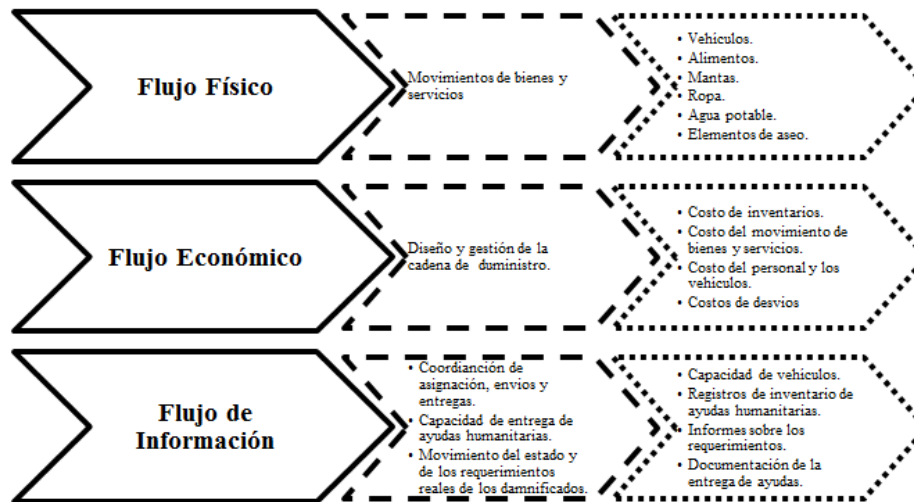


Ilustración 1 Componentes y operaciones de cada flujo.

3 CONSIDERACIONES DE LA SITUACIÓN POST-DESASTRE

La etapa post-desastre comprende actividades como salvar vidas, el suministro de ayudas humanitarias a los damnificados y la reconstrucción de la zona afectada. En algunos casos la etapa post-desastre incluye las actividades relacionadas con la evacuación de la población afectada, lo cual implica la búsqueda y adecuación de lugares seguros; los desastres que están relacionados a este tipo de situación son los desastres causados por fenómenos hidrológicos, tales como inundaciones, desbordamiento de ríos y lagos entre otros.

Este artículo parte del supuesto de que se conocen con certeza los lugares potenciales para realizar el asentamiento de la población afectada, además del previo establecimiento de un depósito de donde parte el personal voluntario y especializado. La consideración del depósito se determina con el fin de centralizar la información de los requerimientos y controlar la gestión de estos. Los esfuerzos del estudio están concentrados en diseñar un modelo logístico que responda a las actividades relacionadas con la programación del personal requerido, el cual considera el personal encargado de la construcción de albergues, personal voluntariado apto para prestar primeros auxilios, personal especializado en asistencia psicológica y atención médica.

3.1 PLANTEAMIENTO DEL MODELO MATEMÁTICO

El modelo planteado considera que no existe incertidumbre en la seguridad de las rutas ya que se parte del supuesto de que la logística relacionada con la programación del personal se desarrolla en un lugar seguro. El modelo propuesto es predecesor de un modelo de optimización enfocado en la evacuación, la búsqueda y localización del depósitos y albergues para la población afectada. Para determinar la secuencia del personal tipo l , se consideran los puntos de partida i y los puntos de destino j en un tiempo t , de igual manera se determinan parámetros relacionados con la demanda $D_{j,l,t}$, capacidad del depósito $CD_{l,t}$ [número de personas] y de los vehículos CV_l [número de personas/

vehículo], entre otros. El modelo propuesto es considerado como una variación del VRP con multi-objetivo y multi-periodo, dichas consideraciones responden a las características de la situación post-desastre.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

La metodología usada para la definición del modelo, es la programación lineal entera mixta. La ilustración 2 refleja la dinamica del modelo.

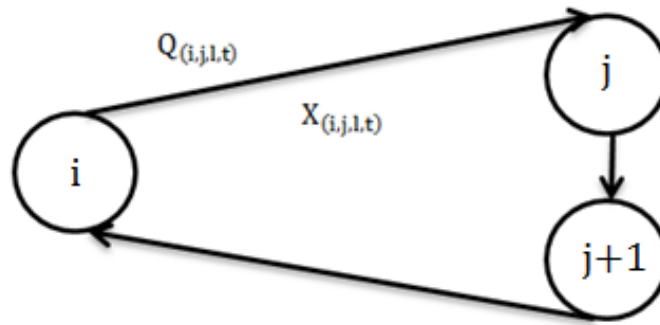


Ilustración 2 Representación gráfica del modelo.

3.2.1 NOTACIÓN DE CONJUNTOS:

i : Conjunto de puntos de partida $\{1,2,3,\dots,A\}$

j : Conjunto de puntos de destino $\{1,2,3,\dots,A\}$

k : Conjunto de vehículos $\{1,2,\dots,m\}$

l : Conjunto del tipo de personal $\{1,2,3,4\}$

t : Conjunto de periodo de tiempo $\{1,2,\dots,t\}$

3.2.2 NOTACIÓN DE PARAMETROS:

CV : Capacidad del vehículo en unidades de área.

$CD_{l,t}$: Capacidad del depósito para suministrar el personal tipo l en el tiempo t .

CP_l : Capacidad de atención del personal tipo l .

$D_{j,l,t}$: Demanda del personal l en el punto j en el instante de tiempo t .

UA_l : Unidades de área ocupada por el personal l .

$TV_{i,j}$: Tiempo de viaje desde el punto i hasta el punto j .

TA : Tiempo de alistamiento del vehículo.

TD: Tiempo de descargue del personal.

TS_l: Tiempo de servicio según el tipo de personal l.

m: Número de vehículos.

A: Número de locaciones (depósitos, albergues).

3.2.3 NOTACIÓN DE VARIABLES:

$$X_{l,t}^{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{se se envía el personal tipo l desde i hasta j en el periodo de tiempo t} \\ 0 & \text{de lo contrario.} \end{cases}$$

$$Q_{l,t}^{i,j} = \text{Número de personal tipo l a enviar desde i hasta j en el periodo de tiempo.}$$

$$U_l = \text{Variable auxiliar para romper los ciclos.}$$

$$Z: \text{Valor de la función objetivo.}$$

El modelo debe garantizar la eficiencia en las operaciones de programación y ruteo de recursos, por lo cual se determina que la función objetivo de este debe estar relacionada con el tiempo de respuesta.

$$\text{Min } Z = \sum_{\forall i, \forall j, \forall l, \forall t} X_{l,t}^{i,j} * [TV_{l,j} + TS_l + TA + TD]$$

El objetivo general del modelo es minimizar el tiempo de operación, donde se considera el tiempo de viaje del vehículo (TV), el tiempo de alistamiento (TA) y el tiempo de descarga (TD).

$$\sum_{\forall i} X_{l,t}^{i,j} \geq 1 \quad \forall j, \forall l, \forall t \quad [1]$$

La restricción [1] indica que cada punto de destino (j), en cada periodo (t) debe ser atendido por lo menos una vez por cada tipo de personal (l), garantizando que todos los puntos son atendidos.

$$\sum_{\forall j \forall l \forall t} X_{l,t}^{1,j} = m \quad [2]$$

$$\sum_{\forall j \forall l \forall t} X_{l,t}^{i,1} = m \quad [3]$$

Las restricciones [2] y [3] pueden ser consideradas como un punto de control más que restricciones, pues garantiza que el depósito (i = 1 ó j = 1) envíe el número de vehículos que tiene disponible, este es el caso de la restricción [2]; mientras que la restricción [3] garantiza que regrese el mismo número de vehículos que salieron del depósito.

$$\sum_{\forall j} Q_{l,t}^{i,j} - \sum_{\forall j} Q_{l,t}^{j,i} = 0 \quad \forall i, \forall l, \forall t \quad [4]$$

La restricción [4] indica que la cantidad de personal de tipo (l) que visita cada punto (i) es la misma cantidad de personal que sale a visitar el punto (j) en cada instante de tiempo (t).

$$\sum_{\forall l} Q_{l,t}^{1,j} * UA_l \leq CV \quad \forall t \forall j \quad [5]$$

$$\sum_{\forall j} Q_{l,t}^{1,j} \leq CD_{lt} \quad \forall t \forall l \quad [6]$$

La restricción [5] vincula la capacidad de los vehículos (CV) y las cantidades a enviar ($Q_{1,j,l,t}$), mientras que la restricción [6] vincula la capacidad del depósito (CD_{lt}) con las cantidades a enviar ($Q_{1,j,l,t}$).

$$Q_{l,t}^{1,j} * CP_l \geq D_{jlt} * X_{l,t}^{1,j} \quad \forall t \forall j \forall l \quad [7]$$

La restricción [7] determina que la capacidad de atención (CP_l) de todo el personal enviado debe satisfacer la demanda requerida por la población afectada.

$$X_{1,t}^{i,j} + \sum_{l=2}^{l=4} X_{l,t}^{i,j} = 1 \quad \forall i, \forall j, 1 \leq \forall t \leq 3 \quad [8]$$

$$\sum_{l=2}^{l=4} X_{l,t}^{i,j} = 0 \quad \forall i, \forall j, 1 \leq \forall t \leq 3 \quad [9]$$

La restricción [8] y [9] considera que la operación a realizar en la primera etapa del post-desastre ($1 \leq \forall t \leq 3$), es la adecuación de la zona segura (Sheu, 2007), por lo cual el modelo considera que en dicha etapa solo debe operar el personal encargado de la construcción de albergues ($l = 1$).

$$U_1 = 1 \quad [10]$$

$$U_i \leq A \quad [11]$$

$$U_i \geq 2 \quad [12]$$

$$U_i - U_j + 1 \leq (A - 1) * (1 - X_{l,t}^{i,j}) \quad \forall i, \forall j, \forall l, \forall t \mid i \neq j \quad [13]$$

Las restricciones [10], [11], [12] y [13] se establecen con el fin de evitar ciclos dentro de las posibles rutas establecidas por el modelo.

$$X_{l,t}^{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j, \forall l, \forall t \quad [14]$$

$$Q_{l,t}^{i,j} \geq 0 \text{ Entera} \quad \forall i, \forall j, \forall l, \forall t \quad [15]$$

$$U_i \geq 0 \text{ Entera} \quad \forall i, \forall j, \forall l, \forall t \quad [16]$$

Las restricciones [14], [15] y [16] describen las características de las variables consideradas en el modelo.

4 CONCLUSIONES

La cadena de suministro en situaciones post-desastre se ejecuta por medio de la interacción entre personas especializadas y productos a socorrer y suministrar respectivamente a los damnificados, los cuales se amalgaman con el fin de suplir la demanda de bienes y servicios de manera óptima. Actualmente el estado del arte de logística humanitaria es fuerte en el estudio de la cadena de suministro relacionado con el flujo físico de productos, omitiendo los aspectos relacionados al personal requerido para que dichos flujos sean posibles; por lo cual este artículo se enfoca en la coordinación del recurso humano presente en la cadena de suministro post-desastre.

En este artículo se propone un modelo que le permite a los organismos de socorro determinar de manera óptima la programación del personal especializado en situaciones post-desastre teniendo en cuenta un criterio, el tiempo de respuesta. El modelo considera el personal requerido para la construcción de albergues, prestación de primeros auxilios, atención y cuidados médicos y psicológicos, considerando que dichos requerimientos están asociados a una demanda. La metodología usada para la formulación de dicho modelo es la programación lineal entera mixta que se desarrolla en investigación de operaciones.

Como futura investigación se propone trabajar en dicho modelo considerando elementos como la demanda estocástica y la capacidad limitada del recurso humano entre otros factores, que afectan la atención oportuna a la población afectada.

5 REFERENCIAS

- Abdelmaguid, T. F., Dessouky, M. M., & Ordóñez, F. (2009). Heuristic approaches for the inventory-routing problem with backlogging. *Computers & Industrial Engineering*, 56(4), 1519–1534. doi:10.1016/j.cie.2008.09.032
- Balcik, B., Beamon, B., & Smilowitz, K. (2008). Last Mile Distribution in Humanitarian Relief. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12(2), 51–63. doi:10.1080/15472450802023329
- Brandão, J., & Mercer, A. (1997). A tabu search algorithm for the multi-trip vehicle routing and scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 100(1), 180–191. doi:10.1016/S0377-2217(97)00010-6
- Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 4–13. doi:10.1016/j.seps.2011.04.004
- Cowling, P. I., & Keuthen, R. (2005). Embedded local search approaches for routing optimization. *Computers & Operations Research*, 32(3), 465–490. doi:10.1016/S0305-0548(03)00248-X
- De Angelis, V., Mecoli, M., Nikoi, C., & Storchi, G. (2007). Multiperiod integrated routing and scheduling of World Food Programme cargo planes in Angola. *Computers & Operations Research*, 34(6), 1601–1615. doi:10.1016/j.cor.2005.07.012
- Eshghi, K., & Larson, R. C. (2008). Disasters: lessons from the past 105 years. *Disaster Prevention and Management*, 17(1), 62–82. doi:10.1108/09653560810855883
- Faulin, J., Jorba, J., Caceres, J., Marquès, J. M., & Angel, J. (2011). Using parallel & distributed computing for real-time solving of vehicle routing problems with stochastic demands. *Annals of Operations Research*, 207(1), 43–65. doi:10.1007/s10479-011-0918-z
- Gourdin, É., & Klopfenstein, O. (2008). Multi-period capacitated location with modular equipments. *Computers & Operations Research*, 35(3), 661–682. doi:10.1016/j.cor.2006.05.007
- Guha-sapir, D., Hoyois, P., & Below, R. (2012). *Statistical Review 2012 Annual Disaster Statistical Review 2012 The numbers and trends* (pp. 1–50). Brussels, Belgium. Retrieved from <http://hisp-news.org/2013/10/15/annual-disaster-statistical-review-2012-the-numbers-and-trends/>

- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 494–506. doi:10.1016/j.jom.2012.08.003
- Holguín-Veras, J., Taniguchi, E., Ferreira, F., Jaller, M., & Thompson, R. (2012). The Tohoku disasters: preliminary findings concerning the post disaster humanitarian logistics response. *Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 1–18. Retrieved from <http://docs.trb.org/prp/12-1162.pdf>
- IFRC. (2010). *Mundial sobre Desastres*. ISBN: 978-92-9139-158-5
- Kunz, N., & Reiner, G. (2012). A meta-analysis of humanitarian logistics research. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(2), 116–147. doi:10.1108/20426741211260723
- Lin, Y.-H., Batta, R., Rogerson, P. a., Blatt, A., & Flanigan, M. (2011). A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(4), 132–145. doi:10.1016/j.seps.2011.04.003
- Marinakis, Y., Iordanidou, G.-R., & Marinaki, M. (2013). Particle Swarm Optimization for the Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands. *Applied Soft Computing*, 13(4), 1693–1704. doi:10.1016/j.asoc.2013.01.007
- Moghaddam, B. F., Ruiz, R., & Sadjadi, S. J. (2012). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 306–317. doi:10.1016/j.cie.2011.10.001
- Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing : Issues , models and methods. *European Journal of Operational Research*, 177, 649–672. doi:10.1016/j.ejor.2006.04.004
- Najafi, M., Eshghi, K., & Dullaert, W. (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 217–249. doi:10.1016/j.tre.2012.09.001
- Ngueveu, S. U., Prins, C., & Wolfler Calvo, R. (2010). An effective memetic algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 37(11), 1877–1885. doi:10.1016/j.cor.2009.06.014
- Pedraza Martinez, A. J., Stapleton, O., & Van Wassenhove, L. N. (2011). Field vehicle fleet management in humanitarian operations: A case-based approach. *Journal of Operations Management*, 29(5), 404–421. doi:10.1016/j.jom.2010.11.013
- Rottkemper, B., Fischer, K., & Blecken, A. (2012). A transshipment model for distribution and inventory relocation under uncertainty in humanitarian operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 98–109. doi:10.1016/j.seps.2011.09.003
- SCHR/VOICE/ICVA. (2004). *El Proyecto Esfera Humanitaria y Normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastre* Publicado por : Ginebra, Suiza. doi:8484522377
- Sheu, J.-B. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 687–709. doi:10.1016/j.tre.2006.04.004

- Tinguaro Rodríguez, J., Vitoriano, B., & Montero, J. (2012). A general methodology for data-based rule building and its application to natural disaster management. *Computers & Operations Research*, 39(4), 863–873. doi:10.1016/j.cor.2009.11.014
- Tomasini, R., & Wassenhove, L. Van. (2009). *HUMANITARIAN*. (Inside Business Press, Ed.) (2nd ed., p. 193). New York: PALGRAVE MACMILLAN.
- Van den Bergh, J., Beliën, J., De Bruecker, P., Demeulemeester, E., & De Boeck, L. (2013). Personnel scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 226(3), 367–385. doi:10.1016/j.ejor.2012.11.029
- Wu, T., Low, C., & Bai, J. (2002). Heuristic solutions to multi-depot location-routing problems, 29(February 2001).
- Yi, W., & Özdamar, L. (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177–1193. doi:10.1016/j.ejor.2005.03.077

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el artículo en las actas del congreso. Ni LACCEI ni los editores son responsables por el contenido o por las implicaciones de lo que se expresa en el artículo.