

# El problema de ubicación de instalaciones en la cadena de suministro humanitaria.

Dra. María del Rosario Pérez Salazar



## Resumen

La logística humanitaria es una rama de la logística que administra el suministro de respuesta de materiales y servicios críticos ante un desastre. La respuesta a desastres en la cadena de suministro humanitaria es proporcionar rápidamente socorro (alimentos de emergencia, agua, medicamentos, refugio y suministros) a las zonas afectadas por emergencias a gran escala, a fin de minimizar el sufrimiento humano y la muerte. El problema de ubicación de instalaciones es un tópico prioritario para el estudio de la logística humanitaria. El objetivo de este artículo es presentar una revisión de la literatura del problema de ubicación de instalaciones en la cadena de suministro humanitaria de acuerdo con las siguientes dimensiones 1) método de investigación; 2) etapa del ciclo de vida del desastre; 3) tipo de ubicación de instalación; 4) enfoque de modelado de datos; 5) método de solución para el modelo matemático y 6) criterios de decisión.

## Palabras Clave:

Lógica humanitaria, instalaciones, cadena de suministro.

## Abstract

Humanitarian logistics is a branch of logistics that manages the delivery of disaster-critical materials and services. Disaster response in the humanitarian supply chain is to rapidly provide relief (emergency food, water, medicine, shelter and supplies) to areas affected by large-scale emergencies, in order to minimize human suffering and death. The problem of location of facilities is a priority topic for the study of humanitarian logistics. The objective of this article is to present a review of the literature of the problem of location of facilities in the humanitarian supply chain manager in accordance with the following dimensions (1) research method; 2) disaster lifecycle stage; 3) type of installation location; 4) data modeling approach; 5) solution method for mathematical model and 6) decision criteria.

## Keywords:

Humanitarian logistics, facilities, supply chain manager.

## Introducción

Un desastre es un evento no-rutinario que excede la capacidad del área afectada para responder de tal manera que se pueda salvar vidas; preservar la propiedad; y mantener la estabilidad social, ecológica, económica y política de la región afectada (Pearce, 2000). Las pérdidas para la humanidad generadas por los desastres naturales son sin duda masivas- en promedio, globalmente más de 100,000 personas perdieron la vida y 246 millones se vieron afectadas por los desastres naturales durante el periodo 2002-2011 (Sahay, Gupta, y Menon, 2015).

La logística humanitaria es el proceso de planeación, implementación y control eficiente y económico del flujo y resguardo de bienes y materiales, así como la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de cumplir los requerimientos del beneficiario final (Apta, 2009). Para mantener e incrementar la efectividad de esta logística un hecho importante es recordar que los tres principios del “espacio humanitario” (humanidad, neutralidad, imparcialidad) deben estar presentes durante las fases estratégica, táctica y operacional de las operaciones humanitarias.

Los eslabones de la cadena de suministros (CS) humanitaria se describen a continuación (Figura 1). La evaluación de campo y planeación ocurre en el periodo más temprano inmediato posterior al desastre natural. Se evalúa el radio de vulnerabilidad y la demanda de alivio en cada región (Nadi y Edrisi, 2017). La evaluación en campo deberá permitir entender el impacto del desastre sobre el medio ambiente, sobre la población y cómo deberán proveerse los servicios logísticos (Das, 2016). La planeación es un proceso de toma de decisiones que involucra escoger entre diferentes alternativas (Das, 2016). Una vez que se evaluaron los alcances del desastre natural y las necesidades en cada región, se deben evaluar las diferentes alternativas de solución y elegir la mejor.

Por otro lado, la planeación también se encuentra en la etapa de preparación pues involucra la creación de diversos planes y estrategias antes de que el desastre ocurra. Se planea a largo plazo de forma tal que la organización se encuentre preparada para responder ante una emergencia. Es importante identificar fuerzas y debilidades de cada una de las actividades dentro de las operaciones de alivio basándose en el aprendizaje de experiencias pasadas con el objetivo de salvar la mayor cantidad posible de vidas humanas cuando ocurra un desastre.

La función de abastecimiento debe proteger y mitigar los riesgos, entender el mercado, establecer relaciones con los proveedores, satisfacer las necesidades de manera oportuna y monitorear constantemente el desempeño para mejorar la provisión del servicio, de ahí la necesidad de que una organización tenga políticas bien definidas y bien entendidas (Das, 2016). Adquirir los bienes necesarios para cubrir las necesidades de respuesta a un desastre natural es un punto focal en la CS humanitaria por lo que debe ser administrado efectivamente. Transforma las requisiciones concentradas en la evaluación de campo en productos o servicios para cubrir la demanda de alivio de las regiones afectadas por el desastre.

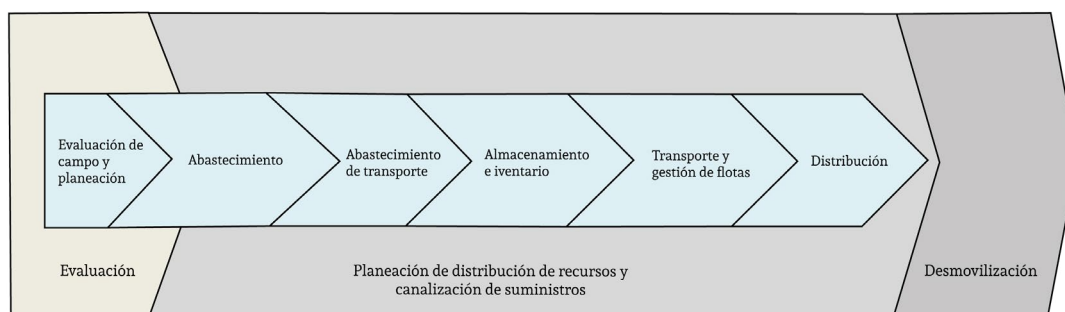


Figura 1 Eslabones de la CS humanitaria

Fuente: (Das, 2016)

El abastecimiento de transporte es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta, se refiere a identificar proveedores de servicios de transporte y determinar cómo será la administración de las flotas. Es decir si será necesario, con base en la demanda estimada en el primer eslabón, ya sea arrendar, subcontratar o administrar la flota propiedad de la organización (Das, 2016).

La función de almacenamiento e inventario se refiere a la gestión de los puntos entre las fuentes de suministro y los beneficiarios, además de que son nodos importantes en los flujos de información. Se refiere también a mantener un estricto control de inventarios y establecer políticas para excesos de materiales, donaciones no solicitadas y bienes no prioritarios.

La función de transporte tiene que ver con las actividades involucradas en el traslado de suministros desde el punto de origen a los clientes internos o beneficiarios; mientras que la gestión de flotas es la función que supervisa, coordina y facilita varias actividades de transporte y actividades relacionadas con el transporte (Das, 2016) de manera tal que se puedan minimizar costos y maximizar la utilización de los vehículos utilizados para mover los suministros.

La distribución dentro del contexto de la logística humanitaria puede verse desde tres perspectivas (Das, 2016):

1. Movimiento de bienes del vendedor a la organización humanitaria.
2. Movimiento de los bienes de un punto a otro dentro de la organización humanitaria.
3. El punto en el que los bienes y servicios son entregados a los beneficiarios finales o a una agencia socia.

Es en este eslabón se presenta el mayor riesgo de pérdida e inseguridad, la comunicación es esporádica, el monitoreo es más difícil y la organización generalmente tiene menos control directo.

El diseño y operación de la CS humanitaria juegan un papel significativo en la consecución de una respuesta efectiva y eficiente (Balcik y Beamon, 2008), lo cual se traduce en la mejora de los esfuerzos de respuesta ante un desastre natural, salvaguardando de la mejor manera posible el bienestar de las personas afectadas, de forma tal que se preserven vidas y la integridad del ser.

El flujo del proceso en la logística humanitaria puede dividirse en tres etapas a lo largo del tiempo: esfuerzos de “preparación antes de que ocurra el desastre, “respuesta” inmediatamente después de que sucede el desastre y “recuperación” en el periodo posterior al desastre. El primer periodo es estratégico pues el desastre no ha ocurrido pero el pre posicionamiento de bienes y preparaciones de la infraestructura se llevan a cabo antes del desastre. El pre posicionamiento de activos puede incluir la expansión de almacenes, instalaciones médicas y refugios temporales, mientras que la preparación de infraestructura puede incluir el aprovisionamiento de pistas de aterrizaje y espacios para rampas en los aeródromos.

## Metodología

El problema de ubicación de instalaciones en la CS humanitaria se centra en la selección de la ubicación de puntos de abastecimiento en zonas afectadas por un sismo con el objetivo de agilizar y optimizar los esfuerzos de respuesta al desastre: maximizando el beneficio a los damnificados y reduciendo la distancia que implica la distribución de víveres y materiales, y proponiendo los niveles de inventario deseables en los centros de distribución; de manera tal que se provean soluciones de forma rápida y basadas en datos. Se realizó una revisión de la literatura que incluyó artículos aceptados de los últimos diez años; recuperados de la base de datos de *Web of Science* sobre la logística humanitaria, específicamente el problema de ubicación de la instalación. Se seleccionó y analizó una muestra final de 50 documentos publicados entre enero 2007 y abril de 2018 con el fin de visualizar las tendencias internacionales para resolver la cuestión de ubicación de instalaciones en la CS humanitaria. Se utilizó la combinación de palabras clave “*Humanitarian\**” AND “*Location*” AND “*Logistics*” en *Topic* (título, resumen, palabras clave). Los resultados resultantes se limitaron al tipo de documento “Artículo” y “Revisión” que dieron lugar a una muestra de 123 documentos. Una muestra final de 44 artículos permaneció para el propósito de esta revisión. En la Figura 2 se observa una tendencia positiva en referencia al aumento de los artículos publicados; esto se hace notorio en 2014, con un pico en 2015. Lo anterior puede considerarse debido a la ocurrencia de varios desastres naturales, en 2010 el terremoto de Haití con una magnitud de 7,0 y al menos 52 réplicas dejó una destrucción generalizada; en 2011 se produjeron dos catástrofes importantes, el terremoto de Japón y el posterior tsunami y las inundaciones y deslizamientos de tierra en Río de Janeiro; y en 2013 el tifón Haiyan en Filipinas y tornados en EE. UU.

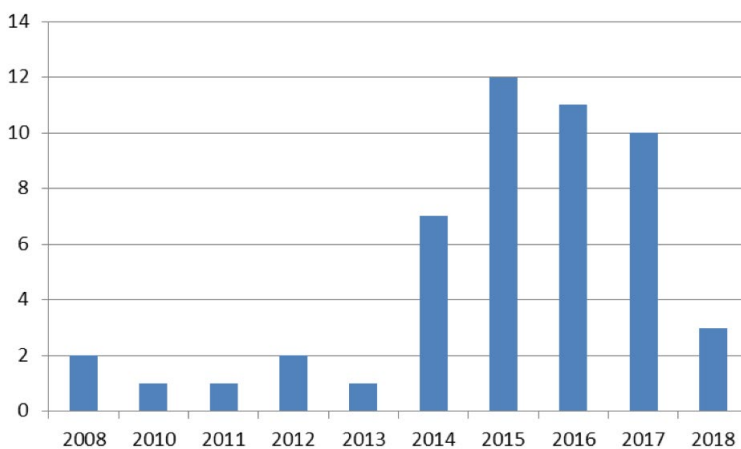


Figura 2 Distribución de los artículos revisados por año

La Tabla 1 está construida a partir de artículos revisados, donde los estudios son clasificados de acuerdo a: 1) referencia; 2) método de investigación; 3) etapa del ciclo de vida del desastre; 4) tipo de ubicación de instalación; 5) enfoque de modelado de datos; 6) método de solución para el modelo matemático y 7) criterios de decisión.

**Tabla 1a Estudio analizados referentes al problema de ubicación en la CS humanitaria**

Referencia	Título	Método	Etapa	Ubicación	Datos	Solución	Decisión
(Abounacer, Rekik, & Renaud, 2014)	<i>An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Determinístico	Método $\epsilon$ -restricción	Multi-objetivo
(Ahmadi, Seifi, & Tootooni, 2015)	<i>A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district</i>	Caso de estudio	Alivio	Almacén	Estocástico	Algoritmo VNS	Multi-objetivo
(Albareda-Sambola, Hinojosa, Marín, & Puerto, 2015)	<i>When centers can fail: A close second opportunity</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Mixto	Determinístico	Modelo de programación entera	Minimizar distancia
(Balcik & Beamon, 2008)	<i>Facility location in humanitarian relief</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Determinístico	Algoritmo exacto	Maximizar el cumplimiento de la demanda
(Barzinpour & Esmacili, 2014)	<i>A multi-objective relief chain location distribution model for urban disaster management</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	determinístico	Programación entera mixta	Multi-objetivo
(Baskaya, Ertem, & Duran, 2017)	<i>Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities</i>	Caso de estudio	Preparación	Punto de distribución	Estocástico	Programación entera mixta	Minimizar distancia
(Bell, Fonzone, & Polyzoni, 2014)	<i>Depot location in degradable transport networks</i>	Caso de estudio	Alivio	Almacén	Robusto	Estrategia mixta equilibrio de Nash	Minimizar tiempo de respuesta
(Bozkurt & Duran, 2012)	<i>Effects of Natural Disaster Trends: A Case Study for Expanding the Pre-Positioning Network of CARE International</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Determinístico	Programación entera mixta	Minimizar tiempo de respuesta
(Bozorgi-Amiri & Khorsi, 2016)	<i>A dynamic multi-objective location-routing model for relief logistic planning under uncertainty on demand, travel time, and cost parameters</i>	Caso de estudio	Preparación, alivio	Almacén	Dinámico	Programación entera mixta	Multi-objetivo



Tabla 1b Estudio analizados referentes al problema de ubicación en la CS humanitaria

Referencia	Título	Método	Etapas	Ubicación	Datos	Solución	Decisión
(Bozorgi-Amiri, Jabalameli, & Mirzapour Al-e-Hashem, 2013)	<i>A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty</i>	Caso de estudio	Alivio	Almacén	Robusto	Programación entera mixta	Multi-objetivo
(Burkart, Nolz, & Gutjahr, 2017)	<i>Modelling beneficiaries' choice in disaster relief logistics</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	determinístico	Algoritmo genético	Multi-objetivo
(Celik, 2017)	<i>A cause and effect relationship model for location of temporary shelters in disaster operations management</i>	Caso de estudio	Preparación	Albergue	Lingüístico	Lógica difusa	Multi-objetivo
(Condeixa, Leiras, Oliveira, & de Brito, 2017)	<i>Disaster relief supply pre-positioning optimization: A risk analysis via shortage mitigation</i>	Ejemplos numéricos	Preparación	Mixto	Estocástico	Valor condicional en riesgo	Minimizar costo
(Döyen, Aras, & Barbarosoğlu, 2012)	<i>A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Mixto	Estocástico	Programación entera mixta	Minimizar costo
(Duhamel, Santos, Brasil, Châtelet, & Birregah, 2016)	<i>Connecting a population dynamic model with a multi-period location-allocation problem for post-disaster relief operations</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Dinámico	Algoritmo de búsqueda directa adaptativa de malla	Maximizar el cumplimiento de la demanda
(Golabi, Shavarani, & Izbirak, 2017)	<i>An edge-based stochastic facility location problem in UAV-supported humanitarian relief logistics: a case study of Tehran earthquake</i>	Caso de estudio	Preparación	Punto de distribución	Robusto	Algoritmo genético	Minimizar el tiempo de viaje
(Görmez, Köksalan, & Salman, 2011)	<i>Locating disaster response facilities in Istanbul</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Determinístico	Método épsilon-restricción	Minimizar distancia
(Gutjahr & Dzubur, 2016)	<i>Bi-objective bilevel optimization of distribution center locations considering user equilibria</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Determinístico	Método épsilon-restricción	Multi-objetivo
(Haghi, Fatemi Ghomi, & Jolai, 2017)	<i>Developing a robust multi-objective model for pre/post disaster times under uncertainty in demand and resource</i>	Ejemplos numéricos	Preparación, alivio	Punto de distribución	Robusto	Método épsilon-restricción	Multi-objetivo
(Hasanzadeh & Bashiri, 2016)	<i>An efficient network for disaster management: Model and solution</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Determinístico	Relajación Lagrangiana	Minimizar costo
(He, Feng, Hu, & Liang, 2017)	<i>A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on a Novel Stochastic MCDA Method: Evidence from China</i>	Simulación	Preparación	Almacén	Estocástico	Método ELECTRE-II	Multi-objetivo
(Hong, Lejeune, & Noyan, 2015)	<i>Stochastic network design for disaster preparedness</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Robusto	Programación entera mixta	Minimizar costo

Tabla 1c Estudio analizados referentes al problema de ubicación en la CS humanitaria.

Referencia	Título	Método	Etapas	Ubicación	Datos	Solución	Decisión
(Jahre et al., 2016)	<i>Integrating supply chains for emergencies and ongoing operations in UNHCR</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Robusto	Programación entera mixta	Multi-objetivo
(Khayal, Pradhananga, Pokharel, & Mutlu, 2015)	<i>A model for planning locations of temporary distribution facilities for emergency response</i>	Ejemplos numéricos	Preparación	Punto de distribución	Dinámico	Programación entera mixta	Minimizar costo
(Kilci, Kara, & Bozkaya, 2015)	<i>Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey</i>	Caso de estudio	Alivio	Albergue	Determinístico	Programación entera mixta	Maximizar el peso mínimo de las áreas de refugio abierto
(Yajie Liu & Guo, 2014)	<i>A Lexicographic Approach to Postdisaster Relief Logistics Planning Considering Fill Rates and Costs under Uncertainty</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Robusto	Algoritmo heurístico	Multi-objetivo
(Maharjan & Hanaoka, 2018)	<i>A multi-actor multi-objective optimization approach for locating temporary logistics hubs during disaster response</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Dinámico	Lógica difusa	Multi-objetivo
(Mejia-Argueta, Gaytán, Caballero, Molina, & Vitoriano, 2018)	<i>Multicriteria optimization approach to deploy humanitarian logistic operations integrally during floods</i>	Caso de estudio	Preparación	Mixto	Determinístico	Método épsilon-restricción	Multi-objetivo
(Muggy & Heier Stamm, 2017)	<i>Dynamic, robust models to quantify the impact of decentralization in post-disaster health care facility location decisions</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Estocástico	Programación entera mixta	Maximizar el cumplimiento de la demanda
(Najafi, Farahani, De Brito, & Dullaert, 2015)	<i>Location and Distribution Management of Relief Centers: A Genetic Algorithm Approach</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Estocástico	Algoritmo genético	Multi-objetivo
(Rath & Gutjahr, 2014)	<i>A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Determinístico	Método épsilon-restricción	Multi-objetivo
(Renkli & Duran, 2015)	<i>Pre-Positioning Disaster Response Facilities and Relief Items</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Estocástico	Programación entera mixta	Minimizar tiempo de respuesta
(Rennemo, Rø, Hvattum, & Tirado, 2014)	<i>A three-stage stochastic facility routing model for disaster response planning</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Estocástico	Programación entera mixta	Maximizar el cumplimiento de la demanda
(Rezaei-Malek, Tavakkoli-Moghaddam, Zahiri, & Bozorgi-Amiri, 2016)	<i>An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities</i>	Caso de estudio	Preparación	Mixto	Robusto	Procedimiento de reserva Tchebycheff	Multi-objetivo
(Rodríguez-Espindola & Gaytán, 2015)	<i>Scenario-based preparedness plan for floods</i>	Caso de estudio	Preparación	Mixto	Determinístico	Método épsilon-restricción	Multi-objetivo

Tabla 1d Estudio analizados referentes al problema de ubicación en la CS humanitaria

Referencia	Título	Método	Etapas	Ubicación	Datos	Solución	Decisión
(Sahebjamnia, Torabi, & Mansouri, 2017)	<i>A hybrid decision support system for managing humanitarian relief chains</i>	Caso de estudio	Alivio	Punto de distribución	Estocástico	Motor de inferencia basado en reglas	Multi-objetivo
(Salmeron & Apte, 2010)	<i>Stochastic Optimization for Natural Disaster Asset Prepositioning</i>	Ejemplos numéricos	Preparación	Mixto	Robusto	Programación entera mixta	Minimizar las bajas
(Tofghi, Torabi, & Mansouri, 2016)	<i>Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty</i>	Caso de estudio	Preparación	Mixto	Estocástico	Programación estocástica-posibilista	Multi-objetivo
(Tuzkaya, Yilmazer, & Tuzkaya, 2015)	<i>An Integrated Methodology for the Emergency Logistics Centers Location Selection Problem and its Application for the Turkey Case</i>	Caso de estudio	Preparación	Mixto	Determinístico	Proceso de red analítica, DEMATEL	Multi-objetivo
(Ukkusuri & Yushimito, 2008)	<i>Location Routing Approach for the Humanitarian Prepositioning Problem</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Estocástico	Programación entera mixta	Maximizar el cumplimiento de la demanda
(Vahdani, Veysmoradi, Noori, & Mansour, 2018)	<i>Two-stage multi-objective location-routing-inventory model for humanitarian logistics network design under uncertainty</i>	Ejemplos numéricos	Preparación	Mixto	Dinámico	Algoritmo genético	Multi-objetivo
(Vanajakumari, Kumar, & Gupta, 2016)	<i>An Integrated Logistic Model for Predictable Disasters</i>	Ejemplos numéricos	Alivio	Punto de distribución	Robusto	Programación entera mixta	Minimizar costo
(Vargas Florez, Lauras, Okongwu, & Dupont, 2015)	<i>A decision support system for robust humanitarian facility location</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Robusto	Programación entera	Minimizar costo
(Verma & Gaukler, 2015)	<i>Pre-positioning disaster response facilities at safe locations: An evaluation of deterministic and stochastic modeling approaches</i>	Caso de estudio	Preparación	Almacén	Estocástico	Descomposición de Benders	Minimizar distancia

## Discusión

Algunos de los hallazgos más importantes de la revisión de la literatura se resumen a continuación. El país más prolífico referente a la publicación de este tópico es Irán con un total de 11 documentos, de los cuales 8 están enfocados a terremotos y 3 a desastres generales, esto se debe a la propensión a la ocurrencia y la amenaza constante de un terremoto devastador debido a las características topológicas de la región. México no ha publicado artículos sobre esta área específica de investigación como primer autor. Asimismo, México solo ha colaborado con dos estudios, Rodríguez-Espíndola y Gaytán (2015) y Mejia-Argueta, Gaytán, Caballero, Molina, y Vitoriano (2018) han propuesto modelos para resolver el problema de ubicación de instalaciones en inundaciones.

Como resultado de las características únicas y complejas de la logística humanitaria hay una necesidad de herramientas analíticas que capturen dicha complejidad y permitan a los tomadores



de decisiones determinar el mejor curso de acción en las situaciones de desastre (Holguín-Veras et al., 2012). Los temas propuestos por Holguín-Veras, para el desarrollo de estas herramientas, en su artículo sobre las características únicas de la logística humanitaria posterior al desastre, incluyen i) modelos de enrutamiento que incorporan costos de privación; ii) modelos de asignación de inventario que incorporan costos de privación; iii) logística inversa; iv) pre posicionamiento de los suministros; v) planeación de puntos de distribución; vi) asignación óptima (dinámica) de recursos para gestionar la convergencia de materiales.

Para resolver el desafío de la ubicación de instalaciones, la estrategia utilizada es generar un modelo matemático que represente las características de la situación particular y luego la aplicación de una o más técnicas de optimización; la más utilizada es la programación entera mixta. Es de particular interés resaltar que existe una creciente utilización de la inteligencia artificial, en comparación con lo reportado en revisiones de literatura previas en esta área específica de conocimiento. Sin embargo, la utilización de esta técnica es poca aún.

En referencia a la evolución en el tipo de modelado de datos, los resultados mostraron un aumento en los estudios que consideran parámetros inciertos. En contraste con los hallazgos de la revisión llevada a cabo por Habib (Habib et al. (2016), la mayoría de los modelos eran determinísticos y pocos de estos estocásticos. A pesar de que el enfoque determinístico sigue siendo el tipo de modelado de datos más utilizado, el enfoque estocástico está adquiriendo importancia y robustez.

El estudio de caso es el principal método de investigación utilizado por los autores. Respecto a los criterios de decisión considerados por los autores, el enfoque multi-objetivo es mayormente considerado, los modelos son cada vez más complejos para poder representar y resolver la gran complejidad de una situación de desastre real; esto puede deberse a avances constantes en la tecnología y un interés creciente en resolver el problema de ubicación de instalaciones.

Respecto a la clasificación de los estudios de acuerdo a la etapa del ciclo de vida del desastre, los esfuerzos de la logística humanitaria en el problema de ubicación de instalaciones se han enfocado a la etapa de alivio y preparación, lo que significa que no se han considerado las etapas de mitigación y recuperación. Es comprensible debido a la naturaleza del problema, que la investigación se haya centrado en estas dos etapas. Sin embargo, Habib (Habib et al. 2016) resalta la importancia de centrar investigaciones en las etapas de mitigación y recuperación, ya que incluyen la gestión de escombros y la reparación de la infraestructura afectada.

## Conclusión

La logística humanitaria tiene un amplio rango de operaciones que incluyen la distribución de suplementos médicos para la prevención de enfermedades, suministros de alimentos para combatir el hambre y suministros críticos después de un desastre (Holguín-Veras, Jaller, Van Wassenhove, Pérez y Wachtendorf, 2012). Estas metas humanitarias tienen un alto nivel de urgencia tanto para las operaciones, las redes sociales que organizan los esfuerzos y el estado de los sistemas de apoyo, además de que se presentan en variados ambientes operacionales específicos de cada zona de desastre; por lo que cada CS humanitaria que surge como respuesta a cada desastre es única.

La logística humanitaria abarca una amplia gama de operaciones que incluyen la distribución

de suministros médicos para la prevención de enfermedades de rutina, suministros de alimentos para combatir el hambre y suministros críticos después de un desastre (Holguín-Veras, Jaller, Van Wassenhove, Pérez, y Wachtendorf, 2012).

Las mejores prácticas en la logística humanitaria y la administración de la CS por los países desarrollados y las agencias internacionales de asistencia humanitaria enfatizan que la logística humanitaria tiene un rol significativo en el mejoramiento de la preparación de las comunidades y gobiernos para lidiar con los retos derivados por la frecuencia en incremento de desastres naturales y hechos por el hombre (Sahay et al., 2015). El problema de ubicación de instalaciones para la entrega de suministros después del desastre es extremadamente difícil debido al daño a la infraestructura física y virtual, y a la limitada (o no existente) capacidad de transporte en las áreas afectadas (Holguín-Veras et al., 2012). Actualmente la toma de decisiones, en cuanto a la colocación de almacenes y puntos de distribución de suministros se hace de manera instantánea, con muy poca o nula planeación pues no se cuenta con herramientas que permitan una rápida capacidad de respuesta y que ésta respuesta sea la óptima. Estas decisiones dependen de una persona que se ve obligada a responder y coordinar los esfuerzos de abastecimiento de forma empírica, con nulo uso de procesos de gestión del conocimiento.

## Referencias

- Abounacer, R., Rezik, M., Renaud, J. (2014). "An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response". *Computers and Operations Research*, 41(1), 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.08.001>
- Ahmadi, M., Seifi, A., Tootooni, B. (2015). "A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 75, 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.01.008>
- Albareda-Sambola, M., Hinojosa, Y., Marín, A., Puerto, J. (2015). "When centers can fail: A close second opportunity". *Computers and Operations Research*, 62, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.01.002>
- Apta, A. (2009). "Humanitarian Logistics: A new field of research and action". *Foundations and trends in Technology, Information and Operations Management*, 3(1), 1–100.
- Balcik, B., Beamon, B. M. (2008). "Facility Location in Humanitarian Relief". *International Journal of Logistics Research & Applications*, 11(2), 101–121.
- Barzinpour, F., Esmaeili, V. (2014). "A multi-objective relief chain location distribution model for urban disaster management". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5–8), 1291–1302. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5379-x>
- Baskaya, S., Ertem, M. A., Duran, S. (2017). "Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities". *Socio-Economic Planning Sciences*, 57, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.09.001>
- Bell, M. G. H., Fonzone, A., Polytoni, C. (2014). "Depot location in degradable transport networks". *Transportation Research Part B: Methodological*, 66, 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.11.003>
- Bozkurt, M., Duran, S. (2012). "Effects of natural disaster trends: a case study for expanding the pre-positioning network of CARE International". *International Journal of Environmental Research and Public Health*,

- 9(8), 2863–2874. <https://doi.org/10.3390/ijerph9082863>
- Bozorgi-Amiri, A., Khorsi, M. (2016). “A dynamic multi-objective location–routing model for relief logistic planning under uncertainty on demand, travel time, and cost parameters”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(5–8), 1633–1648. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7923-3>
- Bozorgi-Amiri, Ali, Jabalameli, M. S., Mirzapour Al-e-Hashem, S. M. J. (2013). “A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty”. *OR Spectrum*, 35(4), 905–933. <https://doi.org/10.1007/s00291-011-0268-x>
- Burkart, C., Nolz, P. C., Gutjahr, W. J. (2017). “Modelling beneficiarie’s choice in disaster relief logistics”. *Annals of Operations Research*, 256(1), 41–61. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-2097-9>
- Das, L. (2016). “Role of humanitarian supply chain management in various disaster situations across the globe”. In B. S. Sahay, S. Gupta, & V. C. Menon (Eds.), *Managing Humanitarian Logistics* (pp. 253–271). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2416-7>
- Celik, E. (2017). “A cause and effect relationship model for location of temporary shelters in disaster operations management”. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22, 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.02.020>
- Condeixa, L. D., Leiras, A., Oliveira, F., De Brito, I. (2017). “Disaster relief supply pre-positioning optimization: A risk analysis via shortage mitigation”. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.007>
- Döyen, A., Aras, N., Barbaroso lu, G. (2012). “A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics”. *Optimization Letters*, 6(6), 1123–1145. <https://doi.org/10.1007/s11590-011-0421-0>
- Duhamel, C., Santos, A. C., Brasil, D., Châtelet, E., Birregah, B. (2016). “Connecting a population dynamic model with a multi-period location-allocation problem for post-disaster relief operations”. *Annals of Operations Research*, 247(2), 693–713. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-2104-1>
- Golabi, M., Shavarani, S. M., Izbirak, G. (2017). “An edge-based stochastic facility location problem in UAV-supported humanitarian relief logistics: a case study of Tehran earthquake”. *Natural Hazards*, 87(3), 1545–1565. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2832-4>
- Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F. S. (2011). “Locating disaster response facilities in Istanbul”. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1239–1252. <https://doi.org/10.1057/jors.2010.67>
- Gutjahr, W. J., Dzubur, N. (2016). “Bi-objective bilevel optimization of distribution center locations considering user equilibria”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 85, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.11.001>
- Habib, M. S., Lee, Y. H., Memon, M. S., Habib, M. S., Lee, Y. H., Memon, M. S. (2016). “Mathematical Models in Humanitarian Supply Chain Management: A Systematic Literature Review”. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, 1–20. <https://doi.org/10.1155/2016/3212095>
- Haghi, M., Fatemi Ghomi, S. M. T., Jolai, F. (2017). “Developing a robust multi-objective model for pre/post disaster times under uncertainty in demand and resource”. *Journal of Cleaner Production*, 154, 188–202. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.102>
- Hasanzadeh, H., Bashiri, M. (2016). “An efficient network for disaster management: Model and solution”. *Applied Mathematical Modelling*, 40(5–6), 3688–3702. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.09.113>
- He, J., Feng, C., Hu, D., Liang, L. (2017). “A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on a Novel Stochastic MCDA Method: Evidence from China”. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7804781>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2012.08.003>
- Hong, X., Lejeune, M. A., Noyan, N. (2015). “Stochastic network design for disaster preparedness”. *IIE Transactions*, 47(4), 329–357. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2014.919044>
- Jahre, M., Kembro, J., Rezvanian, T., Ergun, O., Håpnes, S. J., Berling, P. (2016). “Integrating supply chains for emergencies and ongoing operations in UNHCR”. *Journal of Operations Management*, 45, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2016.05.009>
- Khayal, D., Pradhananga, R., Pokharel, S., Mutlu, F. (2015). “A model for planning locations of temporary distribution facilities for emergency response”. *Socio-Economic Planning Sciences*, 52, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.09.002>
- Kilci, F., Kara, B. Y., Bozkaya, B. (2015). “Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey”. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.035>
- Liu, Yajie, Guo, B. (2014). “A Lexicographic Approach to Postdisaster Relief Logistics Planning Considering Fill Rates and Costs under Uncertainty”. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/939853>
- Maharjan, R., Hanaoka, S. (2018). “A multi-actor multi-objective optimization approach for locating temporary logistics hubs during disaster response”. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, JHLSCM-08-2017-0040
- Mejia-Argueta, C., Gaytán, J., Caballero, R., Molina, J., Vitoriano, B. (2018). “Multicriteria optimization approach to deploy humanitarian logistic operations integrally during floods”. *International Transactions in Operational Research*, 25(3), 1053–1079. <https://doi.org/10.1111/itor.12508>
- Muggy, L., Heier Stamm, J. L. (2017). “Dynamic, robust models to quantify the impact of decentralization in post-disaster health care facility location decisions”. *Operations Research for Health Care*, 12, 43–59. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2017.01.002>
- Najafi, M., Farahani, R. Z., De Brito, M. P., Dullaert, W. (2015). “Location and Distribution Management of Relief Centers: A Genetic Algorithm Approach”. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(04), 769–803. <https://doi.org/10.1142/S0219622014500382>
- Nadi, A., Edrisi, A. (2017). “Adaptive multi-agent relief assessment and emergency response”. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.05.010>
- Pearce, L. D. R. (2000). “An integrated approach for community hazard, impact, risk and vulnerability analysis: HIRV”. The University of British Columbia.
- Rath, S., Gutjahr, W. J. (2014). “A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief”. *Computers and Operations Research*, 42, 25–39. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.07.016>
- Renkli, Ç., Duran, S. (2015). “Pre-Positioning Disaster Response Facilities and Relief Items”. *Human and Ecological Risk Assessment*, 21(5), 1169–1185. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.957940>
- Rennemo, S. J., Rø, K. F., Hvattum, L. M., Tirado, G. (2014). “A three-stage stochastic facility routing model for disaster response planning”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 62, 116–135. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.12.006>
- Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., Bozorgi-Amiri, A. (2016). “An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities. *Computers and Industrial Engineering*, 94, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.01.014>
- Rodríguez-Espíndola, O., Gaytán, J. (2015). “Scenario-based preparedness plan for floods”. *Natural Hazards*, 76(2), 1241–1262. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1544-2>
- Sahay, B. S., Gupta, S., Menon, V. C. (2015). “Managing humanitarian logistics. *Managing Humanitarian Logistics*”. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2416-7>
- Sahebjamnia, N., Torabi, S. A., Mansouri, S. A. (2017). “A hybrid decision support system for managing

- humanitarian relief chains". *Decision Support Systems*, 95, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.11.006>
- Salmeron, J., Apte, A. (2010). "Stochastic Optimization for Natural Disaster Asset Prepositioning". Pdf. *Production and Operations Management*, 19(5), 561–574. <https://doi.org/10.3401/poms.1080.01119>
- Tofghi, S., Torabi, S. A., Mansouri, S. A. (2016). "Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty". *European Journal of Operational Research*, 250(1), 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.059>
- Tuzkaya, U. R., Yilmazer, K. B., Tuzkaya, G. (2015). "An integrated methodology for the emergency logistics centers location selection problem and its application for the Turkey case". *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 12(1), 121–144. <https://doi.org/10.1515/jhsem-2013-0107>
- Ukkusuri, S., Yushimito, W. (2008). "Location Routing Approach for the Humanitarian Prepositioning Problem". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2089, 18–25. <https://doi.org/10.3141/2089-03>
- Vahdani, B., Veysmoradi, D., Noori, F., Mansour, F. (2018). "Two-stage multi-objective location-routing-inventory model for humanitarian logistics network design under uncertainty". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 290–306. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.10.015>
- Vanajakumari, M., Kumar, S., Gupta, S. (2016). "An integrated logistic model for predictable disasters". *Production and Operations Management*, 25(5), 791–811. <https://doi.org/10.1111/poms.12533>
- Vargas Florez, J., Lauras, M., Okongwu, U., Dupont, L. (2015). "A decision support system for robust humanitarian facility location". *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46, 326–335.
- Verma, A., Tiwari, M. K. (2009). "Role of corporate memory in the global supply chain environment". *International Journal of Production Research*, 47(19), 5311–5342. <https://doi.org/10.1080/00207540801918570>.