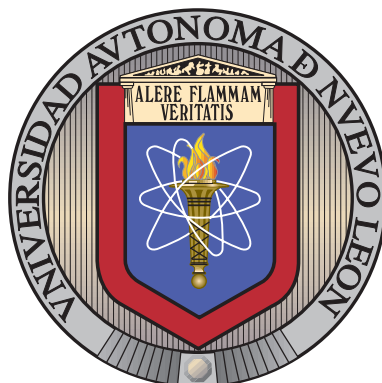


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA EL
APROVISIONAMIENTO DE ARTÍCULOS
HUMANITARIOS

POR

JUAN LUIS MEJÍA MIRANDA

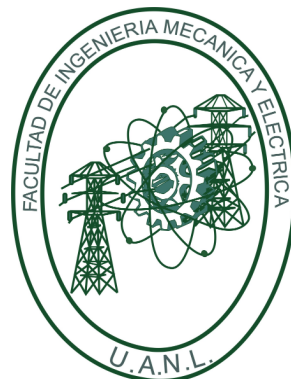
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

FEBRERO 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA EL
APROVISIONAMIENTO DE ARTÍCULOS
HUMANITARIOS

POR

JUAN LUIS MEJÍA MIRANDA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

FEBRERO 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Selección de Proveedores para el Aproveccionamiento de Artículos Humanitarios», realizada por el alumno Juan Luis Mejía Miranda, con número de matrícula 1342304, sea aceptada para su defensa como requisito para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis

Jania Astrid Saucedo

Dra. Jania Astrid Martínez Saucedo
Asesor

Dra. Edith Lucero Ozuna Espinoza
Revisor

Dr. Leonardo Gabriel Hernández Landa
Revisor

Vo. Bo.

Dr. Sifón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



124

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, febrero 2021



A Canito

Porque sí puedes hacer cosas grandes

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos | x |
| Resumen | xi |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Descripción del problema | 3 |
| 1.2. Objetivo | 4 |
| 1.3. Hipótesis | 5 |
| 1.4. Justificación | 5 |
| 1.5. Metodología de la investigación | 7 |
| 1.6. Estructura de este trabajo | 8 |
| 2. Antecedentes | 10 |
| 2.1. La cadena de suministro y la logística | 10 |
| 2.2. Selección de proveedores | 12 |
| 2.2.1. Herramientas de selección de proveedores | 14 |
| 2.2.2. Licitaciones, contratos y capacidad reservada | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3. La Cadena de Suministro y la logística en el contexto humanitario . . . | 19 |
| 2.4. Diferencias entre la logística comercial y la humanitaria | 24 |
| 2.5. Revisión de Literatura | 25 |
| 2.6. Programación Estocástica | 30 |
| 3. Metodología | 31 |
| 3.1. Formulación del problema caso de estudio | 33 |
| 3.1.1. Protección Civil | 33 |
| 3.1.2. El Estado de Nuevo León | 35 |
| 3.1.3. Afectaciones históricas de ciclones tropicales: Huracán Alex . . . | 38 |
| 3.1.4. Planteamiento del problema | 40 |
| 3.2. Observación y recolección de datos | 42 |
| 3.2.1. Adquisiciones del Estado | 43 |
| 3.2.2. Fondo Nacional de Desastres Naturales | 44 |
| 3.2.3. Padrón de proveedores del Estado y presupuesto para emer- gencias | 44 |
| 3.2.4. Artículos humanitarios necesarios en una crisis en el Estado de Nuevo León | 45 |
| 3.3. Formulación del modelo | 45 |
| 3.3.1. Intervalos de tiempo y cantidad | 46 |
| 3.3.2. Ecuaciones | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 4. Experimentación y Resultados | 52 |
| 4.1. Creación de escenarios | 52 |
| 4.2. Creación de escenarios de demanda | 54 |
| 4.3. Instancia de experimentación | 56 |
| 4.3.1. Artículos a aprovisionar | 57 |
| 4.3.2. Oferta de los proveedores | 58 |
| 4.3.3. Presupuesto | 60 |
| 4.3.4. Supuestos de la instancia | 60 |
| 4.3.5. Equipo utilizado para la experimentación | 60 |
| 4.4. Resultados | 61 |
| 4.5. Análisis del presupuesto | 62 |
| 4.6. Análisis de sensibilidad | 63 |
| 5. Conclusiones | 66 |
| 5.1. Aportaciones | 68 |
| 5.2. Trabajo futuro | 69 |
| A. ANEXOS | 70 |
| A.1. Cotizaciones | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| 1.1. Metodología de investigación | 8 |
| 2.1. La Cadena de Suministro | 11 |
| 2.2. Etapas de la cadena de suministro humanitaria | 21 |
| 2.3. Gestión de desastres | 24 |
| 3.1. Metodología de investigación | 32 |
| 3.2. Mapa hidrográfico de Nuevo León | 36 |
| 3.3. Regiones de Nuevo León | 37 |
| 3.4. Desastres hidrometeorológicos en Nuevo León. Creación propia con información de Protección Civil | 39 |
| 3.5. Trayectoria de ciclones tropicales de la temporada 2010 | 42 |
| 4.1. Probabilidad de ocurrencia de un escenario. | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| 2.1. Marco de selección de proveedores | 15 |
| 2.2. Diferencias entre la logística comercial y la humanitaria | 26 |
| 2.3. Revisión de Literatura | 29 |
| 3.1. Ciclones tropicales esperados en México para el año 2020 | 38 |
| 3.2. Ciclones tropicales formados en el océano atlántico de la temporada 2010 | 41 |
| 4.1. Escenarios de impacto a las regiones del Estado de Nuevo León | 53 |
| 4.2. Total de damnificados por escenario. | 56 |
| 4.3. Probabilidad de escenarios y demanda por artículo | 58 |
| 4.4. Tabla de precios de proveedores | 59 |
| 4.5. Tabla de resultados | 61 |
| 4.6. Presupuesto utilizado por escenario | 63 |
| 4.7. Resultados tras modificación del nivel de servicio y nivel de presu- puesto. | 64 |

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por ser mi motor para terminar todo aquello que empiezo; a mis profesores, por sus enseñanzas y paciencia, especialmente a mi tutora, la Dra. Jania Astrid Saucedo por retarme a hacer un trabajo destacado. Al Dr. Miguel Mata y al Dr. Daniel Mosquera por empujarme a superar mis limitaciones. Agradezco a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y al CONACyT por el apoyo que me brindaron para poder culminar mis estudios de posgrado mediante los apoyos brindados a lo largo de estos años.

RESUMEN

Juan Luis Mejía Miranda.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA EL APROVISIONAMIENTO
DE ARTÍCULOS HUMANITARIOS.

Número de páginas: 75.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: El objetivo de esta investigación es apoyar a las organizaciones humanitarias de manera tal que, puedan apoyarse en este trabajo para la toma de decisiones con respecto al aprovisionamiento de artículos humanitarios mientras que logran reducir los costos de adquisición de los mismos. Se plantea analizar herramientas de selección de proveedores en la etapa final de compra utilizando programación matemática estocástica dada la naturaleza incierta de los fenómenos naturales. Se toma como caso de estudio a Protección Civil Nuevo León cuya organización depende directamente del gobierno Estatal y conlleva limitaciones importantes en su sistema de aprovisionamiento como el presupuesto.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: El presente trabajo entrega un enfoque cuantitativo para la toma de decisiones con respecto al aprovisionamiento de artículos

humanitarios mediante el diseño de un modelo matemático estocástico que toma en cuenta la naturaleza incierta de la demanda generada por un desastre natural. Dicho modelo permite, a su vez, minimizar los costos, reducir los tiempos de entrega y determinar el presupuesto adecuado para la compra de determinados artículos. Este aporte integral permitirá que la organización humanitaria pueda anticiparse estratégicamente a un desastre natural y cubrir la demanda de los damnificados con base en el nivel de servicio deseado y establecido en el modelo matemático.

Firma del asesor: Jania Astrid Saucedo
Dra. Jania Astrid Martínez Saucedo

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Cada año, nuestro país es azotado por ciclones tropicales que provocan estragos en muchas comunidades en ambas costas del país. Los resultados suelen ser por lo general: inundaciones, daños materiales, personas damnificadas, cortes en servicios como agua o electricidad, e incluso, pérdidas de vidas humanas. Cuando las afectaciones por estos fenómenos causan graves daños a la población, se activan los protocolos de emergencia para ayudar a las personas que se encuentran vulnerables.

Gran cantidad de personas y organizaciones públicas y privadas responden ante estos casos y ayudan a la población mediante el auxilio oportuno en la zona afectada. Esta respuesta puede incluir diferentes actividades como búsqueda, rescate y traslado de personas, delimitación de la zona afectada, suministro de artículos de primera necesidad, entre otras. Los órganos gubernamentales junto con las organizaciones humanitarias son encargadas de educar a la población sobre los riesgos que existen en la comunidad y sobre los protocolos a seguir en caso de una contingencia.

Datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), entre los años 2000 y 2015 registraron 2,419 eventos de tipo hidrometeorológico en México de los cuales 278 se declararon como desastres. El 80 % de estos desastres recayeron solamente en dos tipos de fenómeno: ciclones tropicales y lluvias extremas; 11 de estos desastres fueron reportados en el Estado de Nuevo León (CENAPRED, 2017).

En el mismo periodo se registraron un total de 51,998 sismos en de los cuales 6 fueron sismos con una magnitud mayor de 7 en la escala de Richter.

Los estragos que estos fenómenos ocasionan, disparan una demanda importante de artículos humanitarios como agua, comida, cobijas y medicamentos, los cuales son adquiridos a través de donaciones o compras hechas antes o después de la crisis. La mayoría de estos artículos se compran a proveedores globales o locales después de que ocurre un desastre (Balcik y Ak, 2014).

La **logística humanitaria** se define como un proceso de planeación, implementación y control del flujo eficiente y efectivo, así como el almacenamiento de bienes y materiales, y su información relacionada, desde el punto de origen al de consumo con el fin de aliviar el sufrimiento humano (Van Wassenhove, 2006; Overtreet *et al.*, 2011)

Dar una respuesta oportuna a la población es de suma importancia. Van Wassenhove (2006) define a esta respuesta como *«aquella que mitiga las necesidades urgentes de una población con una reducción sustentable de su vulnerabilidad en el menor tiempo posible con la menor cantidad de recursos.»* Así mismo, continúa: *«Una respuesta exitosa a un desastre no es improvisada. Entre más nos preparemos, mejor será la respuesta. Esto nos lleva a considerar los diferentes aspectos de la gestión de desastres y estrategias de preparación».*

En este contexto, este trabajo se enfoca principalmente en la prevención realizando una investigación acerca de cuáles son las actividades y estrategias que llevan a una mejor integración de la cadena humanitaria. Exploramos cuales han sido las soluciones empleadas por diferentes autores para utilizar la herramienta más adecuada para nuestro problema el cual se describe a continuación.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se ha encontrado en la literatura que las cadenas de suministro humanitarias enfrentan una serie de dificultades que la hacen particularmente compleja. Entre las más destacadas se pueden encontrar la gran cantidad y diversidad de actores involucrados, las expectativas de los donantes y la estructura de recaudación de fondos; los efectos de los medios de comunicación, la impredecibilidad, la escasez o sobre oferta de recursos y los costos de coordinación (Balcik *et al.*, 2010).

A pesar de la cantidad de ayuda que brinda la población civil y las empresas, los intereses, agendas, capacidades y habilidades entre ellos suelen diferir entre sí, por ello, la coordinación suele dificultar las tareas a realizar a lo largo de la cadena entorpeciendo la aprovisionamiento de los suministros necesarios por la comunidad y haciendo que el costo de adquirirlos sea muy elevado (Balcik *et al.*, 2010; López-vargas, 2018; Gómez *et al.*, 2017; Tatham y Spens, 2011).

Balcik y Ak (2014) mencionan que *«para agilizar el proceso de adquisición y garantizar la disponibilidad, entrega rápida, y rentabilidad de los artículos de ayuda después de un desastre, las organizaciones humanitarias cada vez más establecen relaciones cercanas con sus proveedores mediante acuerdo a largo plazo en la etapa de preparación»*.

Dadas las condiciones adversas que una población enfrenta tras una crisis, es importante que el suministro de artículos de primera necesidad se realice lo antes posible. Sin embargo, los artículos que *no* son de primera necesidad, también son indispensables para muchas actividades relacionadas con la atención a las víctimas.

La Organización Panamericana de la Salud define los suministros humanitarios o de emergencia como *«los productos, materiales y equipos utilizados por las organizaciones para la atención de los desastres, así como los requeridos para la atención de las necesidades de la población afectada»* (Organización Panamericana de la Salud,

2001).

Por lo tanto, encontramos que la selección de proveedores en el ámbito humanitario es de vital importancia para poder evitar que exista una comunicación ineficiente puesto que de esta se derivan las interrupciones en el suministro de artículos necesarios para la población afectada. Así mismo, los recursos económicos disponibles por la organización no serían utilizados de manera óptima debido a que los proveedores no se han elegido con base en las necesidades de la organización.

Hemos de plantear el objetivo principal de esta investigación. Entre los problemas que aquejan la cadena humanitaria, sabemos ahora que el suministro de artículos humanitarios es vital en ésta área y que la selección de proveedores para estas organizaciones tan importantes en la prevención de riesgos es importante. Queremos por lo tanto, que nuestro objetivo esté alineado a solucionar este problema ya que, de lograrlo, podremos contribuir al objetivo último de la cadena humanitaria. ¿De qué manera podemos permitir que el suministro de artículos sea más rápido y menos costoso de manera tal que las organizaciones humanitarias estén preparadas para reaccionar de acuerdo con las necesidades de la situación repentina que se presente en la población? ¿podemos negociar costos con los proveedores y tiempo de entrega dada la incertidumbre innata a la cadena de suministro humanitaria? ¿Cuáles son las estrategias que podemos implementar para lograr acuerdos que beneficien a los proveedores y a las organizaciones humanitarias, y por consiguiente, a la población vulnerable?

1.2 OBJETIVO

Minimizar los costos asociados con la adquisición de artículos humanitarios originados por una demanda repentina, así como sus tiempos de entrega, mediante la aplicación de las herramientas de selección de proveedores para la toma de decisiones en la cadena de suministro humanitaria.

1.3 HIPÓTESIS

Los costos asociados al aprovisionamiento de artículos humanitarios, y sus tiempos de entrega, pueden ser minimizados mediante la aplicación de herramientas cuantitativas para la selección de proveedores.

Esta herramienta habrá de darle pauta a la organización para negociar mejores tarifas y tiempos de entrega con sus proveedores, actuales o nuevos; al mismo tiempo, queremos que exista una integración entre ambos actores y que la coordinación de la logística de materiales (en este caso, de insumos) sea lo más eficiente posible. Con todo lo anterior, la herramienta que utilicemos para la solución de este problema, tendrá que apoyar la toma de decisiones de una organización humanitaria.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Dada la magnitud con que los fenómenos hidrometeorológicos afectan nuestro país, creemos importante la investigación en el ámbito de la logística humanitaria. Si bien, las cadenas comerciales han sido ampliamente estudiadas, y son hoy en día optimizadas, integradas y coordinadas, no existe, de primera vista, una razón por la cual creer que las cadenas humanitarias no puedan ser beneficiadas por las múltiples herramientas y metodologías empleadas en la logística comercial. Por lo tanto, planteamos que los costos y los tiempos de entrega de una organización humanitaria pueden ser mejorados y optimizados mediante la implementación de herramientas útiles halladas en la literatura en lo referente a la selección de proveedores, y mejoras en el suministro. Así, la cadena humanitaria puede, como consecuencia, ser más integrada y coordinada como resultado de la utilización de éstas herramientas de selección de proveedores que apoyan a la toma de decisiones de los principales actores involucrados en la cadena humanitaria.

El CENAPRED en su Resumen Ejecutivo «Impacto Socioeconómico de los

Desastres en México durante 2016» demuestra que los desastres hidrometeorológicos tienen gran relevancia para la vida de la población mexicana ya que, en ese mismo año 2016, este tipo de fenómenos costaron al país \$11,947.9 millones de pesos (MDP), que representan el 86.6 % de los daños y pérdidas generadas por desastres naturales en este periodo. Así mismo, de las 135 víctimas fatales causadas por fenómenos hidrometeorológicos, 52 % se debieron a lluvias severas, 24 % a temperaturas extremas, 22 % a bajas temperaturas y el 2 % a tormentas severas. Entre otras afectaciones, el CENAPRED muestra los siguientes datos para 2016: 5.2 millones de personas afectadas, más de 111 mil personas damnificadas, 23 mil viviendas dañadas, 108 escuelas dañadas y 7.4 mil hectáreas dañadas.

Adicionalmente, entre los años 2000 y 2015, los fenómenos hidrometeorológicos costaron al país un total de \$384,812 MDP de los cuales \$226,297 millones fueron ocasionados por ciclones tropicales. En estos mismos años hubo un total de 476 víctimas fatales, 9.6 millones de personas afectadas, 560,951 viviendas dañadas y 120 declaraciones de emergencia.

En contraste, los fenómenos geológicos, es decir los terremotos, representan solamente el 0.3 % lo que se traduce en 44.7 millones de pesos para 2016 dejando atrás un total de 183,344 personas afectadas.

Finalmente, Balcik y Ak (2014) mencionan que cuando ocurre un desastre, las organizaciones de ayuda humanitaria tienen que aprovisionar ciertos suministros de primera necesidad. Sin embargo, el tiempo es un factor determinante para atender vidas humanas y proveerlas de los insumos que necesitan. Si la organización no cuenta con los suministros necesarios, el tiempo que tarde en conseguirlos puede ser cuestión de vida o muerte. Algunos autores, sin embargo, proponen al pre-posicionamiento de insumos como una estrategia para poder garantizar el suministro de estos artículos, sin embargo, como se mencionó anteriormente, los artículos humanitarios no solamente son aquellos de primera necesidad por lo que el mantener en inventario equipo para auxilio de personas, así como suministros perecederos, ya sean medicamentos

o comida, puede resultar en costos muy altos para las organizaciones humanitarias cuando una de sus principales limitaciones son los recursos económicos.

1.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología propuesta para este trabajo consta de cinco etapas (ver figura 1.1):

Determinar las necesidades de la población caso de estudio. Según Kunz et al (2017) es importante que los trabajos en logística humanitaria se hagan basados en una necesidad real y no en lo que el investigador piensa que podría resultar. Por ello, se buscará tener un acercamiento con organizaciones responsables en la Ciudad de Monterrey que procuren el suministro de artículos humanitarios para poder conocer cuáles son aquellos artículos que dada una crisis, son indispensables de cubrir y cuya existencia es escasa o el aprovisionamiento toma tiempo. Así mismo, se buscará conocer la forma en que actualmente se aprovisionan los suministros para dicha organización y buscar áreas de mejora.

Revisión de literatura y definición de la herramienta. Es importante conocer cuáles han sido las técnicas que han empleado los diferentes actores en el estudio de las cadenas humanitarias. Queremos enfocarnos en aquellos que han logrado la optimización y reducción de costos a través de herramientas que permitan seleccionar los proveedores adecuados. Junto con ello, es importante considerar trabajos que hayan tomado en cuenta la incertidumbre de la demanda y la premura de los eventos. Sin embargo, tomaremos cualquier referencia que nos ayude a acercarnos al objetivo planteado anteriormente.

Diseño de la herramienta. Con base en lo encontrado en la literatura y en las necesidades de una organización humanitaria, hemos de desarrollar una herramienta que nos permita lograr los objetivos que hemos discutido. Dadas las múltiples herramientas que existen en la logística comercial, exploraremos técnicas tanto cua-

litativas como cuantitativas para la buscar la integración de la cadena de suministro humanitaria. El diseño de nuestra herramienta tendrá que ser validado por la experimentación y observaciones una vez obtenidos los primeros resultados.

Resultados. Los resultados que esperamos obtener de la herramienta son reportes concretos que permitan a una organización humanitaria tomar decisiones para la selección de sus proveedores, tomando en cuenta la negociación previa de tarifas y tiempos de entrega, y a la vez tomar decisiones en cuanto al aprovisionamiento de los artículos humanitarios, independientemente de la naturaleza de estos. Queremos que el desarrollo de esta herramienta pueda ser replicado así mismo, y en la medida de lo posible, en otras entidades si estos fueran óptimos y de beneficio para la población caso de estudio.

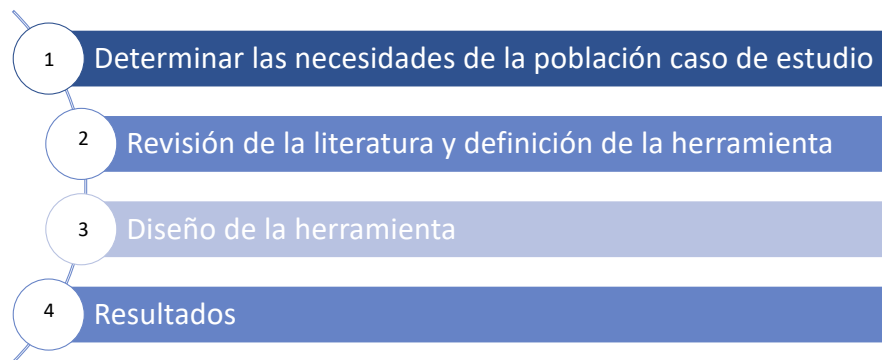


FIGURA 1.1: Metodología de investigación

1.6 ESTRUCTURA DE ESTE TRABAJO

El primer capítulo de este trabajo comprende la descripción del problema y establece el objetivo y la justificación para realizar esta investigación. El capítulo 2, describe conceptos claves en la logística humanitaria y hace una revisión de la literatura para determinar las herramientas más utilizadas para la selección de proveedores considerando la reducción de costos en la cadena de suministro y la incertidumbre o aquellos trabajos que nos ayuden a entender y desarrollar el nuestro. En el capítulo

3, se seleccionará la herramienta a emplear y las razones para hacerlo; se presenta el caso de estudio y la adaptación de la herramienta cuantitativa. La experimentación y la utilización de la herramienta utilizada para resolver el problema se detalla en el capítulo 4 y se muestran los resultados obtenidos. Finalmente, en el capítulo 5, se realiza una serie de conclusiones y posible trabajo a futuro a realizar.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 LA CADENA DE SUMINISTRO Y LA LOGÍSTICA

Los conceptos de cadena de suministro y de logística no son nuevos, sin embargo, sabemos que su importancia es significativa para el mundo comercial. En la actualidad, la cadena de suministro puede verse como una red. La globalización y la apertura del comercio ha hecho que los proveedores y clientes queden distribuidos a lo largo del mundo. Podemos entender entonces, que la logística es el plan detallado para poder mover materiales e información a través de la red de negocio entre los diferentes nodos como los clientes, proveedores, distribuidores, etc. (Christopher, 2011). Ahora bien, cuando hablamos de la *gestión de la cadena de suministro* nos estaríamos refiriendo a un concepto mucho más amplio. Esta gestión busca, optimizar y hacer más eficientes las relaciones que existen entre los eslabones de la cadena para permitir que el flujo de la información y de los materiales pueda agregar **valor** para el consumidor final. Christopher (2011) define a la cadena de suministro como «*la gestión de las relaciones ascendentes y descendentes con proveedores y clientes con el fin de ofrecer un valor superior al cliente al menor costo para la cadena como un todo*» (Ver Figura 2.1). Particularmente, estas relaciones pueden entorpecer o mejorar las actividades de la cadena ya que, los aciertos y errores que ocurran en un eslabón de la cadena, tendrían una repercusión en el resto. Por lo tanto, una **integración de**

la **cadena de suministro** es necesaria para crear una verdadera cadena de valor así como una **coordinación** de materiales, información y flujos financieros.

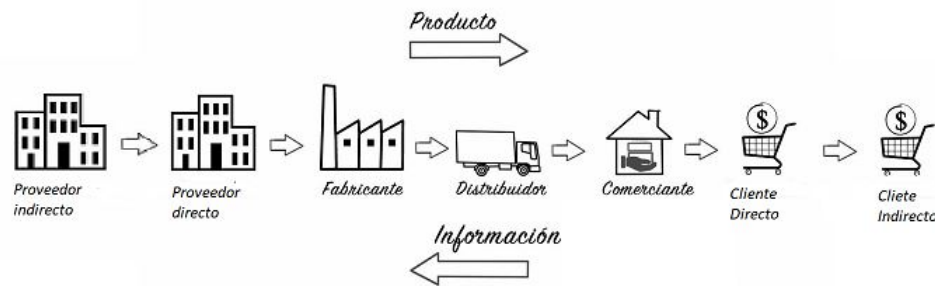


FIGURA 2.1: La Cadena de Suministro

Fuente: evaluador.doe.upv.es

Para entender mejor este contexto podemos observar los objetivos y metas de los departamentos dentro de una organización. Christopher (2011) nos explica que el departamento de manufactura, por ejemplo, tendrá dentro de sus prioridades el tener procesos eficientes y largas corridas de producción, mientras que el departamento de mercadotecnia, con el que difícilmente tiene relación constante, tendrá como prioridad el ofrecer un valor agregado al cliente a través de la variedad de productos y cambios frecuentes (que podríamos identificar como innovación del producto). La integración entre estos dos departamentos ha sido posible gracias a los sistemas de manufactura flexibles y enfoques de inventario como MRP y JIT (*justo a tiempo*, por sus siglas en inglés).

Puesto que la cadena de suministro es un concepto por el que «fluyen» materiales e información, sabemos que existen costos asociados a lo largo de toda la cadena. Como se comentó con anterioridad, una decisión en un eslabón de la cadena puede afectar a los demás. Por ejemplo, podemos pensar que la decisión de fijar una cantidad mínima de orden puede influir en la manera en que los clientes hacen sus pedidos incurriendo en costos adicionales (Christopher, 2011). Por consiguiente, es difícil reunir los costos asociados con un pedido ya que este está compuesto por un número más grande de funciones específicas con sus costos asociados.

Entendemos, por tanto, que la logística no es una tarea fácil. Detrás de una entrega «día siguiente», hallamos oculto todo un reto logístico como la selección de proveedores de confianza, entregas a tiempo, sistemas de recibo y embarque eficientes; procesos de manufactura y administración de almacenes; tecnologías de información que están prácticamente emitiendo datos en tiempo real; ruteo de transporte; calidad y precio; servicio a cliente con visibilidad para el seguimiento de órdenes, etc.

2.2 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Dentro de las múltiples actividades de una organización, el *procurement* o aprovisionamiento, refiere a las diferentes actividades como el transporte, la compra, el seguimiento y el monitoreo de mercancía; así como al desarrollo y selección de proveedores. El aprovisionamiento puede generar una gran ventaja competitiva sobre los competidores dependiendo de los criterios seleccionados para llevar a cabo la selección de proveedores o socios comerciales. Esta selección debe estar alineada con la estrategia y los objetivos de la compañía u organización ya que de ésta también depende su buen desempeño (Castro *et al.*, 2009).

Debido a la globalización, la oferta de productos se ha multiplicado permitiendo a las compañías aprovisionar su materia prima (o servicios) de proveedores localizados geográficamente cada vez más lejos lo que se traduce en cadenas de suministro más complejas (Boer *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2009). Por lo anterior, es necesario desarrollar estrategias que simplifiquen el aprovisionamiento de artículos mediante la selección de socios comerciales que ayuden a asegurar las entregas a tiempo y la disponibilidad de producto (Hu y Dong, 2019).

Sin embargo, la selección de proveedores suele ser una actividad compleja debido a que existen criterios tanto cualitativos como cuantitativos, es por ello que algunos autores han optado por utilizar herramientas multicriterio y posteriormente

métodos de optimización las cuales describiremos más adelante.

Hemos encontrado en la revisión de literatura, que los criterios más utilizados para la selección de proveedores suelen ser el **precio, la calidad y el tiempo de entrega** (Balcik y Ak, 2014; Castro *et al.*, 2009; Shahadat, 2003). Sin embargo, también advierte que el enfocarse únicamente en un criterio, como el costo, puede ser peligroso en el contexto económico de la organización.

Boer *et al.* (2001) realizan un estudio sobre las herramientas de investigación de operaciones para la selección de proveedores, definiendo que éstas traen consigo algunos beneficios como:

- Resolver el problema correcto. Es decir, identificar cual es la fuente real de un problema en la cadena de suministro y así evitar terminar una relación con un buen socio estratégico.
- Elegir los criterios relevantes.
- Modelar una situación de forma precisa tomando en cuenta aquellos criterios que no son tangibles.
- Encontrar soluciones óptimas, generalmente, en función de la minimización de costos.
- Evaluar diferentes alternativas con base en diferentes criterios a través de herramientas multicriterio.

Debido a que la relación cliente-proveedor es considerada como un pilar fundamental para generar valor en una organización, Castro *et al.* (2009) identifican 3 aspectos en los que se debe analizar el contexto de la selección de proveedores: 1) la relación con proveedores, 2) las situaciones de compra posibles y 3) el tamaño de la base de proveedores.

En la primera se toman en cuenta cinco (5) niveles de integración en relación con los proveedores donde en el nivel 1 no se asume ningún tipo de integración y son

basadas en el precio, mientras que en el nivel 5, existe una estrategia empresarial y los objetivos de cliente y proveedor están alineados.

En el segundo aspecto, Boer *et al.* (2001) y Castro *et al.* (2009) analizan las situaciones de compra para definir cual es la herramienta que puede ser utilizada de acuerdo a cada una. Ver Tabla 2.1. Aquí podemos observar el tipo de producto en uno de los ejes: nuevo, de apalancamiento, de rutina o cuello de botella; y la fase de la selección de proveedores en el segundo eje. Cada una de las características serán determinantes para la selección del método de selección más adecuado.

Por último, Castro *et al.* (2009) hacen hincapié en el tamaño de la cartera de proveedores. Cuando existen varios proveedores que ofrecen el mismo nivel de desempeño, generalmente la decisión esta basada en el precio. En algunos casos se basan en la calidad o tiempo de entrega, dependiendo de la naturaleza de la compañía. Por otro lado, el abastecimiento por múltiples fuentes se da cuando un solo proveedor no puede satisfacer las necesidades del comprador por lo que este último tiene que repartir la demanda entre diferentes fuentes. En este sentido, es importante que si el producto a aprovisionar es crítico para la organización, es conveniente tener una fuente múltiple ya que, en caso de una interrupción del flujo de material, deberán existir alternativas que apoyen en el aprovisionamiento. Sin embargo, deberá considerarse que el tener diferentes fuentes de abastecimiento de un mismo producto dificulta construcción de relaciones estratégicas.

2.2.1 HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Con base en la Tabla 2.1 presentada anteriormente, existen métodos de apoyo en la toma de decisiones con respecto a la calificación y la selección. Boer *et al.* (2001) y Castro *et al.* (2009) analizan los *métodos de precalificación* y los *métodos de selección final* los cuales son explicados a continuación.

TABLA 2.1: Marco de selección de proveedores

| | Producto Nuevo | Producto de apalancamiento | Producto de rutina | Cuello de botella |
|--------------------------|---|--|--|---|
| Definición del problema | ¿Es un nuevo proveedor? Importancia variada. Decisión única. | ¿Usar mas, menos u otros proveedores? Importancia media/moderada. Decisión repetitiva | ¿Reemplazar al proveedor actual? Importancia baja/moderada. Decisión repetitiva. | ¿Cómo lidiar con el proveedor? Importancia alta. Evaluación repetitiva. |
| Formulación de criterios | Sin información histórica del proveedor. Sin criterios usados con anterioridad. | Información del proveedor disponible. Criterios usados con anterioridad. | Información del proveedor disponible. Criterios usados con anterioridad. | Información del proveedor disponible. Criterios usados con anterioridad. |
| Calificación | Conjunto pequeño de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Sin datos históricos. | Conjunto grande de proveedores. Ordenar y evaluar. Hay datos históricos. | Conjunto grande de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Hay datos históricos. | Conjunto muy pequeño de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Hay datos históricos. |
| Selección | Conjunto pequeño de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Muchos criterios. | Conjunto pequeño/mediano de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Pocos criterios. | Conjunto pequeño/mediano de proveedores. Ordenar en lugar de evaluar. Pocos criterios. | Conjunto muy pequeño de proveedores. Único proveedor. |

Fuente: Creación propia adaptada de Boer *et al.* (2001)

2.2.1.1 MÉTODOS DE PRECALIFICACIÓN

Los métodos de precalificación tienen como objetivo reducir la base de proveedores. Existen diversos métodos de precalificación:

MÉTODOS CATEGÓRICOS . Según Boer *et al.* (2001) estos métodos son cualitativos y están basados en datos históricos. Se evalúa a los proveedores con base en ciertos criterios tomados con anterioridad y se les da un valor de positivo, negativo o neutral. De esta manera los proveedores son calificados en tres categorías y el comprador puede tomar una decisión.

TÉCNICAS DIFUSAS . Nos ayudan a analizar información cualitativa de que generalmente no es exacta; así mismo el marco en el que construye los elementos conceptuales de un conjunto suele ser más general y puede tener un alcance mucho mayor. Estas técnicas utilizan álgebra, teoría de grafos, topología, etcétera para lidiar con información «imprecisa» (Zimmermann, 2011).

ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS . Los proveedores alternos son evaluados conforme a su costo-beneficio. Es decir que la eficiencia de un proveedor alternativo es definida como la relación de la suma ponderada de los criterios. Según Castro *et al.* (2009) ésta técnica permite clasificar a los proveedores como eficientes o no eficientes.

RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS . Esta es una técnica que forma parte de la Inteligencia Artificial. El razonamiento basado en casos (CBR, por sus siglas en inglés) provee al usuario de información útil para la toma de decisiones basado en eventos similares del pasado. También se genera un aprendizaje incremental y sostenido. Sin embargo, requiere de una etapa de entrenamiento o interpretación (Lozano y Fernández, 2008).

ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) . Este análisis es una técnica multicriterio que busca dar valores cuantitativos o ponderaciones a una serie de criterios subjetivos para después ordenarlos en matrices de comparación. De esta manera, en un problema de selección de proveedores, se puede lidiar con la imprecisión de los criterios que cada uno de los involucrados aporta (Saaty, 2005).

2.2.1.2 MÉTODOS DE SELECCIÓN FINAL

Se les llama métodos de decisión final debido a que comúnmente los encontramos en la etapa final de decisión de compra. Suelen ser métodos exactos que buscan minimizar costos, tiempos de entrega, etc. Estos pueden estar modelados para el suministro de uno o varios artículos y pueden considerar interdependencias entre varios de estos. Podemos encontrar los siguientes métodos de acuerdo a Castro *et al.* (2009):

- Modelos de programación matemática lineal y no lineal.
- Modelos de programación entera mixta.
- Modelos de programación meta.
- Modelos de programación multiobjetivo.

2.2.2 LICITACIONES, CONTRATOS Y CAPACIDAD RESERVADA

Es una práctica común que las compañías celebren contratos o acuerdos con sus proveedores. Estos contratos pueden ser ganados a través de licitaciones que las compañías ejecutan para obtener el máximo beneficio en una relación ganar-ganar con los proveedores premiados. Cuando los productos son muy personalizados (*build-to-order*) los compradores han optado por reservar capacidad de sus proveedores

para asegurar que el suministro se de correctamente y así reducir los tiempos de entrega y evitar el desabasto. Incluso, este tipo de negociaciones pueden hacerse a través de una licitación o concurso donde el comprador «oferta» una compra futura. Esto quiere decir que, un comprador puede comprar una capacidad de producción sin que el proveedor haya fabricado del todo el producto. Lo que esto permite es que en caso de un pico de demanda, el proveedor tenga oportunidad de reaccionar ante tal demanda incierta habiendo reservado un porcentaje de su capacidad para el comprador. Hazra y Mahadevan (2009) explican que existen varios tipos de contratos según la literatura revisada, como lo son: de cantidad flexible, reservación deducible, *pay-to-delay*, *take-or-pay*. En éste último, el comprador compra una cantidad de producto a menor precio, sin embargo, el producto no es fabricado inmediatamente sino conforme requerimiento. Esto se puede considerar como una variante del preposicionamiento mencionado por Balcik y Ak (2014) con la diferencia que en este tipo de contrato *no* existe inventario físico sino reservado. En este tipo de contrato, el comprador esta comprometido a pagar por la cantidad reservada incluso si no se ordenó al final del periodo establecido en el contrato (o costo de penalización).

La Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Medialuna Roja (IFRC) desde 2001 realiza este tipo de contratos con proveedores para las cadenas humanitarias y son usados especialmente para artículos de ciertos *commodities* con demanda alta y que ha beneficiado de manera importante sobretodo en el aseguramiento del precio de los artículos (IFRC, 2019). Este tipo de contratos o acuerdos también se les llama «acuerdos marco».

Algunos de los artículos que son adquiridos a través de este tipo de acuerdos son:

- Cobijas.
- Kits de salud.
- Juego de cocina (ollas, sartenes, cacerolas, etc.).

- Mosquiteras o bastidor de tela metálica.
- Bidones.
- Vehículos.

La lista de artículos podría ser extendida para cubrir un mayor número y asegurar un mejor precio. Actualmente, existen artículos fuera de los contratos macro de las Federación que se encuentran en el *catálogo de productos estándar* (CAT, 2020).

2.3 LA CADENA DE SUMINISTRO Y LA LOGÍSTICA EN EL CONTEXTO HUMANITARIO

Se ha discutido ya lo referente a la cadena de suministro y la logística comercial. Ahora nos apoyaremos en un sector específico y que ha tomado mayor relevancia en los últimos años: el humanitario.

En las últimas décadas, a través de la apertura de los medios masivos de comunicación hemos podido escuchar en noticias internacionales acerca de fenómenos naturales que afectan a gran cantidad de personas cuando, por su impacto y naturaleza, dejan a su paso una zona de desastre. Alrededor de 75 000 personas y otros 200 millones de afectados son los estragos que los desastres naturales ocasionan en la población al rededor del mundo; las economías y las compañías también se ven afectadas con pérdidas millonarias en los diferentes sectores (Van Wassenhove, 2006; Li y Zabinsky, 2011).

Un **desastre** es un evento que tiene gran impacto negativo en la sociedad y en el ambiente. Este, puede ser ocasionado por el hombre (guerras, accidentes aéreos, accidentes nucleares, etc.) o puede ser de origen natural (terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc.); algunos de los desastres pueden tener un comienzo lento

como la hambruna o las sequías; pueden también ser de aparición repentina como los terremotos o los tsunamis; o pueden ser desastres cíclicos como los huracanes. Este trabajo, sin embargo, tomará como contexto aquellos desastres repentinos ya que son los que representan un mayor reto logístico debido a la prontitud de la situación (Van Wassenhove, 2006; Overstreet *et al.*, 2011).

Cuando esto ocurre, es necesario brindar ayuda a la población afectada cuanto antes y es aquí donde las organizaciones humanitarias, gobiernos y ciudadanos se unen para definir el plan con el cual lograrán auxiliar a la o las poblaciones afectadas. Como se mencionó anteriormente, la logística es un plan detallado, para mover materiales e información a través de una red o cadena de suministro. Sin embargo, a diferencia de la logística comercial que busca aumentar su rentabilidad, la logística humanitaria busca aliviar el sufrimiento de la población vulnerable a través de satisfacer la demanda de los insumos, y servicios que se necesitan en una situación de desastre (López-vargas, 2018; Van Wassenhove, 2006)

Van Wassenhove (2006) explica que existen cuatro etapas en la cadena de suministro humanitaria: mitigación, preparación, respuesta y recuperación. Las dos primeras ocurren antes de un desastre y las últimas después de que ocurre. Ver Figura 2.2.

La etapa de mitigación procura que exista una infraestructura en áreas propensas a desastres. Por ejemplo, el reforzamiento de puentes, edificios, casas-habitación, o la construcción de sistemas anti-tsunamis como los que existen en Japón.

En la etapa de preparación se llevan a cabo actividades como el reclutamiento y entrenamiento de voluntarios, la capacitación y educación de la comunidad habitante de zonas de riesgo; la adquisición de vehículos y equipos de emergencia así como la compra y almacenamiento de suministros; y por último, el diseño de los planes de emergencia que serán ejecutados en el caso de una emergencia.

La etapa de respuesta comienza tras la ocurrencia de un desastre. En esta

etapa el tiempo puede significar la diferencia entre la vida y la muerte. Se llevan a cabo actividades de búsqueda y rescate, recolección de información de la zona de desastre, apertura e identificación de refugios y centros de acopio, y el transporte y entrega de los suministros.

Por último, en **la etapa de recuperación** se realizan las actividades a mediano y largo plazo que lleven a la zona a la normalidad como la reconstrucción de infraestructura dañada o destruida.



FIGURA 2.2: Etapas de la cadena de suministro humanitaria

Dentro de este contexto, entendemos que para dar una respuesta eficiente ante un desastre, una población debe estar bien preparada (Van Wassenhove, 2006). Los insumos que deben llegar a la población afectada tienen que hacerlo en el menor tiempo posible. En la actualidad, mucho de este aprovisionamiento se hace en la etapa de respuesta y no en la de preparación, lo que ocasiona que el tiempo empleado en la adquisición, transporte y entrega de insumos para el auxilio humanitario no sea óptimo. Algunos autores han propuesto que estos insumos sean adquiridos en la etapa de preparación. Sin embargo, la gran incertidumbre sobre dónde y cuándo sucederán estos desastres, hace que la idea de mantener un inventario grande de productos (muchos de ellos perecederos) sea muy poco atractiva y mucho menos eficiente. El *pre-posicionamiento* es la práctica de mantener un inventario previamente adquirido para ser embarcado o distribuido tan pronto sea necesario eliminando así los largos tiempos de entrega y tránsito (Balcik y Ak, 2014; Hu y Dong, 2019). Es importante

mencionar que, muchas de las organizaciones humanitarias *no* cuentan con almacenes ni fondos económicos suficiente como para gestionar inventarios de gran tamaño ni para pagar personal que lo administre.

Tomamos como ejemplo lo ocurrido con el huracán Alex en el año 2010 en la ciudad de Monterrey, México. Según fuentes de diversos medios de comunicación, alrededor de 130,000 personas no tuvieron acceso a agua potable en sus viviendas por 29 días (ECO, 2010). Si suponemos que cada persona requiere de 2 litros de agua diarios para beber (sin considerar el agua para aseo personal), y que la ayuda se entrega en botellas de agua de 1 litro, se hubiera necesitado un almacén con capacidad para 7.5 millones de botellas de agua.

Es por ello que Balcik y Ak (2014) propone el uso de contratos o acuerdo a largo plazo reservando la capacidad de los proveedores como lo explicado en el apartado 2.2.2 de este trabajo. A través de contratos o acuerdos a mediano y largo plazo, las organizaciones humanitarias pueden reservar capacidad de producción para ciertos artículos que serán necesarios aprovisionar en la etapa de respuesta de la logística humanitaria. Creemos, sin embargo, que esto no solamente aplica para artículos de primera necesidad sino que también es útil para aquellas herramientas necesarias para llevar a cabo las actividades como búsqueda y rescate de personas. Un ejemplo de esto son el equipo de seguridad, y herramientas de rescate utilizadas por los cuerpos de auxilio: picos, palas, guantes, pinzas, etc.

Van Wassenhove (2006) destaca la importancia de la etapa de preparación identificando 5 elementos clave en esta etapa que deberán estar bien cimentados (Ver Figura 2.3):

1. Recursos Humanos. Refiere a la existencia de personal capacitado y que conoce la localidad. El entrenamiento de cuerpos de rescate e inteligencia en la etapa de preparación es una clave importante para la etapa de respuesta; saber qué hacer, cómo hacerlo y en dónde. La idea principal (y principio de la logística humanitaria) es que la localidad pueda ayudarse a sí misma tanto como le sea

posible.

2. Manejo del conocimiento. Esto responde a la pregunta «¿Qué ha sucedido en el pasado y qué hemos aprendido de ello?» Conocer cuales han sido los problemas que la comunidad ha enfrentado y la forma de hacerlo para así poder desarrollar estrategias con base en la experiencia.
3. Gestión del proceso y operaciones. La logística es una parte central. En la etapa de preparación habrá que tener los planes de acción, los proveedores, medios y modos de transporte, y todo aquello que sea necesario para llegar a la población vulnerable
4. Recursos económicos. Estos pueden ser preparados con anterioridad como fondos en caso de emergencia, o campañas de recolecta para así cubrir las necesidades de las organizaciones humanitarias que no son cubiertas a través de las donaciones de la comunidad.
5. La comunidad. La colaboración de la comunidad como un todo (población, gobierno, milicia, cuerpos de rescate y organizaciones no gubernamentales). Hablamos de una *integración de la comunidad* previa a una situación de desastre, que vele por los intereses de las personas más que por los suyos propios.

La falta o la ineficiencia en alguna de estas 5 áreas provocaría grandes alteraciones en la gestión de desastre por lo que es importante conjugarlas y administrarlas de manera tal que se cumpla el principal objetivo de la cadena de suministro humanitaria.

La logística comercial ha sido ampliamente estudiada y fortalecida en la última década. Es posible adaptar algunos esquemas utilizados en el sector privado y comercial a pesar de las diferencias que existen entre la logística comercial y la humanitaria. En la próxima sección se abordará con mayor detalle.

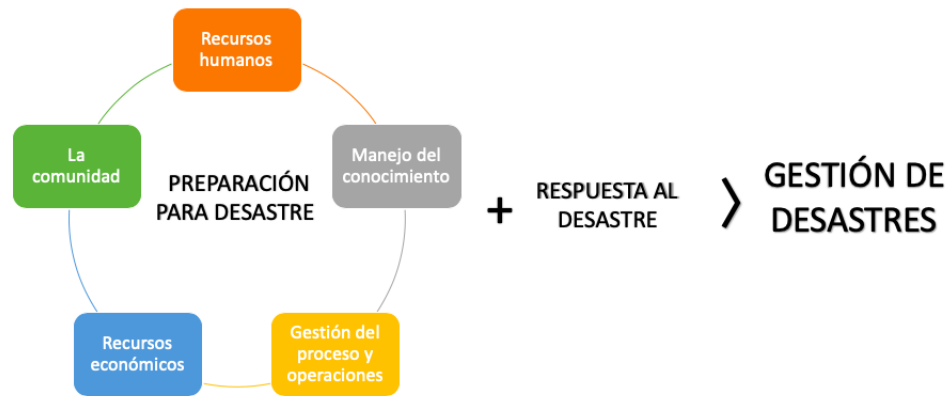


FIGURA 2.3: Gestión de desastres

Fuente: creación propia.

2.4 DIFERENCIAS ENTRE LA LOGÍSTICA COMERCIAL Y LA HUMANITARIA

Hablando de logística, ya sea comercial o humanitaria, se comparte un mismo plan con diferentes objetivos. El plan es llevar los productos correctos al lugar correcto para las personas correctas en el momento correcto. Particularmente, la logística comercial tiene como objetivo la rentabilidad de un producto, mientras que la humanitaria pretende aliviar el sufrimiento.

Se han abordado ya ambos conceptos en este capítulo pero vale la pena contrastar ambas cadenas para entender mejor los grandes retos que se enfrentan en la logística humanitaria

Podríamos comenzar por la demanda. Mientras que el sector privado generalmente existe una demanda constante (salvo los picos en la demanda provocados por algún factor inesperado), el sector humanitario se enfrenta a una demanda completamente inesperada; no se conoce cuándo se va a utilizar algo, ni la cantidad, ni la distancia. Algunos autores, han desarrollado modelos estocásticos de programación lineal basados en escenarios para de alguna manera «normalizar» la demanda. Esto

es, recolectar información de hechos ocurridos en el pasado para, de alguna manera, buscar patrones, medias, y estadísticas y «estructurar» escenarios que pudieran ocurrir (Balcik y Ak, 2014; Li y Zabinsky, 2011).

Otra gran diferencia entre ambas logísticas es, como ya se mencionó, la cantidad de actores. En la logística comercial, cada compañía tiene definidos o al menos conoce quienes son los eslabones que participan en la cadena. Tienen sus proveedores, sus distribuidores, sus almacenes, etc. Toda la cadena busca un ganar-ganar, el apoyo es interdependiente y se busca maximizar los beneficios obtenidos con una colaboración bastante robusta en la mayoría de los casos. Con la logística humanitaria no sucede prácticamente nada de lo anterior. Al momento de que ocurre un desastre hay una *gran* cantidad de actores (donadores, organizaciones humanitarias, organizaciones religiosas, gobiernos, voluntarios, almacenes, proveedores, transportistas, etc.) queriendo ayudar al mismo tiempo y, lamentablemente, muchos con agendas propias. Es conocido que durante la respuesta a un desastre, muchas compañías aprovechan para hacerse publicidad a través de los medios masivos de comunicación. Así mismo, la población también aprovecha para deshacerse de artículos que sobran en sus hogares (juguetes, muebles, etc.) para donarlos a la causa. Esto simplemente entorpece la eficiencia de la cadena humanitaria. Ver Tabla 2.2

2.5 REVISIÓN DE LITERATURA

Ya hemos hecho una revisión de los antecedentes de la logística comercial y humanitaria y las grandes diferencias entre ambas. Sabemos que la cadena de suministro humanitaria enfrenta, entre las muchas dificultades, una falta de integración importante debido a la gran cantidad de actores que participan cuando ocurre un desastre (Van Wassenhove, 2006; Balcik y Ak, 2014); como consecuencia de esto, la etapa de respuesta, en la que se pretende aliviar el sufrimiento de una población vulnerable, pudiera verse gravemente afectada debido a retrasos en el transporte y entrega de los suministros, tanto de primera necesidad como los utilizados en las

TABLA 2.2: Diferencias entre la logística comercial y la humanitaria

| | Logística Comercial | Logística Humanitaria |
|-----------------------------------|--|--|
| Objetivo principal | Maximizar las utilidades | Salvar vidas y ayudar a la población vulnerable |
| Patrón de la demanda | Generalmente estable y se puede predecir con técnicas de pronósticos | Irregular respecto a la cantidad, tiempo y lugar de entrega. Es estimada dentro de las primeras horas de respuesta. |
| Patrón de abastecimiento | En su mayoría predecible | Donativos en efectivo para el aprovisionamiento. Donación no solicitadas. Necesitan orden y prioridad para reducir los cuellos de botella |
| Tipo de flujo | Productos comerciales | Herramientas, personas, refugios, comida, kits de higiene, etc. |
| Tiempo de entrega | Predeterminado | No existe. La demanda se necesita inmediatamente |
| Control de inventario | Se puede encontrar un inventario de seguridad cuando existe un patrón de demanda | La demanda impredecible hace que sea difícil de controlar. Los inventarios pre-posicionados generalmente son insuficientes |
| Método de validación de desempeño | Basado en estándares de la gestión de cadena de suministro | Basado en el tiempo de respuesta ante un desastre, fill rate, porcentaje de demanda cubierta, satisfacción de las expectativas del donador |
| Recursos Humanos | Es usualmente una carrera profesional | Personal voluntario con alta rotación. Ambiente dinámico y duro. |
| Parte interesada | Accionistas, clientes y proveedores | Donadores, gobiernos, milicia, ONG's, beneficiarios, Naciones Unidas, etc. |

Fuente: Adaptación propia de Ertem *et al.* (2010)

actividades de búsqueda y rescate. Los retrasos de estas entregas, pueden hacer la diferencia entre a vida y la muerte. Durante la etapa de preparación, las organizaciones humanitarias hacen esfuerzos para estar listos y atender las necesidades cuando ocurre un desastre o emergencia sin embargo, muchas de estas organizaciones solamente son financiadas a través de donaciones o cuentan con un capital limitado para atenderlas teniendo que hacer grandes esfuerzos para hacer rendir los recursos económicos minimizando los costos de adquisición, al mismo tiempo que satisfacen una demanda que era desconocida.

Para conocer las herramientas que han sido utilizadas por diferentes autores para la selección de proveedores, se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos a través de la plataforma del Consorcio Nacional de Recursos de Información y Tecnología (CONRyCIT) empleando el siguiente texto completo: «*supplier selection*», «*supplier evaluation*», «*humanitarian logistics*» y «*selección de proveedores*». Se realizó la búsqueda preferentemente con términos en inglés debido a que la difusión científica es ampliamente divulgada en este idioma.

Entre los resultados más recientes encontramos el trabajo de Aghajani *et al.* (2020) y Hu y Dong (2019) que desarrollan un modelo de programación estocástica (MPE) de dos etapas en donde reservan inventario *pre-posicionado* a expensas del proveedor.

Hu *et al.* (2017) proponen un MPE de dos etapas para resolver la cantidad de inventario a reservar antes del desastre reduciendo los costos de transporte, inventario y penalización por incumplimiento del contrato. Este modelo sin embargo no toma una decisión sobre los proveedores aunque sí es relevante en cuanto a la estrategia de aprovisionamiento en la etapa de preparación. Similarmente, Ghorbani y Ramezani (2020) integra la selección de proveedor y transportista para desarrollar contratos utilizando un MPE de dos etapas para el establecimiento de de la toma de decisiones conjunta y ayudar a minimizar los costos fijos por contrato, los costos por reserva de productos y vehículos, costos de compra, de renta de vehículos, de

transportación, y otros.

El estudio de Torabi *et al.* (2015) propone un MPE bi-nivel con el objetivo de fortalecer la toma de decisiones considerando los riesgos de interrupción así como los perfiles de cada proveedor con base en sus planes de acción en caso de un evento mayor de interrupción.

El trabajo de Balcik y Ak (2014) considera acuerdos con proveedores con un costo fijo y la reserva de la capacidad de producción; el comprador se compromete a adquirir un monto mínimo durante un periodo de tiempo (llamado horizonte) y el proveedor se compromete a reservar la capacidad de producción. Li y Zabinsky (2011) igualmente realizan un MPE de dos etapas incorporando incertidumbre basado en escenarios y lo comparan con un modelo de programación con posibilidades limitadas (CCR) que asume una distribución de probabilidad y restringe la probabilidad de no satisfacer la demanda.

A pesar de que su trabajo no es en logística humanitaria, Kisly *et al.* (2016) y Sahay *et al.* (2016) utilizan el *proceso de análisis jerárquico* (AHP) y la técnica difusa para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) respectivamente, para la selección de proveedores empleado posteriormente programación entera mixta insertando los valores dados a los criterios para la optimización de la selección.

Venkatesh *et al.* (2018) desarrollan un marco para socios comerciales utilizando AHP y TOPSIS, ambos difusos, para clasificar diferentes alternativas. Identifican 6 atributos y 24 subcriterios que consideran relevantes para el problema de toma de decisiones con criterios múltiples. Venkatesh *et al.* (2015) utilizan una herramienta multicriterio, TOPSIS, para la selección de proveedores de bolsas de sangre y toman en cuenta atributos como la calidad del producto, desempeño en la entrega, , estatus financiero de la empresa, costos de compra, personal e infraestructura.

Como podemos observar en la Tabla 2.3, todos los autores trabajan con la selección de proveedores y adquisición de material; se muestran también aquellos que

TABLA 2.3: Revisión de Literatura

| | Logística Humanitaria | Selección de proveedores | Adquisición de material | Presupuesto | Inventario pre-posicionado | Tipo de solución | Herramienta |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| Aghajani et al. (2020) | x | x | x | | x | Óptima | MPE |
| Hu & Dong (2019) | x | x | x | | x | Óptima | MPE |
| Hu et al. (2017) | x | x | x | | x | Óptima | MPE |
| Torabi et al. (2015) | x | x | x | | x | Óptima | MPE |
| Balcik & Ak (2014) | x | x | x | | | Óptima | MPE |
| Li & Zabinsky (2011) | | x | x | | | Óptima | MPE / CCP |
| Kisly et al. (2016) | | x | x | | | Aproximada | AHP / MIP |
| Sahay et al. (2015) | | x | x | x | | Óptima | TOPSIS difuso / MIP |
| Ghorbani & Ramezani (2020) | x | x | x | | | Óptima | MPE |
| Olanrewaju et al. (2020) | x | x | x | | x | Óptima | MPE |
| Vankatesh et al. (2018) | x | x | | | | Aproximada | AHP difuso / TOPSIS difuso |
| Vankatesh et al. (2015) | | x | x | | | Approximate | TOPSIS |

lo hacen bajo el contexto de logística humanitaria y los que no. Solamente el trabajo de Sahay *et al.* (2016) contempla presupuesto, y sólo cuatro de estos trabajo, inventario pre-posicionado. Se observa también que todos manejan algún tipo de solución óptima, ya sea un modelo estocástico o programación entera mixta. Y solamente dos de estos trabajos, los de Sahay *et al.* (2016), Kisly *et al.* (2016), Venkatesh *et al.* (2015), y Venkatesh *et al.* (2018) realizan un trabajo con herramientas como AHP y TOPSIS difuso para la etapa de pre-calificación para posteriormente optimizar utilizando programación entera mixta.

En resumen, podemos identificar que la literatura sobre la selección de proveedores en el ámbito humanitario es escasa, pero se han hecho estudios relevantes al respecto; que la programación estocástica ha sido la herramienta que más se ha utilizado en la selección de proveedores especialmente para la etapa de selección final.

Dado el ámbito humanitario, es importante recordar las características en las que muchas organizaciones humanitarias operan. Con base en la revisión de literatura anterior, nos damos cuentas que los trabajos que consideran presupuestos son muy escasos siendo que esto es un factor importante para las organizaciones humanitarias dado que, los fondos económicos de éstas, suelen venir de aportaciones voluntarias de la población en general o de un presupuesto del gobierno local. Sea cual sea el caso, la organización humanitaria tiene que administrar correctamente los recursos para

maximizar el valor de los artículos humanitarios aprovisionados tomando en cuenta la cartera de proveedores con la que cuenta. Ya sea que ésta requiere de la aplicación de métodos de pre-calificación, o exista ya una cartera aprobada de proveedores, los métodos de decisión final permiten a la organización humanitaria el óptimo empleo de los recursos con los que se cuentan.

2.6 PROGRAMACIÓN ESTOCÁSTICA

Dado que la programación estocástica de dos etapas es una herramienta utilizada por los diferentes autores de la sección anterior, se ha considerado importante señalar algunas de las características de dicha herramienta.

Mientras que en la programación determinística los parámetros son conocidos, en la programación estocástica se considera que, algunos de éstos, no se conocen con certeza. Así mismo, se asume que la distribución de sus valores es discreta.

La programación estocástica de dos etapas es un esquema de modelo propuesto por y son conocidos también como *modelos con recursos*. En la primera etapa de un modelo con recurso, las variables deberán ser decididas antes de la ocurrencia de los parámetros de incertidumbre, es decir, estas variables no dependen del escenario futuro que determina los parámetros aleatorios del problema. En la segunda etapa se presentan las variables de corrección o de recursos, las cuales surgen bajo la realización de los parámetros aleatorios. En palabras más simples, como lo explica ?, en la primera etapa del modelo se toman decisiones con los parámetros conocidos y, posteriormente, tras la ocurrencia de un suceso aleatorio, se toman acciones correctivas (segunda etapa) que suavizan sus efectos sobre las decisiones tomadas en esta etapa.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Como se vio en el capítulo anterior, existen diversas herramientas para la toma de decisiones siendo los modelos matemáticos los más utilizados en la etapa final de la selección de proveedores. Así mismo, con base en el problema que encontramos y que definimos en la sección 1.1 de este trabajo buscamos poder aplicar esta herramienta como método de solución para lograr una mejor integración de la cadena de suministro mediante el fortalecimiento de las relaciones con proveedores y obteniendo beneficios tales como la reducción de costos para el aprovisionamiento de artículos humanitarios, mejora en los tiempos de entrega y una base adecuada de proveedores. Este capítulo aborda la aplicación de estos modelos en un caso de estudio. Para ello se ha seguido la metodología de Winston (2004) para la creación de modelos matemáticos. Ver Figura 3.1.

1. Formular el problema. En esta etapa de la metodología se define cuál es el problema concreto y cuáles son los objetivos a alcanzar así como el alcance que queremos darle a la solución del problema.
2. Observación y recolección de datos. En esta etapa se realiza una colección de datos útiles para la formulación del modelo matemático. Éstos pueden ser estimaciones útiles para los siguientes pasos.

3. Formulación del modelo matemático. En esta etapa se desarrolla un modelo matemático que represente el problema planteado. El modelo tiene que adaptarse a la naturaleza del problema tomando en cuenta sus parámetros y variables.
4. Validación del modelo. Se realizan pruebas con el modelo para validar que la solución arrojada por éste es consistente con su formulación.
5. Selección de la alternativa. Se selecciona el modelo que mejor responde a las necesidades del problema. No hablamos de diferentes tipos de modelo sino de alternativas de un mismo modelo que propongan soluciones diferentes a un mismo problema, es decir, un modelo formulado con ciertas restricciones y una alternativa agregando o eliminando restricciones.

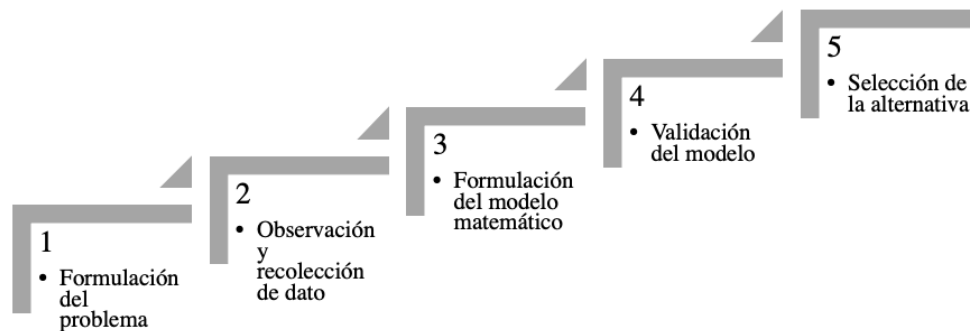


FIGURA 3.1: Metodología de investigación

Fuente: elaboración propia adaptada de Winston (2004).

3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CASO DE ESTUDIO

3.1.1 PROTECCIÓN CIVIL

El Sistema Nacional de Protección Civil (SINEPROC) es un conjunto orgánico y articulado conformado por diferentes dependencias y entidades de la administración pública federal, por los sistemas de protección civil de las entidades federativas y sus municipios; por grupos de voluntarios y organizaciones sociales, cuerpos de bomberos, y representantes de los sectores privados y sociales, medios de comunicación y centros de investigación, educación y desarrollo tecnológico.

Así mismo el *Consejo Nacional de Protección Civil* es un órgano gubernamental constituido en materia de protección civil que se encarga de la coordinación entre el ejecutivo federal y las entidades federativas con el fin de garantizar la continuidad del objetivo del SINAPROC. Los integrantes de este consejo son: el presidente de la República Mexicana, los titulares de las Secretarías de Estado, los gobernadores de las Entidades Federativas, el jefe de gobierno de la Ciudad de México y las mesas directivas de la Comisión de Protección Civil de la Cámara de Diputados y de la Cámara de Senadores.

La Dirección de Protección Civil Nuevo León es una institución del Gobierno del Estado cuya misión es «*integrar, coordinar e implementar a través de programas y acciones los Sistemas de Protección Civil Municipales del Estado de Nuevo León, para ofrecer prevención, auxilio y recuperación ante los desastres que puedan acontecer y afecten a toda o parte de la población, sus bienes y el entorno.*» Dicha Dirección se constituyó el 17 de septiembre de 1988 en el Estado de Nuevo León y el 22 de enero de 1997, se publicó la Ley de Protección Civil para el Estado de Nuevo León y «cuenta con un directorio de corporaciones, que contiene datos de las instituciones de seguridad, servicios médicos, atención a emergencias, rescate y salvamento asistenciales y de apoyo con una central de comunicación permanente

ubicada en la Dirección de Seguridad Pública del Estado.» (LPCNL, 2019).

La Dirección tiene entre sus responsabilidades:

- Vigilar el adecuado uso y aplicación de los *recursos* que se asignen a la prevención, apoyo, auxilio y recuperación a la población ante un desastre.
- Elaborar y presentar para su aprobación, al Presidente del Consejo de Protección Civil del Estado por conducto de su Secretario Ejecutivo, el anteproyecto del Programa Estatal de Protección Civil, así como sus Subprogramas, planes y programas especiales.
- Elaborar *el inventario de recursos humanos y materiales disponibles* en la Entidad para hacer frente a un riesgo, alto riesgo, emergencia o desastre, vigilar su existencia y coordinar su manejo.
- Proponer, coordinar y ejecutar las acciones de auxilio y recuperación para hacer frente a las consecuencias de un riesgo, alto riesgo, emergencia o desastre, procurando el mantenimiento o pronto restablecimiento de los servicios públicos prioritarios en los lugares afectados.
- Establecer y operar los centros de acopio de recursos y abastecimientos, *para recibir y brindar ayuda a la población afectada por un riesgo, alto riesgo, emergencia o desastre*.
- Realizar acciones de auxilio y recuperación para atender las consecuencias de los efectos destructivos de un desastre.

Ante una situación de desastre, los principales apoyos institucionales a coordinar con PCNL antes, durante y después del evento son:

1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Comisión Nacional del Agua

2. Dirección de Protección Civil del Estado
3. Secretaría de la Defensa Nacional
4. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
5. Secretaría de Obras Públicas – Agencia para la planeación de Desarrollo Urbano
6. Comisión Federal de Electricidad
7. Comités Municipales de Protección Civil
8. D.I.F. estatales y municipales
9. Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano
10. Aeronáutica Civil
11. Seguridad Pública del Estado
12. Grupos voluntarios
13. Iniciativa privada
14. Clubes e instituciones altruistas
15. Secretaría de Educación Pública
16. Sector Salud
17. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

3.1.2 EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

El Estado de Nuevo León esta dividido en 51 municipios siendo su capital la ciudad de Monterrey; en su área metropolitana se concentra el 80% de la población de dicha entidad. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía

su riesgo: región norte, región oriente, región metropolitana, región citrícola y región sur o montañosa (ver Figura 3.3). Debido a que los ciclones que se generan en el océano atlántico entran por la costa del Estado de Tamaulipas, las últimas dos regiones suelen ser las de mayor riesgo. Sin embargo, las regiones con mayor cantidad de población suelen ser los que acarrean los mayores daños, en este caso, la región metropolitana.

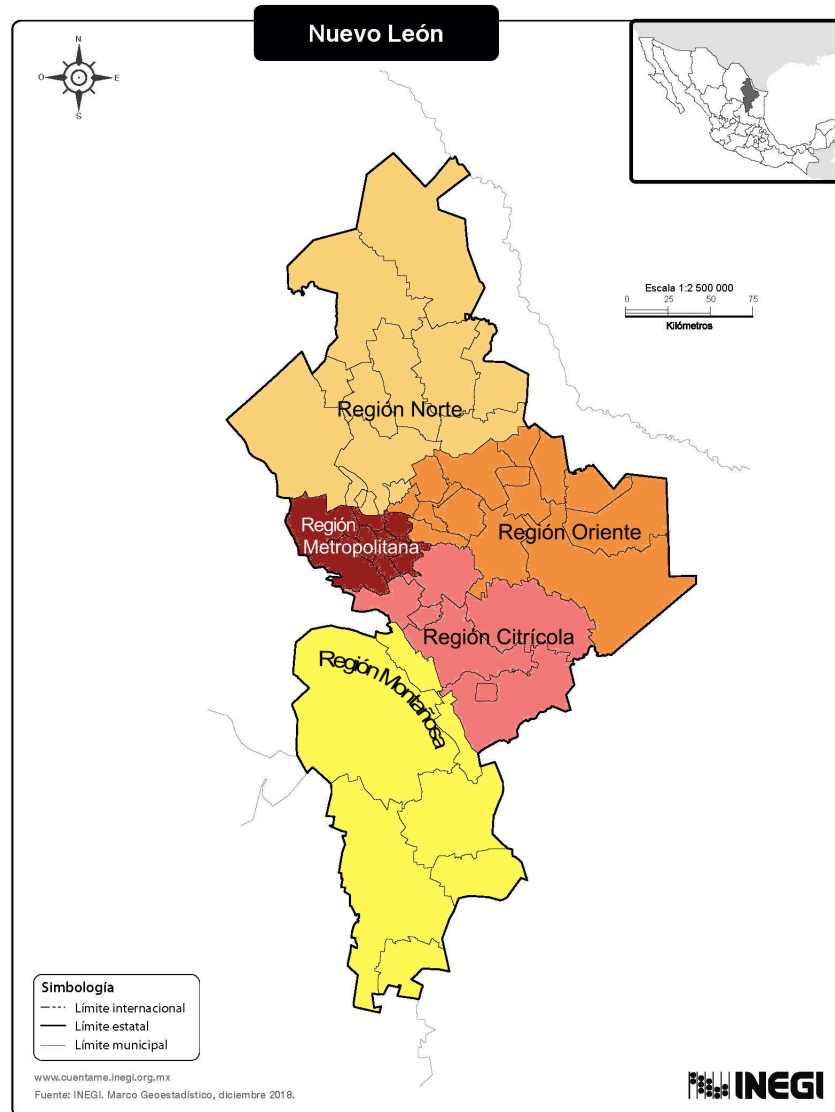


FIGURA 3.3: Regiones de Nuevo León

Fuente: elaboración propia

Para el año 2020, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) prevé un total de 30 a 37 ciclones tropicales, de los cuales entre 15 y 19 se estima que provengan del océano atlántico (ver Tabla 3.1). Conforme a los resultados presentados Protección Civil, en la zona del Golfo de México es más probable que un ciclón tropical llegue a las costas de Tabasco que a las de Tamaulipas y norte de Veracruz. Sin embargo, observando las incidencias en las costas de Tamaulipas, que son las que atañen al Estado de Nuevo León, las tormentas tropicales no tienen un patrón definido de ocurrencia, mientras que para los huracanes categoría 1 y 2, la probabilidad es del 35 % y del 0.3 % respectivamente. En cuanto a los huracanes de categoría 3 son los que presentan mayor probabilidad de incidencia en la zona del Golfo de México. Finalmente los huracanes de categoría 4 y 5, presentan igual porcentaje de incidencia a lo largo de toda la costa.

TABLA 3.1: Ciclones tropicales esperados en México para el año 2020

| | Prógnosis de Ciclones Tropicales 2020 (CONAGUA) | |
|------------------------------|--|------------------|
| | Océano Pacífico | Océano Atlántico |
| Tormenta Tropical | 7 – 8 | 8 – 10 |
| Huracanes categoría 1 y 2 | 4 – 5 | 4 – 5 |
| Huracanes categoría 3, 4 y 5 | 4 – 5 | 3 – 4 |
| Total | 15 – 18 | 15 – 19 |

Fuente: <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/pronostico-ciclones-tropicales-2020>

3.1.3 AFECTACIONES HISTÓRICAS DE CICLONES TROPICALES:

HURACÁN ALEX

El noreste de México ha sido afectado principalmente por lluvias, inundaciones y ciclones tropicales que se forman en la cuenca del Atlántico y son estos los que tomaremos como referencia para ese trabajo (ver Figura 3.4). Estos ciclones tienen

ciertas características y se clasifican en 3 tipos: 1) depresión tropical cuando sus vientos son menores de 63 km/h, 2) tormenta tropical cuando sus vientos oscilan entre los 63 y 118 km/h, y 3) huracán cuando los vientos son superiores a los 118 km/h. Estos últimos, según la escala de Saffir-Simpson se pueden categorizar con 5 niveles de fuerza y destrucción:

- **Categoría 1.** Vientos entre 119 – 153 km/h con daños mínimos.
- **Categoría 2.** Vientos entre 154 – 177 km/h con daños moderados.
- **Categoría 3.** Vientos entre 178 – 208 km/h con daños importantes.
- **Categoría 4.** Vientos entre 209 – 251 km/h con daños muy importantes.
- **Categoría 5.** Vientos superiores a 252 km/h con daños catastróficos.

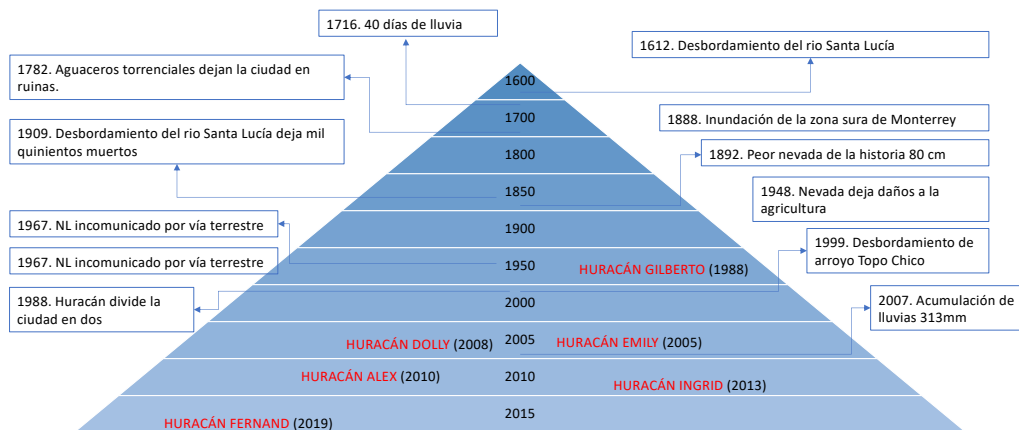


FIGURA 3.4: Desastres hidrometeorológicos en Nuevo León. Creación propia con información de Protección Civil

Tomando en cuenta solamente los huracanes que se forman en la cuenca del Atlántico, en los últimos tres años se han registrado más de 15 ciclones tropicales cada año, la mayoría alcanzando la categoría de huracán, según datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

En el primer capítulo de esta investigación, se mencionaron algunas de las afectaciones que los ciclones tropicales han causado en el Estado de Nuevo León, principalmente los de tipo hidrometeorológico. A pesar de ser fenómenos que pueden anticiparse desde su formación en los océanos, algunos de estos han llegado a costas mexicanas y vuelto a tomar fuerza en las aguas del Golfo de México tal como fue el caso del huracán Alex del año 2010. Según datos del Análisis de la Temporada de Ciclones Tropicales 2010, de la CONAGUA (CONAGUA, 2010), ese año se formaron 21 ciclones tropicales (ver Tabla 3.2) en el océano atlántico, de los cuales 2 fueron depresiones tropicales, 7 tormentas tropicales, 4 huracanes categoría I, 3 huracanes categoría II, 1 huracán categoría III, 4 huracanes categoría IV, y ninguno categoría V.

En la Figura 3.5 podemos observar la trayectoria de cada uno de los ciclones de dicha temporada. Podemos observar que el huracán Alex, tocó inicialmente las costas del Estado de Quintana Roo, para posteriormente internarse en el Golfo de México donde tomó fuerza para entrar por las costas de Tamaulipas y así llegar al Estado de Nuevo León. Según datos del CENAPRED, durante el huracán Alex fallecieron 21 personas en Nuevo León, hubieron 158,130 damnificados; 171,000 hectáreas afectadas y un total de daños y pérdidas por 1,998.4 millones de dólares estadounidenses.

Como se mencionó con anterioridad, los ciclones tropicales suelen llegar a Nuevo León en una dirección de este a oeste afectando principalmente las regiones oriente y citrícola.

3.1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Protección Civil Nuevo León es una organización gubernamental con recursos limitados para la atención de desastres naturales.

A su vez, el Estado de Nuevo León, es una entidad altamente afectada por desastres de tipo hidrometeorológico dada su posición geográfica. Históricamente,

TABLA 3.2: Ciclones tropicales formados en el océano atlántico de la temporada

2010

| Nombre | Etapa y categoría | Periodo |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| 1. Alex | H(II) | 25/jun - 1/jul |
| 2. Depresión tropical No. 2 | DT | 7/jul - 9/jul |
| 3. Bonnie | TT | 22/jul - 24/jul |
| 4. Colin | TT | 2/ago - 8/ago |
| 5. Depresión tropical No. 5 | DT | 10/ago - 11/ago |
| 6. Danielle | H (IV) | 21/ago - 30/ago |
| 7. Earl | H (IV) | 25/ago - 4/sep |
| 8. Fiona | TT | 30/ago - 3/sep |
| 9. Gastón | TT | 1/sep - 2/sep |
| 10. Hermine | TT | 5/sep - 7/sep |
| 11. Igor | H (IV) | 8/sep - 21/sep |
| 12. Julia | H (IV) | 12/sep - 20/sep |
| 13. Karl | H (III) | 14/sep - 18/sep |
| 14. Lisa | H (I) | 20/sep - 26/sep |
| 15. Matthew | TT | 23/sep - 26/sep |
| 16. Nicole | TT | 28/sep - 29/sep |
| 17. Otto | H (I) | 6/oct - 10/oct |
| 18. Paula | H (II) | 11/oct - 30/oct |
| 19. Richard | H (I) | 20/oct - 26/oct |
| 20. Shary | H (I) | 28/oct - 30/oct |
| 21. Tomas | H (II) | 29/oct - 7/nov |

Fuente:(CONAGUA, 2010)

existen antecedentes de grandes desastres en la entidad, especialmente agravados en las áreas conurbadas de la región.

Dadas las características de los desastres naturales anteriormente planteadas, la demanda tras el paso de un huracán es desconocida, y dependiendo la intensidad del fenómeno, así como de las regiones en las que impacta, la demanda de artículos humanitarios puede llegar a ser lo suficientemente grande para sobrepasar el presupuesto del Estado y requerir ayuda del gobierno federal.

Por lo anterior, se desea plantear un modelo matemático estocástico de dos

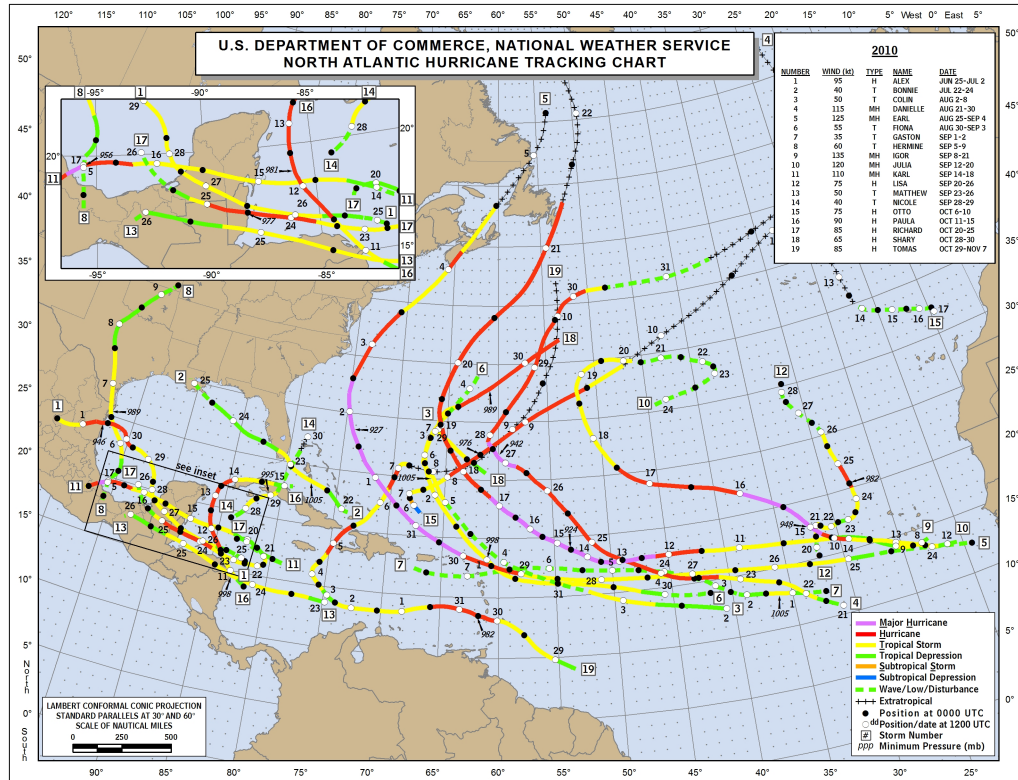


FIGURA 3.5: Trayectoria de ciclones tropicales de la temporada 2010

Fuente: National Hurricane Center

etapas para minimizar los costo asociados a la adquisición de artículos humanitarios mediante una selección de proveedores adecuada. Es decir, en una primera etapa, el modelo seleccionará los proveedores indicados para cubrir la demanda o parte de ella, y en una segunda etapa, optimizar la adquisición de artículos humanitarios de los proveedores seleccionados. Así mismo el modelo deberá arrojar la cantidad de artículos que se tendrían que aprovisionar del gobierno federal.

3.2 OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Para esta sección se realizó la investigación de aquellos datos que pudieran ser relevantes para los parámetros del modelo que queremos realizar. Si bien, los datos no son siempre exactos, se procura obtener los más cercanos a la realidad.

Cabe mencionar, que Protección Civil Nuevo León es una institución gubernamental y que, por lo tanto, sus datos son públicos.

3.2.1 ADQUISICIONES DEL ESTADO

La Ley de Adquisiciones, Arrendamiento y Contratación de Servicios del Estado de Nuevo León establece todo lo relativo a las compras y contrataciones del Estado con los ciudadanos para ello, la Dirección General de Adquisiciones y Servicios de la Secretaría de Administraciones cuenta con el registro único de padrón de proveedores que acredita a dichos ciudadanos para suscribir los instrumentos jurídicos. Cada una de las dependencias y organismos del Estado (tales como Protección Civil) pueden solicitar a través del Órgano Centralizado de Compras los insumos, servicios o bienes de diversa índole que requieran, por lo que la dependencia central mencionada funge como contratante por parte del Estado celebrando contratos con los proveedores que hayan obtenido el mejor resultado en el proceso de licitación en el que hayan participado (LAACSNL, 2013). Dentro de esta Ley se contemplan los *convenios marco* similares a los establecidos por la Federación Internacional de la Cruz Roja y Media Luna Roja, y los utilizados en el modelo de Balcik y Ak (2014).

Dicha Ley define un convenio marco como:

«CONVENIOS QUE CELEBRAN UNO O MÁS DE LOS SUJETOS OBLIGADOS A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 1, POR MEDIO DE LA UNIDAD CENTRALIZADA DE COMPRAS CORRESPONDIENTE, CON UNO O MÁS POSIBLES PROVEEDORES, MEDIANTE LOS CUALES SE ESTABLECEN LAS CONDICIONES QUE REGULARÁN LA ADQUISICIÓN O ARRENDAMIENTO DE BIENES O LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS, SU DURACIÓN Y DE MANERA GENERAL, LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE CALIDAD QUE, POSTERIORMENTE, MEDIANTE CONTRATOS ESPECÍFICOS, EN SU CASO, SERÁN FORMALIZADOS DE CONFORMIDAD CON ESTA LEY. CUANDO SEA PERTINENTE, EL CONVENIO PODRÁ INDICAR EL PRECIO Y LA DEMANDA ESTIMADA.» A pesar

de ser contemplados, no se menciona explícitamente el costo por el establecimiento de un convenio macro con los proveedores, por consiguiente, el planteamiento de este parámetro se considerará en los supuestos de nuestro modelo.

3.2.2 FONDO NACIONAL DE DESASTRES NATURALES

El fideicomiso Fondo Nacional de Desastres Naturales es un instrumento institucional que tiene por objeto ejecutar acciones, autorizar y aplicar recursos para mitigar los efectos que produzca un fenómeno natural perturbador, en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil (RGFONDEN, 2010). Las entidades federativas pueden acceder a este fondo cuando se ha declarado una «zona de desastre» y sus capacidades para atender a la población se ven rebasadas.

Recientemente en Nuevo León, en el año 2019 se solicitaron 1,600 millones de pesos del FONDEN tras el paso de la tormenta tropical «Fernand» por la entidad en el mes de septiembre.

3.2.3 PADRÓN DE PROVEEDORES DEL ESTADO Y PRESUPUESTO PARA EMERGENCIAS

El Estado cuenta con un padrón de proveedores autorizados para el suministro de artículos de todo tipo. Dentro de este padrón pueden encontrarse proveedores para artículos humanitarios tales como: agua embotellada, herramientas, artículos textiles, entre otras. La base de datos es alimentada constantemente y puede encontrarse en la siguiente liga de Internet: <https://www.nl.gob.mx/servicios/padron-de-proveedores>

Para el año 2020, el Estado designó un total de 21 millones de pesos en su Ley de Egresos para la **Reserva estatal para desastres naturales y contingencias**.

PCNL puede hacer uso de este presupuesto cuando exista una emergencia por desastre natural de cualquier tipo, aunque como se mencionó anteriormente, los de tipo hidrometeorológico suelen ser los más comunes en esta región.

3.2.4 ARTÍCULOS HUMANITARIOS NECESARIOS EN UNA CRISIS EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

A través de un acercamiento con la organización de PCNL, destacó que los artículos más requeridos son: botellas de agua, cobijas y herramientas para actividades de búsqueda y rescate.

Para nuestro caso de estudio y la experimentación subsecuente se considerará el agua embotellada y las cobijas.

Para ello, se realizó una cotización de agua purificada y de cobijas, con la ayuda de el estudiante de ingeniería Jonathan Gómez durante su estancia de investigación en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, donde se observan que los precios para el agua embotellada pueden oscilar alrededor de los \$84.00 pesos mexicanos para el agua embotellada de 500 mililitros en presentación de 24 piezas, y entre los \$58.00 y \$160.00 para las cobijas. Ver Anexo 1 «Cotizaciones».

Para el precio del agua embotellada, se tomará un rango de entre \$54.00 y \$84.00 pesos mexicanos ya que es el rango en que se pueden encontrar este producto con esta presentación en los supermercados del área metropolitana de Monterrey.

3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO

Para el modelo matemático se considerarán los siguientes conjuntos:

I : Conjunto de proveedores.

K : Conjunto de artículos.

L : Conjunto de intervalos de tiempo.

M : Conjunto de intervalos de cantidad.

R : Conjunto de regiones.

S : Conjunto de escenarios.

3.3.1 INTERVALOS DE TIEMPO Y CANTIDAD

Balcik y Ak (2014) menciona que el propósito de llevar a cabo convenios macro es que las organizaciones puedan negociar mejores precios. Consideramos que algunos proveedores pueden ofrecer descuentos con base en la cantidad ordenada (Q) y en el tiempo de entrega requerido (LT). Si bien, estos proveedores habrán de reservar una cantidad específica con un tiempo de entrega. Dada una situación específica, la organización podría requerir más artículos pero en plazo mayor que el ofertado inicialmente.

Así que el precio del artículo dependerá en la cantidad ordenada y en su tiempo de entrega.

Esto se vería de la siguiente manera:

$$u(Q, LT) = \begin{cases} u_0 & \text{si } q_0 \leq Q < q_1 \text{ y } \tau_0 \leq Q < \tau_1 \\ u_1 & \text{si } q_1 \leq Q < q_2 \text{ y } \tau_0 \leq Q < \tau_1 \\ u_2 & \text{si } q_0 \leq Q < q_1 \text{ y } \tau_1 \leq Q < \tau_2 \\ u_3 & \text{si } q_1 \leq Q < q_2 \text{ y } \tau_1 \leq Q < \tau_2 \end{cases}$$

Lo anterior nos indica que existen dos intervalos de cantidad y dos intervalos de tiempo de entrega si especificamos tres *puntos de ruptura* (q_0, q_1, q_2 y τ_0, τ_1, τ_2).

3.3.2 ECUACIONES

3.3.2.1 FUNCIÓN OBJETIVO

La función objetivo del modelo estocástico de dos etapas, selecciona en una primera los proveedores de los cuales queremos aprovisionar. Esto lo representamos con la variable Y_i , que multiplica un parámetro f , que es el costo fijo por celebrar un convenio macro.

En una segunda etapa, optimizamos los costos de adquisición u_{iklmr} , y los costos de adquisición del gobierno federal representados como ω_k . Las cantidades aprovisionadas de los proveedores y del gobierno se representarán con las variables Q_{iklmrs} y E_{krs} . Estos estarán multiplicados por la probabilidad de ocurrencia de un escenario p_s .

Por lo tanto, obtendríamos que la función objetivo de nuestro modelo sería la siguiente.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{i \in I} f_i Y_i \\ & + \sum_{s \in S} p_s \left[\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} u_{iklmr} Q_{iklmr}^s + \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} \omega_k E_{kr}^s \right] \end{aligned} \quad (3.1)$$

A continuación, definiremos cuáles serán las restricciones que considera nuestro modelo matemático.

3.3.2.2 RESTRICCIONES

CANTIDAD DE PROVEEDORES A UTILIZAR . Las organizaciones humanitarias tienen que elegir el número de proveedores con el cual desearían trabajar, vimos que no es recomendable depositar toda la responsabilidad en un solo proveedor ya que podría no darse abasto para el surtimiento o desabastecer la demanda de las regio-

nes; pero tampoco es deseable hacerlo con todos los proveedores disponibles ya que por cada contrato hay un costo. Por lo tanto, definimos los parámetros η_{min} y η_{max} que indican el número mínimo y máximo de proveedores. Esto podrá ser definido por la organización humanitaria de acuerdo a sus propias políticas.

La restricción del modelo la formulamos así:

$$\sum_{i \in I} Y_i \geq \eta_{min} \quad \forall i \in I \quad (3.2)$$

$$\sum_{i \in I} Y_i \leq \eta_{max} \quad \forall i \in I \quad (3.3)$$

COBERTURA DE LA DEMANDA . Cada una de las regiones podrá tener una demanda específica después de un desastre o contingencia. Como se mencionó anteriormente, tendremos una demanda d_{kr}^s , es decir, de un producto k en una región r dado un escenario s . Esta demanda, deberá ser cubierta por la organización humanitaria y, en caso de que su capacidad sea sobrepasada, por el gobierno federal. Por lo tanto, nuestra restricción que asegura que la demanda sea cubierta está formulada de la siguiente manera:

$$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} Q_{iklmr}^s + E_{kr}^s \geq d_{kr}^s \quad \forall k \in K, r \in R, s \in S \quad (3.4)$$

Debido a que los diferentes productos pueden llegar a tener un rango de precios muy variado, es decir, el precio por un producto como una botella de agua no es comparable con el rango de precio de un taladro, es esperado que el modelo tienda a seleccionar proveedores del artículo más barato dada la función objetivo de minimizar los costos. Para evitar esto, se ha establecido que la demanda de cada producto sea cubierta en al menos un porcentaje mínimo para cada producto. Esto lo representamos con la siguiente ecuación:

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} Q_{iklmr}^s \geq d_{kr}^s \theta \quad \forall k \in K, s \in S \quad (3.5)$$

NIVEL DE SERVICIO . Esta restricción procura que un porcentaje de la demanda sea cubierta en el primer intervalo de tiempo de entrega (z_{kl}^s). Es decir, la organización y los proveedores tendrán que establecer un tiempo de entrega, por ejemplo 5 a 7 días, en el que deberán entregar los artículos requeridos. Algunos proveedores, podrán ofrecer (o no) descuentos por entregas más largas. Sin embargo, en logística humanitaria es importante la entrega oportuna de artículos humanitarios en el lugar que se requieren.

$$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} Q_{iklmr}^s \geq z_{kl}^s d_{kr}^s \quad \forall k \in K, l \in L, r \in R, s \in S \quad (3.6)$$

RESERVA DE CAPACIDAD . Los contratos establecen una capacidad reservada por cada proveedor, es decir, se comprometen a surtir al menos una cantidad de artículos pero no más del límite acordado. Denotaremos este parámetro como v_i^{max} . Queremos que el modelo contemple que esta capacidad no debe excederse. Es importante anotar que, por el tamaño de las regiones del caso de estudio, la capacidad reservada de los proveedores es para todas las regiones en conjunto y no para cada una.

$$\sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} Q_{iklmr}^s \leq v_{ik}^{max} y_i \quad \forall i \in I, k \in K, s \in S \quad (3.7)$$

INTERVALOS DE TIEMPO Y CAPACIDAD . Tendremos también una cantidad intervalos dada por cada proveedor i para cada artículo k para una region r ; habrá un intervalo menor y uno mayor a los que definiremos como α_{kilmr}^s y β_{kilmr}^s . Buscamos que el modelo no ordene menos que el mínimo ni más del máximo, y lo formulamos de la siguiente manera, auxiliados por una variable X_{kilmr}^s :

$$Q_{iklmr}^s \geq X_{kilmr}^s \alpha_{kilmr} \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \quad (3.8)$$

$$Q_{iklmr}^s \leq X_{iklmr}^s \beta_{iklmr} \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \quad (3.9)$$

PRESUPUESTO . Esta restricción, procura que los costos de comprarle a los proveedores y los costos por contratos no excedan el presupuesto de la organización. Una vez que se ha agotado el esto, el modelo deberá aprovisionar el resto de los insumos de una fuente externa:

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} u_{iklmr} Q_{iklmr}^s + \sum_{i \in I} f_i y_i \leq \text{presupuesto} \quad (3.10)$$

Por último, definimos las restricciones lógicas o de estado:

$$Q_{iklmr}^s \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \quad (3.11)$$

$$E_{kr}^s \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall k \in K, r \in R, s \in S \quad (3.12)$$

$$Y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (3.13)$$

$$X_{iklmr}^s \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \quad (3.14)$$

Ahora que hemos definido el objetivo y formulado matemáticamente las restricciones a las que sujetaremos este modelo, podemos plasmar el modelo completo como se muestra a continuación.

$$\min \sum_{i \in I} f_i Y_i$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{s \in S} p_s \left[\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} u_{kilmr} Q_{kilmr}^s + \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} \omega_k E_{kr}^s \right] \\
\text{sujeto } a : & \sum_{i \in I} Y_i \geq \eta_{min} \quad \forall i \in I \\
& \sum_{i \in I} Y_i \leq \eta_{max} \quad \forall i \in I \\
& \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} Q_{iklmr}^s + E_{kr}^s \geq d_{rk}^s \quad \forall k \in K, r \in R, s \in S \\
& \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} Q_{iklmr}^s \geq d_{kr}^s \theta \quad \forall k \in K, s \in S \\
& \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} Q_{iklmr}^s \geq z_{kl}^s d_{kr}^s \quad \forall k \in K, l \in L, r \in R, s \in S \\
& \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} Q_{iklmr}^s \leq v_{ik}^{max} y_i \quad \forall i \in I, k \in K, s \in S \\
& Q_{iklmr}^s \geq X_{kilmr}^s \alpha_{kilmr}^s \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \\
& Q_{iklmr}^s \leq X_{kilmr}^s \beta_{kilmr}^s \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \\
& \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} u_{kilmr} Q_{kilmr}^s + \sum_{i \in I} f_i y_i \leq \text{presupuesto} \\
& Q_{iklmr}^s \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S \\
& E_{kr}^s \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall k \in K, r \in R, s \in S \\
& Y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \\
& X_{kilmr}^s \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, s \in S
\end{aligned}$$

En los próximos capítulos utilizaremos el modelo anterior para buscar una situación óptima creando escenarios basado en datos históricos de la entidad. Dicha información es importante para determinar el parámetro de probabilidad (p_s) que hemos mencionado con anterioridad. Como se planteó al inicio de este capítulo, esta etapa será experimental donde haremos pruebas con la información mencionada y mejoras en caso de ser necesarias.

CAPÍTULO 4

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este capítulo se abordará la creación de una instancia con la cual se experimentará utilizando el modelo estocástico de dos etapas propuesto en el capítulo anterior. Para ello, iniciaremos con la creación de los escenarios que utilizaremos para alimentar el parámetro p_s de nuestro modelo. Posteriormente, revisaremos la creación de la demanda. Como se comentó con anterioridad, la demanda durante un desastre es desconocida, sin embargo, nos basaremos en información histórica para crear una demanda aleatoria para cada uno de los escenarios. Y finalmente, se describirán los detalles de los datos restantes utilizados para la experimentación así como los supuestos considerados para la misma.

4.1 CREACIÓN DE ESCENARIOS

El parámetro p_s del modelo matemático, representa la probabilidad de que ocurra un escenario. En el capítulo anterior, vimos que los fenómenos hidrometeorológicos que mayormente afectan el Estado de Nuevo León son tormentas tropicales y huracanes de categoría I y II; así mismo, éstos fenómenos suelen entrar por la costa del Estado de Tamaulipas, por lo que a Nuevo León impactan por el lado este de la entidad.

Consideramos las 5 regiones del Estado: Norte, Sur, Oriente, Citrícola y Metropolitana, para hacer las combinaciones posibles. Las regiones Oriente y Citrícola, debido a su ubicación se consideran ser siempre afectadas por los fenómenos de este tipo por lo que las llamamos «regiones fijas»; y las combinaciones se harán con el resto de las regiones, dando como resultado la Tabla 4.1.

Dada la trayectoria de los ciclones tropicales, descartamos que solamente se pueda afectar a dos regiones (Oriente y Citrícola); también se descartó la combinación donde las regiones afectadas sean Oriente–Citrícola–Norte–Sur pero no la Metro, debido a que ésta se encuentra entre la Norte y Sur y creemos improbable que ésta combinación suceda. Sin embargo, en la combinación número seis se considera la afectación de todas las regiones, es decir, todo el Estado es impactado por el fenómeno hidrometeorológico.

TABLA 4.1: Escenarios de impacto a las regiones del Estado de Nuevo León

| Combinación | Regiones fijas | Región |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 1 | Oriente – Citrícola | Norte |
| 2 | Oriente – Citrícola | Sur |
| 3 | Oriente – Citrícola | Metro |
| 4 | Oriente – Citrícola | Norte – Metro |
| 5 | Oriente – Citrícola | Sur – Metro |
| 6 | Oriente – Citrícola | Norte – Sur – Metro |

Una vez que hemos obtenido las combinaciones posibles de regiones afectadas, las vinculamos a cada uno de los posibles ciclones que afectan la ciudad. Consideramos a las tormentas tropicales, huracán categoría II y huracán categoría III como fenómenos de bajo, mediano, y alto impacto respectivamente, dando como resultado un total de **18 escenarios**.

El modelo estocástico deberá incluir la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los 18 escenarios cuya suma sea igual a 1, es decir $\sum_{s \in S} p_s = 1$. Para ello, realizamos en una hoja de cálculo de probabilidad de la siguiente manera.

1. Se genera un número aleatorio para cada escenario, \bar{p}_s ; dependiendo el impacto, se genera un número con distribución uniforme de $U [80, 100]$, $U [20, 40]$, y $U [0, 20]$ para tormenta tropical, huracán categoría II y huracán categoría III respectivamente; cada número generado se divide entre 100.
2. Cada número \bar{p}_s generado es dividido entre la suma de todos los números aleatorios generados, es decir $p_s = \bar{p}_s / \sum_{s \in S} \bar{p}_s$.

El árbol de escenarios podemos observarlo en la Figura 4.1 donde vemos los 18 escenarios y la probabilidad de ocurrencia de cada uno empleando los dos pasos anteriores para la probabilidad escalada. Se observa que la probabilidad de ocurrencia de los escenarios donde las regiones son azotadas por una tormenta tropical es mayor que aquellos donde son afectadas por un huracán categoría III. Esta probabilidad es, por supuesto, aleatoria pero se pretende que reflejen hechos cercanos a la realidad.

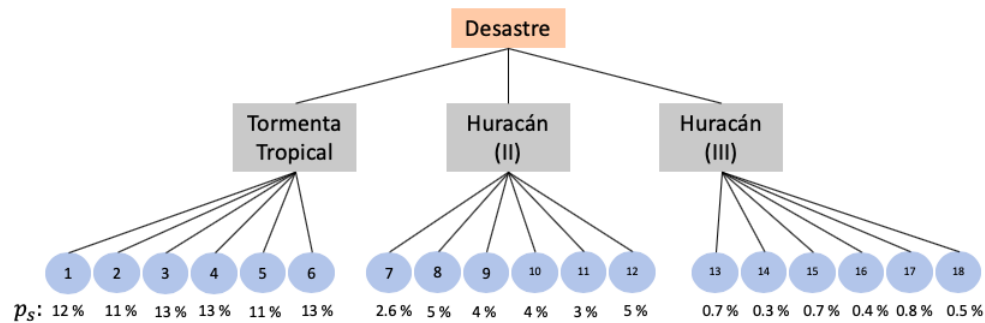


FIGURA 4.1: Probabilidad de ocurrencia de un escenario.

Fuente: elaboración propia

4.2 CREACIÓN DE ESCENARIOS DE DEMANDA

Para la creación de la demanda, se realizó algo similar al árbol de probabilidad de ocurrencia. En este caso, los ciclones tropicales generan una demanda baja, para tormentas tropicales; media, para huracanes categoría II; y alta, para huracanes

categoría III. Cabe mencionar que la unidad de medida de cada artículo k no es siempre la misma, por ello, la demanda se basará en la cantidad de damnificados y posteriormente se hará el cálculo de la demanda real de cada artículo. Basado en las combinaciones hechas, cada región genera un número aleatorio de damnificados dependiendo el tipo de ciclón tropical por la que es golpeada. Para ello se siguieron los pasos que se describen a continuación:

1. Se genera número aleatorio con distribución uniforme para cada región por escenario a excepción de aquellas regiones que no son golpeadas en un escenario determinado.
2. En las regiones Norte, Oriente, Sur y Citrícola, este número es multiplicado por 0.05 que es el porcentaje aproximado del total de la población en las regiones diferentes a la Metropolitana. Lo representamos como $d_{kr \notin p}^s$.
3. En la región Metropolitana, el número aleatorio es multiplicado por 0.8, que representa el 80 % de la población total que habita en esta región; representado como d_{kp}^s .
4. Se obtiene el total por escenario.

Es importante mencionar que los números aleatorios generados deberán estar basados en información histórica de la región caso de estudio para conocer el mínimo y máximo de personas damnificadas que puede dejar un desastre. Es decir, que la demanda debe ser coherente con la cantidad de habitantes de la zona y con el tipo de fenómeno que la afecta.

De acuerdo a «diversas fuentes de medios de comunicación y reportes», los números aleatorios generados para cada tipo de impacto fueron: Entre 100 y 5,000 para tormentas tropicales; entre 5,000 y 15,000 para huracanes categoría II; y entre 15,000 y 50,000 para huracanes categoría III.

Aplicando lo anterior, la Tabla 4.2 muestra la cantidad de damnificados total por cada uno de los escenarios.

TABLA 4.2: Total de damnificados por escenario.

| Escenario# | Fenómeno | Probabilidad | Total de damnificados |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | Tormenta tropical | 12.48 % | 501 |
| 2 | Tormenta tropical | 12.75 % | 183 |
| 3 | Tormenta tropical | 11.83 % | 3556 |
| 4 | Tormenta tropical | 12.22 % | 2812 |
| 5 | Tormenta tropical | 12.75 % | 2300 |
| 6 | Tormenta tropical | 10.78 % | 994 |
| 7 | Huracán categoría II | 2.63 % | 1993 |
| 8 | Huracán categoría II | 3.15 % | 1318 |
| 9 | Huracán categoría II | 5.12 % | 12974 |
| 10 | Huracán categoría II | 5.12 % | 7578 |
| 11 | Huracán categoría II | 3.55 % | 10275 |
| 12 | Huracán categoría II | 3.55 % | 6555 |
| 13 | Huracán categoría III | 0.26 % | 4727 |
| 14 | Huracán categoría III | 0.13 % | 4683 |
| 15 | Huracán categoría III | 1.31 % | 33427 |
| 16 | Huracán categoría III | 0.26 % | 37239 |
| 17 | Huracán categoría III | 1.18 % | 20218 |
| 18 | Huracán categoría III | 0.92 % | 38782 |

4.3 INSTANCIA DE EXPERIMENTACIÓN

Para experimentar con el modelo formulado se generó una instancia con los 18 escenarios presentados en la sección anterior y su probabilidad de ocurrencia así como la demanda de las regiones se realizará siguiendo los pasos ya mencionados.

4.3.1 ARTÍCULOS A APROVISIONAR

Se consideran los siguientes artículos: **agua embotellada y cobijas.**

El agua es vital para las personas. Consideramos que cada persona consume un mínimo de 2 litros de agua diarios y que se requiere surtir dicha cantidad por 1 semana completa de 7 días. Es decir que, por cada damnificado se requerirán 14 litros de agua. Mediante el apoyo de Jonathan Gómez, estudiante de ingeniería y durante su estancia de investigación, se contactó con proveedores de agua embotellada en el área metropolitana de Monterrey, los cuales ofrecían sus productos en presentación de botellas de plástico de 500 mililitros y en paquetes con 24 botellas, esto quiere decir que 1 paquete contiene 12 litros de agua.

Las cobijas por su parte, es un artículo que suele requerirse para las personas que buscan albergues debido a que sus viviendas han sido afectadas. Consideramos que un 30% de los damnificados acudirán a un albergue y que, por lo tanto, necesitarán una cobija. Esto quiere decir que, 30 de cada 100 damnificados requerirían una cobija. Para este artículo también se recibió una cotización con diferentes tipos de cobijas y se tomó la de menor precio arbitrariamente.

Cabe mencionar que para la instancia se puede suponer que tanto las cobijas como el agua embotellada son adquiridas en la presentación requerida por PCNL.

La probabilidad y la demanda por artículo de cada una de las regiones puede observarse en la Tabla 4.3

TABLA 4.3: Probabilidad de escenarios y demanda por artículo

| Escenario# | Scaled Prob | Demanda de agua | | | | | Demanda de cobijas | | | | |
|------------|-------------|-----------------|-----------|-------|------|---------------|--------------------|-----------|-------|-----|---------------|
| | | Oriente | Citrícola | Norte | Sur | Metropolitana | Oriente | Citrícola | Norte | Sur | Metropolitana |
| 1 | 12.48% | 275 | 46 | 264 | 0 | 0 | 71 | 12 | 68 | 0 | 0 |
| 2 | 12.75% | 17 | 85 | 0 | 112 | 0 | 4 | 22 | 0 | 29 | 0 |
| 3 | 11.83% | 127 | 108 | 0 | 0 | 3914 | 33 | 28 | 0 | 0 | 1007 |
| 4 | 12.22% | 281 | 257 | 187 | 0 | 2555 | 72 | 66 | 48 | 0 | 657 |
| 5 | 12.75% | 35 | 153 | 0 | 157 | 2337 | 9 | 39 | 0 | 40 | 601 |
| 6 | 10.78% | 117 | 243 | 121 | 153 | 525 | 30 | 62 | 31 | 39 | 135 |
| 7 | 2.63% | 822 | 728 | 776 | 0 | 0 | 211 | 187 | 200 | 0 | 0 |
| 8 | 3.15% | 337 | 772 | 0 | 429 | 0 | 87 | 198 | 0 | 110 | 0 |
| 9 | 5.12% | 408 | 855 | 0 | 0 | 13874 | 105 | 220 | 0 | 0 | 3568 |
| 10 | 5.12% | 480 | 468 | 781 | 0 | 7112 | 123 | 120 | 201 | 0 | 1829 |
| 11 | 3.55% | 318 | 386 | 0 | 621 | 10662 | 82 | 99 | 0 | 160 | 2742 |
| 12 | 3.55% | 617 | 406 | 808 | 506 | 5310 | 159 | 104 | 208 | 130 | 1365 |
| 13 | 0.26% | 2849 | 1775 | 891 | 0 | 0 | 733 | 456 | 229 | 0 | 0 |
| 14 | 0.13% | 2067 | 1936 | 0 | 1460 | 0 | 532 | 498 | 0 | 375 | 0 |
| 15 | 1.31% | 2746 | 1187 | 0 | 0 | 35064 | 706 | 305 | 0 | 0 | 9017 |
| 16 | 0.26% | 1117 | 1302 | 2519 | 0 | 38507 | 287 | 335 | 648 | 0 | 9902 |
| 17 | 1.18% | 1313 | 2783 | 0 | 1084 | 18408 | 338 | 716 | 0 | 279 | 4734 |
| 18 | 0.92% | 1701 | 1500 | 2733 | 2402 | 36910 | 437 | 386 | 703 | 618 | 9491 |

4.3.2 OFERTA DE LOS PROVEEDORES

Para la instancia se consideran **10 proveedores, 5 de agua embotellada y 5 de cobijas.**

Existe un costo fijo por firmar un contrato con un proveedor candidato. Para la instancia se fijó en un costo de \$1,000.00 pesos.

La compra mínima de agua embotellada y de cobijas es de 100 unidades. Sin embargo, los proveedores ofrecen un 5% si se compran más de 1,000 paquetes de agua embotellada; por su parte los proveedores de cobijas, ofrecen 5% de descuento arriba de 500 unidades. Los precios y descuentos pueden verse en la Tabla 4.4.

TABLA 4.4: Tabla de precios de proveedores

| | | Precio Ofrecido <100 unidades | Precio Segundo intervalo de cantidad | Precio en el segundo intervalo de tiempo de entrega |
|---------|--------------|----------------------------------|--|---|
| Agua | Proveedor 1 | \$ 81.00 | \$ 76.95 | \$ 73.10 |
| | Proveedor 2 | \$ 90.00 | \$ 85.50 | \$ 81.23 |
| | Proveedor 3 | \$ 93.0 | \$ 88.35 | \$ 83.93 |
| | Proveedor 4 | \$ 80.00 | \$ 75.00 | \$ 72.20 |
| | Proveedor 5 | \$ 83.00 | \$ 78.85 | \$ 74.91 |
| Cobijas | Proveedor 6 | \$ 133.00 | \$ 126.35 | \$ 120.03 |
| | Proveedor 7 | \$ 129.00 | \$ 122.55 | \$ 116.42 |
| | Proveedor 8 | \$ 120.00 | \$ 114.00 | \$ 108.3 |
| | Proveedor 9 | \$ 135.00 | \$ 128.25 | \$ 121.84 |
| | Proveedor 10 | \$ 122.00 | \$ 115.90 | \$ 110.11 |

Así mismo el costo por unidad adquirida del gobierno federal se fijó en \$1,000 pesos por unidad.

Por último, se establece con los proveedores que el primer intervalo de tiempo de entrega es de 5 a 7 días, mientras que el segundo intervalo de tiempo de entrega es de 8 a 10 días naturales; y que el nivel de servicio deseado es del 30 % de la demanda cubierta en el primer intervalo. Es decir, todo los proveedores deben comprometerse a que al menos el 30 % de la demanda requerida se debe suministrar entre 5 y 7 días naturales. La capacidad reservada de los proveedores de agua es de 10,000 unidades y de 4,000 unidades para los proveedores de cobijas. Esta capacidad es para suministrar a todo el Estado y no para cada región.

4.3.3 PRESUPUESTO

PCNL sostiene un presupuesto anual que para 2020 fue de 21 millones de pesos. Para la experimentación consideramos que la institución desea utilizar solamente 1.5 millones de pesos para la compra agua embotellada y cobijas. El modelo deberá hacer uso del presupuesto únicamente para lo aprovisionado de los proveedores, es decir, para la variable Q_{iklmr}^s , el resto de la demanda deberá ser aprovisionada del gobierno federal.

4.3.4 SUPUESTOS DE LA INSTANCIA

A continuación se describen los supuestos hechos en la experimentación con la instancia del modelo matemático:

1. Los proveedores candidatos han sido previamente aprobados por PCNL y sus artículos cumplen con las especificaciones necesarias y previamente establecidas por la institución.
2. Los proveedores aceptan, mediante el acuerdo marco, el suministrar el 30% de los productos dentro del primer intervalo de tiempo, 5 – 7 días naturales y que el costo pagadero por el contrato es de \$1,000 pesos.
3. No existen costos de penalidad por incumplimiento de contrato por ninguna de las partes.

4.3.5 EQUIPO UTILIZADO PARA LA EXPERIMENTACIÓN

Para la experimentación se utilizó el programa *General Algebraic Modeling System* utilizando el solver CPLEX. Así mismo, éste se corrió en un computador con procesador AMD A6-3620 APU 2.20 GHz y una memoria RAM de 6 GB.

4.4 RESULTADOS

La instancia fue resuelta en un tiempo de 0.219 segundos resolviendo para 14,591 variables. Los resultados de la instancia los hemos ubicado en la Tabla 4.5 y podemos hacer las siguientes observaciones:

TABLA 4.5: Tabla de resultados

| Resultados de la experimentación | Presupuesto 1.5 MDP |
|---|----------------------------|
| Proveedores seleccionados | |
| Total | 3 |
| Agua | 2 |
| Cobijas | 1 |
| Costo Total | |
| Costo de aprovisionamiento local | \$ 436,223.83 |
| Costo fijo | \$ 3,000.00 |
| Costo de aprovisionamiento Federal | \$ 1,011,507.60 |
| Demanda cubierta por los proveedores | |
| Demanda cubierta 5-7 días | 58 % |
| Demanda cubierta 8-10 días | 37 % |
| Demanda cubierta 8-10 días | 22 % |

OBSERVACIÓN 1. De los 10 proveedores disponibles, solamente se seleccionaron 3. Dos proveedores de agua y uno de cobijas. Así mismo, puesto que todos los proveedores tenían los mismos costos fijos e intervalos de tiempo de entrega, y capacidad reservada, el modelo seleccionó los tres proveedores con los costos más bajos. Esto es esperado dada la naturaleza del modelo para minimizar costos y se comprueba que el modelo arrojó una solución coherente en este aspecto.

OBSERVACIÓN 2. La demanda cubierta en el primer intervalo de tiempo de entrega (5-7 días) se cumple satisfactoriamente e inclusive se excede. La demanda total cubierta por los proveedores seleccionados es del 100 % en los escenarios

1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13, y 14. Sin embargo para los escenarios 9,15,16,17, y 18 es necesaria la ayuda del gobierno federal para poder cumplir cabalmente con la demanda. Es por esto que el total que puede cubrirse con este presupuesto para todos los escenarios es de un 58 %, aunque se considera que podría cubrirse en un 100 % para los escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia.

4.5 ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO

OBSERVACIÓN 3. De acuerdo con la información arrojada por el modelo, un presupuesto de 450 mil pesos podría cubrir los costos aprovisionamiento en aquellos escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia (Ver Tabla 4.6). Es importante notar que, los escenarios de mayor impacto (y a su vez con menor probabilidad de ocurrencia), utilizan un presupuesto de al menos 1.5 millones de pesos, es decir que, el modelo sería inviable si se asigna un presupuesto menor.

TABLA 4.6: Presupuesto utilizado por escenario

| =— | EQU presupuesto | | | |
|-----|-----------------|-----------------|----------|----------|
| | LOWER | LEVEL | UPPER | MARGINAL |
| s1 | -INF | 9.01E+04 | 1.50E+06 | . |
| s2 | -INF | 6.40E+04 | 1.50E+06 | . |
| s3 | -INF | 4.45E+05 | 1.50E+06 | . |
| s4 | -INF | 3.60E+05 | 1.50E+06 | . |
| s5 | -INF | 3.13E+05 | 1.50E+06 | . |
| s6 | -INF | 1.60E+05 | 1.50E+06 | . |
| s7 | -INF | 2.61E+05 | 1.50E+06 | . |
| s8 | -INF | 1.75E+05 | 1.50E+06 | . |
| s9 | -INF | 1.50E+06 | 1.50E+06 | . |
| s10 | -INF | 9.17E+05 | 1.50E+06 | . |
| s11 | -INF | 1.24E+06 | 1.50E+06 | . |
| s12 | -INF | 8.02E+05 | 1.50E+06 | . |
| s13 | -INF | 5.80E+05 | 1.50E+06 | . |
| s14 | -INF | 5.72E+05 | 1.50E+06 | . |
| s15 | -INF | 1.50E+06 | 1.50E+06 | . |
| s16 | -INF | 1.50E+06 | 1.50E+06 | . |
| s17 | -INF | 1.50E+06 | 1.50E+06 | . |
| s18 | -INF | 1.50E+06 | 1.50E+06 | . |

4.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Después de revisar los resultados de la instancia de experimentación, se realizó un análisis para observar el comportamiento del modelo. Los cambios aplicados fueron 1) el aumento en el presupuesto y 2) aumento en el nivel deseado de servicio. Ver Tabla 4.7.

TABLA 4.7: Resultados tras modificación del nivel de servicio y nivel de presupuesto.

| Nivel de servicio | Presupuesto (mdp) | Costo total (mdp) | Proveedores | Cobertura | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|----------------|--------------|----------|
| | | | | 1er. intervalo | 2º intervalo | Total |
| 30 | 1.5 | \$ 1.45 | 3 | 36.80 % | 21.50 % | 58.30 % |
| 30 | 2 | \$ 1.20 | 4 | 37.60 % | 30.50 % | 68.20 % |
| 30 | 3 | \$ 0.86 | 6 | 38.30 % | 45.20 % | 83.50 % |
| 30 | 4 | \$ 0.62 | 8 | 38.40 % | 57.00 % | 95.50 % |
| 30 | 4.75 | \$ 0.54 | 8 | 39.10 % | 61.10 % | 100.20 % |
| 50 | 2.5 | \$ 1.05 | 5 | 56.90 % | 18.10 % | 75.00 % |
| 50 | 3 | \$ 0.90 | 6 | 56.70 % | 25.40 % | 82.10 % |
| 50 | 4 | \$ 0.64 | 8 | 56.80 % | 38.00 % | 94.80 % |
| 50 | 4.75 | \$ 0.55 | 8 | 57.80 % | 42.20 % | 100.10 % |
| 70 | 3.5 | \$ 0.79 | 7 | 75.60 % | 11.60 % | 87.30 % |
| 70 | 4 | \$ 0.66 | 7 | 76.00 % | 17.70 % | 93.70 % |
| 70 | 4.75 | \$ 0.55 | 8 | 77.60 % | 22.30 % | 99.90 % |

OBSERVACIÓN 4. Los costos totales son inversamente proporcionales al nivel de presupuesto asignado mientras que la cantidad de proveedores seleccionados es directamente proporcional al nivel de presupuesto. Se observa que los costos de aprovisionar son menores cuando se cuenta con mayores recursos económicos para el aprovisionamiento de estos artículos, esto debido a que se tiene opción de utilizar la capacidad reservada de más proveedores seleccionados lo que permite acceder a precios más económicos. A mayor presupuesto, mayor es la cantidad de proveedores seleccionados, y menores los costos totales.

OBSERVACIÓN 5. El nivel de servicio aumenta la necesidad de un presupuesto mayor. Debido a la restricción que asegura el suministro de artículos humanitarios en un tiempo de entrega menos, y por lo tanto a un mayor costo, el presupuesto asignado para aprovisionar de un proveedor es mayor.

OBSERVACIÓN 6. En algunos casos, la cobertura de demanda es rebasada debido a los mínimos de compra establecidos por los proveedores.

OBSERVACIÓN 7. Se aprecia que los artículos aprovisionados en el primer intervalo de tiempo son muy cercanos al nivel de servicio requerido; una vez cumplido, el modelo trata de aprovisionar el resto de los productos en el segundo intervalo de tiempo debido a que los costos son menores. A mayor presupuesto, mayor es la cobertura que puede adquirirse en el 2º intervalo de tiempo.

OBSERVACIÓN 8. Las soluciones en los niveles de servicio del 50 % y 70 % requieren un presupuesto mínimo de 2.5 y 3.6 millones de pesos respectivamente. Un monto menor arrojaría una solución inviable debido a la restricción de nivel de servicio contenida en el modelo matemático.

OBSERVACIÓN 9. El presupuesto de 4.75 millones de pesos es suficiente para cubrir la demanda total generada en cualquiera de los escenarios por lo que, implicaría una autosuficiencia de la organización para atender sus necesidades y no requerir apoyos federales.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

La logística humanitaria es, sin duda, un campo que ha sido relativamente poco explorado y que, sin embargo, es de gran relevancia para múltiples sociedades. Su importancia principal radica en el alivio del sufrimiento a causa de desastres (naturales o no) que han sucedido a lo largo del tiempo y que muy probablemente continuarán sucediendo.

Si bien, en sus diferentes etapas se llevan a cabo diversas actividades con un objetivo global, la logística propiamente dicha como un plan detallado, encuentra su principal desarrollo en la etapa de preparación. Las organizaciones humanitarias y los diferentes actores involucrados, podrían incrementar su desempeño de manera significativa mediante la planeación y desarrollo de estrategias que serán abordadas en cualquiera de las demás etapas.

Dadas las diferencias significativas entre la logística comercial y humanitaria, es necesario continuar con aportes académicos integrales que ayuden a las organizaciones y a la población en general a estar mejor preparados para una crisis humanitaria.

Los problemas encontrados en esta área de estudio son comunes para muchas comunidades. La gran cantidad de actores que surgen en una cadena humanitaria es uno de los principales problemas. Este trabajo, busca integrar la cadena de suministro humanitaria mediante el fortalecimiento de las relaciones entre una organización

humanitaria y sus proveedores a través del establecimiento de acuerdos.

La anterior investigación, aporta un enfoque cuantitativo para la toma de decisiones en una organización humanitaria. Los resultados de dicho trabajo indican que sí es posible minimizar los costos y tiempos de entrega asociados al aprovisionamiento de artículos humanitarios mediante la implementación de herramientas cuantitativas para la selección de proveedores. Así mismo, se demostró que la programación matemática es útil para éste propósito enfocando el modelo a la minimización de costos. A pesar de que el uso de esta herramienta ya había sido utilizado en diferentes trabajos de profesionales en logística, consideramos que la principal aportación de este trabajo está basada en la restricción de presupuesto dados los fondos limitados de estas organizaciones y la posibilidad de conocer las cantidades a aprovisionar de una fuente diferente a los proveedores que, en el caso de estudio planteado, fue el gobierno federal.

El modelo propuesto proporciona una solución óptima de acuerdo al tipo de escenarios presentados y su distribución de probabilidad y arrojando un porcentaje de demanda cubierta del 100 % para 14 de los 18 escenarios generados, y hasta un 58 % de la demanda cubierta en los demás escenarios donde la demanda es disparada considerablemente a consecuencia del tipo de fenómeno que impacta la entidad caso de estudio. Lo anterior es posible para un presupuesto mínimo de 1.5 mdp ya que, como se observó, un presupuesto menor sería inviable para cumplir con el nivel de servicio que se requiere en el modelo. Esto es importante para la toma de decisiones de la organización humanitaria (y por ende para los gobiernos si hablamos de organizaciones ligadas a dicho cuerpo), puesto que proporciona información sobre la cantidad de recursos que se necesitan emplear para la asistencia ante un desastre natural; y sobre el mínimo de recursos necesarios para poder hacer frente a estas catástrofes sin la necesidad de recurrir a otras fuentes (como el gobierno federal) para cubrir la demanda de las personas afectadas.

Con base en la instancia de experimentación, nuestro modelo selecciona 3 pro-

veedores con los que es posible tener una cobertura esperada del 58 %. Sin embargo, es posible tener una cobertura amplia en los escenarios de mayor probabilidad de ocurrencia. Así mismo podemos agregar que, para no recurrir al gobierno federal, el nivel de presupuesto tendría que aumentarse hasta 4.75 millones de pesos. Esta información es relevante para la toma de decisiones de la organización humanitaria y para la asignación de recursos de las administraciones estatales.

5.1 APORTACIONES

1. *Herramienta integral.* Las principal aportación de este trabajo es una estrategia integral de integración de la cadena de suministro humanitaria que puede ser utilizada por organizaciones humanitarias (o no) y que, proporciona información relevante sobre la selección de proveedores cuando se tiene un presupuesto limitado.
2. *Estudio relevante para la entidad caso de estudio.* Una segunda aportación es que, el caso de estudio presentado en esta investigación, es de gran importancia para la región, es decir, el Estado de Nuevo León, dada su alta probabilidad de ser afectado por fenómenos de tipo hidrometeorológico. Sin embargo, la aplicación de la metodología de esta investigación no se limita a este tipo de desastres y por lo tanto puede servir como guía para futuras investigaciones en logística humanitaria.
3. *Enfoque realista.* El trabajo presentado está basado en datos que nos proporcionan un enfoque cercano a la realidad de esta investigación, es decir, que se consideró una organización real con un problema real, por lo que los resultados brindan una solución realista y que, si bien pueden alimentarse con datos aún más duros, pueden brindar una estrategia a las organizaciones humanitarias para abordar un problema real de presupuesto limitado y selección de proveedores de artículos humanitarios.

5.2 TRABAJO FUTURO

La selección de proveedores presentada en este trabajo está enfocada principalmente en la etapa final de un proceso de compra común. Sin embargo, como trabajo futuro se propone utilizar herramientas multicriterio para la selección de una cartera de proveedores, es decir, tomar un paso antes de la etapa final presentada en la investigación y analizar cuáles son los criterios a ser tomados en cuenta en la selección de proveedores de una organización humanitaria con la finalidad de elegir a los proveedores que sean aptos y capacitados para contribuir en las actividades estratégicas de la logística humanitaria.

APÉNDICE A

ANEXOS

A.1 COTIZACIONES

Proveedor: La Nueva Perla

Fecha de cotización: marzo 2020

Artículo cotizado:

Cobertor Cataluña

1.60 x 2.00 mts. MATRIMONIAL. Composición: 70 % Lana, 30 % otras fibras.

Precio Unitario: \$134.00

Proveedor: Aqua Vita

Fecha de cotización: marzo 2020

Artículo cotizado:

Botella agua purificada 500 ml. Aqua Vita paquete con 24 piezas.

Precio Unitario: \$ 84.00

BIBLIOGRAFÍA

- (2010), «EL ECONOMISTA», URL <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Suman-15-muertos-por-paso-de-Alex-en-NL-20100706-0170.html>.
- (2020), «Standard Products Catalogue», URL <https://itemscatalogue.redcross.int/>.
- AGHAJANI, M., S. A. TORABI y J. HEYDARI (2020), «A novel option contract integrated with supplier selection and inventory prepositioning for humanitarian relief supply chains», *Socio-Economic Planning Sciences*, (January), URL <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.100780>.
- BALCIK, B. y D. AK (2014), «Supplier selection for framework agreements in humanitarian relief», *Production and Operations Management*, **23**(6), págs. 1028–1041.
- BALCIK, B., B. M. BEAMON, C. C. KREJCI, K. M. MURAMATSU y M. RAMIREZ (2010), «Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities», *International Journal of Production Economics*, **126**(1), págs. 22–34, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.09.008>.
- BOER, L. D., E. LABRO y P. MORLACCHI (2001), «A review of methods supporting supplier selection», *European Journal of Purchasing & Supply Management* *7*, (June), págs. 75–89.
- CASTRO, W. A. S., Ó. D. C. GÓMEZ y L. F. O. FRANCO (2009), «Selección de

- proveedores: una aproximación al estado del arte», *Cuadernos de Administración*, **22**(38), págs. 145–167.
- CENAPRED (2017), «Impacto socioeconómico de desastres de 2000 a 2015», .
- CHRISTOPHER, M. (2011), *Logistics and Supply Chain Management*, cuarta edición, Prentice Hall UK.
- CONAGUA (2010), «Análisis de la Temporada de Ciclones Tropicales 2010», URL <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2010.pdf>.
- ERTEM, M. A., N. BUYURGAN y M. D. ROSSETTI (2010), «Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management», *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, **40**(3), págs. 202–227.
- GHOORBANI, M. y R. RAMEZANIAN (2020), «Integration of carrier selection and supplier selection problem in humanitarian logistics», *Computers and Industrial Engineering*, **144**(April), pág. 106473, URL <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106473>.
- GÓMEZ, D. M., W. SARACHE y M. TRUJILLO (2017), «Identificación y análisis de una red de ayuda humanitaria. Un caso de estudio», *Informacion Tecnologica*, **28**(2), págs. 115–124.
- HAZRA, J. y B. MAHADEVAN (2009), «A procurement model using capacity reservation», *European Journal of Operational Research*, **193**(1), págs. 303–316.
- HU, S. y Z. S. DONG (2019), «Supplier selection and pre-positioning strategy in humanitarian relief», *Omega (United Kingdom)*, **83**, págs. 287–298, URL <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.10.011>.
- HU, S. L., C. F. HAN y L. P. MENG (2017), «Stochastic optimization for joint decision making of inventory and procurement in humanitarian relief», *Compu-*

- ters and Industrial Engineering*, **111**, págs. 39–49, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2017.06.029>.
- IFRC (2019), «Framework Agreements», URL <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/logistics/procurement/framework-agreements/>.
- KISLY, D., A. TERESO y M. S. CARVALHO (2016), «Implementation of multiple criteria decision analysis approaches in supplier selection process: a case study», *New Advances in Information Systems and Technologies*, **445**, págs. 951–960.
- LAACSNL (2013), «Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Nuevo León», URL http://www.hcnl.gob.mx/trabajo_legislativo/leyes/pdf/LEY%20DE%20ADQUISICIONES%2C%20ARRENDAMIENTOS%20Y%20CONTRATACION%CC%81N%20DE%20SERVICIOS%20DEL%20ESTADO%20DE%20NUEVO%20LEON.pdf.
- LI, L. y Z. B. ZABINSKY (2011), «Incorporating uncertainty into a supplier selection problem», *International Journal of Production Economics*, **134**(2), págs. 344–356, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.007>.
- LÓPEZ-VARGAS, J. C. (2018), «Factores de influencia en la coordinación logística para la preparación y atención de desastres – Una revisión de literatura.», *EIA*, **15**(30), págs. 41–56.
- LOZANO, L. y J. FERNÁNDEZ (2008), «Razonamiento basado en casos: Una visión general», *Recuperado el*.
- LPCNL (2019), «Ley de Protección Civil de Nuevo León», URL http://www.hcnl.gob.mx/trabajo_legislativo/leyes/leyes/ley_de_proteccion_civil_para_el_estado_de_nuevo_leon/.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2001), «Logística y gestión de suministros humanitarios en el sector salud», *OMS-OPS. Washington, DC.*, pág. 190.

- OVERSTREET, R. E., D. HALL, J. B. HANNA y R. KELLY RAINER (2011), «Research in humanitarian logistics», *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, **1**(2), págs. 114–131.
- PELCT (2018), «Programa Especial de Lluvias y Ciclones Tropicales 2018», URL <https://www.nl.gob.mx/publicaciones/programa-especial-de-lluvias-y-ciclones-tropicales-2018>.
- RGFONDEN (2010), «Acuerdo por el que se emiten las Reglas Generales del Fondo de Desastres Naturales», URL <https://www.gob.mx/shcp/documentos/>.
- SAATY, T. L. (2005), *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making*, tomo 78, Springer New York, New York, NY, págs. 345–405.
- SAHAY, B. S., S. GUPTA y N. VINOD CHANDRA MENON (2016), «Managing humanitarian logistics», en *Managing Humanitarian Logistics*, Springer Proceedings in Business and Economics, Springer, New Delhi, págs. 1–311.
- SHAHADAT, K. (2003), «Supplier choice criteria of executing agencies in developing countries», *International Journal of Public Sector Management*, **16**(4-5), págs. 261–285.
- TATHAM, P. y K. SPENS (2011), «Towards a humanitarian logistics knowledge management system», *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, **20**(1), págs. 6–26.
- TORABI, S. A., M. BAGHERSAD y S. A. MANSOURI (2015), «Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks», *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **79**, págs. 22–48, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2015.03.005>.
- VAN WASSENHOVE, L. N. (2006), «Blackett memorial lecture humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear», *Journal of the Operational Research Society*, **57**(5), págs. 475–489.

- VENKATESH, V. G., R. DUBEY, P. JOY, M. THOMAS, V. VIJEESH y A. MOOSA (2015), «Supplier selection in blood bags manufacturing industry using TOPSIS model», *International Journal of Operational Research*, **24**(4), págs. 461–488.
- VENKATESH, V. G., A. ZHANG, E. DEAKINS, S. LUTHRA y S. MANGLA (2018), «A fuzzy AHP-TOPSIS approach to supply partner selection in continuous aid humanitarian supply chains», *Annals of Operations Research*, URL <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2981-1>.
- WINSTON, W. L. (2004), *Operations Research: Applications and Algorithms*, cuarta edición, Brooks/Cole.
- ZIMMERMANN, H.-J. (2011), *Fuzzy set theory—and its applications*, Springer Science & Business Media.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Juan Luis Mejía Miranda

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA EL APROVISIONAMIENTO DE
ARTÍCULOS HUMANITARIOS

Juan Luis Mejía Miranda nace en la ciudad de Monterrey, Nuevo León el 8 de julio de 1989. Sus padres, el señor Juan Leonardo Mejía Lara y su esposa, la señora Concepción Miranda Bárcenas. Juan Luis es egresado de la licenciatura en Relaciones Internacionales con acentuación en Comercio Exterior y Aduanas de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el año 2011. Posterior a sus estudios laboró en la industria local principalmente en el área de logística internacional.