

Análisis de la relación entre la política de gestión de inventario y el tiempo de respuesta del sistema logístico humanitario cooperativo colombiano, mediante gestión de proyectos y dinámica de sistemas

ING. JEIMY ANDREA QUIROGA ARDILA

MAESTRÍA EN DISEÑO EN GESTIÓN DE PROCESOS
ÉNFASIS EN SISTEMAS LOGÍSTICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
2019

Análisis de la relación entre la política de gestión de inventario y el tiempo de respuesta del sistema logístico humanitario cooperativo colombiano, mediante gestión de proyectos y dinámica de sistemas.

ING. JEIMY ANDREA QUIROGA ARDILA

**Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Diseño y Gestión de
Procesos**

**Director:
Doctor Dusko Kalenatic**

**MAESTRÍA EN DISEÑO EN GESTIÓN DE PROCESOS
ÉNFASIS EN SISTEMAS LOGÍSTICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
2019**

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a Dios y a mi familia por guiar y acompañar cada paso en mi vida y darme fortaleza para desarrollar este proyecto.

Agradezco a la Universidad de La Sabana y a la Maestría en Diseño y Gestión de Procesos por haberme permitido desarrollar mis estudios a través del programa Asistencia Graduada con el cual adquirí nueva experiencia y conocimientos.

Agradezco a los integrantes del grupo de Investigación en Sistemas Logísticos de la Universidad de La Sabana y de manera especial al Doctor Dusko Kalenatic y al profesor Leonardo José González, quienes guiaron este trabajo y cuyo conocimiento y experiencia en el campo de la investigación fueron fundamentales para su desarrollo.

Mil gracias a las personas que hacen parte de la Facultad de Ingeniería, quienes me acompañaron, apoyaron e hicieron grandes aportes en mi proceso de formación profesional y personal.

Agradezco a los jurados, quienes pacientemente dieron sus recomendaciones para culminar este proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. OBJETIVOS.....	23
4.1. OBJETIVO GENERAL	23
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
5. MARCO DE REFERENCIA	24
5.1. ANTECEDENTES.....	24
5.1.1. <i>Antecedentes de la situación colombiana</i>	24
5.1.2. <i>Revisión bibliográfica</i>	26
5.2. MARCO CONCEPTUAL	42
5.2.1. <i>Desastre de origen natural</i>	42
5.2.2. <i>Desastre Súbito de Gran Magnitud</i>	42
5.2.3. <i>Sistema logístico humanitario colaborativo colombiano</i>	43
5.2.4. <i>Actores generales involucrados en la atención al desastre</i>	44
5.2.5. <i>Respuesta inmediata y tiempo de respuesta</i>	45
5.2.6. <i>Gestión de inventarios multinivel</i>	45
5.2.7. <i>Gestión de proyectos y logística humanitaria</i>	45
5.2.8. <i>Dinámica de Sistemas</i>	47
5.2.9. <i>Relación Colaboración y coordinación</i>	47
5.2.10. <i>Servicio básico de respuesta de Ayuda Humanitaria: alimentaria y no alimentaria (Antes Sub - sistema de Manejo de ayuda)</i>	48
5.2.11. <i>Servicio básico de respuesta de Búsqueda y Rescate (Antes Sub - sistema de Búsqueda y rescate)</i>	48
6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	49
6.1. VARIABLES	49
6.2. ALCANCE	50
6.3. LIMITACIONES.....	51
6.4. HIPÓTESIS.....	51
7. METODOLOGÍA	52

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y PROBLEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN EL SISTEMA HUMANITARIO COLOMBIANO	54
8.1. ACTIVIDADES GENERALES DE ATENCIÓN AL DESASTRE Y PROBLEMAS DE GESTION DE INVENTARIOS	54
8.1.1. <i>Análisis de topología de red de proyecto actividades generales.....</i>	<i>62</i>
8.2. ACTIVIDADES GENERALES DE SOPORTE A LA ATENCIÓN DEL DESASTRE RELATIVAS A LA GESTION DE INVENTARIOS	64
8.2.1. <i>Análisis de topología de red de proyecto actividades de soporte.....</i>	<i>66</i>
8.3. ACTIVIDADES RELATIVAS AL SERVICIO DE RESPUESTA DE BÚSQUEDA Y RESCATE	70
8.3.1. <i>Análisis de topología de red de proyecto actividades del servicio básico de búsqueda y rescate.....</i>	<i>73</i>
8.3.2. <i>Recursos requeridos por las actividades del servicio de respuesta de búsqueda y rescate.....</i>	<i>75</i>
8.4. ACTIVIDADES RELATIVAS AL SERVICIO DE RESPUESTA DE AYUDA HUMANITARIA ALIMENTARIA Y NO ALIMENTARIA	76
8.4.1. <i>Análisis de topología de red de proyecto actividades del servicio básico de ayuda humanitaria.....</i>	<i>77</i>
8.4.2. <i>Recursos requeridos por las actividades del servicio de respuesta de ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria.....</i>	<i>79</i>
9. CATEGORIZACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS MULTINIVEL.....	80
10. MODELO DINÁMICO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS Y ELEMENTOS DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS	90
10.1. PARADIGMA DE DINÁMICA DE SISTEMAS	90
10.2. ANÁLISIS CAUSAL.....	90
10.3. DIAGRAMA DE FORRESTER MODELO BASE	97
10.3.1. <i>Módulo 1. Red de proyecto (Planeada y real).....</i>	<i>97</i>
10.3.2. <i>Módulo 2. Variables no controlables.....</i>	<i>99</i>
10.3.3. <i>Módulo 3. Recursos Renovables.....</i>	<i>101</i>
10.3.4. <i>Módulo 4. Recursos No Renovables.....</i>	<i>104</i>
10.3.5. <i>Módulo 5. Asignación relación recurso – duración (modo).....</i>	<i>106</i>
10.4. ARTICULACIÓN DEL MODELO BASE CON LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MULTINIVEL.....	108
10.5. MODELO DINAMICO QUE REPRESENTA LA RESPUESTA DEL APOYO EN EL SISTEMA HUMANITARIO COLOMBIANO	110

11. SIMULACIÓN DINÁMICA.....	113
11.1. SITUACIÓN DE ESTUDIO	113
11.2. RESULTADOS DE SIMULACIÓN	114
11.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	118
11.4. IMPLICACIONES ECONOMICAS DE LA APLICACIÓN DE UNA POLITICA DE GESTION DE INVENTARIOS MULTINIVEL	122
12. CONCLUSIONES	125
13. BIBLIOGRAFÍA	128
14. ANEXOS	138

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Desastres de origen natural de mayor impacto en la historia de Colombia.	26
Tabla 2 Número de artículos científicos publicados por revista desde el año 2010 hasta 2016.....	27
Tabla 3 Estrategias y políticas de gestión encontradas en la literatura revisada. .	32
Tabla 4 Objetivos de los documentos destacados para la identificación de las actividades generales de atención al desastre.....	54
Tabla 5 Precedencias de las actividades de atención general al desastre	62
Tabla 6 Precedencias de las actividades de atención general al desastre adaptada	63
Tabla 7 Precedencias de las actividades de soporte a la atención al desastre, asociado a la gestión de inventarios.	67
Tabla 8 Precedencias de las actividades del servicio básico de Búsqueda y Rescate.	73
Tabla 9 Recursos requeridos por el servicio de Búsqueda y Rescate.	75
Tabla 10 Recursos requeridos por el servicio de Ayuda Humanitaria: Alimentaria y No alimentaria	78
Tabla 11 Recursos requeridos por el servicio de ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria.....	79
Tabla 12 Artículos revisados para la categorización de modelos.....	82
Tabla 13 Escenarios de amenaza sísmica.....	113
Tabla 14 Valores iniciales relevantes para la simulación del sistema	114
Tabla 15 Tiempos de ejecución de los proyectos de atención inmediata.....	114
Tabla 16 Descripción de eventos más frecuentes de origen natural en Colombia	138
Tabla 17 Evaluación de eventos más frecuentes de origen natural en Colombia	138
Tabla 18 Cantidad de eventos de origen natural y las muertes causadas desde 1970 – 2015	139
Tabla 19 Categorización de los departamentos de acuerdo con los establecido con la Ley 1551 de 2012.....	141
Tabla 20 Categorización de las capitales colombianas de acuerdo con los establecido con la Ley 1551 de 2012	141
Tabla 21 Parte 1 - Resultado análisis planes departamentales de gestión del riesgo e información de la prensa	146
Tabla 22 Requerimientos generales de suministros para el soporte de la operación	150
Tabla 23 Inventario de los recursos disponibles por entidad de la UNGRD	151

Tabla 24 Análisis de criterios: Matriz de prioridades basada en lo que indica la literatura de logística humanitaria y matriz normalizada.....	158
Tabla 25 Prueba de consistencia para la matriz de criterios	158
Tabla 26 Lista de alternativas AHP	158
Tabla 27 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Inversión Inicial	159
Tabla 28 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas inversión inicial	159
Tabla 29 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Análisis de Capacidad	160
Tabla 30 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas análisis de capacidad	160
Tabla 31 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Lead Time	161
Tabla 32 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y Lead time	161
Tabla 33 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Desastre Súbito	162
Tabla 34 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y desastre súbito	162
Tabla 35 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Faltantes	163
Tabla 36 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y faltantes	163
Tabla 37 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Coordinación	164
Tabla 38 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y coordinación .	164
Tabla 39 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Colaboración	165
Tabla 40 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas Colaboración ...	165
Tabla 41 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Multi-almacén.....	166
Tabla 42 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas Multi-almacén ..	166
Tabla 43 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Multi-producto	167
Tabla 44 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y multi-producto	167
Tabla 45 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Variabilidad.....	168
Tabla 46 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y variabilidad ...	168
Tabla 47 Matriz de calificación final AHP	168
Tabla 48 Valores de referencia tomados para la variable Tabla asignación norma técnica según modo AG	183
Tabla 49 Descripción de las características de la superred	188

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Número de documentos publicados al año de 2010 a 2016	28
Figura 2 Cantidad de artículos según fase de ciclo de desastre	30
Figura 3 Evolución general de la respuesta ante un evento de emergencia.	46
Figura 4 Metodología de la investigación utilizada.	53
Figura 5 Secuencia Simplificada de actuación nacional y general frente a un desastre severo.....	55
<i>Figura 6 Actividades generales de atención ante un desastre súbito de gran magnitud.....</i>	<i>60</i>
Figura 7 Red de actividades proyecto general de atención a un desastre de gran magnitud.....	63
Figura 8 Red de actividades proyecto general de atención adaptada.....	63
Figura 9 Actividades de Soporte a la atención de desastres asociadas a la gestión de inventarios.	64
Figura 10 Red de actividades de soporte a la atención de desastre de gran magnitud asociadas con la gestión de inventarios. Configuración 1.....	69
Figura 11 Red de actividades de soporte a la atención de desastre de gran magnitud asociadas con la gestión de inventarios. Configuración 2.....	69
Figura 12 Actividades de búsqueda y rescate.....	72
Figura 13 Red de actividades del servicio de búsqueda y rescate.....	74
Figura 14 Actividades de Ayuda Humanitaria: Alimentaria y No alimentaria.	77
Figura 15 Red de actividades del servicio de Ayuda Alimentaria y No alimentaria.	78
Figura 16 Flujo de la Cadena de Suministro del modelo de referencia	87
Figura 17 Flujo de la Cadena de Suministro adaptado al caso humanitario	87
Figura 18 Diagrama causal del sistema de abastecimiento e inventario de apoyo a la ayuda. Elaboración propia	92
Figura 19 Representación ejemplo de la red AON en el sistema humanitario.	92
Figura 20 Bucle de control de proyectos basado en el cambio de modo.	93
Figura 21 Bucle de control de proyectos basado en el modo con restricción de recursos.....	94
Figura 22 Bucle de control de proyecto basado en el modo con restricción de recursos compartidos (con Actividades múltiples).....	95
Figura 23 Bucles de control de recurso renovable y no renovable.....	96
Figura 24 Bucle de control de proyecto basado en el modo con restricción de recursos renovables y no renovables compartidos (con actividades múltiples).. ..	96
Figura 25 Red de proyecto del modelo base en un modelo Forrester.....	97
Figura 26 Acumulador de una unidad por cada unidad de tiempo.	99

Figura 27 Diagrama de Forrester para modelar un evento aleatorio no controlable	100
Figura 28 Comportamiento del aleatorio diseñado.....	100
Figura 29 Diagrama de Forrester Recursos renovables.....	101
Figura 30 Cálculo del No. de recursos que salen para renovación	103
Figura 31 Diagrama de Forrester Recursos no renovables.....	104
Figura 32 Cálculo de la decisión de ajuste al recurso no renovable.....	105
Figura 33 Asignación de recurso - duración (Modo) de la actividad AG.....	106
Figura 34 Comportamiento del modo requerido de la actividad AG con datos arbitrarios que comprueban el correcto funcionamiento del nivel.....	107
Figura 35 Cadena de abastecimiento humanitaria vista como proyecto dinámico.	108
Figura 36 Adición de la demanda a la estructura dinámica.....	112
Figura 37 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 sin política	115
Figura 38 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 con política	115
Figura 39 Discrepancia en la ejecución del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda discrepancia de la ejecución sin política, a la derecha discrepancia de la ejecución con política.	115
Figura 40 Nivel de inventario de recurso renovable de UNGRD Nacional del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso renovable con política.	116
Figura 41 Nivel de inventario de recurso no renovable de UNGRD Nacional del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso no renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso no renovable con política.	116
Figura 42 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 sin política	116
Figura 43 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 con política	117
Figura 44 Discrepancia en la ejecución del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda discrepancia de la ejecución sin política, a la derecha discrepancia de la ejecución con política.	117
Figura 45 Nivel de inventario de recurso renovable de UNGRD Nacional del escenario 2 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso renovable con política.	117

Figura 46 Nivel de inventario de recurso no renovable de UNGRD Nacional del escenario 2 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso no renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso no renovable con política.	118
Figura 47 Comportamiento del nivel de recursos renovables de la UNGRD Nacional en ambos escenarios sin política	120
Figura 48 Nivel de ejecución real del proyecto con política para ambos escenarios	120
Figura 49 Discrepancia de la ejecución del proyecto entre lo planeado y lo ejecutado para ambos escenarios con política	121
Figura 50 Comportamiento del inventario de recurso renovable en ambos escenarios con la aplicación de la política	121
Figura 51 Estructura organizacional del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.	149
Figura 52 Modelos de los SOS en Antioquia.	154
Figura 53 Centro Logístico Humanitario y acciones para el manejo de desastres del Departamento de Antioquia.	155
Figura 54 Áreas del servicio básico de Búsqueda y Rescate.	156
Figura 55 Áreas del básico servicio de Ayuda humanitaria: alimentaria y no alimentaria.	157
Figura 56 Representación de la red de actividades AON en un diagrama de Forrester.	169
Figura 57 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta la actividad BG.	172
Figura 58 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta el número de los recursos renovables disponibles.	173
Figura 59 Diagrama de Forrester de la duración del evento aleatorio no controlable que afecta el número de los recursos renovables disponibles	174
Figura 60 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta porcentaje de aumento en el lead time de recursos renovables.	175
Figura 61 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta porcentaje de aumento en el lead time de recursos no renovables.	176
Figura 62 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada de la actividad.	184
Figura 63 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada del proyecto, para el caso en el que todas las actividades tengan la misma prioridad.	184
Figura 64 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada del proyecto, para el caso en el que las actividades tengan diferente prioridad.	185

Figura 65 Comportamiento esperado real de la ejecución de la norma técnica de una actividad.	185
Figura 66 Comportamiento esperado de la norma técnica real de la actividad. ..	186
Figura 67 Comportamiento del nivel de ejecución y tasa de ejecución de la actividad afectada por la disponibilidad de recurso y eventos no controlables aleatorios. .	186
Figura 68 Comportamiento de la discrepancia de ejecución del proyecto.	187
Figura 69 Superred de precedencias	199

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Evaluación y descripción de los eventos frecuentes de gran magnitud tomados de DesInventar (Corporación OSSO - Colombia, 2013).....	138
Anexo 2 Categorización económica de los departamentos y capitales colombianas.	141
Anexo 3 Secuencia Simplificada del Plan General de Actuación del Alto Nivel de Gobierno Tomado y adaptado de (DGPAD, 2000).....	142
Anexo 4 Análisis de las capacidades, riesgos y gestión de riesgos ante desastres de los departamentos colombianos.....	146
Anexo 5 Estructura organizacional de la UNGRD. Tomado de (UNGRD, 2017a)	149
Anexo 6 Capacidades generales a definir de suministros durante la respuesta a un desastre. Tomado y adaptado de (UNGRD, 2015)	150
Anexo 7 Inventario de recursos disponibles a 2015 en la ENRE. (UNGRD, 2015)	151
Anexo 8 Acciones estratégicas de logística del departamento de Antioquia. (Gobernación de Antioquia, 2017).....	154
Anexo 9 Áreas del servicio de Búsqueda y Rescate. Tomado del Documento soporte a la ENRE.....	156
Anexo 10 Áreas del servicio de Ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria. Tomado del Documento soporte a la ENRE.....	157
Anexo 11 Proceso análisis jerárquico analítico para la selección de la política de inventario.....	158
Anexo 12 Representación base de la red AON de proyectos en un diagrama de Forrester.....	169
Anexo 13 Ecuaciones del modelo base.....	169
Anexo 14 Verificación del modelo base.....	183
Anexo 15 Precedencias y descripción de las actividades de la superred.....	188

RESUMEN

Este trabajo presenta un análisis de la gestión de desastres del sistema logístico humanitario colombiano integrando tres herramientas conceptuales: gestión de inventarios, de proyectos y la dinámica de sistemas. Se inició con la comprensión del funcionamiento general del sistema de atención a desastres colombiano enfocándose posteriormente en los servicios de respuesta Ayuda alimentaria y no alimentaria y Búsqueda y rescate (antes subsistemas de atención del sistema logístico humanitario colombiano), estos se analizaron desde el punto de vista de gestión de proyectos y desde el punto de vista de la capacidad de gestión de inventarios. A la par se evaluó la literatura existente acerca de la gestión de inventarios en situaciones de variabilidad e incertidumbre que caracterizan una situación de atención a desastres y finalmente se desarrolló un modelo dinámico en Vensim® identificando que al aplicar una estructura ordenada de gestión sobre las actividades y los recursos ligadas a esta se puede mitigar el impacto de variables externas no controlables. Una vez establecido esto, se desarrolló una mega red unida a la modelación realizada, con la cual se simuló el estado actual del sistema (de forma básica) y posteriormente se le aplicó el cambio a la estructura de forma que se siguieran las reglas de una política de inventarios multinivel simple, encontrando que existe una diferencia en el tiempo de respuesta entre estos dos casos.

1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de cientos de vidas, los miles de heridos, la avería infraestructural y los impactos posteriores asociados a la ocurrencia de desastres de gran magnitud¹ en la última década, como lo fueron los terremotos de Chile y Haití en 2010 y el tsunami en la costa de Japón en 2011, (Camacho-Vallejo, González-Rodríguez, Almaguer, & González-Ramírez, 2015; Davis, Samanlioglu, Qu, & Root, 2013), mostraron que los sistemas de atención tienen un carácter reactivo lo cual es una debilidad que existe para responder efectivamente ante estos desastres, además hay una baja coordinación y cooperación² entre las diferentes organizaciones que acuden a la atención de las poblaciones afectadas (López-Peláez & Pigeon 2011).

Estas condiciones adversas a la gestión de desastre se acentúan en países en desarrollo como Colombia, con características geo-climáticas y sociopolíticas que la hacen propensa cada año a múltiples desastres. Algunas de estas relacionadas con su posición geográfica ya que el país se encuentra ubicado en la “convergencia de tres placas litosféricas: Nazca, Caribe y América del Sur” las cuales son fuente de alta amenaza sísmica en la región, siendo aún mayor para la región del pacífico debido a la zona de subducción del océano pacífico, en la cual se pueden presentar tsunamis. Otras características se relacionan con su accidentalidad geográfica ya que Colombia posee tres cordilleras sobre las cuales reposan 27 volcanes y una amplia hidrografía, esto representa un alto riesgo de inundación, deslizamientos y demás efectos causados por erupciones, movimientos telúricos y lluvias prolongadas (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012).

Es por esto que muchos investigadores han volcado su atención en la gestión de desastres ajustando y aplicando algoritmos, herramientas y modelos de gestión que conlleven soluciones rápidas y efectivas ante un entorno de alta incertidumbre (desconocimiento de la demanda, variabilidad en el servicio, etc.), en donde está en juego la vida de las personas y su bienestar, consolidando lo que hoy se conoce como logística humanitaria, la cual podría definirse como la gestión de los sistemas que apoyan las operaciones de prevención y atención a desastres (tanto de origen natural como humano), teniendo como objetivo garantizar el menor tiempo de respuesta para recuperar o mantener el bienestar de una población afectada o bajo

¹ Desastre de gran magnitud: Aquel en el que se generan grandes necesidades por parte de una población, medible desde el punto de vista de número de damnificados, muertos, heridos, viviendas destruidas además de que se ve afectada la capacidad de respuesta de las entidades locales para atender la emergencia y se requiere la ayuda de instancias mayores como la presidencia de la República y en algunas ocasiones de ayuda internacional. (Congreso de Colombia, 2012a, p. Art. 56, 57 y 58)

² La diferencia entre coordinación y cooperación se describe en el capítulo 2.

un riesgo potencial. (Kalenatic, Gonzalez Rodríguez, Rueda Velasco, López Bello, & Agudelo, 2013).

La logística humanitaria puede actuar en tres momentos del desastre: antes, durante y después (Moreno Valbuena & González Rodríguez 2011), utilizando diferentes técnicas orientadas (en su mayoría) a la definición de estrategias y toma de decisiones a través de modelos matemáticos que han permitido, por ejemplo, localizar ayudas, definir estrategias operativas de búsqueda y rescate y/o disminuir el tiempo de respuesta a través del ruteo y optimización del transporte (Özdamar & Ertem, 2014). Cabe resaltar que la jerarquía de las decisiones (Estratégico, Táctico y Operativo) para la presente investigación se abordó de acuerdo a la descripción de Schmidt and Wilhelm (2000) en (Moreno Valbuena, 2012) en donde el nivel estratégico se asocia al diseño de la red logística (incluyendo localización de instalaciones, definición de tecnologías a utilizar y capacidades requeridas), el táctico a las políticas de gestión de recursos (Niveles de inventario, tamaño de lote) y el operativo a la programación de operaciones que dan respuesta a la demanda de los afectados.

Por otro lado, también se han desarrollado patentes de sistemas de información que buscan facilitar la toma de decisiones y ayudar directamente a los afectados, tales como, el Sistema y Programa de Asistencia para Desastres (Sawada, 2012), el Dispositivo de Gestión de Información del Desastre (KOBAYASHI, 2014) y el Sistema de Socorro para la Red de Víctimas del Desastre (HIROKAWA, 2014).

Sin embargo, tanto la literatura como las patentes, dejan en un segundo plano lo que se podría hacer con la aplicación de técnicas y modelos de inventario, mostrándose un interés en esta área desde hace apenas algunos años (Moreno Valbuena & González Rodríguez 2011). Por otra parte, en varias revisiones de la literatura (Anaya-Arenas, Renaud, & Ruiz, 2014; Caunhye, Nie, & Pokharel, 2012; Goldschmidt & Kumar, 2016; Syahrir & Vanany, 2015) se resalta la importancia de desarrollar análisis dinámicos de las situaciones de emergencia, ya que en su mayoría se toman decisiones puntuales que no permiten ser ajustadas a lo largo del horizonte planeación. Es por esta razón que este proyecto se enfocó en profundizar en el análisis de inventarios en la gestión logística de desastres utilizando simulación continua.

En este informe escrito se muestra en primer lugar, la información relacionada con el marco del proyecto (Capítulos 2-7): Formulación del problema, Justificación, Objetivos, Marco de referencia, Operacionalización de las variables y Metodología. Posteriormente se abordan los resultados de los objetivos planteados, el primero de

ellos en el capítulo 8 se caracterizan las actividades y problemas de gestión de inventarios en el sistema humanitario colombiano destacando que actualmente existen esfuerzos para consolidar el sistema sin embargo es necesario que se apliquen estrategias de colaboración para que se pueda atender más rápido una emergencia, se encontró además que se trabaja en 4 centros logísticos para garantizar la cobertura mínima en zonas de alto impacto.

En el capítulo 9, se categorizaron los modelos de gestión de inventarios multinivel encontrados en la literatura de acuerdo con su aplicabilidad al sistema colombiano según el alcance de este proyecto a través de un análisis jerárquico analítico. Durante la revisión de esta literatura se encontró una cantidad reducida de documentos, primando en ellos el modelamiento la programación matemática con el objetivo de minimizar la demanda insatisfecha o desatendida. Posteriormente, se seleccionó el modelamiento con mayor cumplimiento de los criterios planteados, en este los autores no solo se enfocan directamente en la cadena de suministro humanitaria, sino que evalúan las diferentes interrupciones a las que se ve expuesta una cadena de suministro empresarial y generalizan a partir allí especificando que para diseñarse una cadena de suministro que sea resistente a las interrupciones se debe tener una visión sistémica. Finalmente, como parte de lo encontrado en este capítulo se resalta que ninguno de los documentos evaluados utiliza simulación dinámica siendo algo paradójico ya que el documento seleccionado concluye que la naturaleza del cambio en el inventario ante el riesgo de interrupciones es de carácter dinámico.

En el capítulo 10 Modelo dinámico de gestión de inventarios y elementos de la gestión de proyectos, se tomó como referencia base la investigación de (Moreno Valbuena, 2012), en la que se planteó que el apoyo a la atención de desastres puede ser observado y tratado como un proyecto, pues se trata de un evento con condiciones únicas e irrepetibles, con un inicio y fin delimitado, y con unos recursos limitados, además en este estudio se evalúan las estrategias de gestión logística humanitaria utilizando dinámica de sistemas, técnica de simulación continua. Tomar esta investigación como base permitió simplificar la modelación, priorizando la evaluación de la gestión de inventarios. En primera instancia se diseñó un modelo base teniendo en cuenta la variabilidad generada por las demoras y variables no controlables tales como la afluencia de bienes no pedidos y la influencia de la estructura organizacional gubernamental, ajustando el modelo en un mayor grado a las condiciones reales del sistema (Holguín-Veras, Jaller, Van Wassenhove, Pérez, & Wachtendorf, 2012), conjuntamente se consideró la gestión de inventarios multinivel (optimización de los inventarios de la red logística integrando los diferentes nodos a través del análisis de sus demandas, capacidades, plazos de

entrega y nivel de servicio (Clark & Scarf, 1960)) dado que una falta de coordinación y cooperación (o colaboración³) entre actores disminuye la efectividad de la ayuda. (He et al., 2016; McCoy & Brandeau, 2011; Soosay & Hyland, 2015; Váncza & Egri, 2013). Finalmente se construyó una superred para combinar las actividades caracterizadas con el modelo desarrollado.

En el capítulo 11 se describe el caso de estudio analizado, los escenarios manejados y las variables de entrada más relevantes, posteriormente se muestran los resultados del estudio y se analizan, y finalmente se hace un análisis económico de la aplicación de una política de este tipo en el contexto colombiano.

El informe finaliza con las conclusiones mostradas en el capítulo 12 existe poca cultura de gestión dentro de los departamentos de la costa caribe, además existe desunión entre las instituciones municipales y departamentales y el gobierno nacional, por otra parte, se encontró que existe un brecha del conocimiento en cuanto a políticas de inventario multinivel en gestión de desastres, además, se desarrolló una nueva modelación de dinámica de proyectos ligada a la gestión de recursos que permitirá aportar a nuevas investigaciones en nuevos campos.

En el capítulo 13 se muestra la bibliografía y posterior a esta se han dispuesto los anexos que se consideran necesarios para apoyar lo mostrado en el documento.

De esta forma esta investigación consiguió analizar la estructura organizacional del sistema humanitario colombiano, los modelos actuales de la literatura relacionados con gestión multinivel, desarrollar un modelo de dinámica de sistemas que permite evaluar las relaciones causa efecto, existentes entre los diferentes elementos del sistema y determinar la diferencia entre la ausencia y aplicación de una política de inventarios multinivel simple. Para futuras investigaciones se sugiere llevar a cabo un simulacro de experimentación que permita recoger más datos para la planeación de la logística humanitaria en Colombia.

³ Los términos cooperación y colaboración son utilizados indistintamente, los autores reconocen que existe la diferencia entre estos términos, sin embargo, en el capítulo dos se describe la definición utilizada, la cual abarca aspectos de los dos conceptos.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los desastres naturales de gran magnitud devastan países y ciudades enteras, dejando a su paso heridos, muertos, desplazados e infinidad de daños. Es por esto por lo que la sociedad se ha empezado a preocupar por cómo mitigar, responder y recuperarse frente a este tipo de situaciones.

En el caso específico de Colombia, las condiciones geo-climáticas lo hacen propenso al riesgo, y prueba de esto es que cada año se pierden alrededor de 177 millones de dólares y quedan más de 50.000 afectados por desastres naturales, cifra que se teme podría aumentar en el futuro, a razón del aumento significativo de la frecuencia de los desastres, pues los registros indican que Colombia pasó de tener 5.657 desastres entre 1970 y 1979 a 9.270 entre 2000 y 2009, explicaciones posibles de este aumento están relacionadas con el crecimiento desmesurado de la población, el crecimiento de asentamientos inadecuados expuestos en zonas de alto riesgo y también los actuales cambios climáticos. (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012) (Melgarejo & Lakes, 2014).

Debido a esto se teme que en cualquier momento ocurra un desastre natural de gran magnitud en Colombia que genere necesidades inmediatas de grandes cantidades de suministros para proporcionar ayuda a los afectados, poniendo a prueba la planeación, reacción y gestión del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo (Duran, Gutierrez, & Keskonocak, 2011).

No obstante, esto no es una tarea sencilla, muchos autores han tratado de proponer estrategias para la reacción inmediata de abastecimiento y almacenamiento de bienes y servicios, obteniendo resultados como el pre - posicionamiento de bienes en un almacén de emergencia (Chakravarty, 2014; Davis et al., 2013; Galindo & Batta, 2013; Kunz, Reiner, & Gold, 2014; Pradhananga, Mutlu, Pokharel, Holguín-Veras, & Seth, 2016; Tofighi, Torabi, & Mansouri, 2015); negociación con pequeños productores de la zona para abastecer los bienes necesarios (Balcik & Ak, 2014; Mustafa Alp Ertem & Buyurgan, 2011; Gil & McNeil, 2015; Liang, Wang, & Gao, 2012; Schulz & Blecken, 2010); y aplicación de modelos matemáticos para la optimización de los inventarios (Consuelos Salas, Robles Cárdenas, & Zhang, 2012; Das & Hanaoka, 2014; Lei, Lee, & Dong, 2015; Roni, Jin, & Eksioglu, 2015; Wyk, 2011; Yadavalli, Sundar, & Udayabaskaran, 2015), entre otros, sin embargo, pese a estos esfuerzos, aún se tiene un corto alcance ante la atención inmediata de desastres, específicamente para el problema de inventarios.

Esto es sustentado por las afirmaciones de (Balcik, Deniz, & Kundakcioglu, 2016) quienes en su revisión sistemática de la literatura de la gestión de inventarios en las cadenas de suministro humanitarias, sugieren que esta aplicabilidad corta se debe a que los modelos y políticas desarrollados poseen una gran cantidad de supuestos y/o porque solo contemplan un actor, dejando por fuera una visión multi eslabón. Bajo esta premisa uno de los problemas más grandes durante la respuesta a un desastre es establecer una política de inventario multinivel⁴, recalando que la medida de desempeño debe ser asociada a la minimización del sufrimiento humano y no del costo.

De acuerdo con esto, la pregunta de investigación fue: ¿Es la gestión de inventarios multinivel una estrategia adecuada para mejorar el rendimiento de la gestión de desastres en Colombia?

⁴ Se recalca que el término política de gestión de inventario para este estudio se considera como el conjunto de reglas que especifican como se elige la decisión de almacenamiento y abastecimiento para los diferentes actores, periodos de tiempo y recursos. (Hillier & Lieberman, 2010; Winston, 2005)

3. JUSTIFICACIÓN

Los desastres naturales de gran magnitud de las últimas décadas, plantean una serie de interrogantes tales como: ¿Se tiene, como población, la capacidad necesaria para responder a un desastre de tal magnitud?; ¿Cómo disminuir el número de víctimas, en caso que ocurra un desastre de gran magnitud?; Los protocolos propuestos para la respuesta a desastres: ¿Son eficientes?, ¿Responderán a las necesidades de poblaciones afectadas?, estas como muchas otras preguntas necesitan ser resueltas con la mayor prontitud posible. Y es aquí, en donde la logística adquiere mayor importancia, ya que precisamente preguntas de este tipo son las que se resuelven a través de los fundamentos, métodos, modelos y estrategias logísticas.

Uno de estos fundamentos es la gestión de inventarios, la cual, vista desde la perspectiva comercial, es un factor clave, ya que con el objetivo de mejorar la cadena de abastecimiento (o un aspecto dentro de ella, ej. El costo), establece en determinado momento, la disponibilidad de uno o varios productos que han permanecido ociosos, en términos de cantidad y tiempo.

Por su parte, para dar el correspondiente soporte logístico a las operaciones de ayuda, el Gobierno Nacional colombiano ha dividido el Sistema de Gestión de Riesgo ante Desastres en 14 servicios básicos de respuesta (antes sub – sistemas), entre ellos se destacan Búsqueda y rescate y Ayuda Humanitaria: alimentaria y no alimentaria (Anteriormente llamado Manejo de ayudas), debido a que son los servicios que se activan inmediatamente sucede el desastre con el fin de mantener con vida la población afectada y disminuir efectos colaterales, los otros servicios son puestos en marcha pocas horas o días después según la disponibilidad de los actores responsables para recuperar el bienestar de la comunidad afectada (UNGRD, 2015).

Es claro entonces, que un fenómeno natural puede ocurrir en cualquier parte, en cualquier momento y tan sólo es necesario que las condiciones sean propicias para que un fenómeno natural se convierta en un desastre de gran magnitud. Tal es el caso de la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, que de acuerdo a estudios sísmicos realizados “es altamente vulnerable ante a un sismo con $M > 7.0$, cuyo epicentro se localice a menos de 250 km (...) debido al esquema geo-dinámico que presenta el suroccidente colombiano” (Chicangana et al., 2015). Adicional a estas condiciones la ciudad ha ido aumentando su vulnerabilidad, debido al crecimiento urbano desordenado, hacia cerros, zonas acuáticas drenadas y lugares no apropiados para el asentamiento humano. Esto se hace evidente al ver la línea de

crecimiento vs tiempo de la ciudad, en 1900 había 96.605 habitantes, en 2015, después de un poco más de cien años cuenta con 7 millones de habitantes (Rivadeneira, 2001). Además, hay que tener en cuenta que solo hasta 1984, se reguló la construcción de viviendas sismo resistentes, con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, de acuerdo con esto es posible imaginar el número de viviendas que no cuenta con los requerimientos mínimos necesarios.

Finalmente, de acuerdo con la alta complejidad que significa representar estos elementos conjuntamente de forma abstracta, se consideró la dinámica de sistemas como la herramienta de modelación y simulación más apropiada, puesto que se han representado a través de ella sistemas complejos, que incluyen estudios sociales, productivos y hasta financieros, destacando el aporte hecho en dinámica industrial de Jay Forrester, en donde precisamente se analiza el comportamiento del inventario a lo largo de la cadena de suministro y como se crea el efecto látigo, a partir del razonamiento de los elementos como un sistema con ciclos de retroalimentación. Además, se incluyó el uso de gestión de proyectos, puesto que las características de la gestión de la atención a un desastre tienen equivalencias con la gestión de proyectos, campo que ha sido más explorado en términos de gestión y como lograr el objetivo.

De acuerdo con esto y con el planteamiento del problema, este proyecto buscó dar respuesta a la pregunta de investigación a través del análisis exhaustivo de la literatura disponible tanto académica como gubernamental y a través de la construcción de un modelo dinámico basado en gestión de proyectos.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación entre la política de gestión de inventarios multinivel y el tiempo de respuesta de atención a desastres naturales de gran magnitud de ocurrencia súbita de mayor frecuencia en Colombia, a través del análisis de las actividades asociadas a la fase de respuesta inmediata, mediante el enfoque de proyectos y dinámica de sistemas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las actividades y los problemas de gestión de inventarios, de la fase de respuesta inmediata del sistema logístico humanitario colombiano específicamente para los servicios básicos de Ayuda humanitaria y Búsqueda y rescate, desde el enfoque de proyectos, con el fin de identificar el estado actual del sistema, los parámetros, restricciones y variables relevantes para el diseño del modelo dinámico.
- Categorizar los modelos de gestión de inventarios multinivel desarrollados, a partir de la revisión de literatura y de utilización de herramientas de decisión multi - criterio, para determinar qué modelo (s) tienen un mejor ajuste a los elementos del sistema establecidos previamente.
- Diseñar y verificar el modelo dinámico, con la política de gestión de inventarios multinivel, de los servicios básicos de Ayuda humanitaria y Búsqueda y rescate, parte del sistema logístico humanitario cooperativo colombiano, a partir de las características establecidas y los modelos elegidos.
- Evaluar el impacto de la política de gestión de inventarios multinivel propuesta sobre el tiempo de respuesta de atención a desastres, comparando el estado actual con la aplicación de la política propuesta, a través de simulación dinámica.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. ANTECEDENTES

5.1.1. Antecedentes de la situación colombiana

A raíz de los desastres de orden nacional como el tsunami de Tumaco de 1979 y el terremoto de Popayán de 1983, el Gobierno Nacional de Colombia definió el Decreto 1547 de 1984 mediante el cual creó el Fondo Nacional de Calamidades con el fin de brindar una herramienta para la reconstrucción de las zonas afectadas por estos desastres. Sin embargo, no fue sino hasta que ocurrió la tragedia de Armero de 1985 que el gobierno entendió que la gestión de desastres no podía administrarse únicamente con acciones reactivas, para solucionar esto, definió a través de la Ley 46 de 1988 el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, en la cual establecía responsabilidades para la planeación de la atención a desastres, y a finales de mayo del siguiente año el gobierno publicó el Decreto ley 919 de 1989 que especificaba y aclaraba las funciones de dicho sistema ampliando la información necesaria para llevar a cabo su ejecución en los diferentes niveles territoriales (SNPAD, 2006).

Posteriormente, surgieron otros protocolos a raíz de eventos como la avalancha del Río Páez en 1993 (Ley 99 de 1993, Ley 152 de 1994, Decreto 969 de 1995, Decreto 2190 de 1995, Ley 322 de 1996, Decreto 2211 de 1997, Decreto 2340 de 1997, Decreto 93 de 1998, Decreto 1521 de 1998, Decreto 321 de 1999) y el terremoto del Eje Cafetero de 1999 (Decreto 2015 de 2001, Documento CONPES 316 de 2001, Documento CONPES 3318 de 2004, Decreto 3696 de 2009) (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012)

No obstante, la temporada invernal en Colombia de 2010 y 2011 dejó claro que la normatividad debía reevaluarse. El gobierno reestructura el sistema mediante el Decreto 4147 de 2011 creando la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). Mientras que el Banco Mundial, seccional Colombia, por su parte lanza el libro "Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: Un aporte para la construcción de políticas públicas" en donde se evidencia la necesidad de robustecer las funciones del sistema y de la unidad de gestión de riesgo en Colombia.

De esta forma se crea la vigente Ley 1523 del 24 de abril de 2012 "Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras

disposiciones" (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012). Esta política busca consolidar un sistema funcional en los tres niveles de decisión (Estratégico, Táctico y Operativo) empoderando desde las municipalidades hasta la nación en la gestión de riesgo ante desastres. Desde su vigencia la norma ha permitido que la unidad pueda vigilar y controlar el cumplimiento de sus funciones; ha sufrido algunas modificaciones (a través de los decretos: 1974 de 2013, 2672 de 2013 y 1081 de 2015), que robustecen su estructura; y también ha permitido la consolidación de planes en distintos niveles de ordenamiento territorial en el repositorio de la UNGRD. Esta documentación derivada de la ejecución de la norma permitió definir el estado actual del sistema logístico humanitario colombiano y caracterizarlo en el presente documento.

Finalmente, se revisó la base de datos DesInventar (Corporación OSSO - Colombia, 2013) en donde se encontró que los tres desastres súbitos⁵ de gran magnitud y de origen natural con mayor frecuencia en Colombia han sido Sismos, Inundaciones y Deslizamientos de tierra (pese a que los dos últimos son tanto de ocurrencia repentina como lenta, las ocasiones en que mayor daño han producido fueron de ocurrencia súbita). Por otra parte, debido a los acontecimientos de los últimos años (desastres naturales en Salgar (Antioquia 2015) y Mocoa (Putumayo 2017)) se incluyeron las avenidas torrenciales ya que enriquecieron el conocimiento del sistema actual de gestión ante desastres en Colombia para este proyecto.

En la Tabla 1 se muestran los desastres históricos más relevantes de estos cuatro tipos de desastres evidenciando su nivel de afectación, se resalta que en todos los casos se perjudicaron a más de 1500 personas perturbando no solo su bienestar físico sino también sus viviendas requiriendo una adecuada y pronta gestión de ayuda. Actualmente, un 86% de la población total está expuesta en zonas de amenaza sísmica, un 90% a zonas con alta probabilidad de inundación, un 66% en zonas de alta y muy alta amenaza de deslizamiento y un 15% en zonas expuestas a avenidas torrenciales (UNGRD, 2015). La información acerca de la evaluación y descripción de los cuatro eventos frecuentes de gran magnitud en Colombia e información adicional se encuentra disponible en el Anexo 1.

⁵ Que se producen de manera repentina

Tabla 1 Desastres de origen natural de mayor impacto en la historia de Colombia.

Desastre de Origen Natural	Personas afectadas	Muertos	Viviendas Destruidas (D) Afectadas (A)
Terremoto Eje Cafetero (1999)	166.336	1.186	35.949 (D) – 43.422 (A)
Sismo y avalancha en Cauca Río Páez (1994)	8.000	1.100	No disponible
Sismo en Popayán (1983)	20.000	300	2.470 (D) – 11.722 (A)
Sismo y Tsunami en Nariño (1979)	1.011	672	3.081 (D) – 2.119 (A)
Deslizamiento de Girón, Santander (2005)	16.430	11	2.214 (D) 83 (A)
Ola Invernal (II semestre 2010 – I trimestre 2011)	3.219.239 (Total) 2.350.207 (Damnificados) 869.032 (afectados)	1.016 (desaparecidos) 1.374 (muertes)	568.438 (A)
Deslizamiento de Villatina (1987)	1.700	>500	70 (D)
Avalancha Salgar – Antioquia (2015)	1.440	93	66 (D) – 243 (A)
Avalancha Mocoa – Putumayo (2017)	22.267	332	1200 (A) – Sin definir a la fecha (D)

Nota: Tomado y modificado de (UNGRD, 2015)

5.1.2. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica de antecedentes de la gestión de inventarios (multinivel) ligada a la logística humanitaria y a la gestión de proyectos se realizó en las siguientes bases de datos: EBSCO®, Google Scholar®, Isi Web of Science®, Proquest® y ScienceDirect®. Se realizó la búsqueda con las palabras clave “Disaster AND Inventory Management”, “Disaster AND Multiechelon inventory” y “Disaster AND Project Management”. Para los diferentes conjuntos de palabras se limitó la búsqueda a los campos resumen, título y palabras clave, sin embargo, para el conjunto con la palabra Multiechelon la búsqueda no presentaba resultados así que se ampliaron los campos de búsqueda a tema / todo el documento y además se filtraron los documentos de acuerdo con la relación directa con el objeto de investigación.

Se utilizó una ventana de tiempo de 7 años (2010 a 2016), ya que de acuerdo a (Holguín-Veras, Pérez, Jaller, Van Wassenhove, & Aros-Vera, 2013) la logística humanitaria es un campo de acción que ha venido creciendo los últimos años, teniendo un mayor porcentaje de publicación a partir de los desastres ocurridos en Haití, Chile y Japón entre los años 2010 y 2011. Por último, se filtró la revisión por

publicaciones que tuvieran un enfoque logístico, ingenieril o de ciencias de la decisión, descartando enfoques como el psicológico, meteorológico, geoespacial, entre otros.

Se siguió la metodología de (Moreno Valbuena, 2012) dividiendo en dos la revisión, clasificación de tipo descriptivo (año de publicación, revista de publicación, tipo de documento y según el aporte al conocimiento) y clasificación de artículos teóricos (factores relevantes de la logística humanitaria y de la gestión de proyectos sobre el enfoque de estudio).

Hay que resaltar que de los documentos analizados el 15,18% se enfocan en la gestión de inventarios multinivel, evidenciando que existe una brecha investigativa en cuanto al nivel de involucramiento de la gestión de la red logística en la atención a desastres. Por otro lado, observando el enfoque de gestión de proyectos, se encontró que el 24,05% de los artículos analizados utilizan algún concepto relacionado ya sea desde el punto de vista de los actores involucrados, de los factores críticos de éxito o de la planeación de actividades.

5.1.2.1. Clasificación de tipo descriptivo

Se revisaron 79 documentos, de los cuales el 87,34% son artículos de investigación, el restante 12,66% se reparte en artículos de divulgación, conferencias, tesis y patentes. El 47,83% de los artículos de investigación se concentra en las diez revistas que se muestran en la Tabla 2, mientras que el 52,17% de los artículos restantes fueron publicados cada uno en una revista diferente con un total de 36 revistas con una sola publicación relacionada. De acuerdo con esta información la tasa de publicación promedio por revista es de 1,43 veces, indicando un campo aun emergente.

Tabla 2 Número de artículos científicos publicados por revista desde el año 2010 hasta 2016.

Nombre de la revista	País editor	Cantidad de artículos
Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management	Múltiples países	7
International Journal of Production Economics	Holanda	5
Annals of Operations Research	Holanda	3
Disaster Prevention and Management	Estados Unidos	3
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	Reino Unido	3

OR Spektrum	Alemania	3
Socio-Economic Planning Sciences	Reino Unido	3
IIE Transactions	Reino Unido	2
International Journal of Project Management	Reino Unido	2
Transportation Research Part C: Emerging Technologies	Reino Unido	2

Nota: Elaboración propia. El “Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management” se creó en 2011 y actualmente se encuentra en el índice de revistas emergentes de Scopus, de los resultados es la única revista que no ha centralizado su equipo editorial, el cual lo conforman académicos de Estados Unidos, Finlandia y Reino Unido y operando de forma online, por lo que se le asigna: múltiples países.

Se destaca que actualmente el interés de publicación de documentos relacionados con la búsqueda se aglomera principalmente en tres países (presentados en la Tabla 2), Reino Unido tiene la mayor participación de publicación con un 39,58%, seguido de Estados Unidos con un 16,67% y Holanda con un 14,58%, el 29,17% restante se divide en publicaciones de Alemania, Australia, Brasil, España, Finlandia, India, Irán, Jordania, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Estos países restantes son claves ya que de acuerdo con (Moreno Valbuena, 2012) hace 7 años no existían publicaciones científicas de países con alta afectación por desastres, estos resultados evidencian un esfuerzo de estos países por evaluar su situación desde una perspectiva científica buscando disminuir la brecha del conocimiento y desarrollo.

Por otro lado, en cuanto la cantidad de publicaciones por año se encontró que durante el periodo analizado se publican en promedio 9,8 documentos anuales. La Figura 1 muestra con mayor claridad la relación entre tiempo y cantidad de documentos por año, mostrando mayor publicación en 2013 y en 2015.



Figura 1 Número de documentos publicados al año de 2010 a 2016
Elaboración propia

En cuanto al aporte del conocimiento se tomó la clasificación de (Moreno Valbuena, 2012) dividiendo los registros obtenidos en tres categorías, teóricos, modelos y casos de estudio. La primera categoría abarca aquellos documentos que proporcionan un marco de referencia tales como las revisiones de literatura, o aquellos que analizan los factores influyentes para la definición de una política de inventarios y aplicación de conceptos de gestión de proyectos en la logística humanitaria; la segunda categoría engloba a todos aquellos documentos que usan teorías y técnicas para desarrollar una representación matemática de una situación dada que tengan una relación directa con la gestión de inventarios y de proyectos; finalmente la tercera categoría contiene análisis de situaciones particulares de atención a desastres.

De los documentos analizados, la mayor parte de ellos, el 50,63%, son teóricos, seguidos por modelos con un 46,83%. Finalmente se encontró que, en cuanto a casos de estudio aún existe un rezago investigativo, dejándole a esta categoría un 2,53%. Los documentos teóricos se analizan posteriormente dentro de este capítulo mientras que los modelos y casos de estudio se analizaron a profundidad en el capítulo 9.

Además, de la clasificación propuesta por (Moreno Valbuena, 2012) se analizaron los documentos de acuerdo a la fase del ciclo del desastre y al tipo de recurso gestionado. La primera clasificación se realiza para identificar en qué etapa se realizan mayormente los esfuerzos de gestión de inventarios y de proyectos y la segunda clasificación para identificar contrastes en el modelamiento y análisis, dadas por la diferenciación de recursos.

Para la clasificación de acuerdo a la fase de ciclo del desastre, se tomaron como base las etapas propuestas por (Kunz & Reiner, 2012) Mitigación y Preparación (Acciones estratégicas que permiten prevenir el desastre y planear la respuesta ante un inminente evento con el fin de minimizar los daños), Respuesta (Todas las acciones táctico – operativas que se desarrollan durante la emergencia para preservar la vida, estructura social, político y económica de la comunidad afectada) y Recuperación (Acciones estratégicas para la reconstrucción del bienestar de la comunidad afectada), sin embargo, no en todos los documentos se mencionaba en forma única la fase de atención a desastre, por consiguiente las clasificaciones se dan como se muestran en la Figura 2 con los respectivos resultados.

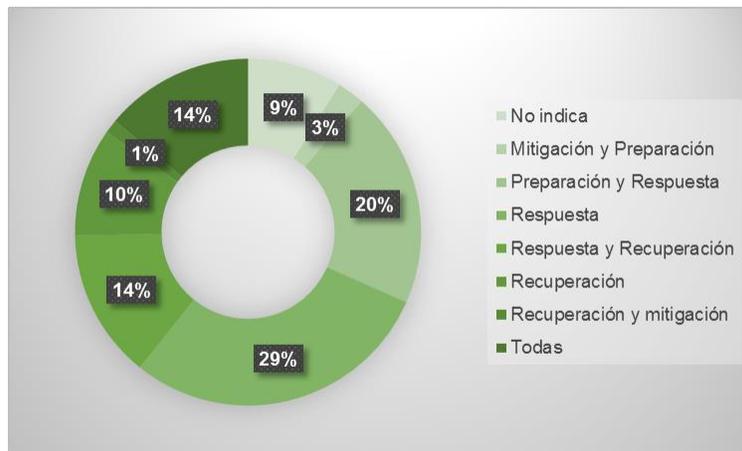


Figura 2 Cantidad de artículos según fase de ciclo de desastre
Elaboración Propia.

Se destaca que la fase de respuesta tiene un mayor porcentaje de publicaciones debido a que es de interés de la comunidad científica la gestión ante la incertidumbre que se da durante esa etapa.

Finalmente, para la clasificación de acuerdo al tipo de recurso se utilizó la diferenciación de recursos propuesta por (Ballestín González, Valls Verdejo, & Quintanilla Alfaro, 2002), siendo estos aplicables para las situaciones de desastres, recurso renovable y recurso no renovable, en donde el primero es aquel que puede reutilizarse cada cierta cantidad de tiempo mientras que el segundo se consume conforme avanza la actividad o proyecto.

Se obtuvo que un 39,51% de los documentos, analizan recursos no renovables, tales como alimentos, medicamentos y suministros de apoyo, el 37,04% no mencionaba el tipo de recurso al que estaba enfocado el documento, generalizando la aplicación de técnicas de gestión de inventarios y proyectos en desastres, el 17,28% de los artículos aplican teorías y técnicas que pueden ser aplicables a ambos tipos de recurso y finalmente tan solo 3,70% de los artículos analizan la gestión de recursos renovables como el personal y maquinaria pesada.

5.1.2.2. Clasificación de artículos teóricos

Con el fin de identificar aspectos claves de la gestión de inventarios (multinivel) y de proyectos en la logística humanitaria, se tomaron 40 documentos como teóricos de los previamente clasificados para analizar niveles de gestión, estrategias de gestión, coordinación y colaboración, eventos no deseados y soluciones sugeridas.

Niveles de decisión:

Se consideró evaluar este criterio para entender el alcance de los objetivos que se planteaban en cada documento, categorizándolos de acuerdo con los niveles de decisión abordados por Schmidt and Wilhelm (2000) en (Moreno Valbuena, 2012) *estratégico, táctico y operativo* quien los diferencia por la dimensión de la decisión y su impacto a lo largo del tiempo. Para el análisis de este criterio se tuvieron en cuenta las variables de decisión de cada documento, clasificando en estratégico aquellas que tuvieran un impacto mayor a 5 años, que fueran guías para otras decisiones ya sea para mitigar, preparar, responder o recuperar; en tácticas aquellas decisiones que tienen un impacto mayor a 1 año y que son lineamientos para abordar la situación problema; y finalmente el nivel operativo hace referencia a aquellas decisiones que son tomadas en el momento de actuar frente a una situación en términos temporales pueden ser por horas, días o semanas.

Se encontró que el 32,5% de los documentos analizaban los tres niveles, en los cuales no solo se buscaba dar una respuesta específica a un problema sino generalizar acerca de la gestión, entre ellos 7 artículos de revisión, uno de ellos enfocado directamente a la gestión de inventarios en situaciones de desastre (Balcik et al., 2016). El 17,5% por su parte abordaba dos niveles (Operativo – Táctico o Táctico – Operativo), estos estudios se caracterizaron por evaluar dos o más técnicas y/o herramientas para la gestión ante un desastre, por ejemplo, asociación entre lo militar y lo civil, evaluación del uso de sistemas RFID, Benchmarking y gestión de recursos, entre otros. Finalmente, el 50% de los artículos solo abordaban uno de los niveles de gestión, los relacionados a la gestión de inventarios, en su mayoría analizaban la gestión de desastres previos en las zonas de origen de los autores, por ejemplo el trabajo de (Zhang, Qibin, Yameng, & Jocelyn, 2015) destaca los cambios que surgieron de un terremoto a otro en cuanto a decisiones de tipo operativo, por otro lado, los documentos relacionados con la gestión de proyectos apuntaban a decisiones estratégicas en cuanto a la recuperación y mitigación ante nuevos desastres basándose en experiencias previas y realizando analogías con proyectos de alta complejidad.

Estrategias y políticas de gestión

En los documentos analizados se encontraron 11 estrategias enfocadas a la gestión de inventarios y proyectos que pueden ser utilizadas para mejorar la respuesta inmediata a un desastre, estas se presentan en la Tabla 3 en donde se muestra una descripción breve de la estrategia, el nivel de decisión, enfoque y los diferentes autores que la mencionan. De esta tabla se destaca que la mayoría de las estrategias descritas tienen un carácter estratégico – táctico y predomina el enfoque a la administración de inventarios.

Tabla 3 Estrategias y políticas de gestión encontradas en la literatura revisada.

No.	Estrategia o política	Nivel de decisión	Enfoque	Autores
1	Creación de redes logísticas capacitando continuamente a todas las personas en edificios gubernamentales incluyendo escuelas y hospitales, así como las comunidades locales para que el socorro sea inmediato, se incluyen dentro de esta red las ONGs, y existe una preferencia por las nacionales ya que conocen los requerimientos locales.	Estratégico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Anaya-Arenas et al., 2014; Ganguly & Rai, 2016; Zhang et al., 2015) (Day, Melnyk, Larson, Davis, & Clay Whybark, 2012; Gonzales, 2010; Prieto & Whitaker, 2011; Zhou & Wang, 2015)
2	Utilización de acuerdos PPP (Public – Private Partnership por sus siglas en inglés), con esto se podría tener nivel base de inventario evitando escasez durante el desastre, teniendo en cuenta los factores inherentes de la naturaleza de los productos (tamaño, peso, perecibilidad, seguridad, empaque y forma) y la flexibilidad de los almacenes.	Estratégico – táctico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Mustafa Alp Ertem & Buyurgan, 2011; Fan, French, Stading, & Bethke, 2015; Pourhosseini, Ardalan, & Mehrolhassani, 2015; Prieto & Whitaker, 2011; Schulz & Blecken, 2010; Soosay & Hyland, 2015; Swanson & Smith, 2013; Thompson, 2015; Zhang et al., 2015)
3	Gestión de la capacidad de almacenes gubernamentales y de las ONGs, cuyos protocolos agilizan la entrega, apoyándose en las organizaciones privadas que cuentan con sistemas de información que permiten una mejor gestión (como los RFID). Esta información contribuye a controlar la usabilidad de los productos. El ajuste de la capacidad requerida por el desastre debe hacerse por un comando central ya sea gubernamental o privado controlando las acciones de las diferentes organizaciones independientes.	Estratégico – táctico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Anaya-Arenas et al., 2014; Baldini, Oliveri, Braun, Seuschek, & Hess, 2012; Pourhosseini et al., 2015; Swanson & Smith, 2013) (Baroudi & Rapp, 2011; Ganguly & Rai, 2016; Jebarajakirthy, 2013; Thompson, 2015; Zhou & Wang, 2015)
4	Creación de una base de datos de las necesidades específicas de recurso de personal, medicación, alimentación y servicios con el fin de alistar un inventario para un desastre y compartir información facilitando la coordinación. Además, se propone la estandarización de los suministros en diferentes sitios estratégicos.	Estratégico-Operativo	Gestión de inventarios y de proyectos	(Nilson et al., 2013; Pourhosseini et al., 2015; Soosay & Hyland, 2015) (Arain, 2015; Gonzales, 2010; Phillips, Niedergesaess, Powers, & Brandt, 2012; Prieto & Whitaker, 2011).

5	Establecimiento de planes y procedimientos para mantener la integridad, visibilidad y seguridad de los recursos. Apoya a la estrategia 8.	Táctico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Gould & Macharis, 2010; Ismail, A Majid, Roosli, & Hj Noorazam, 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Prieto & Whitaker, 2011)
6	Establecer factores críticos de éxito entre ellos, Liderazgo institucional efectivo, Coordinación y colaboración, Leyes y reglamentos de apoyo, etc. Identificando su desempeño a través de KPI's (Key Performance Indicator)	Táctico	Gestión de proyectos	(Baroudi & Rapp, 2010; Hidayat & Egbu, 2010; Ismail, A Majid, et al., 2014; Ismail, Majid, Roosli, & Samah, 2014; Kim & Choi, 2013)
7	Definición de procesos de planeación para organizar y controlar el flujo de bienes e información entre los diferentes actores que actúan en la gestión humanitaria de acuerdo con la evaluación del impacto del desastre.	Táctico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Aegerter Alvarez, Pustina, & Hällgren, 2011; Balcik et al., 2016; Baroudi & Rapp, 2011; Chang, Wilkinson, Potangaroa, & Seville, 2012; Hidayat & Egbu, 2010; Idris & Che Soh, 2014; Ismail, A Majid, et al., 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Nilakant, Walker, Rochford, & Heugten, 2013; Phillips et al., 2012; Privett & Gonsalvez, 2014)
8	Establecimiento de un sistema integrado de gestión de recursos, incluyendo dentro de este un centro de voluntarios para aumentar la coordinación entre los civiles y los militares que apoyen las misiones humanitarias a través de la estandarización del lenguaje. Además, este sistema garantizará la disponibilidad de equipos y materiales especializados en la atención al desastre. Se apoya en la estrategia 4.	Táctico	Gestión de inventarios y de proyectos	(Fan et al., 2015; Prieto & Whitaker, 2011; Zhang et al., 2015)
9	Establecimiento de puntos de reorden tanto a nivel horizontal como vertical dentro de la cadena de abastecimiento teniendo en cuenta el flujo de información existente entre los actores involucrados.	Táctico	Gestión de inventarios	(Caunhye et al., 2012)
10	Estratificación de la zona afectada e identificación de las actividades que requiere cada zona del desastre, a través de la evaluación de daños y la priorización de las necesidades aplicando conjuntamente enfoques de gestión de proyectos, tales como, Pensamiento sistémico y Agile Project Management.	Operativo	Gestión de inventarios y de proyectos	(Anaya-Arenas et al., 2014; Baroudi & Rapp, 2011; Crawford, 2012; Day et al., 2012; Fawcett & Fawcett, 2013; Gonzales, 2010; Heaslip & Barber, 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Piepiora, Alindogan, Belarga, Hugo, & Arcos, 2015; Prieto & Whitaker, 2011)

11	Instalación de sistemas de comunicación de emergencia en áreas propensas a desastres.	Operativo	Gestión de proyectos	(Ganguly & Rai, 2016)
----	---	-----------	----------------------	-----------------------

Nota: Elaboración propia

Estas estrategias y políticas surgen del análisis teórico y práctico de los autores, no todos coincidían con las estrategias debido al alcance de cada documento, sin embargo, la gran mayoría coincide en que el mando debe centralizarse con el fin de lograr una mejor asistencia al desastre, estandarizando la comunicación entre los diferentes autores que participan.

Coordinación

Con el fin de establecer el marco en el que se debe delimitar una política de gestión de inventarios asociada a la gestión de proyectos se recopilaron las aseveraciones referentes a la coordinación, encontrando lo siguiente:

- De acuerdo con (Swanson & Smith, 2013) hay que ser cautos con la colaboración de minoristas, ya que mucho inventario en sus almacenes no es precisamente el necesario. Estos autores explican que muchos minoristas mantienen inventarios pequeños de muchos productos, si se toma como única base este stock es posible que no se pueda dar cubrimiento a la demanda causando retrasos en la ayuda.
- Algunos autores identifican la necesidad de estandarizar tanto las medidas de inventario como de comunicación. Lo primero hace referencia al término Unidades de mantenimiento de existencias (Stock Keeping Units (SKU) en inglés) expuesto por (Swanson & Smith, 2013), lo cual busca que todos los involucrados manejen una sola unidad de medida, con el fin de evitar confusiones y demoras en la entrega de suministros y ayudas. Lo segundo hace referencia a que todos los actores deben poder entenderse fácilmente y conocer la línea de autoridad evitando duplicidad de esfuerzos y retrasos. La estandarización del lenguaje a través de capacitaciones permitirá mayor eficiencia en la respuesta según (Phillips et al., 2012).
- En los casos en los que no sea posible tener una autoridad central, (Idris & Che Soh, 2014) proponen una organización poli – céntrica la cual está compuesta por varias unidades independientes que utilizan procesos centralizados de toma de decisiones y estrategias de gestión de conflictos.
- Con el fin de establecer una buena preparación (Nilson et al., 2013; Phillips et al., 2012) proponen analizar los tiempos de respuesta y establecer planes de evacuación a través de simulacros para establecer el tiempo mínimo de

respuesta de una unidad "en condiciones normales". Esto permite la capacitación del personal (Ganguly & Rai, 2016) y la identificación de posibles problemas ante un evento de desastre.

- Es necesario establecer sistemas de manejo de información. Ante un evento, entre más información exista menor incertidumbre habrá, es necesario que las autoridades locales establezcan sistemas de comunicación que permitan una recolección rápida de datos ante un desastre y generen espacios de intercambio de información entre los posibles actores involucrados con el fin de estandarizar la comunicación entre estos y establecer las necesidades reales de los afectados. Esto conlleva a un trabajo sistemático lo cual reduce problemas con otros actores, evitando sobrecarga de inventario, escasez o demoras. (Caunhye et al., 2012; Ganguly & Rai, 2016; Hidayat & Egbu, 2010; Ismail, A Majid, et al., 2014; Jebarajakirthy, 2013; Phillips et al., 2012; Soosay & Hyland, 2015; Zhang et al., 2015; Zhou & Wang, 2015).
- También, se propone que haya sistemas de identificación de los productos agilizando su entrega y garantizando su idoneidad. (Baldini et al., 2012; Gould & Macharis, 2010).
- Las decisiones que se tomen deben estar basadas en las necesidades de la comunidad local, agentes externos no pueden imponerse o generar descoordinación. (Piepiora et al., 2015)
- Para garantizar la coordinación, (Balcik et al., 2016; Baroudi & Rapp, 2011; Day et al., 2012; Fan et al., 2015; Fawcett & Fawcett, 2013; Ganguly & Rai, 2016; Gonzales, 2010; Hidayat & Egbu, 2010; Idris & Che Soh, 2014; Ismail, A Majid, et al., 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Nilson et al., 2013; Zhang et al., 2015) proponen que existan las siguientes características
 - Unidad o línea de mando clara y única.
 - Objetivo y alcance claro para cada nivel jerárquico, aunque estos pueden ser cambiantes a lo largo de las fases de un desastre, se busca que todos tengan un objetivo central general con el cual operar. De acuerdo con (Moe & Pathranarakul, 2006) desde el punto de vista de gestión de proyectos hay cinco niveles jerárquicos para la coordinación (y colaboración) entre los diferentes actores involucrados: “internacional, nacional, regional, de organización y de proyecto.”
 - Los diferentes actores deben tener objetivos alineados, roles y responsabilidades definidas y estar plenamente identificados (de forma que no se invada la autoridad individual).
 - Las tareas son asignadas de una forma clara para evitar duplicidad de funciones.
 - Debe existir un plan de coordinación entre los medios de transporte, para que no se sobre capacite un solo modo.

- Gestión de la información disponible y comunicación continua entre los diferentes actores.
- Priorización de las actividades basadas en las necesidades de la comunidad afectada, brindando un guía de actuación para cada uno de los equipos de actores ya sea de respuesta o de apoyo, evitando caer en el error que resalta (Gonzales, 2010): "Cuando todo es una prioridad, nada es una prioridad".
- Identificación de la capacidad de los almacenes temporales, y reorganización de los recursos conforme avanza la ayuda. Una planificación eficaz de los recursos permitirá establecer que recursos se deben utilizar, de que fuentes pueden ser utilizados y como usarlos. Dentro de estos recursos están: un personal capacitado en los diferentes campos especializados de servicios de infraestructura tales como Agua / Aguas Residuales, Drenaje, Transporte y Edificios.
- De la magnitud del desastre dependerá si se establece legislación temporal o se realizan esfuerzos de rutina para reestablecer la normalidad.
- Establecer políticas y lineamientos para el recibo de donaciones, verificadas por expertos técnicos.

Colaboración

De igual forma que el apartado anterior se recopilaron las aseveraciones referentes a la colaboración con el fin de plantear una política acorde al desarrollo real de la respuesta a un desastre, cabe resaltar que la diferencia entre coordinación y colaboración es que la primera hace referencia a realizar actividades de forma metódica y la segunda implica que los diferentes actores obren de manera conjunta armónicamente por un mismo objetivo (o con objetivos alineados) (Semana, 2017; Taboada Ibarra, 2007).

Dentro de los artículos revisados en esta sección, se destaca el de (Soosay & Hyland, 2015) quien evalúa a profundidad la colaboración en la cadena de suministro y ratifica la aplicación que debe hacerse en la logística humanitaria, se afirma además que para el periodo de su estudio (2005-2014), el mayor número de publicaciones referente al tema se dio entre 2011 y 2014, coincidiendo de igual forma con el auge de las publicaciones en logística humanitaria. Entre su aporte se describen siete componentes para que se dé una colaboración eficaz entre diferentes actores de una cadena de suministro: Intercambio de información (o información compartida (Idris & Che Soh, 2014)), Congruencia de objetivos, Sincronización de decisiones, Alineación de incentivos, recursos compartidos, Comunicación colaborativa y Creación conjunta de conocimientos.

Por otro lado, en los demás estudios analizados (Baldini et al., 2012; Caunhye et al., 2012; Ganguly & Rai, 2016; Gonzales, 2010; Gould & Macharis, 2010; Hidayat & Egbu, 2010; Idris & Che Soh, 2014; Ismail, A Majid, et al., 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Nilson et al., 2013; Piepiora et al., 2015; Swanson & Smith, 2013) se encontraron las siguientes características táctico – operativas que propician un entorno colaborativo y eficiente ante la gestión de un desastre:

- Participación de la comunidad local.
- Creación de grupos cooperativos y especializados que reestablezcan los servicios públicos, otros que identifiquen necesidades de la comunidad local en caso de no poder participar activamente y grupos operativos de ayuda y rescate.
- Apoyo en los comerciantes locales para conocer las necesidades de la comunidad afectada
- Garantía de la seguridad, disponibilidad de implementos y suministro de la información requerida a los equipos de respuesta por parte de los diferentes actores o agencias participantes
- Presencia de un gestor logístico local que evalúe y determine que niveles de inventarios existen en la zona y en el caso de que no sean de tipo comunal este buscará realizar acuerdos de colaboración para que puedan ser usados inmediatamente.
- Acuerdos efectivos de colaboración inter – agencias (Pactados previamente o durante)
- Buena infraestructura de comunicaciones
- Definir una metodología o modelo de cooperación, por ejemplo, el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference model) o Inventario Administrado por el Proveedor (Vendor-Managed Inventory VMI)

Eventos no deseados

Para robustecer capítulos posteriores ligados al objetivo de identificar problemas en la gestión de inventarios ante desastres, se recopilieron los problemas identificados por los autores en sus trabajos, encontrando los siguientes:

De colaboración y coordinación

- Realizar acuerdos con minoristas y que estos tengan una alta probabilidad de daño y escasez de personal en el momento del desastre, provocando reducción en el inventario disponible esperado. (Swanson & Smith, 2013)
- Gran cantidad de actores con poca coordinación y colaboración entorpeciendo las operaciones de ayuda y aumentando el riesgo de

exposición ante nuevos eventos. (Baldini et al., 2012; Chang et al., 2012; Day et al., 2012; Fawcett & Fawcett, 2013)

- Asistencia unilateral sin comunicación por parte de diferentes actores puede dar lugar a duplicaciones y desperdicios (Idris & Che Soh, 2014; Zhang et al., 2015)
- Falta de procedimientos y/o acuerdos de cooperación entre gobierno, ONGs y/o empresas privadas (PPP) (Moe & Pathranarakul, 2006; Soosay & Hyland, 2015; Thompson, 2015; Zhang et al., 2015)
- No tener una plena identificación y evaluación de riesgos, además, poca prevención y planificación de las acciones a realizar durante y después de un desastre, incluyendo que no haya una única agencia responsable, dando lugar a comandos o instrucciones redundantes, conflicto de intereses por parte del gobierno local y/o falta de comunicación (Moe & Pathranarakul, 2006)
- Mala planeación de los recursos financieros dando lugar a que la población afectada no pueda recuperarse en un plazo aceptable (Hidayat & Egbu, 2010)
- Alta ambigüedad de las decisiones tomadas por el gobierno cuando se dan órdenes para la misma operación desde diferentes órganos administrativos (Crawford, 2012).
- Falta de participación de la comunidad local dando lugar a que se ignoren las necesidades propias de su cultura y que se den fraudes o desperdicios de recursos (Ismail, Majid, et al., 2014)

Del abastecimiento

- Contar con una estrategia logística incoherente y/o desintegrada. (Thompson, 2015) En términos de inventario por ejemplo, (Privett & Gonsalvez, 2014) establece que en muchos casos las estrategias empleadas para evitar y reaccionar a la escasez, fueron realizar pedidos o reabastecimiento frecuentes, encontrando que esto da lugar a ineficiencias en el sistema.
- Desestimar demandas específicas, y se causen sub – problemas, por ejemplo falta de suministros específicos para adultos mayores (medicamentos) y niños (pañales y leche en polvo, etc.) (Idris & Che Soh, 2014)
- Provisión de donaciones de suministros no solicitados que sobrecargan la capacidad del sistema y/o necesitan condiciones especiales no disponibles para su conservación (Ej. Refrigeración), aumentando el retraso y el riesgo

de pérdida de material por mal manejo o envío equivocado. (Baldini et al., 2012; Fan et al., 2015)

- Escasez de personal especializado para prestar la ayuda (Equipos de búsqueda y rescate) y soportarla (Equipos de gestión logística) (Privett & Gonsalvez, 2014; Thompson, 2015; Zhang et al., 2015)

De la infraestructura

- Tener baja capacidad de almacenamiento y que además se presenten demasiadas restricciones para su uso, retrasando las operaciones de ayuda. (Ganguly & Rai, 2016; Thompson, 2015)
- Altos daños en la infraestructura de transporte aumentando los tiempos de abastecimiento (Lead time) de los bienes necesarios siendo mayormente crítica la “última milla”. (Baldini et al., 2012; Chang et al., 2012; Ganguly & Rai, 2016)
- Altos daños en la infraestructura de comunicación que obstaculicen la recolección de información y la coordinación y colaboración entre actores para responder la crisis. (Baldini et al., 2012; Fan et al., 2015; Privett & Gonsalvez, 2014; Soosay & Hyland, 2015)
- No evaluar correctamente el nivel de daño, ya sea pérdida total, insuficiencia o degradación de los materiales o equipos (Gonzales, 2010)

De la seguridad

- Riesgo ante criminales que buscan tomar ventaja en la cadena de suministro humanitaria ya sea robando o interrumpiendo los esfuerzos buscando un beneficio propio (Baldini et al., 2012).

Soluciones Sugeridas

Finalmente, se recopilaron las soluciones y sugerencias que proporcionaban los autores a lo largo de la revisión, excluyendo las que fueron mencionadas en las secciones anteriores de la revisión:

Relacionadas con la definición de los almacenes temporales

- Definir protocolos que permitan un despliegue rápido de operaciones de emergencia para organizaciones gubernamentales y privadas, tal como el departamento de salud de Ohio que ha dispuesto un sistema de gestión de almacenes que tarda tan solo 12 minutos en activarse por completo. (Swanson & Smith, 2013)
- Identificar depósitos temporales o agencias intermedias apropiadas en el área afectada por el desastre, asignando cada una de estas acorde a la demanda. (Idris & Che Soh, 2014)

- Definir de acuerdo con las condiciones del desastre el tipo de abastecimiento que permita una atención eficiente, por un lado, se puede definir un gran almacén central que abastezca los diferentes almacenes temporales de forma que haya un control total de los recursos, por otro lado, se puede definir un multi - abastecimiento en donde diferentes almacenes envíen a los almacenes temporales agilizando la entrega de material y ayuda. (Anaya-Arenas et al., 2014)
- Designar zonas seguras (Kim & Choi, 2013)

Relacionadas con la mano de obra

- Capacitar un amplio número de personas locales para que puedan ser llamadas fácilmente como personal temporal, de forma que haya una mayor rotación de personal evitando la fatiga laboral (o un pre - karoshi). (Idris & Che Soh, 2014)

Relacionadas con el modelamiento de la respuesta a situaciones de desastre

- (Balcik et al., 2016) identifican la necesidad de que las investigaciones futuras en la planificación de inventarios involucren variables dinámicas con las cuales se introduzcan a los modelos robustez de cálculo de la demanda, capacidad para expandir o contraer instalaciones o considerar eventos de interrupción.
- (Soosay & Hyland, 2015) identifican la necesidad de que los estudios que incluyen colaboración contengan más de dos niveles, ya que de acuerdo con sus resultados es un área subestimada. Además, (Hidayat & Egbu, 2010; Zhou & Wang, 2015) propone que la comunidad local sea incluida como uno de estos niveles.

Relacionadas con la gestión de proyectos

- Establecimiento de un sistema de gestión de conocimiento para que los diferentes actores puedan acceder a información útil para la toma de decisiones desde un punto de vista unificado agilizando la distribución de los recursos (Arain, 2015; Moe & Pathranarakul, 2006)
- Reconocer riesgos y los implementos adecuados para las diferentes fases de desastre acorde a las necesidades locales (Hidayat & Egbu, 2010)
- Excluir contratistas migrantes con el fin de promover la recuperación económica de la comunidad afectada (Kim & Choi, 2013)
- Planificación adecuada, coordinación entre actores, gestión eficaz del tiempo, participación activa de las partes interesadas, participación de la

comunidad local, supervisión continua del coordinador o agencia directora del proyecto (Ismail, Majid, et al., 2014)

- Evaluar y tomar acción frente a los factores críticos de éxito: Acuerdo institucional eficaz; Coordinación y colaboración; Leyes y reglamentos de apoyo; Sistema eficaz de gestión de la información; Competencias de los gerentes y miembros del equipo; Consultas eficaces con las principales partes interesadas y los beneficiarios objetivo; Mecanismo de comunicación eficaz; Objetivos y compromisos claramente definidos por los principales interesados; Gestión logística eficaz; Suficiente movilización y desembolso de recursos (Hidayat & Egbu, 2010)
- Cada una de las fases de un desastre debe definirse, planificarse e implementarse por etapas (Ismail, A Majid, et al., 2014)
- Deben considerarse las aptitudes del gestor del proyecto ya que debe poseer habilidades en la creación de redes; coordinación; visualización; comunicación efectiva; negociación con donantes y la resolución de conflictos con el fin de gestionar eficazmente la situación con una clara comprensión de la distinción entre la gestión de proyectos en condiciones de normalidad y calamidad (Kumara & Handapangoda, 2006).
- La gestión de proyectos plantea el uso de técnicas que permitan optimizar o mejorar el uso de los recursos tales como las de nivelación de recursos (Gonzales, 2010)

Relacionadas con otras áreas de conocimiento

- (Gould & Macharis, 2010) proponen la aplicación de los principios de la gestión de la calidad ajustables a la situación para garantizar la integridad de un envío desde el punto de origen a través de la cadena de suministro.

Conclusión de la revisión

Según esta revisión de literatura, actualmente se ejecutan y estudian diferentes estrategias, políticas, eventos no deseados y soluciones para abordar la gestión de desastres desde el punto de vista de la gestión de inventarios, de proyectos y su combinación a lo largo de las fases que comprenden un desastre. Los eventos no deseados, son en su mayoría producto de una mala planificación o descoordinación entre actores, mientras que las soluciones propuestas tienen mayor diversidad para cubrir diferentes aspectos de la gestión. Además, se confirma que existe una relación fuerte entre los factores analizados de colaboración y coordinación con la gestión de proyectos. También se evidenció que la mayoría de los estudios se enfocan a soluciones con carácter discreto sin tener en cuenta los ajustes que deben hacerse a lo largo de la atención al desastre.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

5.2.1. Desastre de origen natural

Situación generada por un fenómeno de origen natural que provoca alteraciones intensas en una comunidad, los bienes, servicios y medio ambiente. El desastre se da como “consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos que causa efectos adversos sobre los mismos”. (DGPAD, 2000)

5.2.2. Desastre Súbito de Gran Magnitud

En Colombia un desastre es catalogado de gran magnitud (Evento crítico nacional – nivel 4) “cuando la cantidad de víctimas, las pérdidas materiales y los problemas de orden público son, o pueden llegar a ser, de enorme magnitud en un periodo de ocurrencia relativamente corto y hace necesario la organización, coordinación y asignación de recursos a gran escala y en forma inmediata de las instituciones y la comunidad nacional y muy posiblemente de organismos y agentes internacionales” (DGPAD, 2000). Se considera como el más alto dentro de los niveles de emergencia y es declarado mediante decreto por el presidente de la república como catástrofe (UNGRD, 2015). En 2015 la UNGRD estableció las siguientes aseveraciones para permitir una rápida declaración y actuación:

- El número de muertos, heridos, enfermos, desaparecidos y afectados es muy alto respecto al número total de la población.
- Los medios de vida tales como agua, energía, alimentos, vivienda, trabajo y tejido social han sido impactados considerablemente, midiéndose la cantidad de viviendas afectadas contra el número total de hogares.
- La afectación a la infraestructura colectiva (redes y edificaciones indispensables y/o de servicio a la comunidad) es muy alta.
- La afectación geográfica se da en todo el territorio nacional o en parte sustancial del mismo.
- Existe una afectación al medio ambiente y a los recursos naturales.
- La afectación a la gobernabilidad (Gobernantes, instalaciones o recursos del gobierno) o al orden público es muy alta.
- La velocidad, intensidad y expansión de la emergencia es muy alta. Además, sus riesgos conexos son altos e inminentes.
- La capacidad de manejo y/o para la prestación de los servicios básicos de respuesta por parte de organismos nacionales es insuficiente para

responder a la demanda y requiere medidas excepcionales y/o apoyo internacional.

- Los recursos del sistema de gestión del riesgo son insuficientes para coordinar la emergencia y/o prestar los servicios básicos.

5.2.3. Sistema logístico humanitario colaborativo colombiano

Es el conjunto de elementos tales como “entidades públicas, privadas y comunitarias, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias” (Congreso de Colombia, 2012b) que son necesarios para la gestión de los sistemas de apoyo a lo largo del ciclo logístico, cuyos esfuerzos están principalmente concentrados “en los intercambios de recursos, información, habilidades y conocimientos necesarios para apoyar las operaciones de prevención de desastres y de atención a poblaciones afectadas por catástrofes, ya sean de origen humano o natural, sin importar si estas son de evolución lenta o aparición súbita, garantizando así una rápida respuesta del sistema tendente a mantener o recuperar el bienestar de la población que se encuentra en riesgo o afectada.” (Kalenatic et al., 2013) Se garantiza la colaboración dentro de este sistema a través de los 15 principios establecidos en la Ley 1523 de 2012: Igualdad, Protección, Solidaridad social, Auto – conservación, Participativo, Diversidad cultural, Interés público o social, Precaución, Sostenibilidad ambiental, Gradualidad, Sistémico, Coordinación, Concurrencia, Subsidiariedad y Oportuna información, los cuales orientan a los gestores y actores para proceder de forma ecuánime.

Tres conceptos gubernamentales importantes que destacar del sistema son:

- Logística de emergencia: “es la movilización de personal, equipos, accesorios, herramientas, suministros y ayuda humanitaria de emergencia para el trabajo del personal operativo y/o la atención de la población afectada” (UNGRD, 2017b)
- Manejo de desastres: “es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación post- desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación (Ley 1523 de 2012)” (UNGRD, 2017b)
- Estrategia de respuesta a emergencias (ETRE): “es el marco de actuación de las entidades del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres para la reacción y atención de emergencias. Se refiere a todos los aspectos que deben activarse por las entidades en forma individual y colectiva con el propósito de ejecutar la respuesta a emergencias de manera oportuna y efectiva.” (UNGRD, 2017b)

5.2.4. Actores generales involucrados en la atención al desastre

De trabajos anteriores acerca de la gestión de desastres (Guzman Cortes, Kalenatic, & González Rodríguez, 2015), el artículo 8 de la Ley 1523 de 2012 (Congreso de Colombia, 2012b) y del glosario actualizado de la UNGRD (UNGRD, 2017b) se encontraron cinco grupos de actores integrantes del sistema nacional de gestión del riesgo ante desastres frente a la ocurrencia de un desastre de gran magnitud súbito:

- *Población afectada*: Grupo de personas perjudicadas directa o indirectamente por un desastre. Los afectados son quienes presentan lesiones o enfermedades, quienes fueron evacuados o desplazados o quienes han sufrido daños en sus medios de sustento, bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales. De acuerdo con la magnitud del desastre, la comunidad local y demás actores evalúan los recursos o requisitos necesarios para que la población afectada recupere su bienestar, en la mayor brevedad posible.
- *Comunidad Local*: grupo de personas que se localiza en un espacio determinado, quienes han establecido con el tiempo vínculos de solidaridad y de pertinencia que intervienen participativamente a nivel social, cultural, ambiental y económico durante la respuesta a un desastre basados en objetivos comunes que se sobrepone a los intereses particulares. Circunda y/o contiene a la población afectada.
- *Entidades Gubernamentales o públicas*: Engloba a todas las entidades que deben responder ante un desastre, tales como la Presidencia de la República, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo ante Desastres, la Defensa Civil, y las fuerzas militares cuando sea necesario, entre otras.
- *Entidades sin ánimo de lucro (ONG)*: Engloba a todas aquellas organizaciones que sin ánimo de lucro están dispuestas a prestar ayuda a la población afectada a través de donaciones de bienes y servicios. La ONG más grande de Colombia es la Cruz Roja Colombiana.
- *Empresas Privadas*: Engloba a todas aquellas organizaciones con ánimo de lucro que realizan acuerdos con las entidades públicas con el fin de suplir aquellos bienes o servicios solicitados por la población afectada para cubrir su demanda.

5.2.5. Respuesta inmediata y tiempo de respuesta

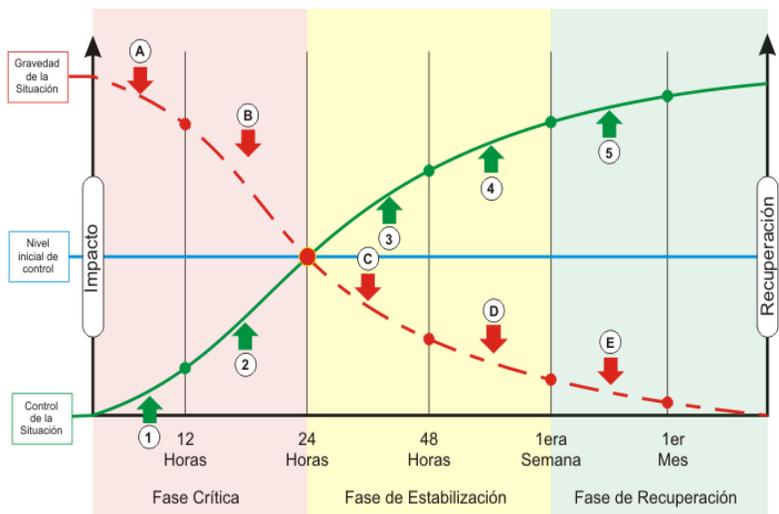
La fase de respuesta inmediata se entiende en el contexto colombiano como fase crítica y fase de estabilización (SNPAD, 2006) mostrada en la Figura 3. Así, el tiempo de esta fase comprende desde el instante inmediatamente después del desastre hasta la primera semana.

5.2.6. Gestión de inventarios multinivel

Considera la situación en donde existe más de una instalación en la cual debe calcular el nivel de inventario, en donde la instalación 1 recibe el stock de la 2, la 2 de la 3 y así sucesivamente N veces y en diferentes configuraciones de red, por otra parte, en algunos casos se hace el supuesto de que la duración del tiempo de suministro (lead time) no es la natural debido a que en este caso el tiempo de abastecimiento que debe esperar la instalación que recibe está sujeto a la disponibilidad de stock de la instalación que envía. La teoría de gestión de inventarios multinivel parte de evaluar la diferencia entre el cálculo individual del inventario y el global, evaluando los beneficios que traiga a la organización o cadena de suministro según corresponda a instalaciones o eslabones (Clark & Scarf, 1960).

5.2.7. Gestión de proyectos y logística humanitaria

La logística humanitaria y específicamente la atención a un desastre conllevan la realización de una serie de fases divididas en actividades con el fin de salvar vidas y recuperar el bienestar de la población, cada una de ellas con un tiempo de inicio y fin delimitado. Si se trata de un evento de gran magnitud como un terremoto, estas actividades requieren de una cuidadosa pero rápida planeación coincidiendo así con la concepción de proyecto de (Project Management Institute, 2013).



Situación de Emergencia a partir del impacto

Evolución del evento en función de la atención efectuada

Evaluación de la situación de emergencia

- A** En los primeros minutos de un desastre se producen daños, pérdidas, lesionados y muertes.
- B** Durante las primeras horas se presentan la pérdida de viviendas y el colapso de los servicios esenciales para la comunidad
- C** A partir de las primeras 24 horas, se hacen evidentes los problemas de salud, higiene, saneamiento y bienestar.
- D** Después de las primeras 48 horas, se agudiza la problemática de alojamiento y alimentación en la población afectada.
- E** En las primeras semanas posteriores al desastre, son evidentes los problemas de sostenibilidad y desarrollo que deberá afrontar la comunidad

Acciones de control de la situación

- 1** Se han efectuado las acciones de salvamento iniciales para atender las víctimas directas del evento.
- 2** Se coordinan los apoyos alimentarios y de implementos esenciales para el bienestar de las familias afectadas, así como para el refugio temporal durante las primeras horas, se efectúa la restitución parcial de los servicios esenciales (agua y energía). Se activan los planes sectoriales requeridos en función de la situación.
- 3** Se inicia el abordaje de los problemas de salud y bienestar de la población afectada, en prioridad a las patologías predominantes en función a la situación.
- 4** Se aplican las acciones de saneamiento requeridas para evitar el incremento de vectores y el contagio de enfermedades. Se coordinan e implementan las alternativas para el alojamiento temporal de las familias afectadas.
- 5** Se implementan las acciones definidas en el Plan de Contingencia aprobado por el Comité Nacional de Prevención y Atención de Desastres, orientadas a la estabilización y recuperación de la población afectada.

Figura 3 Evolución general de la respuesta ante un evento de emergencia. Tomado de (SNPAD, 2006)

Es por esto que esta investigación acogió la gestión de proyectos en su desarrollo, tales como la definición de recursos (Ballestín González et al., 2002), y la Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos (Gonzalez, Kalenatic, & Moreno, 2012). El siguiente extracto de texto ilustra diferentes conceptos utilizados en la investigación para la ejecución de una actividad en proyectos:

“Las características más importantes de una actividad son: La duración, definida como el número unidades de tiempo requeridas para finalizar la actividad; los requerimientos de recursos, corresponden a la cantidad necesaria de cada recurso para ejecutar una actividad en un modo particular; el modo, representa una combinación específica de tiempo y recursos (tecnología) en la ejecución de la actividad; fecha de disponibilidad, señala el momento a partir del cual se puede iniciar la ejecución de la actividad; fecha de entrega, muestra el instante de tiempo en el que, a más tardar, debe completarse una fracción de la actividad o la totalidad de la misma; y posibilidad de interrumpir, indica si es viable técnicamente, segmentar la actividad o detener su ejecución con el fin de reasignar los recursos a la realización de otras actividades.” (Gonzalez et al., 2012)

5.2.8. Dinámica de Sistemas

Para el análisis de la relación entre la política de gestión de inventario basada en el enfoque de gestión de proyectos y el tiempo de respuesta, para la fase de respuesta inmediata, se utilizó la herramienta de dinámica de sistemas, la cual permite estudiar problemas complejos y su comportamiento a través del tiempo. Esta herramienta desarrollada por Jay Forrester en el MIT se basa en la teoría del control al análisis de sistemas sociales y empresariales, actualmente utilizados para modelar matemáticamente diversos escenarios. Además se han desarrollado softwares específicos para poder simular las relaciones matemáticas establecidas en un modelo causal, haciendo de la dinámica de sistemas una herramienta robusta para este tipo de situaciones (Gonzalez et al., 2012).

5.2.9. Relación Colaboración y coordinación

De acuerdo con (Váncza & Egri, 2013) se puede entender como colaboración, las relaciones e interacciones entre distintos agentes en un ambiente incertidumbre que comparten sus recursos. Para que estas interacciones sean benéficas es necesario que exista coordinación entre dichos agentes y se minimice el conflicto entre sus intereses (cooperación). Kaynak y Tuğer hacen la distinción de dos tipos de coordinación para el campo humanitario, vertical y horizontal. La coordinación horizontal se refiere a la relación interna dentro de una organización o una comunidad, o la colaboración de una organización con los competidores y no competidores. La coordinación vertical se ha descrito como una relación entre dos o más organizaciones que comparten sus responsabilidades, los recursos y la

información de rendimiento para servir a los clientes finales relativamente similares. (Kaynak & Tuğer, 2014)

5.2.10. Servicio básico de respuesta de Ayuda Humanitaria: alimentaria y no alimentaria (Antes Sub - sistema de Manejo de ayuda)

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012 se dio una transición de subsistemas a servicios básicos de respuesta con el fin de simplificar la coordinación de la prevención y atención a desastres. Es por esto que, en 2015, se lanza la estrategia Nacional para la Respuesta a emergencias y redefine el sub - sistema de manejo de ayudas como el servicio básico de respuesta de ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria, la cual tiene como objetivo: “Proveer alimentos sanos y nutritivos en cantidad suficiente, para las necesidades de dieta y preferencias alimentarias de las comunidades afectadas en emergencia que lo requieran” Dentro de este servicio se incluye la entrega de alimentos (mercados, alimentos), ayudas no alimentarias en forma de ayudas económicas (pecuniarias). “Dentro de su alcance este servicio incluye el ciclo logístico para la prestación del servicio y los implementos necesarios para el consumo de alimentos en condiciones dignas.” (UNGRD, 2015)

5.2.11. Servicio básico de respuesta de Búsqueda y Rescate (Antes Sub - sistema de Búsqueda y rescate)

De igual forma que el concepto anterior cambia el subsistema de búsqueda y rescate a Servicio básico de respuesta de búsqueda y rescate, se define el siguiente objetivo: “Salvar vidas de personas que estén extraviadas, atrapadas o afectadas que requieran intervención de equipos especializados de rescate”. Este servicio requiere de grupos especializados, soporte logístico y equipos de rescate. Dentro de su descripción y alcance se definen las actividades propias de este servicio y las situaciones de actuación (UNGRD, 2015).

6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

6.1. VARIABLES

La variable que se utilizó como variable de respuesta de la investigación es el tiempo promedio de respuesta de atención humanitaria, el tiempo promedio se mide desde el momento en el que ocurre el desastre hasta que la ayuda es efectivamente entregada a los afectados en horas, durante la fase de respuesta inmediata (Kunz & Reiner, 2012; SNPAD, 2006). Se considera que esta variable es clave ya que de ella depende el éxito de la recuperación del bienestar de los afectados. (Moreno Valbuena & Gonzalez Rodríguez, 2011)

Otras variables importantes que se manejaron en esta investigación corresponden a los niveles y tasas de:

- *Nivel de ejecución planeado del proyecto:* En función de la Tasa planeada de ejecución del proyecto.
 - *Tasa planeada de ejecución del proyecto:* En función de la Tasa de ejecución planeada de las actividades y su prioridad en el proyecto
- *Nivel de ejecución real del proyecto:* en función de la Tasa real del proyecto.
 - *Tasa real del proyecto:* En función de la Tasa de ejecución real de las actividades y su prioridad en el proyecto
- *Discrepancia en la ejecución del proyecto:* Diferencia entre el Nivel de ejecución planeado del proyecto y Nivel de ejecución real del proyecto.
- *Nivel Recurso Renovable Disponible:* En función del Recurso Renovable inicial, Tasa de abastecimiento de recurso renovable, Tasa de salida para renovar el recurso, Tasa de retorno del recurso renovable, Tasa de salida del recurso renovable por fallas y Tasa de retorno del recurso renovable sin fallas.
 - *Recurso Renovable inicial:* Cantidad en inventario inmediatamente disponible para el proyecto de ese recurso
 - *Tasa de abastecimiento de recurso renovable:* En función de la tasa de pedido del recurso renovable y el lead time asociado.
 - *Tasa de salida para renovar el recurso:* En función de los elementos que cumplen su periodo de trabajo y deben ser retirados del sistema para su renovación.
 - *Tasa de retorno del recurso renovable:* En función de la Tasa de salida para renovar el recurso, hace referencia a aquellos elementos que han tenido un periodo de descanso o renovación y pueden volver al sistema.

- *Tasa de salida del recurso renovable por fallas y Tasa de retorno del recurso renovable sin fallas:* Considerando la incertidumbre del modelo se asigna un aleatorio para extraer elementos del sistema considerado como una falla en el recurso renovable, por ejemplo, un gestor herido que debe pasar un tiempo por fuera hasta que se finalice su curación y posteriormente volver al centro de mando, el aleatorio está diseñado para que no todos los elementos regresen.
- Nivel de recurso no renovable disponible: En función del recurso no renovable inicial, la Tasa de abastecimiento del recurso no renovable, y la Tasa de consumo del recurso no renovable real.
 - *Recurso no renovable inicial:* Cantidad en inventario inmediatamente disponible para el proyecto de ese recurso
 - *Tasa de abastecimiento del recurso no renovable:* En función de la tasa de pedido del recurso no renovable y el lead time asociado.
 - *Tasa de consumo del recurso no renovable real:* En función de la relación entre la cantidad de recursos usados por las actividades y sus tasas de ejecución.
- *Modo requerido por actividad:* número de referencia con el que se establece la relación entre la duración de la actividad y los recursos necesarios para dicha duración. Nivel en función la Tasa de asignación modo Actividad y la Tasa de cambio de modo Actividad.
 - *Tasa de asignación modo actividad:* En función de una necesidad de cambio de modo (si hay una discrepancia alta en la ejecución del proyecto se aceleran las actividades si es posible) y el Time Step (delta del tiempo manejado para la simulación)
 - *Tasa de cambio de modo actividad:* en función de la Tasa de asignación modo actividad y la periodicidad con que se espera se revise el estado de ejecución del proyecto.

Las ecuaciones de estas variables pueden encontrarse con mayor detalle en el Anexo 13.

6.2. ALCANCE

La investigación se desarrolló para los servicios de respuesta de ayuda humanitaria: alimentaria y no alimentaria, y de búsqueda y rescate del sistema nacional de gestión del riesgo de desastres.

La caracterización de actividades se realizó para la fase de respuesta inmediata, con el fin de evaluar el impacto de la gestión de inventarios y proyectos en la

atención de desastres durante su fase crítica (Punto donde hay mayor necesidad de recursos de apoyo a la ayuda y directa ayuda). El modelo desarrollado involucró el concepto de multinivel buscando una coordinación y colaboración entre actores, esencial para el desarrollo logístico de las operaciones de atención al desastre.

6.3. LIMITACIONES

La principal limitación encontrada para la ejecución de este proyecto de investigación fue el acceso a la información necesaria para la identificación de tiempos y cantidad de recursos requeridos por las actividades identificadas en la fase 1 de caracterización del sistema logístico humanitario.

6.4. HIPÓTESIS

Establecer una política de gestión de inventarios multinivel como medio de mitigación del impacto de desastres naturales en Colombia disminuye el tiempo de respuesta de atención inmediata.

7. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en cuatro grandes fases. En la primera fase se realizó una revisión de la información de los servicios básicos de respuesta de estudio a partir de fuentes primarias, tales como entidades gubernamentales, ONG y documentos oficiales con el fin de determinar las actividades, problemas y medidas de desempeño asociados a la gestión actual del sistema humanitario colombiano, también se tuvieron en cuenta fuentes secundarias de información como artículos publicados (durante los últimos siete años, en las bases de datos nacionales acerca de la gestión de desastres en Colombia) e investigaciones realizadas por el grupo de investigación de Sistemas Logísticos. Con base en esta información se desarrollaron modelos de red que permitieron establecer un punto de partida del modelo.

En la segunda fase se realizó una revisión de la literatura de los modelos de gestión de inventarios desarrollados a nivel general, escogiendo los de mayor ajuste a las características definidas en la fase anterior. Seguidamente se hizo una selección de estos a través de un proceso jerárquico analítico, conformando la política de gestión de inventario.

En la tercera fase, a partir de la metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos de (Gonzalez et al., 2012) se formuló un modelo dinámico base con dos actividades con el fin de representar los diferentes elementos necesarios para establecer las relaciones entre dinámica de sistemas, gestión de inventarios y gestión de proyectos. Inicialmente se construyó un análisis causal y luego se estableció el diagrama de FORRESTER. Posteriormente se determinó la articulación de este modelo con la política seleccionada y finalmente se adecuó a las condiciones del sistema planteado en donde se creó una superred con la información de la primera fase con el fin de consolidar una estructura básica del sistema logístico humanitario colombiano.

En la cuarta fase se desarrolló la simulación del modelo desarrollado y se analizaron las implicaciones económicas de la política de gestión multinivel.

La Figura 4 muestra la metodología descrita de forma que se evidencien los métodos y resultados que surgieron en cada etapa.

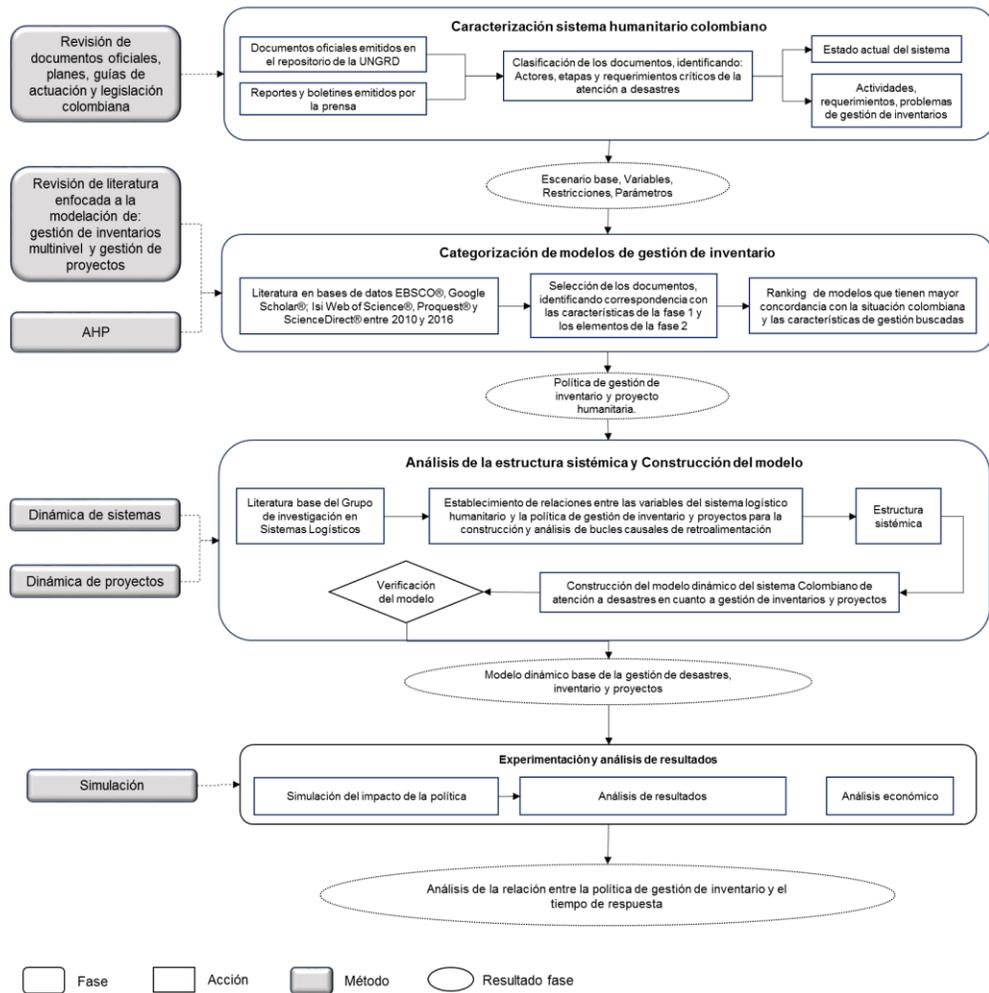


Figura 4 Metodología de la investigación utilizada.
Elaboración propia

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y PROBLEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN EL SISTEMA HUMANITARIO COLOMBIANO

La caracterización de las actividades y problemas de gestión de inventarios en el sistema humanitario colombiano se basó en la consulta y revisión de documentos disponibles en el repositorio de la UNGRD, en los sitios web oficiales de las entidades parte del sistema logístico humanitario colombiano, y en las declaraciones dadas oficialmente a la prensa. Se dividió la caracterización en cuatro grandes grupos, actividades generales, actividades relacionadas con el soporte, actividades asociadas al Servicio básico de Búsqueda y Rescate y las actividades asociadas al Servicio básico de Ayuda Humanitaria: alimentaria y no alimentaria. Por medio de esto se pudo estimar, quién actúa, cómo actúa y qué se requiere, identificando la estructura organizacional, la configuración de la red de abastecimiento y el nivel de coordinación y colaboración actual.

8.1. ACTIVIDADES GENERALES DE ATENCIÓN AL DESASTRE Y PROBLEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Las actividades generales de atención al desastre durante la fase de respuesta proporcionan un marco de referencia acerca del modo de actuación de Colombia frente a un desastre y en especial de la UNGRD. Existen diferentes documentos gubernamentales que guían la actuación ante situaciones de desastre de gran magnitud, entre ellos se destacan la Estrategia de Respuesta Nacional (Congreso de Colombia, 2012b, p. Art. 35; UNGRD, 2015) y Generalidades sobre la guía de actuación en caso de un desastre súbito (DGPAD, 2000), el primero da lineamientos generales de actuación mientras que el segundo establece mecanismos de acción, esta diferencia se observa en los objetivos de cada documento mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4 Objetivos de los documentos destacados para la identificación de las actividades generales de atención al desastre.

OBJETIVOS	
Estrategia de Respuesta Nacional	Generalidades sobre la guía de actuación en caso de un desastre súbito
Mantener la gobernabilidad	Fortalecer la organización institucional, la coordinación y las comunicaciones para la emergencia
	Garantizar el orden público, la seguridad y la accesibilidad
Proteger la vida y bienes de la población	Evitar más víctimas y pérdidas por peligros asociados
	Garantizar la atención hospitalaria de urgencias

Prestar los servicios básicos a la población	Ofrecer temporalmente alojamiento, alimentación y vestuario a la población afectada
	Apoyar en la rehabilitación de servicios públicos esenciales
	Procurar condiciones de salubridad pública
Evitar mayores daños y pérdidas	Proporcionar una oportuna atención de búsqueda y rescate de víctimas
	Apoyar el traslado, identificación y sepultura de cadáveres
	Orientar y apoyar el reencuentro de familias y reorganización social

Nota: Tomados de (Congreso de Colombia, 2012b, p. Art. 35; DGPAD, 2000; UNGRD, 2015).

Con el fin de delimitar el estado actual de las actividades que se llevan a cabo durante la atención inmediata de un desastre de gran magnitud se encontró en el documento “Generalidades sobre la guía de actuación en caso de un desastre súbito” (DGPAD, 2000) la secuencia simplificada de actuación nacional y general frente a un desastre severo la cual se muestra en la Figura 5. Este diagrama busca brindar una guía para las entidades territoriales de acuerdo con su categoría económica, definida por la ley 617 de 2000, la cual permite determinar la capacidad de respuesta de cada unidad territorial ante un desastre (Congreso de Colombia, 2000) (véase Anexo 2). La descripción específica de esta secuencia acorde al documento gubernamental se encuentra en el Anexo 3.

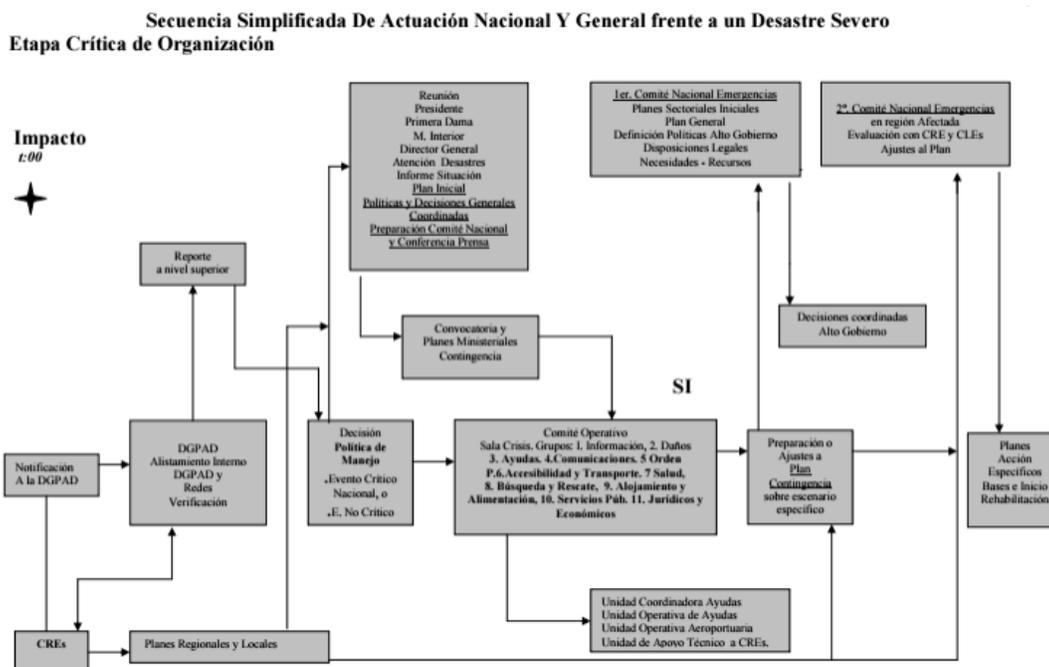


Figura 5 Secuencia Simplificada de actuación nacional y general frente a un desastre severo. Tomado de (DGPAD, 2000)

Sin embargo, esta secuencia de actuación no permite evidenciar las actividades directamente relacionadas con la atención al desastre, las acciones presentadas ayudan más a la documentación y seguimiento jerárquico del proceso de respuesta recayendo en procesos burocráticos. Por esto, se evaluaron otros documentos tales como, el documento soporte de la Estrategia de Respuesta Nacional a Emergencias (ENRE), la Guía para la implementación de Salas de Crisis departamental y municipal, los planes departamentales de gestión del riesgo disponibles, la Guía metodológica para la elaboración del plan de acción específico, entre otros.

De esta revisión se encontró, que de los 32 departamentos nacionales sólo 18 cuentan con el plan departamental (aquel en el que se evalúan y presentan los riesgos y amenazas a los que se encuentra expuesto el departamento, así como las acciones de mitigación y preparación realizadas para la gestión del riesgo ante desastres, el análisis de la capacidad de respuesta y el inventario de los recursos que se poseen) de los cuales los correspondientes a los departamentos de la región caribe (6, exceptuando a Córdoba) presentan la misma estructura documental la cual se diferencia únicamente a través de los mapas de riesgo a desastres de cada uno de ellos, mientras que en el resto del documento se expone que no han recibido la capacitación correspondiente por la UNGRD para llevar a cabo el análisis de capacidad de respuesta, identificación de recursos y consolidación de reporte de inventario. Esto causa que estos departamentos y aquellos que no han realizado la construcción del plan se encuentren en un estado de vulnerabilidad ante un posible desastre, ya que no cuentan con planes específicos de acción municipal que son derivados del plan departamental.

Por otro lado, se destaca que la información presentada por la gobernación de Caldas y la gobernación de Antioquia es muy robusta, ambos planes departamentales conocen muy bien sus debilidades y fortalezas, designando parte de su presupuesto para la gestión de desastres, en el caso de Caldas para un inventario fuerte hacia la atención de desastres y en el Caso de Antioquia para establecer un centro logístico humanitario en el que se reúnen especialistas de Defensa civil, Bomberos, Cruz Roja y agentes de gestión del riesgo. En el caso de Cundinamarca el plan es establecido de forma genérica y se establece un plan específico para la jurisdicción de Bogotá, sin embargo, el acceso a este documento es limitado por seguridad nacional. (Gobernación de Antioquia, 2017; Gobernación de Caldas, 2017)

Hay que resaltar que de los documentos evaluados se encontró que dos factores para tener en cuenta son el riesgo ante el posible desastre y el actual desempeño

de la gestión del riesgo ante desastres, estos dos factores se analizaron en términos de los desastres más frecuentes.

En cuanto al primer factor se encontró en los documentos analizados que donde hay mayor riesgo ante sismos es la región Andina con una exposición al riesgo de 28,13% del total de los departamentos, en cuanto a riesgo por inundación son las regiones Andina y Caribe las más vulnerables con un 18,75% de exposición cada una del total de los departamentos. En tercer lugar, la región más vulnerable ante deslizamientos es la Andina con un 25% de riesgo alto respecto del total de los departamentos. Finalmente, para las avenidas torrenciales la región andina es la que presenta mayor exposición ante este fenómeno, sin embargo, un 40,63% de los departamentos desconoce su situación frente a las avenidas torrenciales, siendo en las regiones caribe y pacífico donde hacen falta estudios y análisis de los reportes de este fenómeno.

En cuanto al segundo factor, se analizaron varios aspectos tales como la capacidad de respuesta, el establecimiento de políticas y planificación del riesgo, gestión de desastres y el manejo de la información. En el Anexo 4 se encuentra la información recopilada acerca de la capacidad de respuesta, riesgo ante sismo, inundación, deslizamiento y avenida torrencial, e información del desempeño de la gestión ante desastres de cada uno de los departamentos colombianos.

En cuanto a la capacidad de respuesta, se encontró que actualmente el 46,8% de los departamentos colombianos tienen una capacidad de respuesta baja, el 34,4% capacidad media y tan sólo el 18,8% tiene una capacidad alta de respuesta, esto es acorde con lo ya mencionado acerca de la creación de los planes de gestión de riesgo departamental.

De los problemas de gestión abordados de acuerdo con la literatura, se encontró que el 46,88% de los departamentos tienen un nivel bajo en cuanto a políticas y planificación del riesgo, siendo la región caribe la más representativa, además se encontraron departamentos que aún no han tenido en cuenta las recomendaciones del gobierno nacional acerca de la gestión del riesgo ante desastres cayendo en la categoría Nulo con un 3,13% del total, siendo representada por la región Pacífico, mientras que del 9,38% de los departamentos tienen un nivel alto de planeación siendo la región más representativa la región Andina. Particularmente el documento Análisis de la Gestión del riesgo de desastres en Colombia: “Un aporte para construcción de políticas públicas” del Banco Mundial Colombia, recoge las características y problemas que persisten y que no han sido gestionados de acuerdo con lo especificado por la normatividad vigente, pese a que fue publicado ya hace siete años. (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012)

Por otro lado, en cuanto al manejo de desastres, los departamentos colombianos aún tienen mucho por mejorar ya que el 40,63% de ellos se encuentra en un nivel bajo, categoría liderada por departamentos de la región caribe, un 9,38% en la categoría nulo con departamentos de las regiones Pacífico, Orinoquía y Caribe, y tan solo un 6,25% se encuentra clasificado como alto en este ítem, con departamentos de las regiones Andina y Caribe.

Finalmente, se revisaron los departamentos que tienen información centralizada acerca de inventario de recursos, encontrando que el 90,63% no poseen una base de datos de estos, tan solo Antioquia, Caldas y Huila contienen la información acerca de los recursos disponibles a nivel local ante la posible atención inmediata de un desastre. Existe un inventario maestro (ver Anexo 7) que posee la UNGRD, sin embargo, los protocolos no son claros en cuanto a cómo distribuir estos recursos en caso de un desastre nacional.

Es así, que con base principalmente en la Estrategia de Respuesta Nacional (Congreso de Colombia, 2012b, p. Art. 35; UNGRD, 2015), y en segundo lugar, en los documentos: Guía para la implementación de Salas de Crisis departamental y municipal, Guía metodológica para la elaboración del plan de acción específico, Caracterización Gestión Manejo de Desastres y el Plan Departamental de Gestión Del Riesgo Caldas, se analizaron las actividades generales de atención a desastre, obteniendo la secuencia mostrada en la Figura 6.

De esta Figura 6 se aclara que la verificación del evento se hace de forma visual directamente en el sitio (Gobernación de Caldas, 2017; UNGRD, 2016b), el establecimiento del plan de acción inmediato, se hace acorde a los lineamientos para la preparación de respuesta dispuestos por cada instancia nacional (los cuales deben estar basados en modelos de identificación de riesgo) en donde deben estar definidas las características, especificaciones, cantidades, ubicación de suministros como: equipamiento, ayudas humanitarias, etc.; la ubicación de los servicios (instalaciones, infraestructura, tics, etc.) y modelos organizacionales, lo cual como ya se mencionó no se realiza en todo el territorio nacional (UNGRD, 2015, 2016b). En cuanto a la actividad “realizar actividades de atención inmediata”, hace referencia a alistar y activar a las entidades de socorro y las brigadas de emergencias empresariales y comunitarias para atender el desastre (Tolima, 2013).

Además, en la actividad de enviar reporte, la jurisdicción territorial admite que la capacidad de respuesta es superada por el evento de desastre (Gobernación de Caldas, 2017; UNGRD, 2014b, 2015) y se requiere ayuda de instancias mayores; durante la reunión convocada, la sala de crisis actúa como ente de coordinación, el

comité como asesor a la respuesta de desastres y el consejo como el ente que emite conceptos y recomendaciones a la presidencia de la república.

Con respecto a la ayuda internacional se encontró que actualmente el protocolo binacional Colombia – Ecuador está vigente y que se mantiene una comunicación actualizada entre la UNGRD y OCHA (Oficina de coordinación de Asuntos humanitarios de las Naciones Unidas), sin embargo, no se encontró el plan estratégico de colaboración internacional que debe elaborar la UNGRD según el artículo 43 de la ley 1523 de 2012, en el que se consignan los posibles colaboradores internacionales ante un desastre de gran magnitud. (Congreso de Colombia, 2012b; INSARAG & OCHA, 2015a; UNGRD, 2016d)

Finalmente, durante el desplazamiento de ayudas se debe garantizar la autonomía de los diferentes actores para el cubrimiento de sus necesidades durante su operación (Gobernación de Caldas, 2017; UNGRD, 2014a, 2016b).

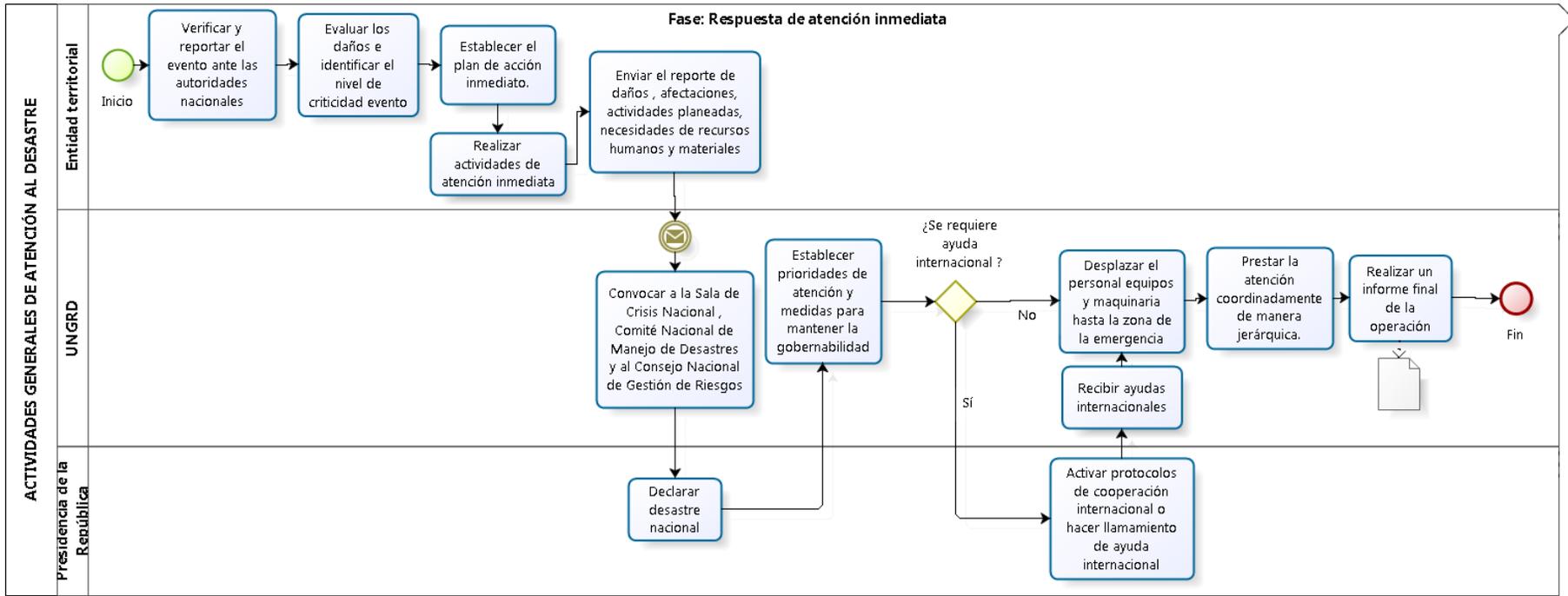


Figura 6 Actividades generales de atención ante un desastre súbito de gran magnitud.
Elaboración propia

Estas actividades son el resultado de diferentes esfuerzos de la UNGRD para consolidar sus procesos y realizar sus tareas, se evidencia que existe un gran esfuerzo a partir del 2014 para establecer los lineamientos y estrategias necesarias que den respuesta pronta ante eventos de emergencia, sin embargo, es necesario generar cohesión y sentido de pertinencia entre las instituciones que deben establecer los planes de riesgo. No obstante, la UNGRD espera hacia 2020 que de los planes locales y departamentales de emergencias que cada unidad territorial desarrolle, se establezcan escenarios de riesgo y amenazas (UNGRD, 2015), los cuales determinen las posibles afectaciones y modos de actuación ante una situación de emergencia. Asimismo, estos planes deberían contener los requerimientos de respuesta, definiendo características y condiciones técnicas:

1. Generales:
 - a. Posible afectación de infraestructura de transporte
 - b. Ubicación de los equipos
 - c. Tiempos máximos de respuesta por escenario
 - d. Capacidades locales
 - e. Cadena logística
 - f. Stock mínimo
 - g. Periodos de operación
 - h. Aspectos jurídicos ante la adquisición de recursos.
2. De acuerdo con los escenarios de riesgo o fenómenos para los cuales se debe generar los preparativos:
 - a. Cantidad de equipo según la especialidad (equipamiento, talento humano, suministros)
 - b. Sistemas necesarios (TIC, logísticos, etc.)
 - c. Infraestructura requerida (centros de comando, bodegas, centros de respuesta, etc.)
 - d. Ubicación de equipos
 - e. Clasificación de los recursos necesarios
 - f. Stocks mínimos
 - g. Tiempos máximos de respuesta
 - h. Requerimiento para manejo y control de emergencia (equipos de coordinación y manejo, etc.)
 - i. Capacidades actuales
 - j. Suministros para el soporte de la operación (Combustibles, alimentación personal de socorro, etc.)
 - k. Aspectos financieros:
 - i. Presupuesto
 - ii. Financiamiento
 - iii. Estándar de costos de las operaciones
 - iv. Estrategia de maximización del uso de los recursos

8.1.1. Análisis de topología de red de proyecto actividades generales

Una vez establecido el proceso general, se seleccionaron aquellas actividades de atención al desastre táctico operativas analizándolas desde la perspectiva de redes de actividad de proyecto utilizando la representación AON (ACTIVITY ON NODE) y las relaciones de precedencia utilizadas por (Gonzalez et al., 2012) (SS (START TO START) actividades de inicio simultaneo, FF (FINISH TO FINISH) actividades de fin simultaneo, SF (START TO FINISH) actividad que no puede terminar hasta que no inicie la siguiente y FS (FINISH TO START), la relación más usual, en donde no se inicia una actividad hasta que haya finalizado la anterior). La red y su tabla descriptiva se desarrollaron específicamente para la respuesta inmediata ante un desastre de Gran Magnitud que requiere ayudas internacionales, en la Tabla 5 se muestran las descripciones y precedencias de las actividades mientras que en la Figura 7 se muestra la red de proyecto.

Tabla 5 Precedencias de las actividades de atención general al desastre

Actividad	Descripción	Precedencia	Relación de precedencia
A	Verificar y reportar el evento ante autoridades nacionales	-	-
B	Evaluar el daño y nivel de criticidad	A	FS
C	Establecer plan de acción inmediato	B	FS
D	Realizar acciones de atención inmediata	C	FS
E	Enviar el reporte de daños, afectación a infraestructura, actividades planeadas y recursos requeridos.	C	FS SS para D, E
F	Establecer prioridades de atención y medidas para mantener la gobernabilidad	E	FS
G	Activar protocolos de cooperación internacional o hacer llamamiento de ayuda internacional	F	FS
H	Recibir ayudas internacionales	G	FS
I	Desplazar recursos a la zona de emergencia	F, H	FS
J	Prestar la atención coordinadamente de manera jerárquica	I	FS
K	Inicio fase de respuesta y recuperación (posterior a una semana)	D, J	SF

Nota: Elaboración propia.

Nótese que la mayoría de las actividades son de relación FS, tan solo las actividades D, E comparten un inicio simultaneo y la actividad final marca el fin del proyecto con la finalización de la fase de respuesta inmediata, dando lugar las operaciones posteriores de recuperación y reconstrucción.

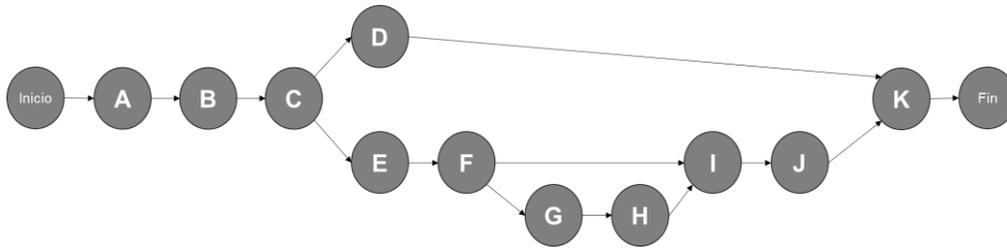


Figura 7 Red de actividades proyecto general de atención a un desastre de gran magnitud.
Elaboración propia

Posteriormente se realizó un análisis de las actividades contenidas en la red, evaluando posibles mejoras para disminuir el tiempo de respuesta, encontrando que las actividades D, E y F pueden hacerse simultáneamente, adelantando el inicio de F, en donde se establecen medidas de gobernabilidad mientras se envían los reportes de afectación a la siguiente instancia correspondiente, esto hace que se disminuya el tiempo de respuesta en una cantidad equivalente a la duración de la actividad E (esto, bajo el escenario en el que la duración de E siempre sea menor que la duración de F). En la Tabla 6 y en la Figura 8 se muestra esta posible configuración.

Tabla 6 Precedencias de las actividades de atención general al desastre adaptada

Actividad	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Precedencia	-	A	B	C	C	C	F	G	E, H	I	D, J
Relación de precedencia	-	FS	FS	SF							

Nota: Elaboración propia

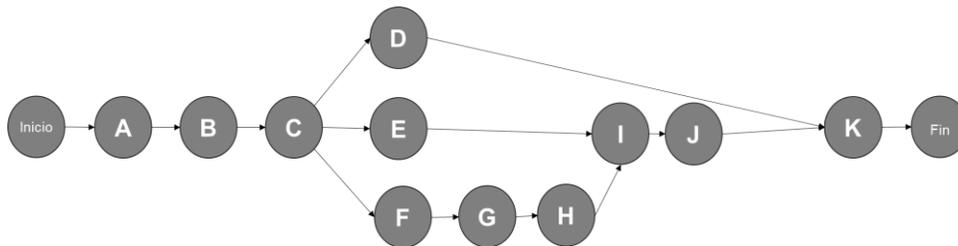
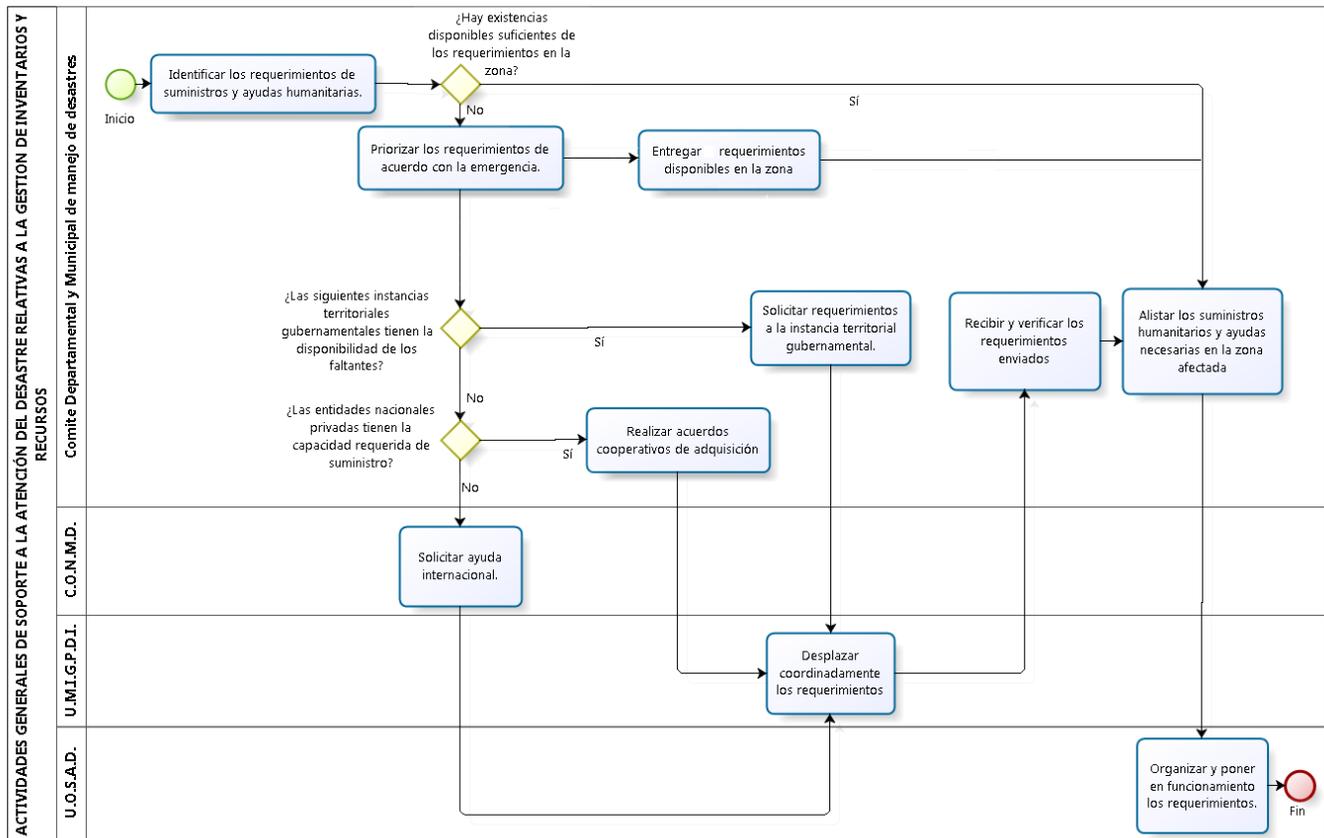


Figura 8 Red de actividades proyecto general de atención adaptada.
Elaboración propia

Este diagrama de red permite establecer los requerimientos mínimos del proyecto que implica la respuesta inmediata y se convierte en un insumo a utilizar en la planeación logística, en esta investigación, este tipo de redes generadas durante la caracterización permitieron generar el escenario base.

8.2. ACTIVIDADES GENERALES DE SOPORTE A LA ATENCIÓN DEL DESASTRE RELATIVAS A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

Entrando al detalle de las operaciones logísticas humanitarias, se analizó la información asociada al soporte y en específico a la gestión de inventarios en los diferentes protocolos dentro de la ENRE, el Manual de logística de la UNGRD, los planes departamentales disponibles de gestión del riesgo ante desastres y lo especificado en la Ley 1523 de 2012, identificando las actividades que se muestran en la Figura 9, además, con base en la estructura organizacional de la UNGRD (Anexo 5) se definieron los responsables de cada actividad (UNGRD, 2017a).



C.O.N.M.D.: Comité Operativo Nacional de Manejo de Desastres

U.M.I.G.P.D.I.: Unidades de Mayor Instancia Gubernamentales, Privadas y Donantes Internacionales

U.O.S.A.D.: Unidades Operativas de los Servicios de Atención a Desastres

Powered by
bizagi
Modeler

Figura 9 Actividades de Soporte a la atención de desastres asociadas a la gestión de inventarios.
Elaboración propia

Dentro de los suministros que son necesarios para que operen las diferentes unidades se encuentran todos aquellos elementos que soporten y/o faciliten: la accesibilidad y transporte, las telecomunicaciones, la evaluación de daños y el análisis de necesidades, la prestación del servicio de salud y saneamiento básico,

el apoyo a los equipos de búsqueda y rescate, de extinción de incendios y de manejo de materiales peligrosos, el servicio de albergues y alimentación, el restablecimiento de servicios públicos y la seguridad y convivencia (UNGRD, 2016d) (véase Anexo 6 para evidenciar los recursos al detalle).

Además, se tuvo en cuenta que, durante la movilización de estos recursos, simultáneamente pueden mobilizarse las ayudas humanitarias que se requieran, es decir aquellos elementos que se entregan de forma directa a los afectados para estabilizar su bienestar mientras se toman las medidas de recuperación.

De las actividades mostradas en la Figura 9 se resalta que la primera actividad (de identificación de los requerimientos de suministros y ayudas humanitarias) debe garantizar el sostenimiento del personal que apoya la emergencia y además garantizar la disponibilidad pronta de los elementos y equipos que se requieren para atender la emergencia (Gobernación de Caldas, 2017). En cuanto a la decisión que sigue en la secuencia, es importante que cada instancia municipal y departamental tenga un reporte consolidado de los elementos para la atención a emergencias disponible y actualizado con el fin de agilizar la operación de respuesta.

Si la instancia territorial no cuenta con los requerimientos suficientes en la zona debe realizar la priorización de estos de acuerdo con las necesidades generadas por el desastre, siendo prioridad salvar vidas y evitar los efectos adversos colaterales que puedan sufrir las unidades operativas durante la atención al desastre. Una vez identificadas las prioridades, se alistan los recursos y ayudas disponibles colocándolos inmediatamente a disposición de las unidades de operación de respuesta al desastre para la ejecución de la ayuda. Con los faltantes se realizan las correspondientes solicitudes de forma jerárquica a la siguiente instancia gubernamental, privada o internacional según lo amerite la emergencia.

De acuerdo con el documento soporte de la ENRE se aclara que los reportes de inventarios a nivel nacional de la UNGRD deben mantenerse actualizados y disponibles para tomar la mejor decisión, en el Anexo 7 se muestran los inventarios actuales de cada una de las entidades que hacen parte de la UNGRD. En el mismo sentido, los planes de acción que ejecutan las entidades privadas que colaboran con la operación debe estar acorde con sus propios planes de atención al desastre y las donaciones solicitadas y recibidas de forma internacional son regidas por los artículos 204 y 391 del decreto 2685 de 1999 y demás normas concordantes (Congreso de Colombia, 2012b, p. Art. 89) con el fin de evitar problemas aduaneros.

Por otro lado, la identificación, el alistamiento, la recepción y la verificación de los requerimientos se realiza de acuerdo con las descripciones señaladas en los planes

específicos de acción de cada unidad o servicio. Los suministros recibidos deben garantizar que las solicitudes de las diferentes instancias sean atendidas correctamente (Gobernación de Caldas, 2017).

Además, cabe resaltar que según la ENRE la movilización de los requerimientos debe hacerse de forma coordinada con el fin de minimizar errores en la entrega, y además se especifica que “Cada servicio de respuesta específico es responsable de los medios de transporte que requiere para la movilización de sus recursos, personal operativo y población afectada, para la efectividad de su respuesta”.

Finalmente, una vez en las zonas designadas dentro o cerca de la zona del desastre se organiza y sitúa el material y personal poniéndolo en funcionamiento para apoyar las operaciones y hacer entrega de las ayudas humanitarias.

Un aspecto a resaltar es la concordancia existente entre la Figura 6 y la Figura 9, ya que puede encontrarse que la actividad inicial de la Figura 9, es resultado de la actividad: “Enviar reporte de daños, afectaciones, actividades planeadas y necesidades de recursos humanos y materiales” de la Figura 6 y la actividad E de la Figura 9: “Organizar y poner en funcionamiento los requerimientos disponibles en la zona”, soporta la actividad D: “Realizar acciones inmediatas de atención al desastre” de la Figura 6.

8.2.1. Análisis de topología de red de proyecto actividades de soporte

De la misma manera que con las actividades generales, se construyó la red de actividad de proyecto activando las decisiones que correspondieran con un desastre de gran magnitud y se evaluaron las relaciones de precedencia de modo que fuera claro el inicio y el fin de la respuesta como proyecto.

Durante la construcción de la red se encontró que existen dos posibles configuraciones para el abastecimiento, la primera está basada en la cantidad faltante de la instancia o entidad anterior, es decir se hace el pedido, la entidad responde si posee o no la cantidad total, si no la tiene se pide lo que tenga y lo faltante a la siguiente, siendo el orden solicitar primero a gobierno, segundo a privados nacionales y tercero a entes internacionales, esta configuración se muestra en la Tabla 7 Configuración 1 y en la Figura 10 (Se consideró ésta como el estado actual para el caso de simulación, ya que actualmente los protocolos dictan esta jerarquía para el abastecimiento). En segundo lugar, la configuración alterna se basa en que la entidad responsable realiza la solicitud de abastecimiento de forma simultánea a los tres niveles organizacionales (siguiente instancia gubernamental, privado y ayuda internacional), en este caso se considera que el decisor cuenta con

información completa de los inventarios disponibles y acuerdos de cooperación de las diferentes instancias y/o entidades, esta configuración se muestra en la Tabla 7 Configuración 2 y en la Figura 11.

Esta última configuración surgió del análisis del plan departamental de Antioquia y la puesta en marcha de uno de los centros logísticos humanitarios nacionales que se articula con la Red Logística de Apoyo, coordinada por el DAPARD (Departamento Administrativo del Sistema para la Prevención, Atención y Recuperación de Desastres de la Gobernación de Antioquia), estas dos instancias alimentan el sistema de información y apoyo de la UNGRD, además porque Antioquia posee un proyecto piloto único acerca de la creación de Sistemas Operativos de Socorro –SOS, los cuales son estructuras físicas que funcionan como ente coordinador para un grupo de municipios con similar caracterización de ocurrencia de eventos (llamados polígonos de homogeneidad) aumentando la capacidad de responder ante un desastre; en la primera fase del proyecto se construyeron 11 SOS, uno básico, 9 de asistencia intermedios y uno especializado. Actualmente la ubicación de los SOS en la primera fase, le da cobertura al 70% de la población antioqueña (Ver Anexo 8). Si se evalúa esta información desde el punto de vista de la secuencia de actividades mostrada en la Figura 9 tener este tipo de estrategias permitiría actuar de forma más rápida ya que hay una mayor preparación y cercanía de los suministros, haciéndose concordante con la configuración de red 2 Figura 11.

Tabla 7 Precedencias de las actividades de soporte a la atención al desastre, asociado a la gestión de inventarios.

Actividad	Descripción	Configuración 1		Configuración 2	
		Precedencia	Relación de Precedencia	Precedencia	Relación de Precedencia
A	Identificar requerimientos	-	-	-	-
B	Priorizar los requerimientos	A	FS	A	FS
C	Alistar y abastecer la zona con lo disponible según prioridad	B	FS	B	FS
D	Solicitar requerimientos a la siguiente instancia nacional gubernamental	B	FS	B	FS
E	Organizar y poner en funcionamiento los requerimientos disponibles en la zona	C	FS	C	FS
F	Desplazamiento coordinado de los requerimientos hechos a la siguiente instancia nacional gubernamental	D	FS	D	FS

G	Recibir y verificar lo enviado por la siguiente instancia nacional gubernamental de acuerdo con los requerimientos solicitados	F	FS	F	FS
H	Alistar y abastecer a la zona con lo enviado por la siguiente instancia nacional gubernamental	G	FS	G	FS
I	Organizar y poner en funcionamiento lo enviado por la siguiente instancia nacional gubernamental	H	FS	H	FS
J	Realizar o utilizar acuerdos de cooperación para adquirir los requerimientos faltantes con entidades privadas	D	FS	B	FS
K	Desplazamiento coordinado de los requerimientos hechos a entidades privadas	J	FS	J	FS
L	Recibir y verificar lo enviado por las entidades privadas de acuerdo con los requerimientos solicitados	K	FS	K	FS
M	Alistar y abastecer a la zona con lo enviado por las entidades privadas	L	FS	L	FS
N	Organizar y poner en funcionamiento lo enviado por las entidades privadas	M	FS	M	FS
O	Solicitar ayuda internacional	J	FS	B	FS
P	Desplazamiento coordinado de los requerimientos hechos a entidades internacionales	O	FS	O	FS
Q	Recibir y verificar lo enviado por las entidades internacionales de acuerdo con los requerimientos solicitados	P	FS	P	FS
R	Alistar y abastecer a la zona con lo enviado por las entidades internacionales	Q	FS	Q	FS
S	Organizar y poner en funcionamiento lo enviado por las entidades internacionales	R	FS	R	FS
T	Inicio fase de respuesta y recuperación (posterior a una semana)	E, I, N, S	SF	E, I, N, S	SF

Nota: Elaboración propia.

De igual forma que en el apartado anterior, la mayoría de las actividades tienen una relación START TO FINISH, diferenciándose la última actividad que una vez inicie se da por finalizada la fase de respuesta inmediata.

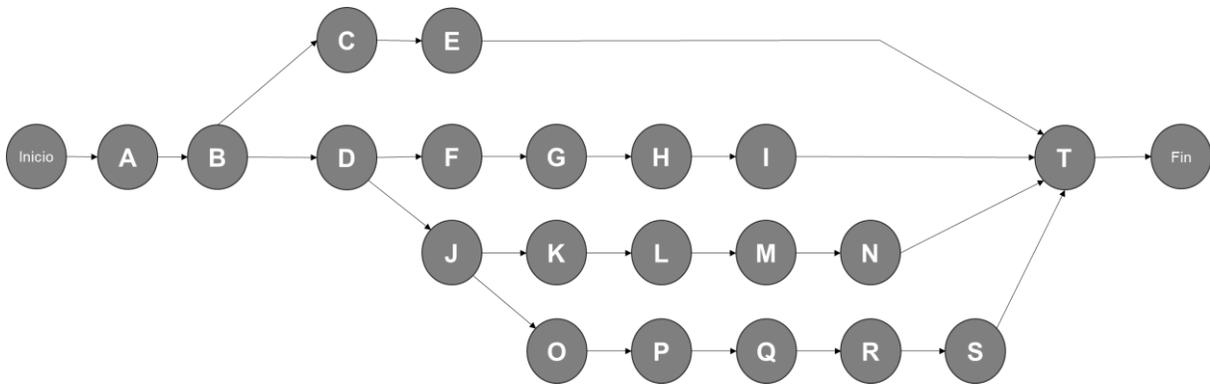


Figura 10 Red de actividades de soporte a la atención de desastre de gran magnitud asociadas con la gestión de inventarios. Configuración 1.
Elaboración propia

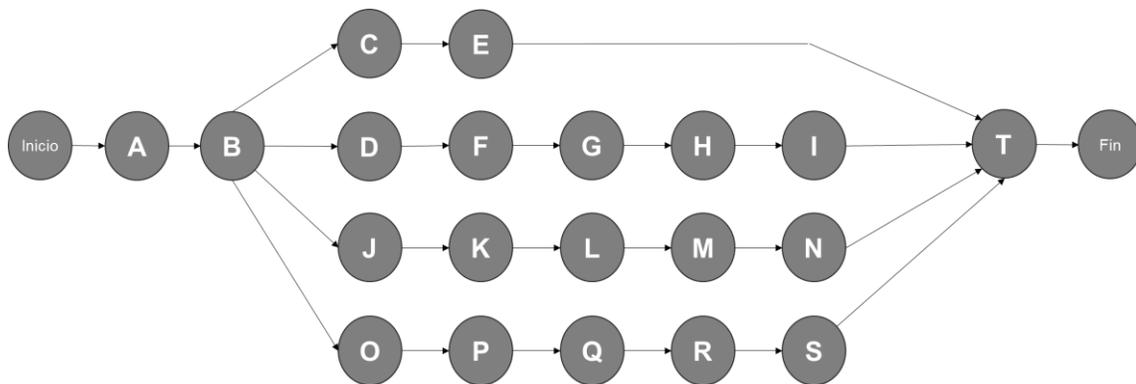


Figura 11 Red de actividades de soporte a la atención de desastre de gran magnitud asociadas con la gestión de inventarios. Configuración 2.
Elaboración propia

Desde el punto de vista de CPM (CRITICAL PATH METHOD), un cambio en la red de este tipo mejora en un 13% (aproximadamente) el tiempo de respuesta del abastecimiento. Para que esto suceda es importante tener claro las diferentes fuentes de información, una de las más importantes es la comunidad local, por lo que debe ser canalizada adecuadamente (UNGRD, 2015).

Un problema encontrado durante el análisis de las redes mostradas en la Figura 10 y en la Figura 11, es que el gobierno nacional no indica en los planes como disponer los suministros y ayudas que llegan y que no pueden recibirse porque no son necesarios o no deseados, dejando de lado el problema de arribo indistinto de bienes.

8.3. ACTIVIDADES RELATIVAS AL SERVICIO DE RESPUESTA DE BÚSQUEDA Y RESCATE

Entrando al detalle de los servicios de Ayuda humanitaria: alimentaria y no alimentaria y de Búsqueda y rescate, se consideró que además de formular las actividades de igual forma que en los apartados anteriores era necesario dividir los recursos de acuerdo con la clasificación descrita en el análisis descriptivo de la revisión de literatura, puesto que a través de estos se obtenía mayor representación del sistema.

El servicio de Búsqueda y Rescate tiene como objetivo “Salvar vidas de personas que estén extraviadas, atrapadas o afectadas que requieran intervención de equipos especializados de rescate”, incluye la búsqueda y rescate en “estructuras colapsadas, en deslizamientos, en aguas rápidas, en aguas abiertas, en minas, en zonas rurales y urbanas y de aeronaves”. Este servicio tiene como responsable principal al Sistema Nacional de Bomberos, y como responsables secundarios a la Fuerza Aérea, Cruz Roja, Defensa Civil, Policía Nacional, UNGRD, Armada Nacional, Agencia Nacional de Minería, Ejército Nacional, Migración Colombia y al Instituto Colombiano Agropecuario (UNGRD, 2015), en el Anexo 9 se muestran los responsables de acuerdo con el tipo de búsqueda y rescate que deba hacerse según el desastre.

El servicio de Búsqueda y Rescate es uno de los más relevantes durante la atención a desastres, por lo cual las Naciones Unidas, en 2002 creó las guías de INSARAG (GRUPO ASESOR INTERNACIONAL DE OPERACIONES DE BÚSQUEDA Y RESCATE), una serie de documentos en donde se estandarizan las normas mínimas para los equipos de rescate urbano (USAR) y se establecen metodologías de trabajo, garantizando así la operabilidad de equipos de rescate entre países (INSARAG, 2017).

Teniendo en cuenta esta información, la descripción del procedimiento establecido en la ENRE y el análisis de actividades realizado por la Gobernación de Caldas se diseñó la secuencia de actividades del servicio de Búsqueda y rescate que se muestra en la Figura 12. En la que se inicia con la recepción de información y evaluación acerca de las afectaciones de la zona, dentro de esta evaluación se valoran los riesgos externos (posibles réplicas del fenómeno natural, condiciones climáticas, etc.), los que pueden ser causados por la operación de búsqueda y rescate (manejo de maquinaria pesada) y los riesgos asociados al estado de las estructuras (edificios, arboles, etc.), seguidamente se realiza una delimitación y aseguramiento a través de la evacuación de la población afectada no atrapada (Gobernación de Caldas, 2017; UNGRD, 2015). Consecutivamente, con el fin de

establecer una instancia de coordinación de las acciones de búsqueda y rescate en el área se establece y se ubica el Puesto de Mando Unificado (PMU, “organización temporal que facilita la coordinación interinstitucional en la respuesta ante la emergencia” (Alcaldía de Bogotá, 2017)) liderado por el responsable principal que se asigna de acuerdo al tipo de rescate, ver Anexo 9.

Posteriormente, se evalúa si se tienen todos los requerimientos de personal y maquinaria disponibles en la zona, comparando con los registros actualizados de inventario que cada unidad territorial debe mantener. (Estos equipos deben ser revisados y mantenidos y en el caso del personal deben tener capacitación periódica que los mantenga actualizados) (Gobernación de Caldas, 2017). Una vez identificados los equipos disponibles, se censan y se envían a la zona delimitada (Gobernación de Caldas, 2017) y a su vez se identifican el total de los requerimientos, mediante la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN), son solicitados a la sala de crisis (UNGRD, 2015).

Por su parte, los equipos que están operando en la zona deben dividirla de acuerdo con la urgencia con que las víctimas deban ser atendidas de acuerdo con el nivel de atrapamiento y posibilidad de supervivencia mientras llega más personal a la zona (Gobernación de Caldas, 2017). Una vez llegan los nuevos equipos se efectúan labores de búsqueda y rescate de forma exhaustiva de acuerdo con lo priorizado. A lo largo de la prestación de este servicio, el responsable principal debe asegurar que los equipos de búsqueda y rescate cuenten con los recursos necesarios para funcionar adecuadamente (recursos tanto de manutención como de protección) y con las certificaciones de capacitación de las normas INSARAG, además, deben realizarse relevos de personal teniendo en cuenta la asignación de los mismos con el fin de evitar accidentes por fatiga laboral y garantizar la seguridad de los equipos (personas y maquinaria). (Gobernación de Caldas, 2017; INSARAG, 2017; UNGRD, 2015)

Finalmente, una vez haya personas rescatadas, estas son enviadas a los centros de atención o albergues dispuestos para su recuperación, simultáneamente se registra en el sistema de información seleccionado por el responsable principal y se coteja con el censo poblacional realizado en el EDAN para definir cantidades requeridas de equipos de rescate.

Esta secuencia finaliza una vez han sido rescatadas todas las víctimas que se hayan considerado en el EDAN, o cuando transcurre una semana en donde empieza la siguiente fase del desastre.

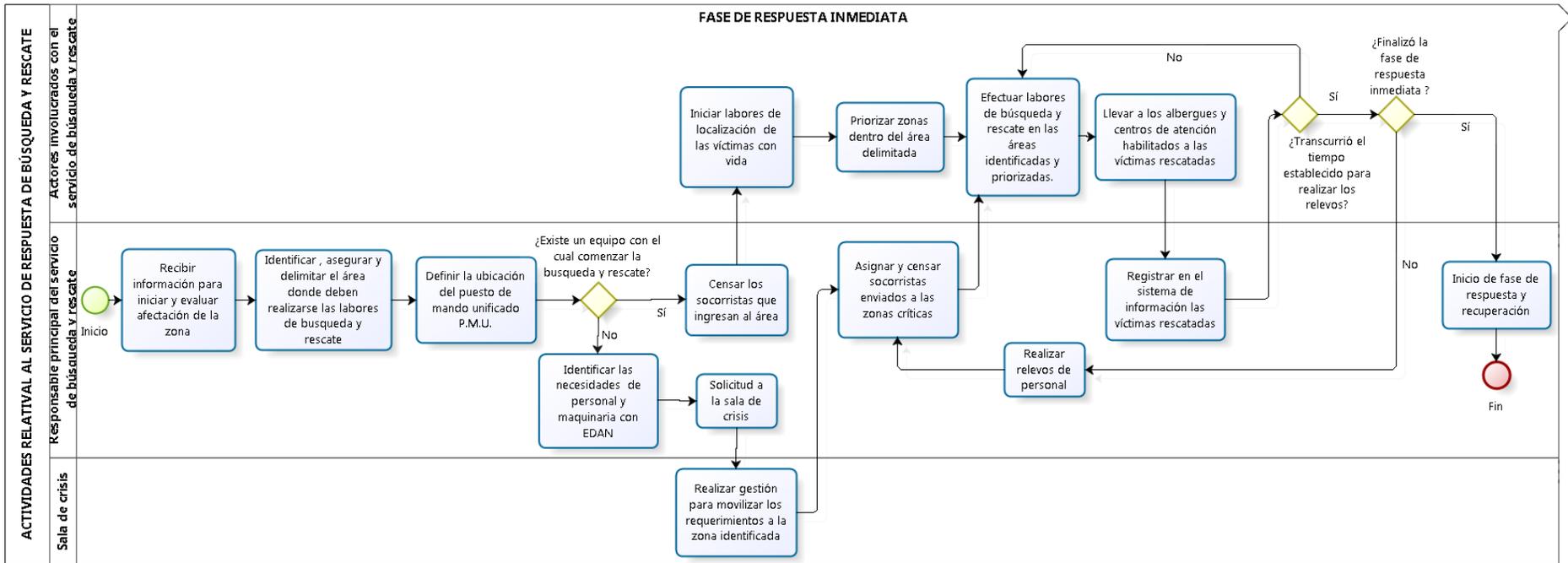


Figura 12 Actividades de búsqueda y rescate.
Elaboración propia

Hay que tener en cuenta que la operabilidad de los equipos está sujeta a los suministros de apoyo que posean, de acuerdo con (Gobernación de Caldas, 2017) los equipos de respuesta deben ser autosuficientes 2 días de atención al desastre, luego los 2 siguientes días la alcaldía del municipio en conjunto con la unidad de bomberos correspondiente se deberán encargar de la logística y alimentación y los 2 días posteriores el departamento, si la búsqueda supera estos 6 días se solicita apoyo de orden nacional.

8.3.1. Análisis de topología de red de proyecto actividades del servicio básico de búsqueda y rescate

De igual forma que de los anteriores apartados se desarrolló la red de actividades de proyecto, obteniendo las relaciones de precedencia que se muestran en la Tabla 8. En este caso las relaciones de precedencia entre actividades no permiten formular otro tipo de configuraciones, sin embargo, a partir de los documentos revisados se estimó la duración aproximada de las actividades, teniendo un valor de referencia para la respuesta inmediata de 5 horas para activar el sistema de socorro, suponiendo que el personal de bomberos que debe tener cada ciudad sufre el mínimo de pérdidas.

Tabla 8 Precedencias de las actividades del servicio básico de Búsqueda y Rescate.

Actividad	Descripción	Precedencia	Relación de precedencia	Duración actividad (h)
A	Recibir información inicial y evaluar la zona	-	-	Inmediato <1
B	Identificar, asegurar y delimitar el área de acción	A	FS	Inmediato <1
C	Definir la ubicación del PMU	B	FS	Inmediato <1
D	Identificar las necesidades de personal y herramientas con EDAN	C	FS	Inmediato <1
E	Censar socorristas inmediatamente disponibles	C	FS	Inmediato <1
F	Iniciar labores de localización de las víctimas con vida	E	FS	Inmediato <1
G	Priorizar zonas dentro del área delimitada	F	FS	Inmediato <1
H	Solicitar requerimientos a sala de crisis	D	FS	Inmediato <1
I	Realizar la gestión para movilizar los requerimientos	H	FS	<12

	de la zona			
J	Asignar y censar socorristas enviados	I	FS	<48
K	Efectuar labores de búsqueda y rescate	G, J	FS	0 – 168
L	Llevar a los rescatados a albergues y centros de atención	K, N	FF	0 – 168
M	Registrar en el sistema de información las víctimas rescatadas.	L	SS	0 -168
N	Realizar relevos de personal	J	FS	Tiempo mínimo que garantice el cubrimiento de la actividad las 24h/día
O	Inicio de fase de respuesta y recuperación	M	FS	>168

Nota: Elaboración propia con base en información de (INSARAG & OCHA, 2015b; Moreno Valbuena, 2012; UNGRD, 2015).

Se destaca que dentro de las relaciones de precedencias identificadas la relación de L con respecto a K y N no es inicio a fin, sino que se da fin a fin, es decir que las tres actividades son de fin simultáneo. Mientras que las actividades M y L son de inicio simultáneo. Esto se da por que las actividades no tienen una duración fija, sino que varía en función del tiempo límite y de las víctimas rescatadas. En la Figura 13, se muestra la red construida, en la que se evidencia una bifurcación para la atención y la solicitud de más recursos, siendo crítico de acuerdo con los límites de tiempo establecidos el camino que marca A-B-C-D-H-I-J-K-N-L-M-O.

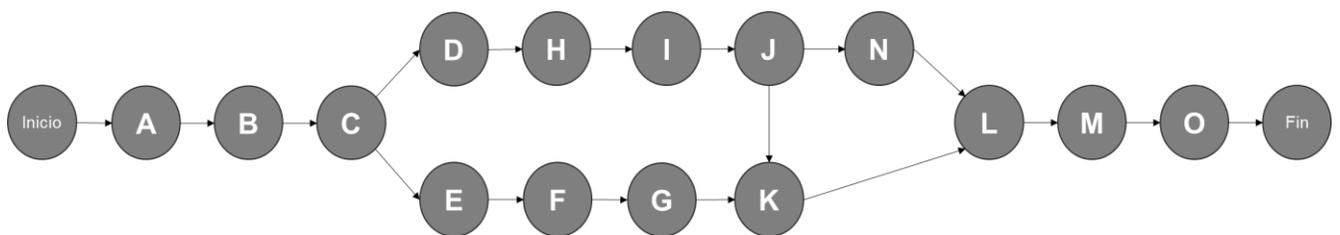


Figura 13 Red de actividades del servicio de búsqueda y rescate.
Elaboración propia

Es importante tener en cuenta, que esta secuencia requiere de acciones que permitan establecer relaciones con los diferentes actores del proyecto, entre ellos se destaca la relación con la comunidad local, quienes a través de grupos de voluntarios pueden ser el primer respondiente en el caso de rescate. Por otro lado,

las relaciones con el sector privado permiten facilitar el intercambio de recursos con redes de asistencia y además son socios estratégicos para el suministro de elementos requeridos para la operación de búsqueda y rescate (UNGRD, 2015).

8.3.2. Recursos requeridos por las actividades del servicio de respuesta de búsqueda y rescate

Finalmente, con base en los reportes de atención de emergencias de la unidad de gestión de riesgo se identificaron los recursos necesarios para el funcionamiento de los equipos de búsqueda y rescate ante un desastre de gran magnitud y se clasificaron de acuerdo a lo propuesto por (Ballestín González et al., 2002), lo cual se muestra en la Tabla 9. Se aclara que ambos tipos de recursos pueden manejarse a través de una política de inventarios, si bien algunos de los recursos renovables no parecen almacenables, como por ejemplo el personal, si es administrable la cantidad de personas capacitadas y la disposición de los equipos en una zona determinada. En lo que respecta a la diferenciación del recurso según el tipo de desastre, se encontró que no hay diferencia significativa para los recursos de apoyo a la respuesta, existe diferencia en cuanto a las ayudas entregadas directamente a los afectados, ya que depende de la ubicación geográfica, clima y costumbres de la comunidad afectada, por ejemplo, en la zona norte del país es común ver en el reporte de emergencias de la UNGRD que se entreguen hamacas y toldillos mientras que en la zona central se entreguen colchonetas y cobijas, sin embargo, se recalca que el objeto de estudio son los sistemas y recursos de apoyo.

Tabla 9 Recursos requeridos por el servicio de Búsqueda y Rescate.

Recursos Renovables (Que se pueden reponer cada cierta cantidad de tiempo)	Recursos No renovables (Que una vez consumidos no son recuperables)
Personal humano CAPACITADO aproximadamente 59 personas para atender dos sitios a la vez	Medicamentos de acuerdo con el tipo de desastre
Un perro de búsqueda por sitio	
Cámaras	
Fibros copios ópticos, sísmicos y/o acústicos	Bebidas y alimentación del personal operativo
Vehículos como: Helicópteros, ambulancias, bomberos	
Equipo neumático, Hidráulico, Cabrestante cada uno de 2.5 m	
Cizalla	Herramientas para registro (papel o medios electrónicos)
Cuerdas	
Generador eléctrico	
Baños portátiles y duchas alternativas 3 por cada sitio atendido	

Radio-comunicadores	Suministros de apoyo a maquinaria y equipos de comunicación: Gasolina, Gas natural, aceite, neumáticos, baterías y repuestos
Equipos GPS	

Nota: Elaboración propia con información de (INSARAG & OCHA, 2015b; UNGRD, 2016c) y de los reportes de emergencias disponibles en <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>>> LA UNGRD>>Manejo de desastres>> consolidado anual de emergencias

De estos elementos los que mayormente se han utilizado en las diferentes emergencias en Colombia son el personal, radio-comunicadores y maquinaria amarilla en el caso de recursos renovables, y suministros de apoyo a la maquinaria, equipos de comunicación y alimentación del personal para los recursos no renovables (UNGRD, 2016c).

8.4. ACTIVIDADES RELATIVAS AL SERVICIO DE RESPUESTA DE AYUDA HUMANITARIA ALIMENTARIA Y NO ALIMENTARIA

El servicio de ayuda humanitaria: alimentaria y no alimentaria tiene como objetivo “Proveer alimentos sanos y nutritivos en cantidad suficiente, para las necesidades de dieta y preferencias alimentarias de las comunidades afectadas en emergencia que lo requieran” así como los bienes que garanticen la supervivencia y vida digna, en tanto que se da inicio a la fase de recuperación. El suministro de este tipo de ayudas incluye “mercados, alimentos preparados, ayudas económicas”, entre otras, las cuales muestran con mayor detalle en el Anexo 10. Este servicio tiene como responsable principal de modo general al Ministerio de salud y protección social, y como responsables secundarios a la Cruz Roja Colombiana, la Defensa Civil Colombiana, INVIMA, a la Policía Nacional, a la UNGRD, al Ejército Nacional, a las Empresas de servicios públicos, al ICBF, al Ministerio de agricultura y desarrollo rural y al Ministerio del interior (UNGRD, 2015), en el Anexo 10 se muestran los responsables de acuerdo al tipo de ayudas que deba entregarse.

De acuerdo con la ENRE, se tomaron las actividades de mayor relevancia para el objetivo de esta investigación en cuanto a este servicio, encontrando las que se muestran en la Figura 14. Esta secuencia es la más simple de todas, pero empodera a cada uno de los actores que participan para la entrega de ayudas. Comienza con un análisis de la información inicial con el cual entrega las ayudas disponibles de manera paulatina y ordenada, posteriormente se realiza la evaluación EDAN priorizando la población especial y vulnerable (adultos mayores, enfermos, niños y discapacitados), con el fin de identificar la demanda.

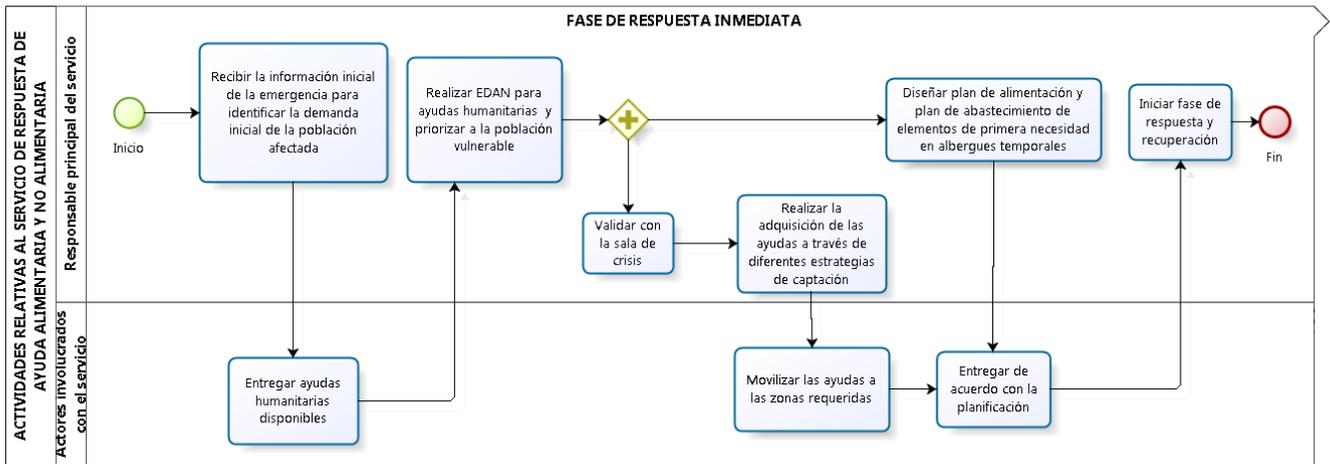


Figura 14 Actividades de Ayuda Humanitaria: Alimentaria y No alimentaria.
Elaboración propia

Posteriormente, se diseña un plan de alimentación y de entrega de las ayudas no alimentarias con el horizonte de planeación de 1 semana (respuesta inmediata), teniendo en cuenta que la alimentación debe ser acorde con los aspectos culturales de la población afectada y que garantice su adecuada nutrición. A la par se valida la información del EDAN en la sala de crisis, para después, ejecutar las estrategias de adquisición, tales como las solicitudes de donaciones a nivel nacional a través de medios masivos de información como se vio en el pasado abril de 2017 en Mocoa, Putumayo. Estas estrategias de captación deben garantizar el buen estado de los alimentos y provisiones y ver en el sector privado un aliado estratégico para el abastecimiento de los alimentos y ayuda no alimentaria. Finalmente, los actores involucrados movilizan las ayudas solicitadas o adquiridas hacia las zonas requeridas y hacen entrega de acuerdo con la planificación realizada.

8.4.1. Análisis de topología de red de proyecto actividades del servicio básico de ayuda humanitaria

Realizando el símil de esta secuencia con una red de proyecto se obtuvo la Tabla 10 y la Figura 15, con actividades con relación de precedencia FS. Utilizando los límites máximos de duración de la actividad se observa que la red tiene dos rutas críticas en donde todas las actividades son críticas, esto probablemente se deba a lo reactivo de las actividades, en este servicio contar con un plan de abastecimiento previo permitiría disminuir el tiempo de la actividad D. Actualmente se responde en promedio en 5 horas después de ocurrido el desastre.

Tabla 10 Recursos requeridos por el servicio de Ayuda Humanitaria: Alimentaria y No alimentaria

Act	Descripción	Prec.	Relación de precedencia	Duración actividad (h)
A	Recibir información de la demanda inicial a cubrir	-	-	Inmediato <1
B	Entregar ayudas humanitarias disponibles	A	FS	Inmediato <1
C	Realizar EDAN priorizando población vulnerable	B	FS	Inmediato <1
D	Diseñar plan de abastecimiento de ayudas	C	FS	Inmediato <1
E	Validar EDAN con la sala de crisis	C	FS	Inmediato <1
F	Realizar la adquisición de bienes	E	FS	Inmediato <1
G	Movilizar las ayudas a la zona requerida	F	FS	<12
H	Entregar de acuerdo con lo planeado	D, G	FS	12 - 168
I	Iniciar fase de respuesta y recuperación	H	FS	>168

Nota: Elaboración propia con información de (Medio & Desarrollo, 2016; Moreno Valbuena, 2012)

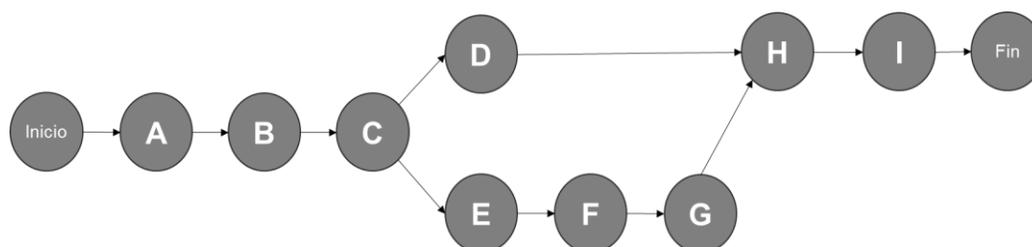


Figura 15 Red de actividades del servicio de Ayuda Alimentaria y No alimentaria. Elaboración propia

En este caso el servicio tiene menor complejidad, en cuanto al número de actividades, sin embargo, desde el punto de vista logístico, requiere esfuerzos de grandes magnitudes para cumplir con las necesidades alimentarias de las personas afectadas. Se analizaron las actividades tratando de identificar posibles configuraciones alternas que permitieran reducir el tiempo de respuesta del servicio, sin embargo, las actividades definidas cumplen con la secuencia lógica y son necesarias para el funcionamiento del servicio.

8.4.2. Recursos requeridos por las actividades del servicio de respuesta de ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria

Finalmente se identificaron y clasificaron los recursos de apoyo que son necesarios durante la fase de respuesta inmediata para un desastre de gran magnitud, las cantidades de cada uno de estos recursos se calcula con base en el número de afectados. (Las ayudas humanitarias para este servicio se refieren a la entrega de Kits familiares (Aseo, mercados, elementos para cocinar, elementos para dormir (según la región se dan colchonetas o hamacas) necesidades especiales de adultos mayores, enfermos, niños y discapacitados))

Tabla 11 Recursos requeridos por el servicio de ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria

Recursos Renovables	Recursos No Renovables
Centros de reserva	Alimentos preparados
	Agua potable
Personal del gobierno, defensa civil, bomberos, policía (incluyendo fuerzas militares y armada nacional) y voluntarios	Kits familiares por entregar
	Papel o medios electrónicos para el registro de la información
Radio-comunicadores (Si es posible satelitales)	
Camiones de transporte	Combustible
Carpas tipo aula	

Nota: Elaboración propia. A partir de los reportes de emergencias disponibles en <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>>> LA UNGRD>>Manejo de desastres>> consolidado anual de emergencias

De estos elementos los que mayormente se han utilizado en las diferentes emergencias en Colombia son los camiones de transporte, personal y radio-comunicadores en el caso de recursos renovables, y combustibles y alimentos preparados para los recursos no renovables (UNGRD, 2016c)

9. CATEGORIZACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS MULTINIVEL

Se realizó un análisis descriptivo de los modelos de inventarios multinivel de la literatura encontrada, posteriormente se seleccionaron los de mayor ajuste a los elementos identificados en la caracterización del sistema nacional colombiano de atención a desastres utilizando un análisis jerárquico analítico, dando lugar a la categorización y elección de la política de gestión de inventarios multinivel.

En primer lugar, se tuvieron en cuenta los artículos de la revisión de literatura clasificados como modelo multinivel y se incluyeron, además, artículos con las palabras clave “Project Management AND multi echelon inventory” en su título dentro de las mismas bases de datos científicas utilizadas, obteniendo un total de trece registros. Todos contenían modelos aplicables a recursos no renovables, entre ellos uno también aplicable a recursos renovables, estos artículos se muestran en la Tabla 12.

Estos artículos fueron evaluados en los aspectos que se consideraron relevantes para la formulación de una política gestión de inventarios acorde a lo descrito en la revisión de literatura y en el capítulo de caracterización, estos aspectos se listan a continuación:

1. Técnica de modelación utilizada
2. Función objetivo
3. Aplicabilidad a los desastres de estudio
4. Nivel de variabilidad
5. Cálculo de la demanda
6. Nivel de servicio
7. Calculo de inventario inicial y/o pre - posicionamiento
8. Tipo de adquisición del bien (Compra local, importación, donación, préstamo u otros)
9. Manejo de bienes perecederos
10. Número de niveles
11. Número de productos
12. Manejo de múltiples proveedores
13. Punto de Reorden
14. Lead time
15. Tolerancia de faltantes
16. Manejo de múltiples almacenes
17. Mención de Coordinación
18. Mención de Colaboración

19. Mención de aseguramiento
20. Priorización de recursos
21. Análisis de la capacidad requerida y disponible.

De esta revisión a nivel descriptivo se destaca que el 76,9% se tratan de modelos de programación matemática y el 23,1% de modelos de simulación. Siendo la modelación estocástica la más utilizada por los autores en este campo. Además, se resalta que minimizar la demanda insatisfecha o desatendida es el principal objetivo abordado, en segundo lugar, la minimización del costo, seguido del tiempo de respuesta y finalmente la reducción de inventario. Dos es el número de niveles preferido por los autores con un 53,85% de los artículos revisados, el 30,77% manejan 3 niveles y el 15,38% manejan más de 4 niveles.

Por otro lado, partiendo de los parámetros y variables de los modelos clásicos de inventario (sin contar los costos ya que no estuvieron dentro del alcance de este estudio) se evidenció que el cálculo de la demanda en la mayoría de los artículos (30,77%) se divide en dos, una parte conocida a partir de históricos y/o censos y una parte desconocida que se considera aleatoria, además, se revisó si el nivel de servicio era evaluado en los cálculos de los autores encontrando que solo el 15,38% de los artículos lo tenían en cuenta para desarrollar sus escenarios. En cuanto al lead time el 46,15% identificaban los tiempos de entrega de los productos, sin embargo, solo el 66,66% de este grupo lo utiliza para el cálculo del punto de reorden. Dado que el objetivo principal de la mayoría de los artículos es la minimización de la demanda insatisfecha en la mayoría de los casos se permiten los faltantes. El 53,85% considera la capacidad disponible y requerida para mientras que para el porcentaje restante este factor se considera ilimitado.

Además, se tuvieron en cuenta factores que incidían en la aplicación de inventarios en logística humanitaria. Se encontró una brecha del conocimiento en cuanto al tipo de adquisición manejado en los modelos, ya que el 42,86% no tiene en cuenta el origen de los bienes y de los que si lo consideran tan solo el 23,08% manejan una situación multi- proveedor, también existe una brecha en la aplicación de modelos multinivel combinados con modelación de productos de periodo único o bienes perecederos, ningún modelo evaluado aborda este problema. En cuanto a la aplicación de los modelos a situaciones disruptivas el 53,85% de los modelos revisados abordan este problema. Es importante en la logística humanitaria que se considere el flujo de los diferentes productos que se requieren para dar soporte a la ayuda, es por esto por lo que se evaluó cuantos de los artículos considerados manejan más de un producto encontrando que tan solo el 23,08% lo hacen. El

69,23% considera un sistema con múltiples almacenes lo cual se adecua a una situación de aplicación de logística humanitaria. Y tan solo el 7,7% prioriza recursos.

Finalmente, respecto a los factores asociados a la gestión de proyectos, se encontró que el 46,15% menciona la coordinación como eje importante para el logro de los diferentes objetivos presentados, el 15,38% menciona la colaboración, el 46,15% pre - posicionamiento y el 7,69% aseguramiento.

Tabla 12 Artículos revisados para la categorización de modelos

#	Nombre	Autor	Función objetivo
1	Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations	(Rottkemper, Fischer, Blecken, & Danne, 2011)	Minimización el costo total enfatizándose sobre todo en la minimización del costo de penalización a la demanda insatisfecha
2	Inventory planning and coordination in disaster relief efforts	(Davis et al., 2013)	Minimización de costos asociados con el pre- posicionamiento y los costos esperados: de redistribución entre nodos de suministro, de distribución de nodos de suministro a nodos de demanda, costo de escasez de suministro y costo de pérdida de suministro pre- posicionado.
3	Stochastic network design for disaster preparedness	(Hong & Lejeune, 2010)	Minimización de la suma del costo de abrir instalaciones y comprar los suministros de socorro, y el costo de escasez total esperado.
4	Hybrid simulation modelling for humanitarian relief chain coordination	(Krejci, 2015)	Minimización del Tiempo total y los costos totales de envío
5	Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management	(Mustafa A. Ertem, Buyurgan, & Rossetti, 2010)	Minimización del costo (a través de las ofertas de los licitantes)
6	Pre-positioning commodities to repair maritime navigational aids	(Bemley, Davis, & Iii, 2013)	Minimización del costo
7	Using containers as storage facilities in humanitarian logistics	(Şahin, Alp Ertem, & Emür, 2014)	Minimización de la demanda insatisfecha a través de la minimización de la distancia
8	A heuristic for emergency operations scheduling with lead times and tardiness penalties	(Lei et al., 2015)	Minimización de la tardanza de las operaciones
9	Optimization and adjustment policy of two-echelon reservoir inventory management with forecast updates	(Xu, Wang, Chen, Shan, & Xia, 2012)	Minimización de la demanda insatisfecha

10	A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain	(Schmitt & Singh, 2012)	Minimización de la demanda insatisfecha
11	A new heuristic to solve the one-warehouse N-retailer problem	(Abdul-Jalbar, Segerstedt, Sicilia, & Nilsson, 2010)	Minimización del costo total del sistema
12	The impact of information sharing on ordering policies to improve supply chain performances	(Costantino, Di Gravio, Shaban, & Tronci, 2015)	Minimización del inventario
13	Two-Echelon Reservoir Inventory Management with Forecast Updates: Perspective from Operations of Multireservoir in Interbasin Water Diversion Projects	(Xu, Wang, Chen, Xia, & Yang, 2012)	Maximización de los beneficios económicos, eficiencia y maximización del beneficio social a través de la penalización por escasez de agua, control de inundaciones y equidad en la asignación de agua.

Nota: Elaboración propia

Abordando el análisis jerárquico analítico para la categorización de estos artículos se definieron los siguientes criterios a partir de la caracterización del capítulo anterior:

1. Inventario inicial: se toma como relevante debido a que en las diferentes configuraciones de red se evaluaban o utilizaban los recursos disponibles inmediatamente en la zona de desastre.
2. Análisis de capacidad: es necesario debido a que en cada configuración de red y diagramas de proceso presentados se evalúan los recursos requeridos frente a los disponibles, solicitando en orden jerárquico a la siguiente instancia los recursos faltantes.
3. Lead time: se toma en cuenta por los tiempos de desplazamiento que son necesarios para movilizar los recursos desde las diferentes instancias que los envían.
4. Desastre súbito: debido al horizonte de planeación manejado y la explosión de necesidades de recursos, es importante que el modelo seleccionado tenga en cuenta un evento de ocurrencia repentina.
5. Faltantes: se tienen en cuenta debido a que se busca maximizar la demanda atendida, dentro de los diagramas de proceso se identificó que se escala la decisión de adquisición de acuerdo con el número de recursos faltantes.
6. Coordinación: se evalúa dentro de los criterios ya que es un elemento clave para sincronizar los esfuerzos gestión que se presentan en durante la respuesta.

7. Colaboración: de igual forma que el elemento anterior este criterio se considera necesario para superar los problemas de gestión entre actores que se presentan durante la ejecución de las actividades de respuesta.
8. Multi - almacén: debido a la literatura revisada se considera un elemento clave para la formulación del modelo, ya que la UNGRD no solo cuenta con un solo almacén propio, sino que dispone de los almacenes que tengan las organizaciones pertenecientes a la UNGRD.
9. Multi - proveedor: se tiene en cuenta ya que la configuración de la red de soporte a las operaciones de respuesta indica que existen diferentes proveedores con distintas capacidades y tiempos envío
10. Variabilidad: al tratarse de un evento inesperado se tienen altos niveles de incertidumbre, lo cual se debe tener en cuenta este factor para que los datos tengan un mayor ajuste a la realidad.

A partir de esto se desarrolló la matriz de prioridad de criterios, realizando los juicios pareados de acuerdo con los resultados y las necesidades que se observaron en la caracterización de las redes de actividades de atención a desastres en Colombia, obteniendo que el criterio Desastre súbito es el de mayor peso (20,03%), asegurando así que la política aborde un evento repentino y todo lo que éste conlleva. Otros criterios con un peso considerable son la Variabilidad con un 14,39%, Inventario inicial, análisis de capacidad y lead time, estos tres últimos cada uno con un 13,44%, los demás criterios obtuvieron pesos menores o iguales a 8%.

Luego se calcularon las matrices pareadas alternativa⁶ vs alternativa para cada criterio, las cuales fueron calificadas a partir del objetivo de cada artículo y de la relevancia con la que se mencionaba cada criterio en el contenido de cada uno de estos. Una vez aplicado el método del análisis jerárquico analítico en su totalidad (el cálculo matemático puede verse en el Anexo 11), se determinó que la política a seleccionar era la correspondiente al artículo titulado “A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain” de Schmitt & Singh (2012), (Traducido al español: Un análisis cuantitativo del riesgo de interrupción en una cadena de suministro de múltiples niveles) el cual es el único artículo aplicable tanto para recursos renovables como no renovables dado su carácter genérico. Hay que resaltar que otros dos artículos tuvieron una calificación cercana a la obtenida por el artículo seleccionado: “Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations” (Rottkemper et al., 2011) e “Inventory planning and coordination in disaster relief efforts” (Davis et al., 2013).

⁶ Alternativa = Cada documento académico seleccionado

En este artículo de investigación, Schmitt & Singh (2012) utilizan un modelo de simulación discreta a gran escala en arena para evaluar el flujo de producto a través de la cadena de suministros en donde se probaron interrupciones en los niveles principales y enlaces de la cadena, teniendo como medida de desempeño la tasa de cumplimiento del cliente o el porcentaje de clientes que están satisfechos inmediatamente con el stock, pese a que su enfoque no se centra en la atención a un desastre, si se enfoca en superar las interrupciones que pueda tener la cadena de suministro, incluyendo el riesgo al que se encuentran expuestos los centros de distribución ante desastres naturales. Se resalta que el modelo seleccionado se basa en el modelo de Clark y Scarf (1960) el cual es de los pioneros en multinivel de inventarios.

El objeto de estudio de Schmitt & Singh (2012) era una empresa denominada ABC, en donde seleccionaron un subconjunto de la cadena de suministros que incluía la mayoría de elementos de la red original, para así hacer más generalizable el estudio. Se contemplaron los siguientes parámetros independientes como información de entrada:

- Tres niveles de la cadena de suministro (dos centros de distribución, una planta de empaqueo y dos plantas de fabricación)
- La empresa maneja dos productos para los cuales se agregó la información utilizando SKU. De esos dos, solo el producto de menor volumen (aproximadamente el 12% de las ventas del producto de mayor volumen) requiere una pieza elaborada en el fabricante deslocalizado (plantas de manufactura en otras localizaciones con ventajas competitivas, es usual que se creen en países como china donde el valor de la mano de obra es inferior).
- Los tiempos de envío entre eslabón es una semana, excepto el fabricante deslocalizado quien tarda 7 semanas
- Se maneja un inventario inicial en cada eslabón de la cadena en términos de tiempo, 1 semana de inventario de materia prima, 2 semanas de producto en proceso y 4 semanas de producto terminado. Las operaciones en el fabricante deslocalizado y en la planta de empaque están a cargo de fabricantes contratados.
- Se desarrolló un perfil agregado de riesgo para cada eslabón el cual proporciona tiempos entre llegadas de interrupciones y su duración.
- Se consideró como medida de mitigación de la interrupción, un stock de seguridad en cada eslabón que proporciona X% de capacidad adicional después de Y semanas.
- La demanda es calculada a través de históricos ajustándola a distribuciones de probabilidad.

- Se tuvieron en cuenta valores no mencionados para la meta de inventario, la capacidad de producción y los tiempos de envío.
- En cuanto a escasez consideraron la respuesta del cliente al enfrentar una falta de existencias como una entrada básica con tres parámetros; si un lote de clientes se enfrentara a una escasez, el modelo se diseñó de modo que el L% se perdiera inmediatamente y se perdiera un m% adicional después de n semanas. El modelo se ejecutó con $L = 0$, $m = 1$ y $n = 4$.
- El n del ítem anterior puede apreciarse como un tiempo máximo de tolerancia.
- El nivel de servicio es un factor clave para la generación de escenarios de simulación (Se contemplan tres: 90%, 95% y 97%).
- En este modelo no se tiene en cuenta la perecibilidad de los productos

La cadena de suministro de referencia para este modelo de simulación se muestra en la Figura 16, en donde pueden verse los tres niveles: plantas de manufactura, embalaje y centros de distribución. Las entradas son generadas por proveedores externos y las salidas por los clientes. Los autores dividen en dos la manufactura, una de ellas como la planta principal o casa matriz y otra como un productor deslocalizado, las producciones de estas dos convergen hacia un mismo nivel de embalaje para ser finalmente enviados a los centros de distribución.

Cabe resaltar que en este artículo evaluado se desarrolló un perfil de riesgo para cada eslabón de la cadena de suministro y además para el transporte desde el fabricante deslocalizado, identificando una lista de categorías de interrupción, cada una de ellas con una probabilidad de ocurrencia y una duración estimada a través del juicio intuitivo de personal de la empresa, para finalmente obtener el perfil agregado mencionado arriba en la lista de parámetros. Esta información se resalta, ya que, los autores identificaron que los sitios donde no tienen el control total tienen interrupciones de mayor duración, siendo coherente con lo encontrado en la revisión de literatura teórica en donde se precisa un mando central que permita unificar las medidas de mitigación, control y seguimiento en cada parte de la cadena de suministro.

Los autores, además, mencionan que los parámetros y planes de respaldo para definir el stock de seguridad y niveles de inventario no estaban claramente detallados para la mayoría de la red, siendo congruente con el caso de logística humanitaria en Colombia de acuerdo con lo explicado en el capítulo anterior.

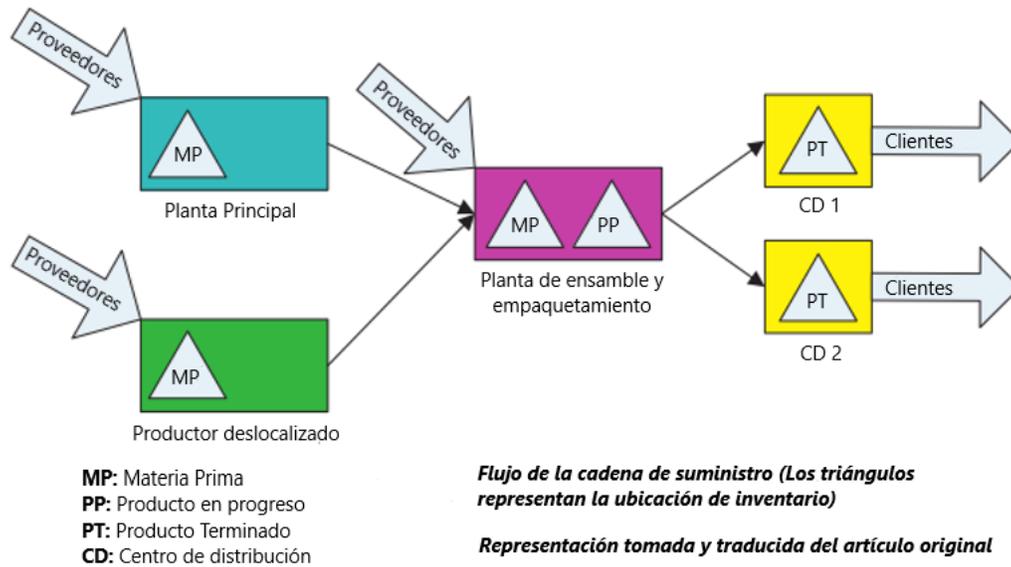


Figura 16 Flujo de la Cadena de Suministro del modelo de referencia
 Tomado y adaptado de (Schmitt & Singh, 2012)

Tomando la representación de referencia, se ajustó a los actores definidos en la caracterización del capítulo previo, lo cual se muestra en la Figura 17, los niveles tienen las mismas funciones, pero se resalta quien hace que y se destaca que la comunicación entre ellos está relacionada con el tiempo de entrega de producto.

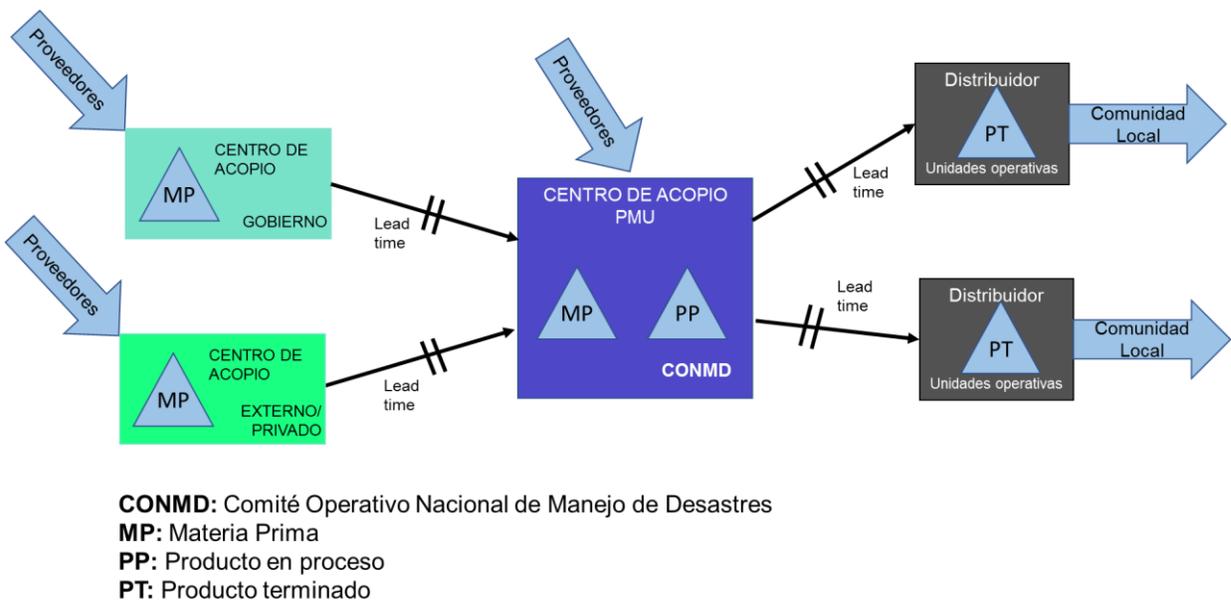


Figura 17 Flujo de la Cadena de Suministro adaptado al caso humanitario
 Tomado y adaptado de (Schmitt & Singh, 2012)

Finalmente, además de los parámetros establecidos, se tomaron los siguientes resultados del estudio (Schmitt & Singh, 2012) para elaborar la política de gestión de inventario:

- Tanto los niveles de inventario de materia prima como los de producto terminado aumentan cuando hay interrupciones presentes.
- Tener un inventario cerca del cliente es importante para que las interrupciones en la red no interrumpan el servicio.
- El nivel de servicio deseado afecta el inventario adicional necesario para hacer frente a las interrupciones.
- Sus escenarios variaron en función de la velocidad de respuesta. (Probaron las respuestas que son rápidas, pero de baja capacidad (capacidad del 20% disponible después de 1 semana) versus respuestas que son más lentas, pero de mayor capacidad (50% de capacidad después de 4 semanas).)
- Las interrupciones en la parte alta de la red (río arriba) pueden no sentirse tan rápidamente como las interrupciones en la parte baja (río abajo), pero su impacto puede ser amplificado, superando a las interrupciones en sí mismas. La amplificación de la longitud de una interrupción puede ser causada por:
 - Insuficiente inventario aguas abajo para durar más que una interrupción
 - Capacidad insuficiente para restaurar el flujo de materiales y los niveles de inventario después de una interrupción
 - Reordenamiento de la demanda del cliente que supera las capacidades de recuperación.
- Bajo la configuración dada cuando no hay un plan de mitigación disponible, el sistema nunca se recupera de una interrupción en el centro de la red; el cuello de botella nunca se despeja y los pedidos se retrasan continuamente.
- Si bien no tener un plan de mitigación disponible hace que la tasa de cumplimiento se reduzca a cero, nunca cae por debajo del 50% para los dos planes de mitigación y no se produce ninguna amplificación.
- Si la capacidad durante la recuperación está restringida, entonces el enfoque principal para los métodos de mitigación de respaldo debe ser aumentar la velocidad de la respuesta, en lugar del volumen.
- Si el tiempo de mitigación y los fondos son limitados, abordar las interrupciones más cercanas al cliente debe ser la más alta prioridad cuando se trata de hacer que el sistema sea más sólido para las interrupciones y proteger el servicio al cliente, y el enfoque principal debe ser aumentar la velocidad de la respuesta.

- Los procedimientos y las reglas para responder en caso de una interrupción deben establecerse antes de que ocurran. Las reglas de operación deben entenderse tanto para condiciones normales como para condiciones de emergencia o recuperación. Estas reglas deben proporcionar pautas sobre cómo todos los miembros de la cadena de suministro deben hacer frente a las interrupciones, desde la fuerza de ventas que realiza los compromisos de pedidos y la aceptación de pedidos pendientes (o no), hasta los gerentes de planta que hacen posible la capacidad para reemplazar los sitios interrumpidos. La planificación y mitigación proactivas permitirán que la cadena de suministro pase a las operaciones de emergencia y recuperación de manera más fluida.

10. MODELO DINÁMICO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS Y ELEMENTOS DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

10.1. PARADIGMA DE DINÁMICA DE SISTEMAS

La actuación de respuesta inmediata frente a un desastre puede considerarse como un sistema complejo debido a que pequeñas diferencias en las condiciones iniciales pueden generar que el sistema se comporte de maneras diferentes a lo largo del tiempo, estos sistemas se caracterizan por tener interconexiones y bucles de retroalimentación que impiden que se actúe de forma constante (Philip, 1999). Además, de acuerdo con la complejidad que significa representar los diferentes elementos asociados a la gestión de inventarios, de proyectos y de logística humanitaria conjuntamente de forma abstracta, se consideró la dinámica de sistemas como la herramienta de modelación y simulación más apropiada, puesto que se han representado a través de ella sistemas complejos, que incluyen estudios sociales, productivos y hasta financieros, destacando el aporte hecho en dinámica industrial de Jay Forrester, en donde precisamente se analiza el comportamiento del inventario a lo largo de la cadena de suministro y como se crea el efecto látigo a partir del razonamiento de los elementos como un sistema con ciclos de retroalimentación, y el de Sterman (2000) en *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, quien establece que el análisis de los inventarios es clave para la toma de decisiones en el sistema productivo. También se resaltan trabajos como el de Rueda Cano (2017), “Uso de la dinámica de sistemas y la prospectiva estratégica en la elaboración de planes de desarrollo regionales”, quien establece una nueva modelación para el establecimiento de los planes territoriales que se permita determinar los comportamientos futuros del sistema.

Finalmente, para el desarrollo de este proyecto de investigación se tuvieron en cuenta los aportes investigativos de anteriores proyectos pertenecientes al grupo de investigación Sistemas Logísticos de la Universidad de La Sabana en la línea de investigación de logística humanitaria en donde se ha trabajado ampliamente con esta herramienta de modelación y simulación.

10.2. ANÁLISIS CAUSAL

El abastecimiento de recursos durante la fase de atención inmediata puede verse como el sistema dinámico que se activa ante la ocurrencia de un desastre, en donde la población afectada y los actores de ayuda demandan recursos específicos para recuperar el bienestar de dicha población, esta demanda es evaluada por los diferentes actores de apoyo que se involucran durante esta fase, quienes verifican

la existencia de recursos disponibles en sus inventarios o realizan la gestión para que estos recursos lleguen a la zona afectada. En otras palabras, mientras los recursos disponibles son consumidos o utilizados se abastecen los necesarios para cubrir la brecha existente entre lo requerido y lo disponible.

Este apoyo a la recuperación del bienestar se considera un proyecto ya que varios agentes realizan esfuerzos coordinados para asegurar que la ayuda llegue a la zona, de manera que al reducir la brecha de recursos se dé por finalizada la ejecución del proyecto y se hayan satisfecho las necesidades de la población afectada y/o agentes de ayuda para la primera fase de respuesta.

Por su parte, cuando se analiza un sistema de abastecimiento e inventarios es necesario tener en cuenta las demoras asociadas al flujo de material (lead time) y aquellas asociadas a la demora en la decisión, sin embargo, en un sistema logístico humanitario deben considerarse además sus características físicas temporales (como lo son la pérdida parcial de infraestructura, estado de conmoción, pánico, etc.), por ello aquí se consideró que existen variables aleatorias no controlables que inciden en el abastecimiento de los recursos aumentando estas demoras, tales como el mal estado de las vías, robos, etc.

También, se consideraron aquellas variables aleatorias no controlables asociadas a la ejecución del proyecto, en donde el gestor evalúa aquellas situaciones que generan pérdidas o ganancias en el desarrollo de las actividades, por ejemplo, la afluencia de bienes no pedidos que reducen la capacidad de respuesta o por el contrario una vía que se creía totalmente dañada está habilitada para permitir el flujo de materiales.

Un último aspecto por resaltar dentro de este sistema es la necesidad de centralizar la información de modo que no haya esfuerzos redundantes que saturen la capacidad y/o retrasen la ayuda.

Para ilustrar esta situación se desarrolló el diagrama causal mostrado en la Figura 18, la cual es de control debido a sus bucles de retroalimentación negativa, esto indica que el sistema tiende a auto – regularse después de una disrupción de este tipo, ya que el sistema busca normalizar el bienestar de las personas.

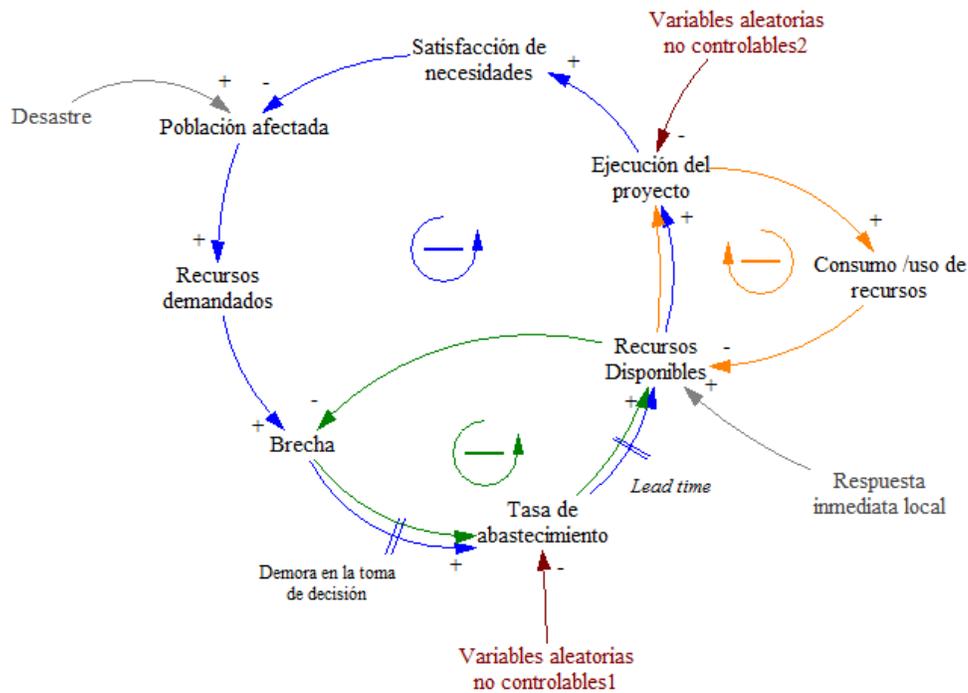


Figura 18 Diagrama causal del sistema de abastecimiento e inventario de apoyo a la ayuda. Elaboración propia

Para acoplar esta visión dinámica con la de proyectos, se recurrió al método de diagramación PERT con la actividad en el nodo (AON) para posteriormente articular el modelo con la información de la caracterización del capítulo 8. En la Figura 19 se muestra un ejemplo de esta visión, donde se ve la red de proyecto en la cual cada actor de apoyo humanitario tiene a su cargo un conjunto de actividades.

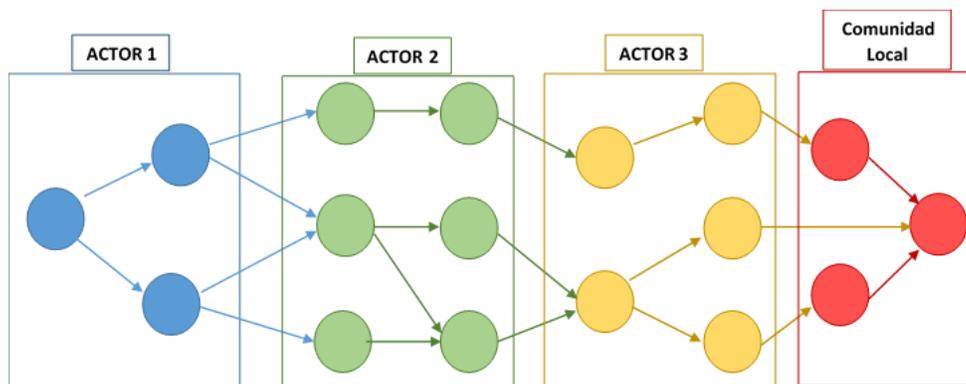


Figura 19 Representación ejemplo de la red AON en el sistema humanitario. Elaboración propia.

Posteriormente para articular la visión sistémica con la conceptualización de proyectos se combinó el causal de la Figura 18 con el bucle de control desarrollado por (Gonzalez et al., 2012) mostrado en la Figura 20, el cual fue diseñado para

subsanan los desajustes en la planeación causados por la influencia de las variables no controlables en cada una de las actividades involucradas en un proyecto en donde la discrepancia de la ejecución real vs la planeada causa una corrección en la asignación de recurso para acelerar la actividad (lo que en el modelo de González et al., denominan el modo requerido para el ajuste), sin embargo la corrección está sujeta a la tolerancia de aceleración de la actividad de modo que se aplica una corrección adecuada o permisible de acuerdo con la tolerancia (modo aplicado).

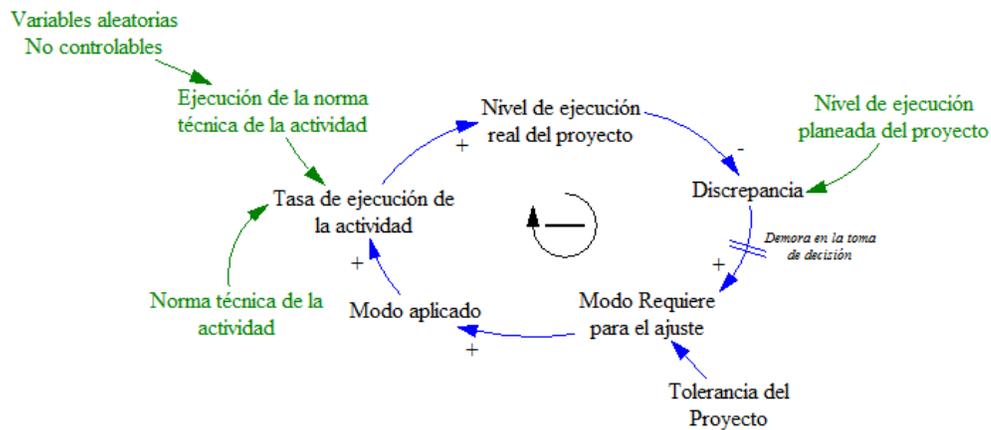


Figura 20 Bucle de control de proyectos basado en el cambio de modo.
Elaborado por (Gonzalez et al., 2012)

En la Figura 21, se aprecia la unión de las dos ideas en donde coexisten el sistema de ejecución del proyecto y el de abastecimiento de recursos. Aquí la satisfacción de las necesidades de la población y su demanda se verá como una meta en el nivel de ejecución planeada del proyecto y el consumo / uso de los recursos se ve en el modo aplicado. Esta configuración implica un control de la situación sobre la ejecución del proyecto de apoyo a la ayuda y el abastecimiento necesario.

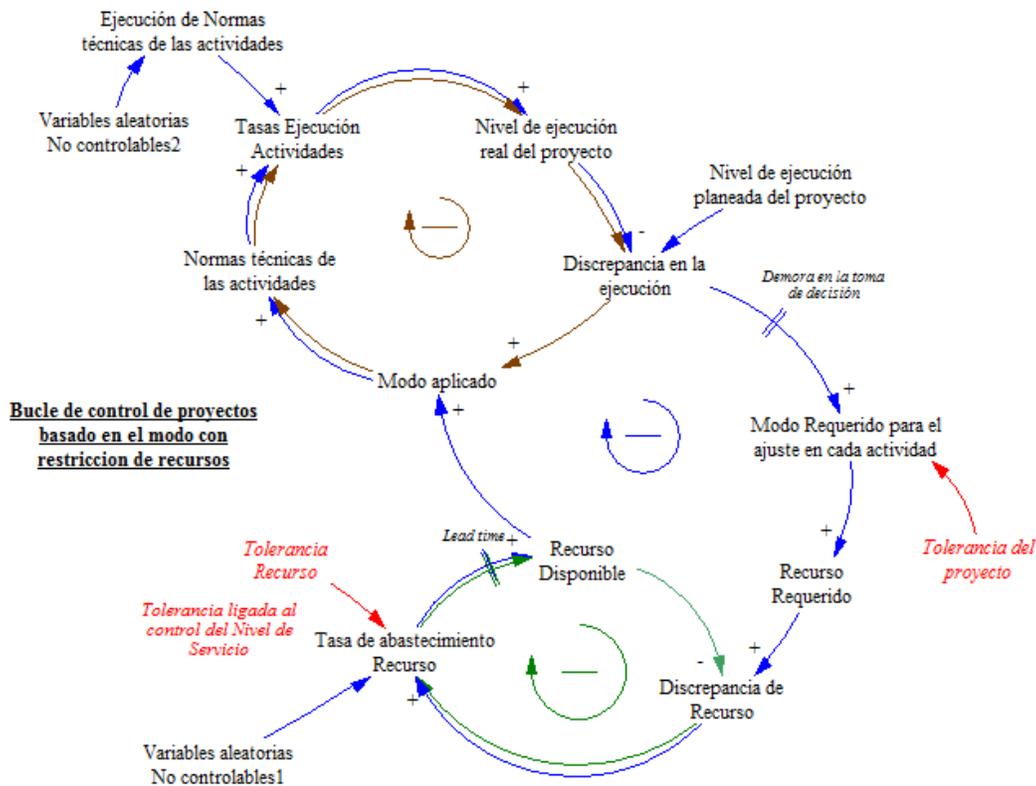


Figura 21 Bucle de control de proyectos basado en el modo con restricción de recursos.
Elaboración propia

Esta combinación de los dos diagramas causales implicó un ajuste al modelo de González et al., ya que en el modelo original la tasa de ejecución de la norma técnica de la actividad dependía del modo aplicado y de variables exógenas como la norma técnica y la ejecución o no de la norma técnica, dado que en este la configuración depende del recurso disponible, el modo aplicado ya no solo afecta la tasa de ejecución, sino que altera la relación recurso tiempo asignada en la norma técnica. Este nuevo diseño permite incluir políticas de gestión de inventarios y abastecimiento al mismo tiempo que se monitorea el proyecto.

Posteriormente, para ejemplificar este bucle con diferentes actividades se amplió el causal como se muestra en la Figura 22, en el cual se ve un sistema con dos actividades cada una con sus elementos de ejecución, al que se le adiciona una nueva variable llamada política de gestión de recursos, la cual es una variable que toma información de la discrepancia en la ejecución del proyecto, de las tasas de ejecución de las actividades y del recurso disponible para tomar la decisión de cambio de modo que se ve en el modo aplicado.

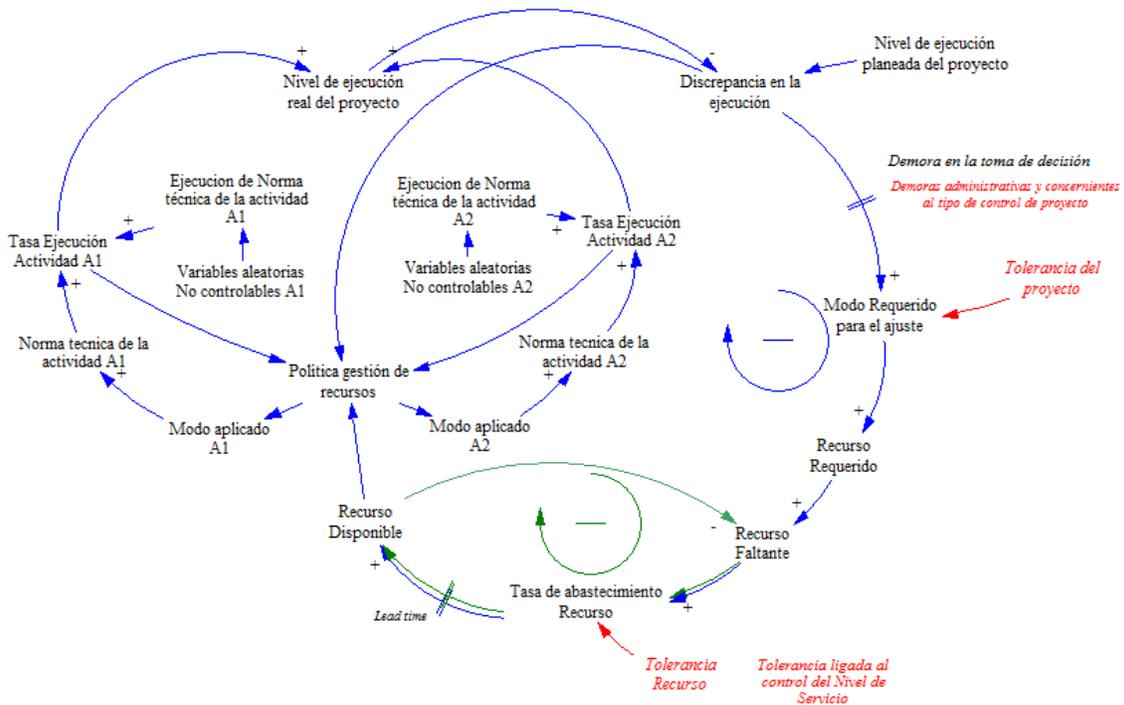


Figura 22 Bucle de control de proyecto basado en el modo con restricción de recursos compartidos (con Actividades múltiples). Elaboración propia

Finalmente, teniendo en cuenta la clasificación de recursos de la que se ha hablado previamente también se establecieron bucles de control para cada uno de ellos respectivamente de acuerdo con su disponibilidad, abastecimiento y tolerancia del nivel de servicio, como se muestra en la Figura 23. Al combinar con la estructura mostrada en la Figura 22, se obtiene la representación mostrada en la Figura 24, en donde la política de gestión de recursos ahora debe tener en cuenta dos tipos de recursos diferentes y se resalta que la política se modela en función de la discrepancia de los recursos en reemplazo de la disponibilidad del recurso.

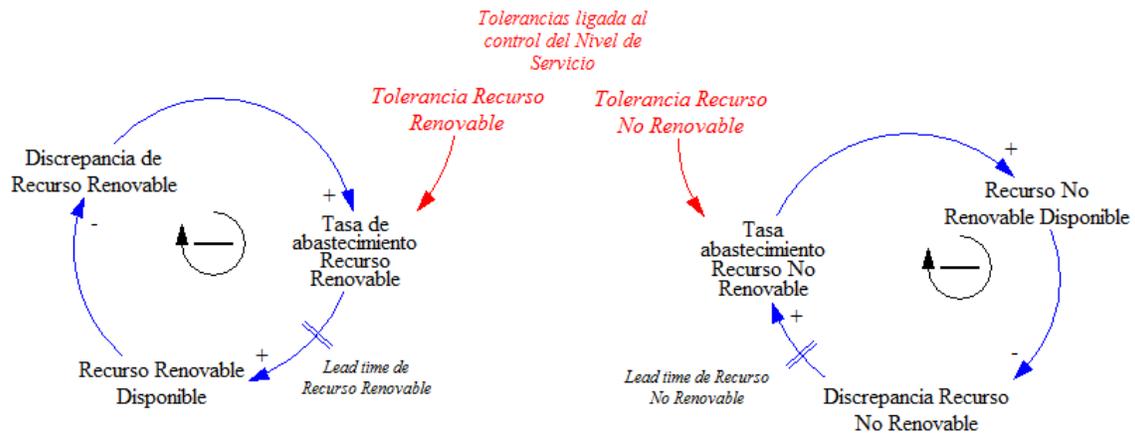


Figura 23 Bucles de control de recurso renovable y no renovable. Elaboración propia

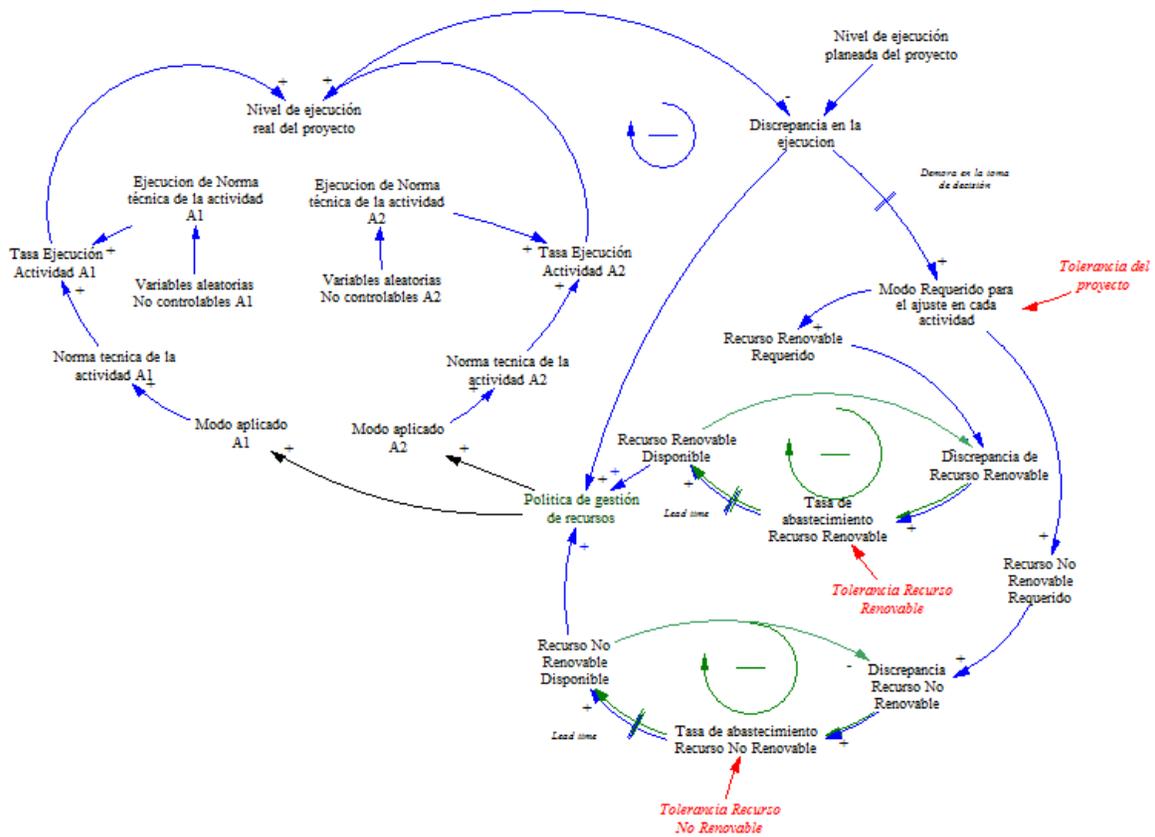


Figura 24 Bucle de control de proyecto basado en el modo con restricción de recursos renovables y no renovables compartidos (con actividades múltiples). Elaboración propia.

10.3. DIAGRAMA DE FORRESTER MODELO BASE

Posteriormente, los diagramas causales se plasmaron de acuerdo con la terminología propuesta por Jay Forrester para su modelación en Vensim® (Software para la representación de modelos con dinámica de sistemas). De este modo se crearon cinco módulos:

- Módulo 1. Red de proyecto (Planeada y real)
- Módulo 2. Variables no controlables
- Módulo 3. Recursos Renovables
- Módulo 4. Recursos No Renovables
- Módulo 5. Asignación modo relación recurso – duración

Los cuales se describen y validan a continuación:

10.3.1. Módulo 1. Red de proyecto (Planeada y real)

Tomando como base parte de la “representación de la red de actividades AON en un diagrama de Forrester” de (Gonzalez et al., 2012) mostrada en la Figura 56 del Anexo 12, se desarrolló la estructura básica del proyecto, primer módulo del modelo básico mostrada en Figura 25.

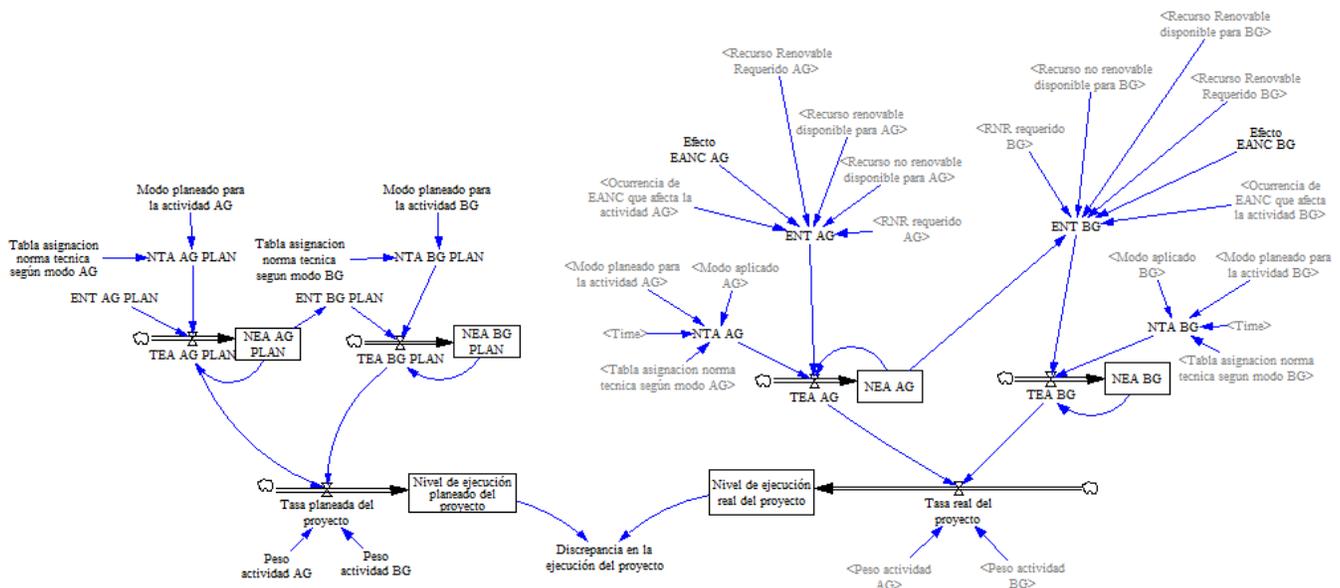


Figura 25 Red de proyecto del modelo base en un modelo Forrester. Elaboración propia

En este diagrama se buscó mantener la estructura de un proyecto en red AON, para este caso la actividad AG es precedente de la actividad BG⁷.

Para analizar el diagrama es necesario dividirlo en dos, el lado izquierdo representa el proyecto planeado (la concepción ideal sin eventos aleatorios no controlables ni falta de recursos) y el lado derecho el proyecto real, en el medio se calcula la discrepancia en la ejecución del proyecto.

Ambos lados comparten la estructura básica de (Gonzalez et al., 2012) en donde la norma técnica de la actividad (NTA) es establecida a través de una tabla de asignación de norma técnica según modo y el modo asignado a la actividad, en el caso planeado se toma el modo planeado, mientras que en el caso real se alterna entre modo aplicado y modo planeado (este último se toma en el primer instante de tiempo o si no hay discrepancia de recurso), la ejecución de la norma técnica (ENT) es un parámetro que puede tomar valores de uno o cero dependiendo si se puede ejecutar o no, en el caso de la ejecución planeada es una constante igual a uno y tiene una función meramente ilustrativa.

Por su parte, la tasa de ejecución de la actividad (TEA) representa la realización de la actividad y se formula a partir de la forma clásica de controlar un proyecto, a través del nivel de porcentaje desarrollado, en este caso se divide 100 en la duración de la actividad (contenida en la NTA) de forma que cada unidad de tiempo represente un porcentaje determinado, en el caso del proyecto planeado este porcentaje se divide en partes iguales mientras que en el real varía en función del modo que actúe sobre la norma técnica. Esta tasa alimenta el nivel de ejecución de la actividad (NEA) que actúa como el acumulador de las partes porcentuales hasta llegar a cien, valor que representa la realización completa de la actividad y da paso para que se puedan realizar las actividades sucedientes, a través de un condicionante en la ENT de las siguientes actividades.

La tasa planeada del proyecto y la tasa real del proyecto se calculan como la suma de las ejecuciones de las actividades multiplicadas por su peso o prioridad en el proyecto.

Para el lado derecho o proyecto real a la ENT la afecta, además, la disponibilidad de recursos y efectos de eventos aleatorios no controlables (EANC). La disponibilidad de recursos se compara con lo que requiere la actividad para cada

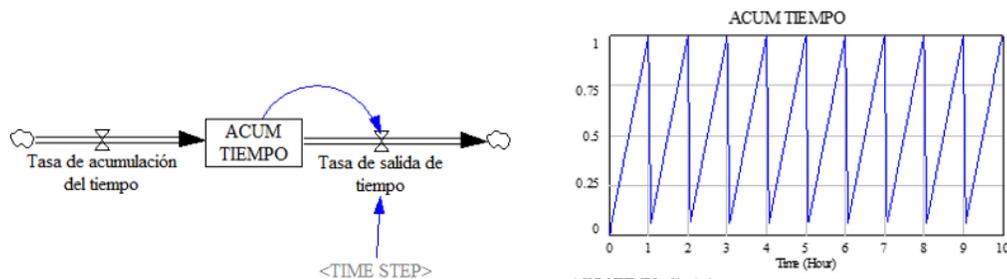
⁷ Se considera actividad al conjunto de elementos que comparten el mismo sufijo, los cuales se conforman el sistema de ejecución de la respectiva actividad.

tipo de recurso, en el caso de que haya disponibilidad se ejecuta, de lo contrario la ENT toma un valor de cero y espera hasta que haya recursos suficientes disponibles. Por otro lado, el efecto de variables aleatorias hace que la ENT ralentice a la TEA, a través del LOOKUP “Efecto EANC”. Este efecto opera como una tabla función $y(x)$, en donde el valor de x es la variable aleatoria “Ocurrencia de EANC que afecta la actividad” y el valor de y son parámetros preestablecidos con valores de 0 a 1 que se multiplican por la TEA. Las ecuaciones pueden verse con mayor detalle en el Anexo 13 Módulo 1 y la verificación del comportamiento en el Anexo 14 Módulo 1.

10.3.2. Módulo 2. Variables no controlables

Para la creación de las variables aleatorias no controlables, se usó la estructura explicada en la cátedra dinámica de proyectos impartida por Karol Moreno en la Maestría de Diseño y Gestión de procesos de la Universidad de La Sabana, en donde las variables aleatorias se crean a partir de una serie de tasas y niveles que procesan la información de una variable aleatoria con el fin de facilitar el uso de los datos.

En primer lugar, se desarrolló la estructura mostrada en la parte a de la Figura 26, la cual actúa como un acumulador de una unidad por cada unidad del tiempo, y tiene el comportamiento que se muestra en la parte b de la misma figura.



a) Estructura de Forrester acumulador de tiempo

b) Comportamiento del acumulador de tiempo

Figura 26 Acumulador de una unidad por cada unidad de tiempo. Basado en Dinámica de proyectos de Karol Valbuena

Posteriormente se crea la estructura mostrada en la Figura 27, en donde la variable aleatoria se formula utilizando la función RANDOM (para efectos prácticos de este modelo todas las variables aleatorias de eventos no controlables se formularon con una distribución uniforme entre cero y uno). En esta estructura el aleatorio requiere una semilla que se declara de forma independiente para poder experimentar con

ella, posteriormente se envía el aleatorio a una tasa en donde se suaviza la variabilidad, lo cual puede verse en la Figura 28.

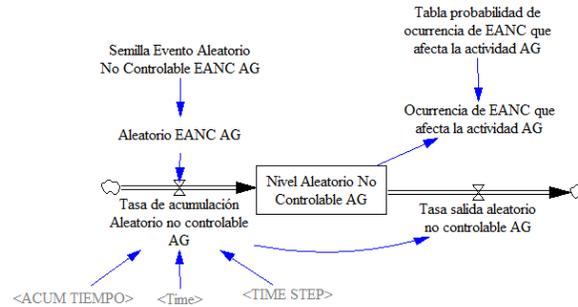


Figura 27 Diagrama de Forrester para modelar un evento aleatorio no controlable, Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

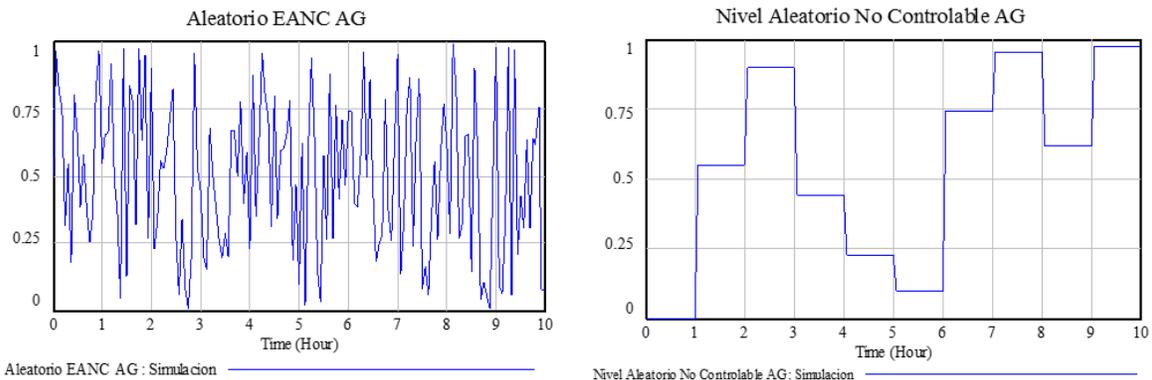


Figura 28 Comportamiento del aleatorio diseñado. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Maestría en diseño y gestión de procesos. Universidad de La Sabana

De esta forma este nivel aleatorio se utiliza como un insumo para la ocurrencia seleccionada la cual es una función de la tabla de probabilidad de ocurrencia y el nivel de aleatorio clasificando el EANC de acuerdo con lo requerido.

En total se diseñaron 6 tipos de variables aleatorias no controlables:

- 1) Ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG
- 2) Ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG
- 3) No. de recursos renovables que se ven alterados ante un EANC (falla)
- 4) Duración de la alteración del RR ante un EANC
- 5) Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RR
- 6) Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RNR

En el Anexo 13 Módulo 2 se muestran los diagramas de Forrester de estas variables aleatorias y sus ecuaciones correspondientes.

10.3.3. Módulo 3. Recursos Renovables

Posteriormente se incluyeron los recursos renovables al sistema, en donde se construyó para el modelo base una estructura de cuatro niveles como se ve en la Figura 29. Este módulo se desarrolló con base en las condiciones inherentes ya mencionadas del recurso renovable en el contexto establecido.

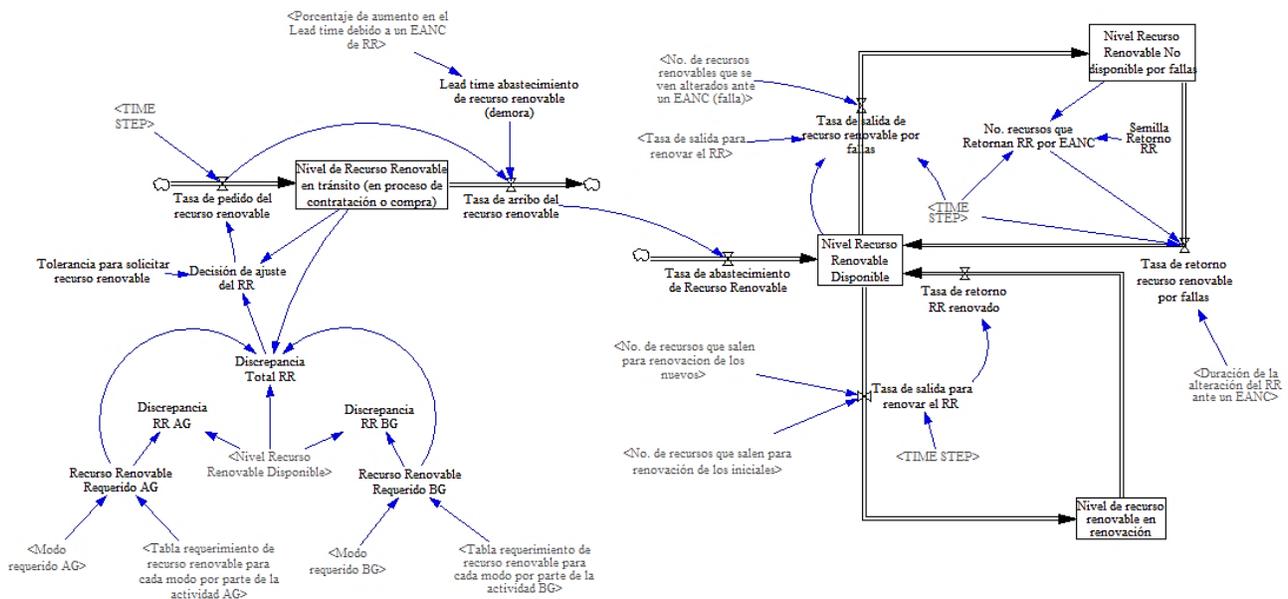


Figura 29 Diagrama de Forrester Recursos renovables.
Elaboración propia

Se inició con el nivel del recurso renovable disponible, a partir de este se consideraron dos situaciones que hacen que el nivel disminuya y una que aumente. La primera situación de disminución hace referencia a la condición aleatoria que hace que los recursos renovables fallen y tengan un periodo de recuperación y/o reparación y la segunda a la condición propia de la renovación de los recursos, los cuales transcurrido un tiempo deben tener un periodo de descanso o carga. Por otro lado, se consideró que la situación que aumenta el nivel de recurso renovable es el abastecimiento de los recursos renovables faltantes.

La salida de recurso renovable debido a causas aleatorias como fallas se consideró como un sistema compuesto por una tasa de entrada (la cual es salida del nivel recurso renovable disponible), un nivel de acumulación y una tasa de salida (tasa

de entrada del nivel de recurso renovable disponible). La tasa de entrada toma el número aleatorio definido en el módulo anterior (se utiliza una función IF THEN ELSE para evitar que el modelo tome un elemento simultáneamente de las dos situaciones definidas para la salida de nivel de recursos renovables disponibles) y lo divide en el TIME STEP para que el nivel tome el recurso en partes completas no fraccionadas por el tiempo. El nivel recurso no renovable no disponible por fallas comienza en cero. La tasa de salida se formula como un DELAY FIXED, en donde con base en el número de recurso no renovable no disponible, se calcula un número posible de recurso que retorna a trabajar con una demora establecida en el módulo anterior de forma aleatoria, tal cual como se comportaría una falla.

La salida de recurso renovable debido a la necesidad de renovación se consideró como un sistema compuesto por una tasa de entrada (la cual es otra salida del nivel recurso renovable disponible), un nivel de acumulación y una tasa de salida (tasa de entrada del nivel de recurso renovable disponible).

La tasa de entrada se calcula a partir de un subsistema desarrollado para calcular el número de recursos que salen para renovación, el cual, se muestra en la Figura 30, en este caso se diferencian aquellos recursos que ya estaban disponibles en la zona de aquellos que van llegando paulatinamente. Para los recursos iniciales se utilizan las funciones IF THEN ELSE y PULSE TRAIN, la primera para definir el valor total de recursos que salen y la segunda actúa como un binario que se activa en intervalos de tiempos definido, ya que estos tienen un punto en el tiempo de inicio claro. Por otro lado, para los recursos que llegan con el tiempo se utilizan las funciones IF THEN ELSE y DELAY FIXED para asegurar que los recursos entrantes trabajen bajo un segmento de tiempo delimitado. En ambos casos el IF THEN ELSE se usa para comparar el valor de los recursos que ingresaron con aquellos que salieron por fallas, y evitar enviar recursos que ya no están en el sistema. Al igual que en la anterior salida de recursos se divide por el TIME STEP para que el recurso salga completo y no por partes al nivel. El nivel de recurso renovable en renovación comienza en cero. La tasa de salida se formula como un DELAY FIXED en el cual regresan los recursos que tomaron el descanso o carga luego de un periodo de tiempo determinado.

10.3.4. Módulo 4. Recursos No Renovables

De forma paralela al módulo anterior, se añadieron al sistema los recursos no renovables mediante una estructura de tres niveles como se muestra en la Figura 31. Este módulo también se desarrolló con base en las condiciones inherentes ya mencionadas del recurso no renovable.

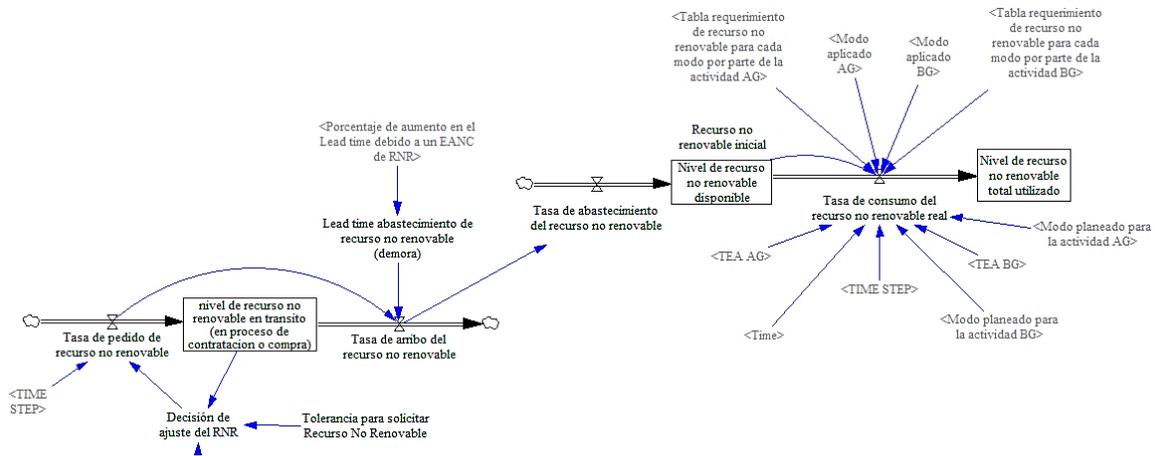


Figura 31 Diagrama de Forrester Recursos no renovables.
Elaboración propia

El punto de partida de este módulo es el Nivel de recurso no renovable disponible que empieza con un nivel inicial y solo contempla una tasa de entrada y una tasa de salida.

La tasa de salida se denominó Tasa de consumo del recurso no renovable real, esta alimenta al Nivel de recurso no renovable total utilizado, el cual es usado con fines informativos y de control, por su parte la tasa se calcula a partir de la suma de los consumos individuales de las actividades según el modo empleado en cada una, en donde el valor de consumo se obtiene a través de la multiplicación entre la tasa de ejecución de la actividad y el requerimiento de recurso según el modo empleado.

La tasa de entrada se denominó Tasa de abastecimiento del recurso no renovable, cuyo valor representa la cantidad solicitada a otras instancias en caso de que haya faltantes. Este abastecimiento se consideró como el sistema compuesto por la tasa de pedido del recurso no renovable, el nivel de recurso no renovable en tránsito y la tasa de arribo de dicho recurso no renovable solicitado.

La tasa de pedido de recurso no renovable es el valor final de una serie de cálculos que evalúan la discrepancia entre lo necesitado y lo disponible para cada actividad,

confrontada contra un nivel de tolerancia preestablecido para poder tomar la decisión de solicitar recurso a actores en otros niveles de la cadena de suministro. Esto se puede ver con mayor detalle en la Figura 32 a continuación.

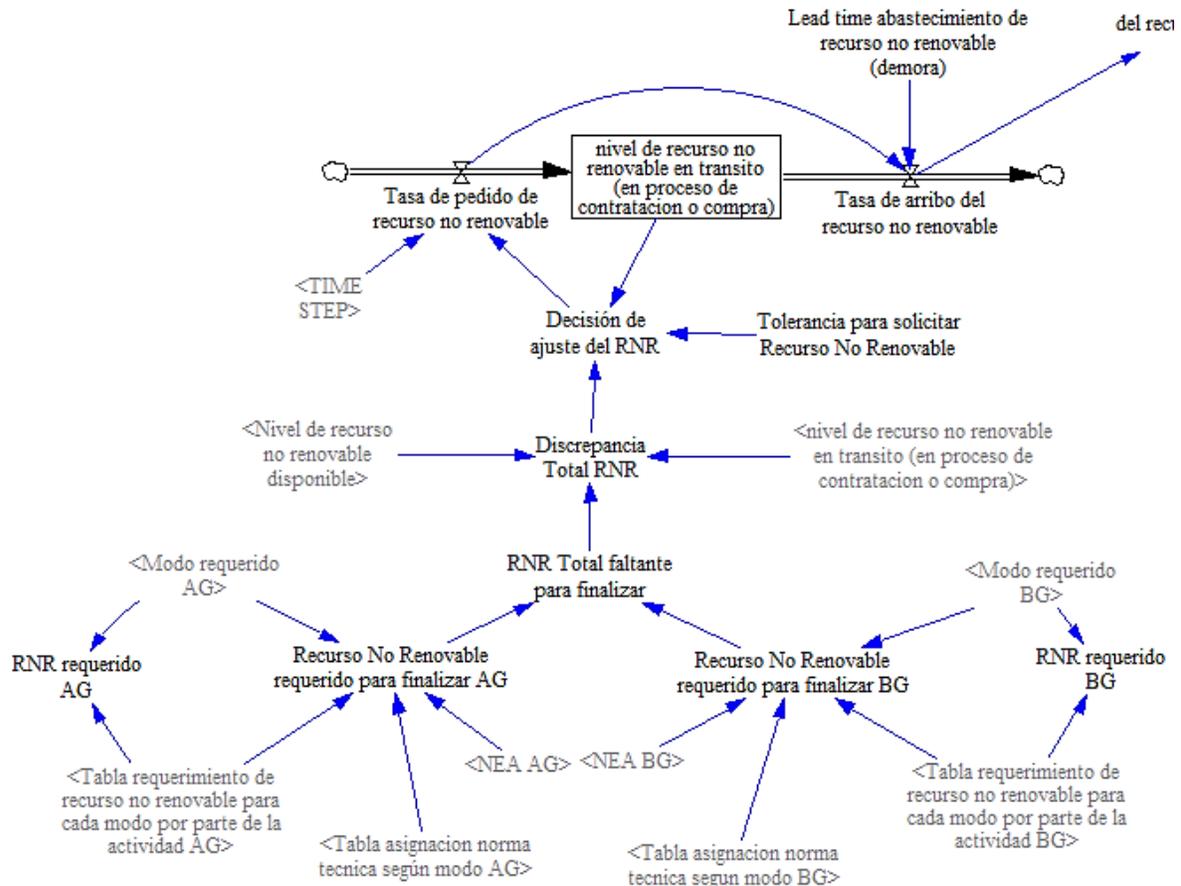


Figura 32 Cálculo de la decisión de ajuste al recurso no renovable.
Elaboración propia.

Finalmente, respecto a la tasa de arribo del recurso no renovable se formuló con una función DELAY FIXED integrando el lead time con el valor saliente del nivel, esta demora en el abastecimiento se formuló teniendo en cuenta los efectos de variables aleatorias no controlables tales como la afluencia de bienes no pedidos que retrasan la ayuda.

Las ecuaciones correspondientes a este módulo pueden encontrarse en el Anexo 13 módulo 4.

10.3.5. Módulo 5. Asignación relación recurso – duración (modo)

Finalmente, se añadieron los elementos necesarios para articular las decisiones asociadas al cambio de modo de cada actividad con los demás módulos. Esta asignación se diseñó a partir de la discrepancia en la ejecución del proyecto entre lo planeado y lo realmente realizado, aquí lo que se busca es inyectar más recursos para acelerar las actividades cuando la brecha sobrepasa el límite determinado por el gestor o líder de proyecto, además se tuvo en cuenta que no todas las actividades son susceptibles ser aceleradas puesto que depende de su naturaleza.

Cada una de las actividades de este módulo se componen de un nivel, dos tasas (una de entrada y otra de salida), diferentes variables auxiliares y varios parámetros, como se ve en la Figura 33. Su construcción inició creando el nivel denominado Modo requerido de la actividad, el cual representa la combinación recursos – duración que debe seleccionarse en caso de que exista la necesidad de cambio de modo.

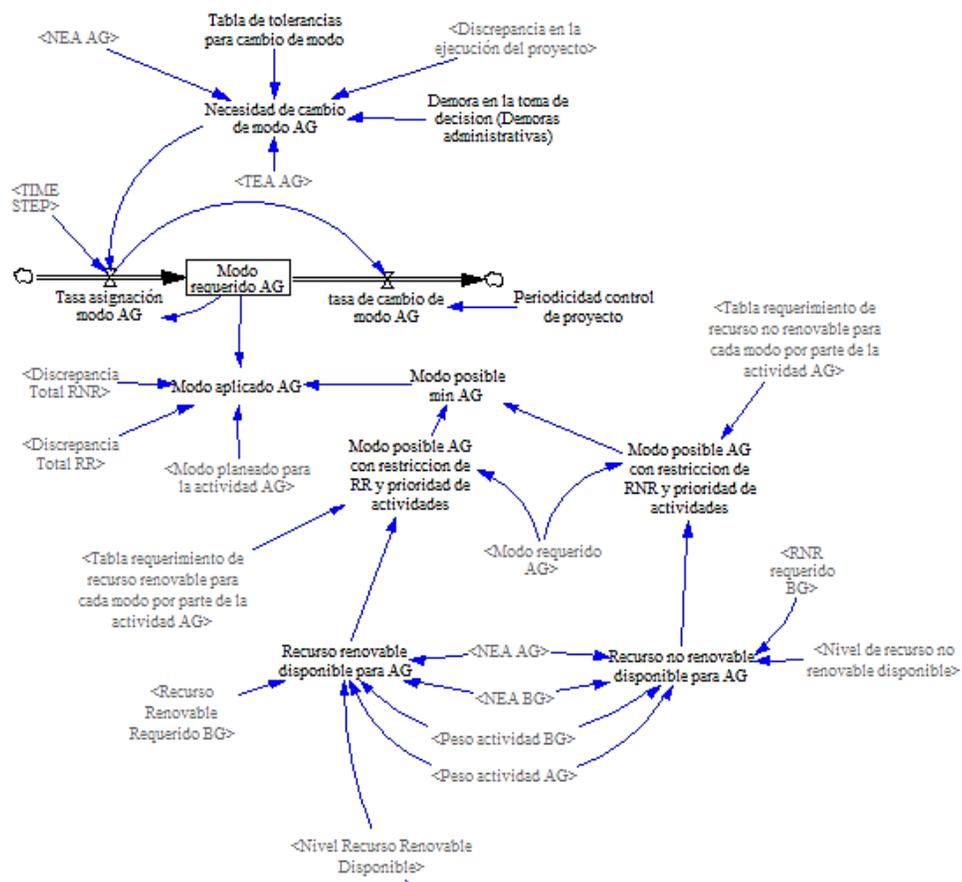


Figura 33 Asignación de recurso - duración (Modo) de la actividad AG. Elaboración propia.

El nivel contiene un número categórico, que, para el modelo base, varía de cero a tres (tomando únicamente los enteros), en donde el cero indica que no se requiere cambio en el modo, 1 = modo planeado, 2 = modo rápido y 3 = modo acelerado, como se ve en la Figura 34. Además, para evitar que el nivel acumule los requerimientos que se generan a medida que se avanza en el horizonte de planeación se conectó a la tasa de salida denominada tasa de cambio de modo, la cual está condicionada a sacar el valor existente en el nivel cada cierto tiempo; este tiempo es determinado por el gestor del proyecto y se define como periodicidad de control de proyecto.

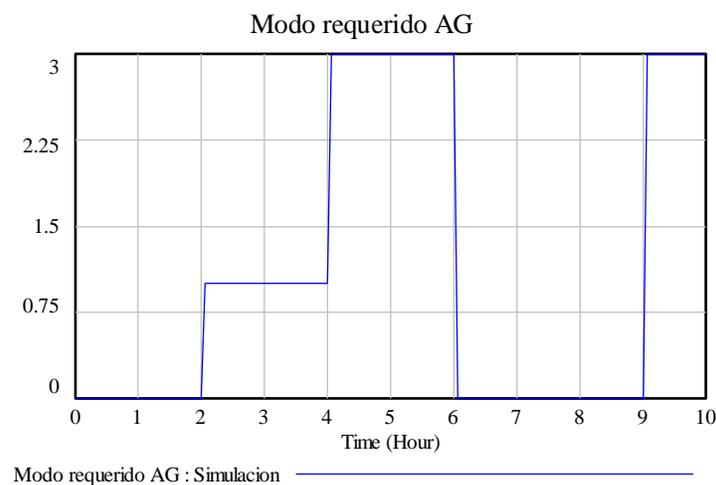


Figura 34 Comportamiento del modo requerido de la actividad AG con datos arbitrarios que comprueban el correcto funcionamiento del nivel.
Elaboración propia.

Por otro lado, la tasa de entrada al nivel denominada Tasa de asignación de modo, da paso al requerimiento dividiéndolo en el TIME STEP, de forma que se mantenga el número categórico como un entero. Por otro lado, en esta tasa también se aplica un control al modelamiento para que nivel no supere el límite permitido, para esto en el condicional formulado además de existir la necesidad de cambio de modo, el nivel debe iniciar en cero cada vez que se asigne, si esto último no se cumple, se entiende como si el periodo de control de proyecto aún no haya finalizado y el modo requerido se mantiene hasta que inicie el siguiente periodo de control.

Finalmente, en este módulo se desarrollaron los cálculos para establecer el modo aplicado, ya que, si bien el modo requerido es aquel necesario para cerrar la brecha de ejecución, el modo que se aplica está restringido a la disponibilidad inmediata de los recursos tanto renovables como no renovables y la prioridad que tenga la actividad para utilizar los recursos disponibles.

En este caso se comenzó determinando la cantidad de cada tipo de recurso disponible para cada actividad de acuerdo con su nivel de ejecución NEA, su peso ponderado y el nivel de recurso disponible, posteriormente se formuló un modo posible para cada tipo de recurso, seleccionando el mínimo entre estos dos con el fin de garantizar la ejecución con cualquier tipo de recurso.

Esta información es utilizada en el cálculo del modo aplicado, en el cual se desarrolló un condicional que evalúa en primera instancia si hay discrepancia a nivel global de cada uno de los recursos, si existe déficit, hace uso del cálculo del modo posible, pero si no se llegasen a tener los suficientes recursos para acelerar la actividad el condicional da la orden de continuar con el modo planeado.

Las ecuaciones correspondientes a este módulo pueden verse en el Anexo 13 módulo 5.

10.4. ARTICULACIÓN DEL MODELO BASE CON LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MULTINIVEL

Para ilustrar como se sincronizan conceptualmente la gestión de proyectos, la gestión de inventarios y el análisis dinámico previo, se muestra en la Figura 35 la red de proyecto, la cual es ejecutada por diferentes actores que hacen las veces de eslabones de la cadena de suministro humanitaria. Se incluye a la comunidad local al final de la cadena ya que se considera que es el respondiente más cercano a la afectación.

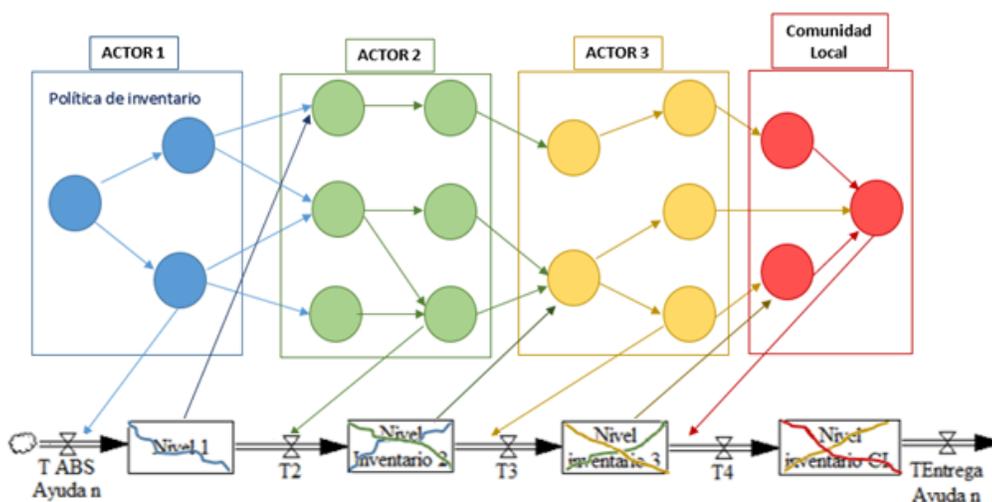


Figura 35 Cadena de abastecimiento humanitaria vista como proyecto dinámico. Elaboración propia

Cada uno de estos actores tiene su tasa de abastecimiento de acuerdo con lo que demanden, un nivel que muestra el comportamiento del inventario entregado al siguiente actor hasta finalizar con la satisfacción de necesidades de la población afectada como límite del sistema, estableciendo así una relación de inventarios multinivel.

Para aplicar la política multinivel en el sistema de simulación se modeló en los módulos de recursos (tanto renovables como no renovables) la decisión de ajuste al nivel del recurso, teniendo en cuenta los niveles inferiores. En este caso la UNGRD nacional absorbía inmediatamente la discrepancia de recursos de UNGRD Local, bomberos y cruz rojas, a su vez UNGRD Local absorbía la discrepancia de bomberos y cruz roja, y así sucesivamente de forma que el inventario aguas arriba pudiera mitigar el impacto aguas abajo en las tasas de abastecimiento de recurso.

De acuerdo con esta estructura y la política seleccionada se definieron las siguientes características relacionadas directamente con la gestión de inventarios:

- a. Tanto el actor que actúa como centro de acopio (centro de acopio: Gobierno y entes externos) como el actor que distribuye (Unidades operativas en apoyo de la comunidad local) deben tener las instalaciones adecuadas para absorber el aumento de inventario generado por la explosión de necesidades derivadas de la ocurrencia de un desastre súbito. En este caso se recomienda:
 - i. Establecer protocolos que permitan la utilización de edificios públicos como almacenes temporales (por ejemplo, alcaldías municipales, colegios estatales, centros comunitarios), lo cual debe ser difundido de forma que todo el personal permita la fluidez de los recursos sin interponer ningún tipo de demora por restricciones de uso del espacio.
 - ii. Replicar en diferentes zonas de alto riesgo los almacenes permanentes creados en los departamentos de Antioquia y Caldas, los cuales actúen como centro logístico humanitario.
 - iii. Establecer polígonos de homogeneidad (determinados en el plan departamental de Antioquia como un grupo de municipios con cercanía geográfica con similar caracterización de ocurrencia de eventos) y a partir de ellos establecer un número mínimo de almacenes temporales desplegados
- b. El actor que distribuye (Unidades operativas en apoyo de la comunidad local) debe tener un nivel de inventario suficiente para sustentar la ayuda ante un posible desastre en la región. Para calcular este inventario se recomienda utilizar los planes departamentales y municipales en donde se revisan los

desastres a los que históricamente se ha enfrentado la región y los riesgos a los que se encuentra expuesta, estableciendo un procedimiento acorde a las estrategias identificadas en la revisión de la literatura como: creación de redes logísticas, utilización de acuerdos PPP y/o creación de bases de datos centralizadas que permitan conocer el inventario de la región.

- c. Se debe establecer el nivel de servicio deseado ya que afecta el inventario adicional necesario para hacer frente a las interrupciones.
- d. Para la fase de desastre de estudio, se prefieren abastecimientos cortos, pero de mayor velocidad de respuesta.
- e. Para mitigar el impacto de las interrupciones en la parte alta de la red (río arriba) se propone:
 - i. Tener planes de coordinación de medios de transporte previamente establecidos con acuerdos PPP
 - ii. Tener planes de contingencia para la recuperación del acceso ante posibles afectaciones en la infraestructura de transporte. A través de acuerdos PPP con las compañías contratistas de mantenimiento de las vías, asegurando que estas posean los equipos necesarios en zonas de bajo riesgo cercanas a las carreteras que alimentan las ciudades y municipios.
- f. Para mitigar las variables no controlables asociadas a la ejecución del proyecto se propone contar con sistemas integrados de gestión de recursos y planes para la ejecución de actividades. De forma que la demanda no supere o sature la capacidad disponible.
- g. Establecer varios centros de acopio centrales o PMU, de forma que no se conviertan en cuellos de botella, se recomienda hacer análisis a las unidades ejecutoras con el fin de establecer cuanta es la máxima capacidad de administración de cada uno de ellos. Por ejemplo, definir el personal máximo que se permita manejar por cada PMU, facilitando la coordinación.

10.5. MODELO DINAMICO QUE REPRESENTA LA RESPUESTA DEL APOYO EN EL SISTEMA HUMANITARIO COLOMBIANO

A partir de la caracterización del sistema logístico colombiano se desarrolló una red integrada de todo el sistema con el fin de tener una visión global de este y que el modelamiento estuviera acorde con el alcance del proyecto. Esta superred contiene 62 actividades divididas en cuatro grupos: las generales (Como actividades que dan inicio y fin a la respuesta inmediata), las de soporte, las relacionadas con búsqueda y rescate y las relacionadas con la ayuda humanitaria. Se mantienen las relaciones de precedencia, entre las actividades del mismo tipo (red origen) y en algunos casos algunas actividades se combinan o se eliminan, debido a que ya han sido

mencionadas o están contenidas dentro de una secuencia de actividades de una de las cuatro redes, ésta puede verse en la Figura 69 del Anexo 12.

Una vez establecida la estructura se establecieron los tiempos de actividad supuestos a partir de la información contenida en los documentos oficiales los cuales se muestra en Tabla 49 el Anexo 12. En esta tabla puede verse que se evaluó si la actividad era susceptible a acelerarse si se adicionaban recursos. Para la red de proyecto de actividades iniciales tanto planeadas como reales se tuvo en cuenta que las entidades de control y de reporte siempre deben tener en funcionamiento una línea de comunicación directa con las demás instancias territoriales, para el caso de la avalancha en Mocoa Putumayo en 2017 el apoyo a las comunicaciones fue brindado por el ejército. Se resalta que la primera actividad no tiene una aceleración ya que es la que activa el sistema.

Por otro lado, los recursos críticos seleccionados fueron el personal (como recurso renovable) y el combustible (como recurso no renovable), ya que sin estos automáticamente la red de proyecto se detiene por completo.

Este sistema se ajustó al modelo base en Vensim®, sin embargo, durante la estimación de los parámetros se encontró que los datos de la caracterización no eran suficientes para representar adecuadamente una situación de un desastre de gran magnitud en Colombia, para aquellos relacionados con tiempo y recursos se estimaron los datos para prestar la ayuda a mil personas de acuerdo con lo presentado en las noticias de eventos ocurridos recientemente y a partir de esto se adicionó a la estructura dinámica la demanda con el fin de que actúe como un multiplicador de los recursos según sea el caso y para los relacionados con el riesgo y probabilidad de ocurrencia de eventos no controlables se utilizaron datos aleatorios con el fin de desarrollar la experimentación del modelo.

Este multiplicador sacado a partir de la posible demanda en un lugar determinado bajo un desastre determinado se añadió como variable auxiliar a ajustando la norma técnica de las actividades que tengan susceptibilidad ante dicha demanda. En la Figura 36, se muestra la nueva estructura en donde la ecuación de la NTA quedaría de la siguiente manera: $NTA_{BGPLAN} = \text{Tabla asignación norma técnica según modo BG (Modo planeado para la actividad BG)} * \text{Demanda}$. Esto se aplicó tanto para la red planeada como para la red ejecutada, de forma que una comparación entre la discrepancia de las dos redes sea congruente. Por otro lado, la demanda también modifica las variables de recurso requerido por actividad y la tolerancia para solicitar recursos.

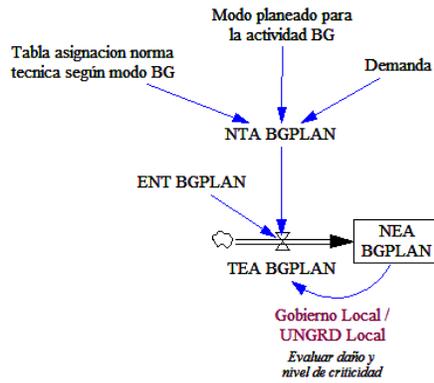


Figura 36 Adición de la demanda a la estructura dinámica. Elaboración propia

Este modelo es la representación básica del modelo dinámico de proyecto de logística humanitaria en Colombia, se sugiere para futuras investigaciones, establecer análisis de riesgo y caracterizaciones de riesgo para cada uno de los actores y sus recursos con el fin de identificar la probabilidad ocurrencia de eventos aleatorios tales como fallas, alteraciones y otros sucesos que impidan la ejecución planeada del proyecto.

11. SIMULACIÓN DINÁMICA

11.1. SITUACIÓN DE ESTUDIO

Para evaluar el modelo dinámico desarrollado se tomó como base de simulación un posible sismo de magnitud de momento sísmico mayor a 7 en la localidad de la Candelaria ubicada en la ciudad de Bogotá estableciendo como parámetro base la demanda. Se selecciona esta ciudad debido a alta probabilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud (mencionado anteriormente en la justificación) y se elige tal localidad de acuerdo con el índice de riesgo total (por sismo) por localidad obtenido por FOPAE (2011).

Como ya se indicó, al modelo básico establecido se le añadió la demanda como una variable auxiliar con el fin de que los recursos requeridos sean determinados para un conjunto de afectados, de forma que se utilice un estándar SKU y de esta manera determinar la demora ante diferentes escenarios. Para la experimentación se usaron dos de los escenarios establecidos a partir del Estudio Holístico del Riesgo Sísmico de la Ciudad de Bogotá de (Fondo de prevención y atención de emergencias, 2011), en los que se especifica el riesgo potencial de daños de cuatro diferentes magnitudes.

Tabla 13 Escenarios de amenaza sísmica.

Escenario	Fuente	Magnitud (MI)	Distancia (km)	Profundidad (km)	Riesgo de la localidad	Demanda ⁸	Factor multiplicador
1	Regional	6,5	50	25	0,12	2.654	2,65
2	Regional	7.0	40	25	0,26	5.750	5,75

Elaborado a partir de Estudio Holístico del Riesgo Sísmico de la Ciudad de Bogotá de (Fondo de prevención y atención de emergencias, 2011)

Se establecieron dos situaciones. En la situación inicial, todos los inventarios son independientes, cada actor pide lo que le falta de acuerdo con sus niveles de existencias sin considerar los demás niveles de la cadena de suministro. (Sin política). En la segunda situación se ajusta el modelo de acuerdo con una política simple multinivel, se plantea aquella situación en donde los inventarios de cada uno de los actores son compartidos, para el modelamiento se manejó como un inventario global, y para calcular el inventario de cada escalón de acuerdo con la teoría clásica de Clark y Scarf (1960) se sumó el stock que posee un nivel más todo el inventario de los niveles aguas abajo.

⁸ La demanda es calculada a partir del último informe del DANE (2007) para la ciudad de Bogotá.

Para los diferentes escenarios se utilizaron los siguientes parámetros de entrada para los niveles de inventario de recurso:

Tabla 14 Valores iniciales relevantes para la simulación del sistema

Variable auxiliar	Valor
Recurso renovable inicial en Comunidad Local	20
Recurso renovable inicial en UNGRD Local	140
Recurso renovable inicial en UNGRD Nacional	70
Recurso renovable inicial en Bomberos	70
Recurso renovable inicial en Cruz Roja	40
Recurso no renovable inicial en Comunidad Local	600
Recurso no renovable inicial en UNGRD Local	1.000
Recurso no renovable inicial en UNGRD Nacional	26.000
Recurso no renovable inicial en Bomberos	5.500
Recurso no renovable inicial en Cruz Roja	600

La unidad de simulación fue horas, el tipo de integración es Euler, con un tiempo inicial de 0 y un tiempo final de 500. Time Step 0,25. Las condiciones de variabilidad no controlables se mantuvieron estables con el fin de evaluar solo cambio en el tiempo determinado por la aplicación de la política de inventario.

11.2. RESULTADOS DE SIMULACIÓN

La variación de la demanda entre los dos escenarios planteados se estimó en un aumento del 117%. Se encontró que existe una reducción del tiempo de respuesta al aplicar la política de gestión de inventarios de alrededor de un 54%.

Tabla 15 Tiempos de ejecución de los proyectos de atención inmediata

Unidad: horas	Sin política	Con política
Escenario 1	432,75	198
Escenario 2	500 solo completa hasta 90%	478,75

De acuerdo con lo establecido por las entidades gubernamentales este proyecto debería cumplirse en 168 horas, sin embargo, de acuerdo con los tiempos determinados a partir de los desastres ocurridos recientemente, se podrían cubrir las necesidades de apoyo en 2,57 semanas o más. Sin embargo, con la política de gestión este tiempo podría acercarse al estado planeado, pese a las diferentes variables no controlables.

A continuación, se muestran los comportamientos de las variables más relevantes del modelo desarrollado.

Escenario 1:

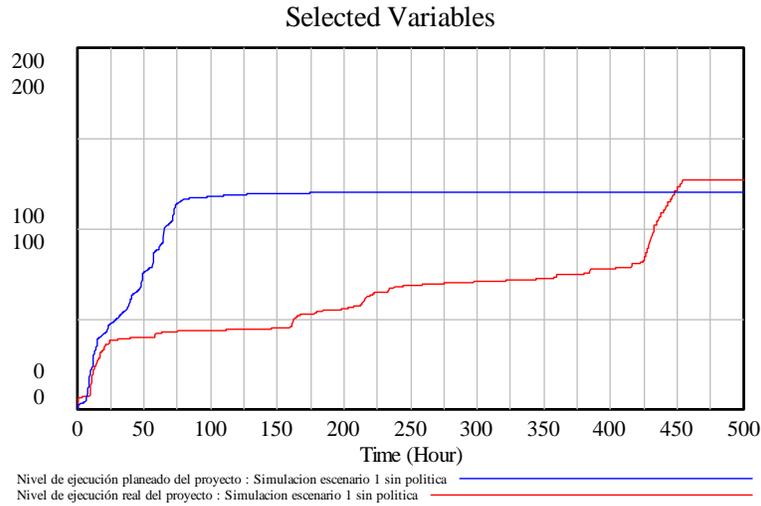


Figura 37 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 sin política

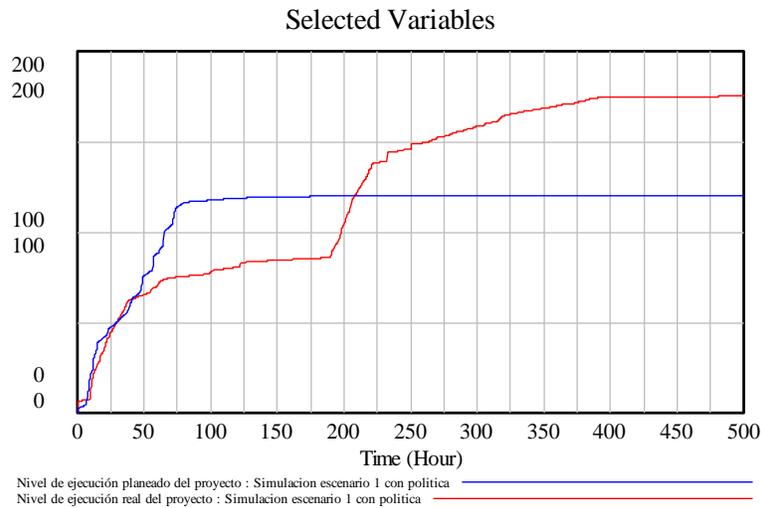


Figura 38 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 con política

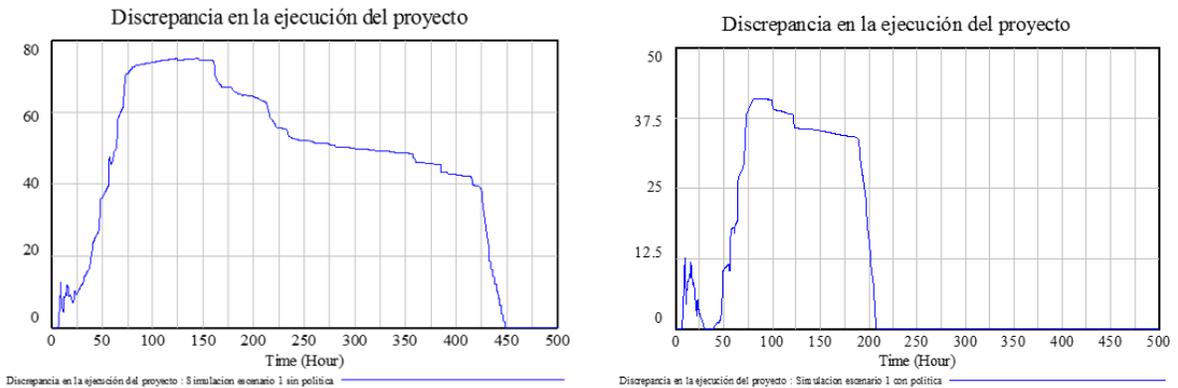


Figura 39 Discrepancia en la ejecución del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda discrepancia de la ejecución sin política, a la derecha discrepancia de la ejecución con política.

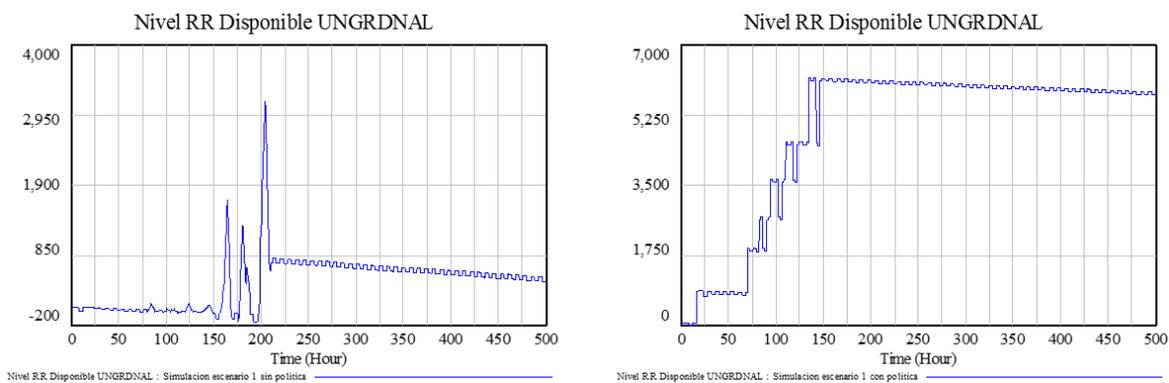


Figura 40 Nivel de inventario de recurso renovable de UNGRD Nacional del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso renovable con política.

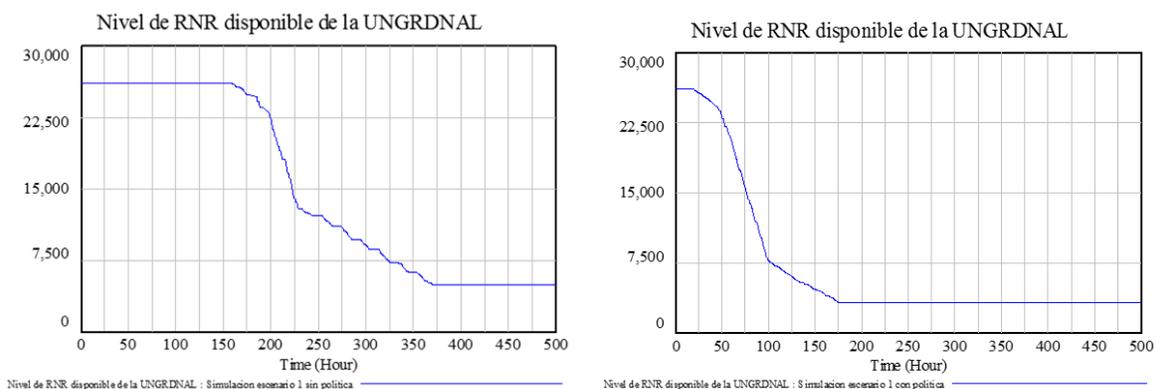


Figura 41 Nivel de inventario de recurso no renovable de UNGRD Nacional del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso no renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso no renovable con política.

Escenario 2

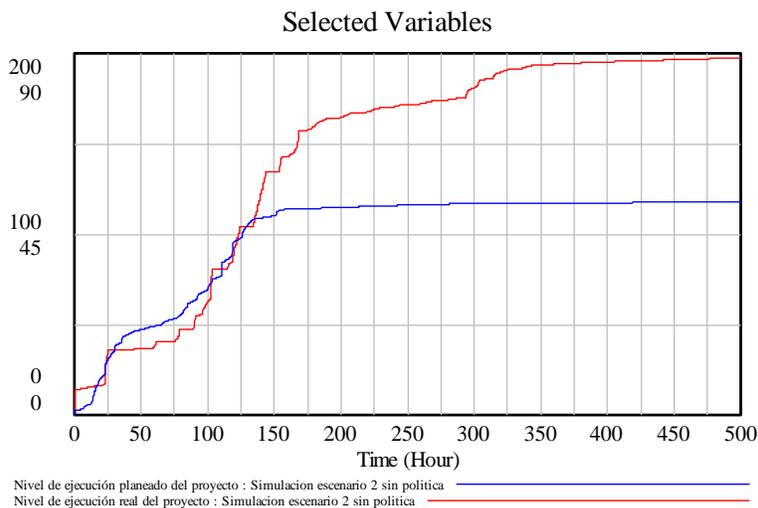


Figura 42 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 sin política

Selected Variables

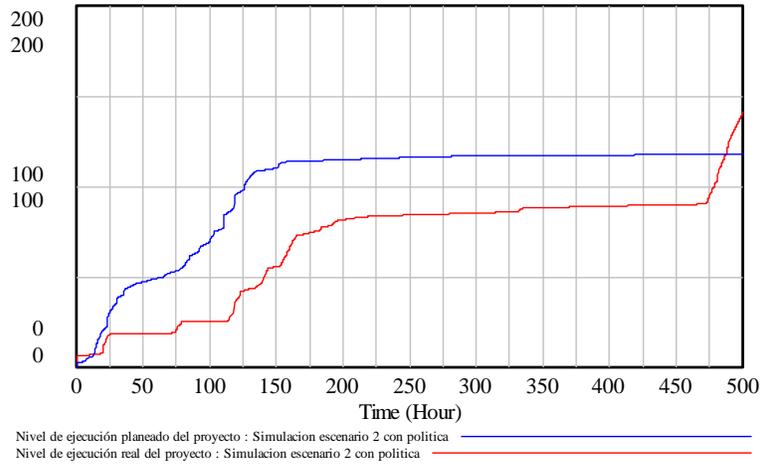


Figura 43 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 con política

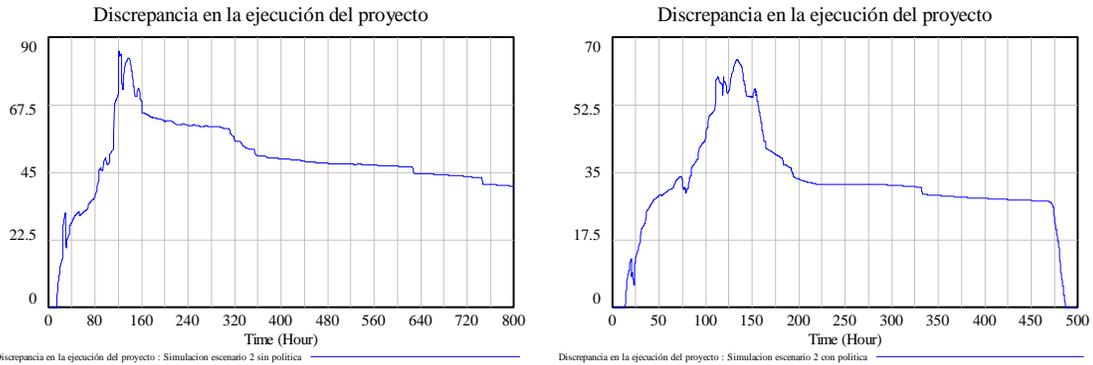


Figura 44 Discrepancia en la ejecución del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda discrepancia de la ejecución sin política, a la derecha discrepancia de la ejecución con política.

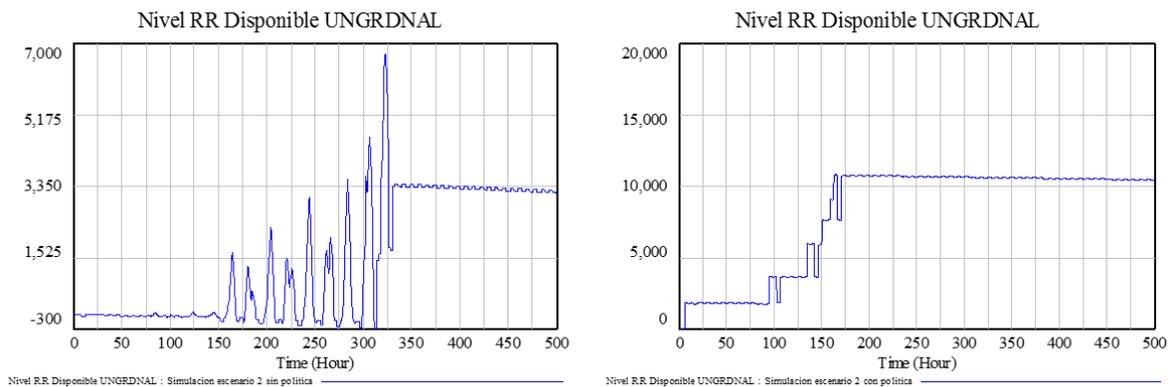


Figura 45 Nivel de inventario de recurso renovable de UNGRD Nacional del escenario 2 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso renovable con política.

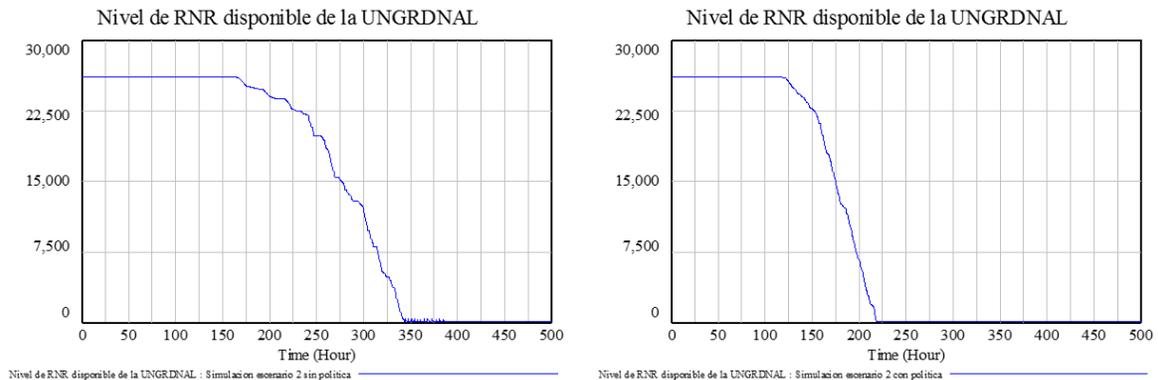


Figura 46 Nivel de inventario de recurso no renovable de UNGRD Nacional del escenario 2 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso no renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso no renovable con política.

11.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Evaluando los escenarios puede observarse en la Figura 37 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 sin política, que la ejecución planeada del proyecto se completa al rededor del tiempo 180, acorde con lo planeado por los documentos revisados, por su parte, teniendo en cuenta alteraciones dadas por la variabilidad inherente del sistema, la ejecución real se extiende hasta el tiempo 432, esto puede apreciarse en la curva de ejecución de ambas líneas y su corte con el eje de porcentaje en el valor de 100%.

En la Figura 38 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 1 con política, la ejecución planeada del proyecto permanece igual al de la Figura 37 ya que no depende de los recursos, sin embargo se evidencia que la curva del proyecto ejecutado con política no es alargada a la derecha como la de la situación sin política, terminando más rápido el proyecto, esta reducción del tiempo se reafirma al observar el tiempo que le toma al proyecto reajustar la discrepancia a 0, alrededor de 218 horas.

Por otra parte, desde el punto de vista de inventarios en la Figura 40 Nivel de inventario de recurso renovable de UNGRD Nacional del escenario 1 tanto con política como sin política. A la izquierda comportamiento del recurso renovable sin política, a la derecha comportamiento del recurso renovable con política. se puede apreciar el cambio del comportamiento para los recursos renovables, y en Figura 41 para los no renovables, evidenciando que cuando se ejecuta la política, el inventario de los recursos renovables del principal proveedor tiende a aumentar al doble de lo inicial, esto puede ser un inconveniente en términos económicos, sin embargo esos

recursos pueden ser utilizados posteriormente para la recuperación del sistema, por su parte los recursos no renovables pueden manejarse con el inventario inicial.

En cuanto al escenario 2, en la Figura 42 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 sin política, se evidencia un comportamiento similar para ambas redes, sin embargo, dadas las condiciones, en este caso la ejecución real del proyecto no puede terminarse en menos de 500 horas, lo cual indica que el retraso de inventarios ha provocado la falla del proyecto. Mientras que en la Figura 43 Nivel de ejecución del proyecto tanto planeado como ejecutado Escenario 2 con política con la aplicación de la política se evidencia un comportamiento similar entre las curvas (de lo planeado y lo realmente ejecutado) con una traslación hacia la derecha, lo que representa una demora de tiempo asociada a las variables no controlables.

En la Figura 44 se aprecian las discrepancias para el escenario 2, encontrando que sin la política el comportamiento tiene picos más altos que los alcanzados con la aplicación de la política, además el tiempo de 500 no es suficiente para que se termine el proyecto si no se tiene una política multinivel. En cuanto a los inventarios del segundo escenario, en la Figura 45 nuevamente se aprecia que con la política los inventarios del recurso renovable tienden a aumentar considerablemente, para subsanar los posibles déficits aguas abajo y en cuanto a los recursos no renovables en la Figura 46 se aprecia que se consumen más rápido, pero el alto inventario inicial permite no tener que solicitar.

Por otra parte, al evaluar entre escenarios se identificó que el escenario 1 y 2 sin política, tienen comportamientos similares, en ambos casos se llega al 50% entre 125 horas y 175 horas y a partir de ahí se genera un rezago en donde la ejecución avanza lentamente, en cuanto a los recursos renovables, el recurso sigue el mismo comportamiento, pero magnificándose a través del tiempo, lo cual se puede ver en la Figura 47.

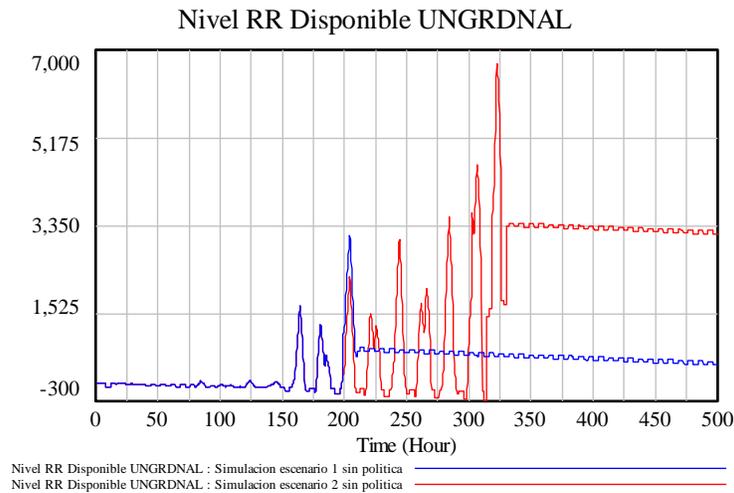


Figura 47 Comportamiento del nivel de recursos renovables de la UNGRD Nacional en ambos escenarios sin política

En cuanto a la comparación de escenarios cuando ambos tenían la política multinivel se puede evidenciar que para el primer escenario la curva se mueve rápidamente hacia la ejecución del 100%, sin embargo, para el segundo escenario este movimiento fue creciendo lentamente hasta alcanzar un estado de estabilidad y seguidamente de la ejecución del proyecto, lo cual puede verse en la siguiente figura.

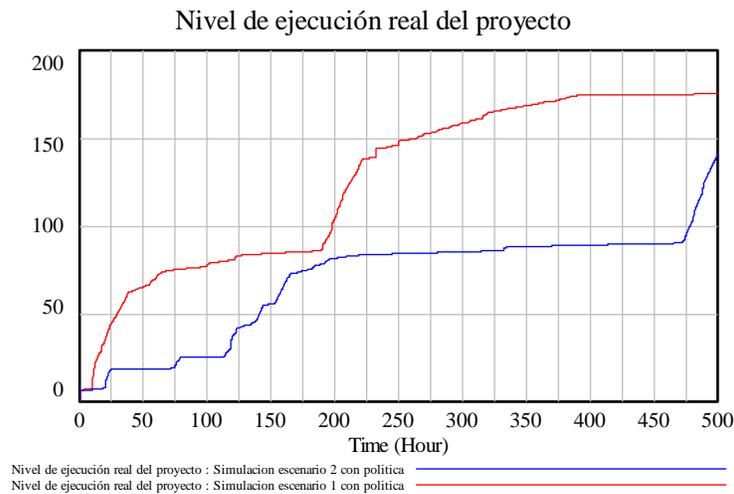


Figura 48 Nivel de ejecución real del proyecto con política para ambos escenarios

En cuanto a la discrepancia, se puede evidenciar que el aumento de la demanda requiere de una estructura con un inventario inicial un poco más grande o accesible, ya que la discrepancia del primer escenario con política se supera rápidamente, pero para el segundo escenario le más tiempo al sistema debido al lead time. En la Figura 49 se puede ver la tendencia de ambas discrepancias, y en donde a partir

del tiempo 25 no pueden recuperarse tan rápido del desfase entre lo planeado y lo ejecutado, dejando aumentar la brecha hasta conseguir todos los recursos necesarios para completar el proyecto.

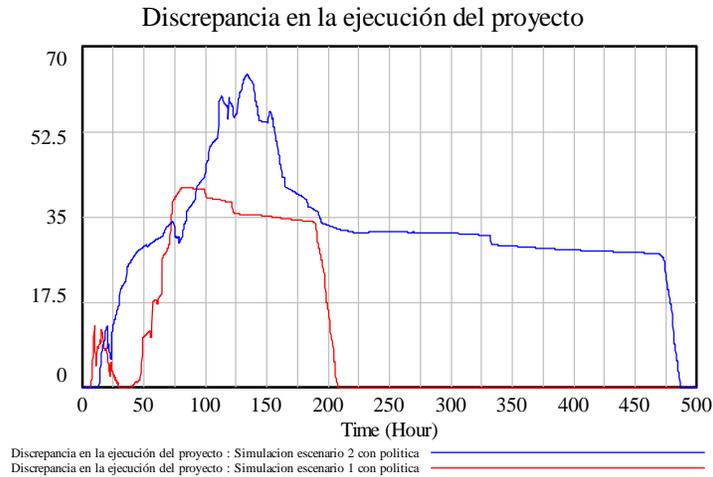


Figura 49 Discrepancia de la ejecución del proyecto entre lo planeado y lo ejecutado para ambos escenarios con política

Finalmente, en cuanto a los niveles de inventario manejados, se observó que dadas las condiciones iniciales propuestas, la política tuvo mayor impacto en los niveles de recurso renovable, los cuales eran muy pocos para la demanda solicitada y tenían un periodo de 8 horas de descanso, por lo cual el sistema realizó varios pedidos de personal, agrandando el inventario a magnitudes significantes (como se ve en la Figura 50), es necesario para futuras investigaciones determinar el número máximo de personal requerido por cada actividad de la atención inmediata del desastre con el fin de establecer un inventario máximo de personal, ya que la solución generada por la simulación podría resultar costosa en términos económicos.

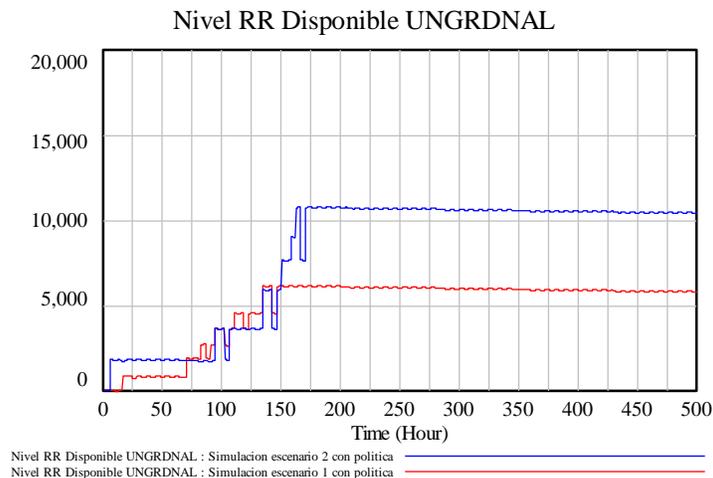


Figura 50 Comportamiento del inventario de recurso renovable en ambos escenarios con la aplicación de la política

11.4. IMPLICACIONES ECONOMICAS DE LA APLICACIÓN DE UNA POLITICA DE GESTION DE INVENTARIOS MULTINIVEL

Una característica importante de la gestión de sistemas de inventario multinivel es el impacto en el costo logístico total, una buena política puede significar una reducción de hasta el 25% de los costos totales (Sepúlveda, 2018). Actualmente, gran parte de los sistemas productivos concentran sus costos en el inventario, por lo que es necesario un análisis del costo que deberá asumir el sistema humanitario y las implicaciones resultantes.

De modo conceptual, los componentes del costo de una política de gestión multinivel se dividen en tres, aquellos en los que se incurre al establecer la política de gestión de inventarios, aquellos propios de una política de gestión de inventarios y los exclusivos de la gestión multinivel.

El primer componente, de los costos del establecimiento de la política de gestión de inventarios, contempla aquellos elementos que son necesarios previo a la colocación de la política en funcionamiento, se deberá establecer el tamaño de las instalaciones, localización, nivel de servicio esperado, nivel mínimo de stock, rotación del inventario y plan de contingencia, si los almacenes serán de carácter temporal guardados en un almacén central o si serán fijos distribuidos estratégicamente. Este costo puede variar en función de lo requerido por las condiciones geo climáticas y sociopolíticas de la zona donde se disponga.

En lo que concierne a Colombia para el establecimiento de la política aquí propuesta podría hacerse uso inicialmente de los 5 centros logísticos humanitarios que están distribuidos en el territorio nacional, uno en “Bogotá, disponible para la atención en todo el territorio Nacional. En Medellín, Antioquia, cubriendo la región andina; Manizales, Caldas, el cual atiende a toda la región del Eje Cafetero; en Magangué, Bolívar, desplegado para la región Caribe y la Depresión Momposina; y el de Cúcuta, Norte de Santander, como soporte a la atención y respuesta en la zona fronteriza. (...) se implementarán 3 nuevos Centros Logísticos Humanitarios en San Andrés, para la zona insular; Villavicencio, Meta, cubriendo la región de los llanos orientales y en Floridablanca, Santander, para la zona oriental del territorio colombiano”(Corporación Autonoma regional del Quindío, 2018). Dentro de los cuales podrían disponerse almacenes de despliegue rápido que puedan ser colocados más cerca de las zonas afectadas ante un posible desastre. Utilizar estos centros también acarrea otros costos de funcionamiento, es importante que se utilice el centro logístico como apoyo a otros procesos de gestión del riesgo de

manera que los costos de mantener en inventario diferentes recursos no implique absorber también estos costos de funcionamiento, ya que entonces, sería insostenible el inventario ante un eventual desastre.

El segundo componente que hay que tener en cuenta ante una política de gestión de inventarios son los directamente relacionados con el abastecimiento, de acuerdo con la literatura clásica de gestión de inventarios, aquí se contempla el costo de mantenimiento de inventario, el costo de almacenarlo en las instalaciones seleccionadas, el costo de adquisición del recurso y el costo de colocar nuevas órdenes (que, en el caso de logística humanitaria, puede contemplar además el transporte).

Por último, el tercer componente, relacionado con la gestión de inventarios multinivel tiene que ver con los costos relacionados con la cooperación entre los niveles, ya que para permitir la evaluación de los escalones y sus inventarios subsecuentes debe haber un acuerdo de compartir información y tener objetivos congruentes. En este caso existen diferentes estrategias para establecer una relación multinivel, la más básica sería que todos los actores tuvieran almacenes separados pero con un sistema de información que les permita saber cómo determinar las cantidades a guardar y a pedir, desde el punto de vista humanitario, dado que la operación no es continua, se podría sugerir hacer uso de los centros logísticos humanitarios ya establecidos y fortalecer la cantidad de recursos en inventario con los ya mencionados acuerdos PPP, de forma que no exista un inventario central únicamente manejado por el gobierno sino que existan diferentes inventarios asignados a los compañeros de red, quienes establecerán beneficios propios tales como disminución de impuestos, acceso a recursos, entre otros, esto además, mitiga el riesgo de perder la instalación por causas inherentes del desastre (Fernández, 2017)

Desde el punto de vista de la diferenciación de recursos utilizada, los costos tanto de adquisición de recursos no renovables como el aseguramiento de la funcionalidad de los recursos renovables deben asociarse a su vida útil o perecibilidad, de forma que se establezca una adecuada rotación de inventario asegurando la existencia de este ante un posible evento de desastre.

Para exponer los costos de la logística humanitaria en Colombia, se encontraron dos situaciones similares en las que una apropiada gestión del riesgo y un adecuado inventario permitió establecer una diferencia significativa entre las vidas salvadas y el costo causado.

En abril de 2017, ocurrieron dos fenómenos naturales de magnitud similar, pero con consecuencias muy diferentes. El primero de ellos, ocurrió el 1 de abril a la madrugada, una avenida torrencial causó la muerte a 335, otras 398 resultados heridas y más de 76 desaparecidas, el estado utilizó más de 427 millones de dólares para la reconstrucción de la ciudad (Torres, 2018), en este caso correspondía a la Corporación departamental Amazonia llevar a cabo a los controles y estrategias de mitigación, sin embargo, pese a las alarmas de algunos organismos, se hizo caso omiso ocasionando este desastre. El segundo evento fue también una avenida torrencial, ocurrida el 17 de abril de 2017 en Manizales Caldas, sin embargo, los esfuerzos de gestión del riesgo que ha realizado el departamento y la ciudad mitigaron la fuerza del fenómeno natural, en este caso hubo 16 muertos, 23 heridos, 9 personas reportadas como desaparecidas y este caso el estado utilizó aproximadamente 16 millones de dólares para la reconstrucción.

Es destacable que de acuerdo a lo analizado en el capítulo 8, Caldas es un departamento líder en la planeación estrategia ante riesgos de desastres, una de sus fortalezas que se encontró, es el inventario que posee, si se evalúan ambas situaciones, durante la atención inmediata en Mocoa al gobierno le tomó alrededor de 24 horas movilizar socorristas, soldados y policías para efectuar las labores de desastre y los vehículos de apoyo fueron suministrados por el ejército, mientras que en Manizales el mismo día se estableció el puesto mando de mando unificado y se dispuso de lo necesario para atender la emergencia. De acuerdo con la prensa, a Caldas esta seguridad, le ha costado la construcción de 970 obras de estabilidad y 5 millones de dólares en investigación de gestión del riesgo ante desastres. (Paz, 2017).

De acuerdo con esto una política de inventarios disminuye el costo en los que incurre el gobierno para atender las diferentes fases del desastre, ya que si bien el inventario durante la fase de respuesta aumenta considerablemente, no tenerlo, significa que es más lento el proceso atención, por lo cual resulta mas costoso el proceso de recuperación y reconstrucción.

12. CONCLUSIONES

Con respecto a la caracterización de las actividades y problemas de gestión de inventarios, se lograron evidenciar los diferentes esfuerzos realizados por el gobierno nacional para formalizar la gestión de riesgo ante desastres, sin embargo, es necesario que las acciones de las diferentes unidades territoriales sean centralizadas totalmente como lo describieron (Balcik et al., 2016; Baroudi & Rapp, 2011; Day et al., 2012; Fan et al., 2015; Fawcett & Fawcett, 2013; Ganguly & Rai, 2016; Gonzales, 2010; Hidayat & Egbu, 2010; Idris & Che Soh, 2014; Ismail, A Majid, et al., 2014; Moe & Pathranarakul, 2006; Nilson et al., 2013; Zhang et al., 2015) con el fin de que exista una mayor coordinación y colaboración entre los diferentes actores involucrados. Además, se evidenció que solo la mitad del país cuenta un plan específico para la atención ante desastres y de esta mitad solo un 10% tiene un registro detallado de los suministros en inventario.

Al analizar el funcionamiento de las operaciones de respuesta y de soporte a la atención de un desastre a través del enfoque de proyectos, se logra identificar que aunque existan diferentes planes y protocolos que guían la actuación ante un desastre, solamente algunos cuentan con la secuencia de actividades que debe ser llevada a cabo, dejando en algunos casos libertad para la toma de decisiones de forma individual o descentralizada, lo cual de acuerdo con (Idris & Che Soh, 2014; Zhang et al., 2015) hace que se presenten problemas de duplicidad de acciones, desperdiciando los recursos limitados.

Analizando además los servicios de búsqueda y rescate y de ayuda humanitaria se encontró que las configuraciones de red no pueden ser modificadas para que se disminuya el tiempo, las estrategias que deben utilizarse para reducir el tiempo de respuesta en ambos servicios deben ser desde el punto de vista del flujo de abastecimiento, como lo son estrategias de transporte o de gestión de inventarios.

Se sugiere para futuras investigaciones incluir y describir protocolos de grupos comunitarios (u organizaciones socialmente establecidas), con el fin de identificar con mayor certeza el aporte que generan a la colaboración, coordinación y en cuanto a recursos durante la ejecución de la respuesta inmediata y las demás fases de atención al desastre.

Por otra parte, en cuanto a la categorización de políticas de inventario multinivel se observó, como parte de la revisión de literatura inicial, un número limitado de propuestas, encontrando un número significativamente mayor para el manejo de recursos no renovables. Se encontró propensión por el uso de programación

matemática y la minimización de la demanda insatisfecha como objetivo principal. Por otra parte, se halló preferencia por el análisis de dos niveles y la división de la demanda en dos (una parte determinística y otra aleatoria), dada su facilidad de análisis. Se identificó que los autores, aunque describen el lead time, la mayoría no hace uso de este para el cálculo de la política, ya que se enfocan en la satisfacción de la demanda sin importar el tiempo.

También, se encontró que un poco de más de la mitad de los artículos revisados tienen en cuenta el origen del producto dentro de la planeación de su política, ninguno aborda el problema de productos perecederos y un número reducido prioriza los recursos. Se recomienda para futuras investigaciones, plantear políticas que integren estos tres factores, ya que desde el punto de vista de la cadena de suministro humanitaria se podrá saber: Quien envía el producto, cuanto va a durar y como anticipo su entrega para apoyar de una forma adecuada.

De la política seleccionada, se puede afirmar que la cadena de suministro humanitaria tiene similitudes con la cadena de suministro empresarial cuando esta última sufre una disrupción en el abastecimiento, además, cuando comparten el objetivo de minimizar la demanda insatisfecha. Para futuras investigaciones, se recomienda analizar la política de inventario de Rottkemper, Fischer, Blecken, & Danne (2011) y de Davis et al., (2013), quienes se enfocan en la minimización del costo (el primero de acuerdo al costo penal de la demanda insatisfecha y el segundo de acuerdo al costo del pre – posicionamiento y costos esperados de distribución).

Del análisis causal, se encontró que al utilizar dinámica de proyectos el abastecimiento de recursos que aceleren las actividades incide no solamente en la ejecución de la actividad, sino que interactúa con sus características como lo es la norma técnica de actividades. También se evidenció que diferenciar entre recursos renovables y no renovables permitió determinar el flujo de uso y abastecimiento de cada uno evitando duplicación de esfuerzos o sobre capacitación de la red logística. Por otra parte, con el fin de aumentar la aplicabilidad del modelo de simulación, el uso de Stock Keeping Units y la demanda como única entrada del sistema permite tomar decisiones más rápido.

Se sugiere para futuras investigaciones, establecer análisis de riesgo y caracterizaciones de riesgo para cada uno de los actores y sus recursos con el fin de identificar la probabilidad ocurrencia de eventos aleatorios tales como fallas, alteraciones y otros sucesos que impidan la ejecución planeada del proyecto, además, se sugiere establecer un estudio de métodos y tiempos en el que se

determinen los tiempos y recursos de soporte a la ayuda, a través de simulacros con el fin de conocer el tiempo mínimo de respuesta real.

Se recomienda, además, establecer demandas de tipo estocástica, o como se mencionó en la revisión de literatura dividirla en dos, determinista y estocástica de acuerdo con las condiciones que se presenten en la zona geográfica seleccionada.

Finalmente, en cuanto a la prueba de la política de gestión de inventarios multinivel, se encontró que si existe una mejoría en el tiempo de respuesta en la fase de atención inmediata aplicando la simulación a dos escenarios, sin embargo es necesario determinar niveles de inventario iniciales que permitan absorber la demanda inicial en poco tiempo y que el tiempo al sistema de solicitar a las siguientes instancias lo faltante, de forma que el tiempo esperado de ejecución no se duplique o triplique. Es necesario que, para aplicar políticas de este tipo, exista colaboración y coordinación entre los actores de lo contrario las instancias mas altas quedaran con niveles de inventario muy altos, quedando con el coste que a ellos refiere.

Con esto se aprueba la hipótesis de que al establecer una política de gestión de inventarios multinivel como medio de mitigación del impacto de desastres naturales en Colombia disminuye el tiempo de respuesta de atención inmediata.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Jalbar, B., Segerstedt, A., Sicilia, J., & Nilsson, A. (2010). A new heuristic to solve the one-warehouse N-retailer problem. *Computers and Operations Research*, 37(2), 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.04.012>
- Aegerter Alvarez, J. F., Pustina, A., & Hällgren, M. (2011). Escalating commitment in the death zone. New insights from the 1996 Mount Everest disaster. *International Journal of Project Management*, 29(8), 971–985. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.01.013>
- Alcaldía de Bogotá, S. de B. (2017). PUESTO DE COMANDO Ó PUESTO DE MANDO UNIFICADO. Retrieved October 20, 2017, from <http://www.fvs.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/puesto-comando-ó-puesto-mando-unificado>
- Anaya-Arenas, A. M., Renaud, J., & Ruiz, A. (2014). Relief distribution networks: a systematic review. *Annals of Operations Research*, 223(1), 53–79. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1581-y>
- Arain, F. (2015). Knowledge-based Approach for Sustainable Disaster Management: Empowering Emergency Response Management Team. *Procedia Engineering*, 118, 232–239. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.422>
- Balcik, B., & Ak, D. (2014). Supplier selection for framework agreements in humanitarian relief. *Production and Operations Management*, 23(6), 1028–1041. <https://doi.org/10.1111/poms.12098>
- Balcik, B., Deniz, C., & Kundakcioglu, O. E. (2016). A literature review on inventory management in humanitarian supply chains. *Surveys in Operations Research and Management Science*, in press(in press), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.sorms.2016.10.002>
- Baldini, G., Oliveri, F., Braun, M., Seuschek, H., & Hess, E. (2012). Securing disaster supply chains with cryptography enhanced RFID. *Disaster Prevention and Management*, 21(1), 51–70. <https://doi.org/10.1108/09653561211202700>
- Ballestín González, F., Valls Verdejo, V., & Quintanilla Alfaro, M. S. (2002). *Nuevos métodos de resolución del problema de secuenciación de proyectos con recursos limitados*. (U. de Valencia, Ed.) (1st ed.). Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Banco Mundial Colombia, & GFDRR. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastre en Colombia “Un aporte para la construcción de políticas públicas.”* Bogotá D.C. Retrieved from <http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>
- Baroudi, B., & Rapp, R. (2011). A project management approach to disaster response and recovery operations. *36th Australasian University Building Educators Association (AUBEA) Conference*.
- Baroudi, B., & Rapp, R. R. (2010). Disaster Restoration Projects: A Conceptual Project Management Perspective. *Australasian Journal of Construction Economics and Building Conference Series*, 1(2), 72–79.
- Bemley, J. L., Davis, L. B., & Iii, L. G. B. (2013). Pre-positioning commodities to repair maritime navigational aids, 3(1), 65–89.

- <https://doi.org/10.1108/20426741311328529>
- Camacho-Vallejo, J.-F., González-Rodríguez, E., Almaguer, F.-J., & González-Ramírez, R. G. (2015). A bi-level optimization model for aid distribution after the occurrence of a disaster. *Journal of Cleaner Production*, *105*, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.069>
- Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, *46*(1), 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.04.004>
- Chakravarty, A. K. (2014). Humanitarian relief chain: Rapid response under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, *151*, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.10.007>
- Chang, Y., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Seville, E. (2012). Managing resources in disaster recovery projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *19*(5), 557–580. <https://doi.org/10.1108/09699981211259621>
- Chicangana, G., Vargas-jiménez, C. A., Kammer, A., Caneva, A., Salcedo Hurtado, E., & Gómez Capera, A. (2015). La amenaza sísmica de la Sabana de Bogotá frente a un sismo de magnitud $M > 7.0$, cuyo origen esté en el Piedemonte Llanero. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*, *24*(2), 73–91. <https://doi.org/dx.doi.org/10,15446/rcdg.v24n2.43865>
- Clark, A. J., & Scarf, H. (1960). Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem. *Management Science*, *6*(4), 475–490. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.4.475>
- Congreso de Colombia. (2000). Ley 617 de 2000. Retrieved October 15, 2017, from http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0617_2000.html
- Congreso de Colombia. (2012a). Ley 1505 de 2012. Bogotá.
- Congreso de Colombia. (2012b). Ley 1523 de 2012. Bogotá: Congreso de Colombia.
- Congreso de Colombia. (2012c). Ley 1551 de 2012. Retrieved October 15, 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=48267>
- Consuelos Salas, L., Robles Cárdenas, M., & Zhang, M. (2012). Inventory policies for humanitarian aid during hurricanes. *Socio-Economic Planning Sciences*, *46*(4), 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.02.002>
- Corporación Autónoma regional del Quindío. (2018). *BOLETÍN DE GESTIÓN DEL RIESGO NO. 2 MARZO 2018*.
- Corporación OSSO - Colombia. (2013). DesInventar Online Edition 2013. Retrieved January 10, 2017, from file:///C:/Users/jeimya/Documents/Unisabana 2015_2 a 2017_2/Proyecto Maestria/BD Documentos Humanitaria/Paginas Web/DesInventar Online Edition 2013.html
- Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2015). The impact of information sharing on ordering policies to improve supply chain performances. *Computers and Industrial Engineering*, *82*, 127–142. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.024>
- Crawford, L. (2012). Participatory Project Management for Disaster Resilience Vice-Chancellor's Research Grant Scheme (2011-2012) Professor Lynn Crawford Centre for Sustainable Healthy Communities.
- DANE. (2017). CATEGORIZACIÓN DE DEPARTAMENTOS, DISTRITOS Y MUNICIPIOS. Retrieved October 15, 2017, from

http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes!/ut/p/b1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOINzPyDTEPdQoM9zX2MDTyDAoJdAkPNjY3CTIAKIkEKcABHA7z6g-D6cShwMyLSfuwKnL3NKdIPciAB_X4e-bmp-gW5oaGhEeWKAACWLNsl/dl4/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmtFL1o2XzMwNDAwOEJSNkw1TDgwSVJHRks

- Das, R., & Hanaoka, S. (2014). Relief inventory modelling with stochastic lead-time and demand. *European Journal of Operational Research*, 235(3), 616–623. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.042>
- Davis, L. B., Samanlioglu, F., Qu, X., & Root, S. (2013). Inventory planning and coordination in disaster relief efforts. *International Journal of Production Economics*, 141(2), 561–573. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.09.012>
- Day, J. M., Melnyk, S. A., Larson, P. D., Davis, E. W., & Clay Whybark, D. (2012). HUMANITARIAN AND DISASTER RELIEF SUPPLY CHAINS : A MATTER OF LIFE AND DEATH. *Journal of Supply Chain Management*, 48(2), 21–36.
- DGPAD. (2000). *Generalidades sobre la guía de actuación en un caso de desastre súbito de cobertura nacional*. Bogotá: SNPAD, Sistema Nacional para la Prevención y Atención a Desastres de Colombia.
- Duran, S., Gutierrez, M. A., & Keskonocak, P. (2011). Tradable network permits: A new scheme for the most efficient use of network capacity. *Interfaces*, 43(3), 223–237. <https://doi.org/1526-551X>
- Ertem, M. A., & Buyurgan, N. (2011). An auction-based framework for resource allocation in disaster relief. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 1(2), 170–188. <https://doi.org/10.1108/20426741111158412>
- Ertem, M. A., Buyurgan, N., & Rossetti, M. D. (2010). Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(3), 202–227. <https://doi.org/10.1108/09600031011035092>
- Fan, Y., French, M. L., Stading, G. L., & Bethke, S. (2015). Disaster Response: An Examination of Resource Management in the Early Hours. *Journal of Applied Business and Economics*, 17(2), 22–42.
- Fawcett, A. M., & Fawcett, S. E. (2013). Benchmarking the state of humanitarian aid and disaster relief: A systems design perspective and researchs agenda. *Benchmarking: An International Journal*, 20(5), 661–692. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2011-0053>
- Fernández, L. M. (2017). Costos en logística humanitaria: una respuesta efectiva en la atención de desastres diseñando cadenas de suministro flexibles. Retrieved January 30, 2019, from <https://semillas.konradlorenz.edu.co/2017/07/costos-en-logística-humanitaria-una-respuesta-efectiva-en-la-atención-de-desastres-diseñando-cadenas.html>
- Fondo de prevención y atención de emergencias, F. (2011). Evaluación holística del riesgo sísmico de la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C.
- Galindo, G., & Batta, R. (2013). Prepositioning of supplies in preparation for a hurricane under potential destruction of prepositioned supplies. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(1), 20–37. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.11.002>
- Ganguly, K. K., & Rai, S. S. (2016). Managing the humanitarian relief chain : the

- Uttarakhand disaster issues. *Journal of Advances in Management Research*, 13(1), 92–111. <https://doi.org/10.1108/JAMR-09-2014-0052>
- Gil, J. C. S., & McNeil, S. (2015). Supply Chain Outsourcing in Response to Manmade and Natural Disasters in Colombia, a Humanitarian Logistics Perspective. *Procedia Engineering*, 107, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.064>
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Plan Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres Antioquia*. Medellín.
- Gobernación de Caldas. (2017). Plan Departamental de Gestión Del Riesgo Caldas. Manizales: Departamento de Caldas. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.11762/22558>
- Goldschmidt, K. H., & Kumar, S. (2016). Humanitarian operations and crisis/disaster management: A retrospective review of the literature and framework for development. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.10.001>
- Gonzales, S. A. (2010). *Project Management Process for Disaster Recovery Projects*. University of Texas.
- Gonzalez, L. J., Kalenatic, D., & Moreno, K. V. (2012). Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos. *Revista Facultad de Ingeniería*, 21–32.
- Gould, J. E., & Macharis, C. (2010). Emergence of security in supply chain management literature. *Journal of Transportation Security*, 3(1), 287–302. <https://doi.org/10.1007/s12198-010-0054-z>
- Guzman Cortes, D. C., Kalenatic, D., & González Rodríguez, L. J. (2015, March). *Análisis de la relación entre la estrategia logística colaborativa basada en logística focalizada y el tiempo de respuesta del sub-sistema de manejo de ayudas para el sistema de atención de desastres de Bogotá y el primer anillo de influencia metropolitana*. Universidad de La Sabana. Retrieved from <http://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/15320>
- He, X., Hu, W., Hao, J., Wang, C., Lei, L., Lee, K., & Dong, H. (2016). Improving Emergency Goods Transportation Performance in Metropolitan Areas Under Multi-Echelon Queuing Conditions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(Cictp), 2466–2479. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.276>
- Heaslip, G., & Barber, E. (2014). Using the military in disaster relief: systemising challenges and opportunities. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4(1), 60–81. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-03-2013-0013>
- Hidayat, B., & Egbu, C. (2010). A literature review of the role of project management in post-disaster reconstruction. In *Procs 26th Annual ARCOM Conference* (pp. 1269–1278). Leeds: Association of Researchers in Construction Management. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10144/>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introduction to Operations Research* (Décima). México D.F.: McGraw Hill Education.
- HIROKAWA, T. (2014). DISASTER VICTIM RELIEF NETWORK SYSTEM. Retrieved from <http://wo.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=wo.espacenet.com&II=3>

- &ND=3&adjacent=true&locale=es_LP&FT=D&date=20140417&CC=WO&NR=2014057916A1&KC=A1
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7–8), 494–506. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2012.08.003>
- Holguín-Veras, J., Pérez, N., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., & Aros-Vera, F. (2013). On the appropriate objective function for post-disaster humanitarian logistics models. *Journal of Operations Management*, 31(5), 262–280. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.06.002>
- Hong, X., & Lejeune, M. A. (2010). Stochastic Network Design for Disaster Preparedness.
- Idris, A., & Che Soh, S. N. (2014). The relative effects of logistics, coordination and human resource on humanitarian aid and disaster relief mission performance. *The South East Asian Journal of Management*, 8(2), 87–104.
- INSARAG. (2017). GRUPO ASESOR INTERNACIONAL DE OPERACIONES DE BÚSQUEDA Y RESCATE (INSARAG). Retrieved October 20, 2017, from <https://www.insarag.org/inicio-es>
- INSARAG, & OCHA. (2015a). Guías de INSARAG Volumen I: Política. In *Guías de INSARAG* (p. 26).
- INSARAG, & OCHA. (2015b). Guías de INSARAG Volumen II: Preparación y Respuesta Manual: A. In *Guías de INSARAG* (p. 99).
- Ismail, D., A Majid, T., Roosli, R., & Hj Noorazam, S. A. (2014). A REVIEW OF PROJECT MANAGEMENT FOR POST-DISASTER RECONSTRUCTION PROJECT : FROM INTERNATIONAL NGOs (INGOs). *Research in Civil and Environmental Engineering*, 2(04), 199–215.
- Ismail, D., Majid, T. A., Roosli, R., & Samah, N. A. (2014). Project Management Success for Post-disaster Reconstruction Projects: International NGOs Perspectives. *Procedia Economics and Finance*, 18(September), 120–127. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00921-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00921-6)
- Jebarajakirthy, W. (2013). Supply Chain Framework for Managing Natural Disasters : *International Journal of Management Research and Review*, 3(2), 2406–2414.
- Kalenatic, D., Gonzalez Rodríguez, L. J., Rueda Velasco, F. J., López Bello, C. A., & Agudelo, I. (2013). *Logística focalizada: una respuesta ante ambientes de asimetría, incertidumbre y volatilidad - Universidad de La Sabana* (1st ed.). Chía: Universidad de La Sabana. Retrieved from http://primo.gsl.com.mx:1701/primo_library/libweb/action/display.do?tabs=detailsTab&ct=display&fn=search&doc=unisabana_aleph000254168&indx=3&recl ds=unisabana_aleph000254168&recl dxs=2&elementId=2&renderMode=poppedOut&displayMode=full&frbrVersion=&dscnt=0&s
- Kaynak, R., & Tuğer, A. T. (2014). Coordination and Collaboration Functions of Disaster Coordination Centers for Humanitarian Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 109, 432–437. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.486>
- Kim, K. N., & Choi, J. ho. (2013). Breaking the vicious cycle of flood disasters: Goals

- of project management in post-disaster rebuild projects. *International Journal of Project Management*, 31(1), 147–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.03.001>
- KOBAYASHI, Y. (2014). DISASTER INFORMATION MANAGEMENT DEVICE, DISASTER INFORMATION SYSTEM, MANAGEMENT METHOD FOR DISASTER INFORMATION, AND PROGRAM FOR MANAGING DISASTER INFORMATION. Retrieved from http://wo.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=wo.espacenet.com&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=es_LP&FT=D&date=20140417&CC=WO&NR=2014057835A1&KC=A1
- Krejci, C. C. (2015). Hybrid simulation modeling for humanitarian relief chain coordination. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 5(3), 325–347. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-07-2015-0033>
- Kumara, M., & Handapangoda, W. (2006). Project management in a disaster : A Sri Lankan study Valuing non-market benefits of human dominated small mangrove forests in Sri Lanka. *Proceedings of the International Forestry and Environment Symposium*, 9, 2006.
- Kunz, N., & Reiner, G. (2012). A meta-analysis of humanitarian logistics research - ProQuest. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(2), 116–147. Retrieved from <http://search.proquest.com.ezproxy.unisabana.edu.co/docview/1112229215/F195DA1E4BF44E1CPQ/1?accountid=45375>
- Kunz, N., Reiner, G., & Gold, S. (2014). Investing in disaster management capabilities versus pre-positioning inventory: A new approach to disaster preparedness. *International Journal of Production Economics*, 157, 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.002>
- Lei, L., Lee, K., & Dong, H. (2015). A heuristic for emergency operations scheduling with lead times and tardiness penalties. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.005>
- Liang, L., Wang, X., & Gao, J. (2012). An option contract pricing model of relief material supply chain. *Omega*, 40(5), 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.11.004>
- López-Peláez, J., & Pigeon, P. (2011). Co-evolution between structural mitigation measures and urbanization in France and Colombia: A comparative analysis of disaster risk management policies based on disaster databases. *Habitat International*, 35(4), 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.03.007>
- Mccoy, J. H., & Brandeau, M. L. (2011). Efficient stockpiling and shipping policies for humanitarian relief: UNHCR ' s inventory challenge, 673–698. <https://doi.org/10.1007/s00291-011-0237-4>
- Medio, M. D. E., & Desarrollo, A. Y. (2016). Taller virtual de inundaciones sistema binacional ecuador- colombia ungrd -sgr.
- Melgarejo, L.-F., & Lakes, T. (2014). Urban adaptation planning and climate-related disasters: An integrated assessment of public infrastructure serving as temporary shelter during river floods in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.05.002>
- Moe, T. L., & Pathranarakul, P. (2006). An integrated approach to natural disaster

- management: Public project management and its critical success factors. *Disaster Prevention and Management*, 15(3), 396–413. <https://doi.org/10.1108/09653560610669882>
- Moreno Valbuena, K. V. (2012). *Análisis de la relación entre estrategias de gestión logística humanitaria y el tiempo de respuesta en la atención de desastres, por medio de la metodología integral y dinámica.*
- Moreno Valbuena, K. V., & Gonzalez Rodríguez, L. J. (2011). Relación entre recursos, eficiencia y tiempo de respuesta del sistema logístico de atención humanitaria desde un enfoque sistémico. In U. del Rosario (Ed.), *La Dinámica de sistemas: Un paradigma de pensamiento* (pp. 37–43). Bogotá: Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas.
- Nilakant, V., Walker, B., Rochford, K., & Heugten, K. V. A. N. (2013). Leading in a Post-disaster Setting: Practitioners Guidance for Human Resource Research into Disasters. *New Zealand Journal of Employment Relations*, 38(1), 1–13.
- Nilson, H., Jonson, C.-O., Vikström, T., Bengtsson, E., Thorfinn, J., Huss, F., ... Sjöberg, F. (2013). Simulation-assisted burn disaster planning. *Burns*, 39(NA), 1122–1130. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.01.018>
- Özdamar, L., & Ertem, M. A. (2014). Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics. *European Journal of Operational Research*, 244(1), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.030>
- Paz, A. (2017). ¿Cómo Manizales se salvó de una tragedia peor que la de Mocoa? Retrieved January 30, 2019, from <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/manizales-se-salvo-de-una-tragedia-peor-que-la-de-mocoa-asi/37596>
- Philip, A. (1999). Complexity theory and organization science. *Organization Science*, 10(3), 216–232.
- Phillips, P., Niedergesaess, Y., Powers, R., & Brandt, R. (2012). Disaster Preparedness: Emergency Planning in the NICU. *Neonatal Network*, 31(1), 5–16.
- Piepiora, Z., Alindogan, M. A., Belarga, O., Hugo, V., & Arcos, R. (2015). Comparing Local Disaster Management Systems Across Levels of Development – the assumptions of the project, 96–99.
- Pourhosseini, S. S., Ardalan, A., & Mehrolihasani, M. H. (2015). Key Aspects of Providing Healthcare Services in Disaster Response Stage. *Iranian Journal of Public Health*, 44(1), 111–118.
- Pradhananga, R., Mutlu, F., Pokharel, S., Holguín-Veras, J., & Seth, D. (2016). An integrated resource allocation and distribution model for pre-disaster planning. *Computers and Industrial Engineering*, 91, 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.11.010>
- Prieto, B. B., & Whitaker, C. Al. (2011). Post Disaster Engineering & Construction Program and Project Management. *PM World Today*, XIII(IX), 1–19.
- Privett, N., & Gonsalvez, D. (2014). The top ten global health supply chain issues: Perspectives from the field. *Operations Research for Health Care*, 3(4), 226–230. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2014.09.002>
- Project Management Institute. (2013). *Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Quinta). Pensilvania: Project Management Institute.

- Rivadeneira, R. (2001). De Santafé a Bogotá: el crecimiento de la ciudad en sus mapas e imágenes | banrepcultural.org. Retrieved November 3, 2015, from <http://www.banrepcultural.org/node/32509>
- Roni, M. S., Jin, M., & Eksioglu, S. D. (2015). A hybrid inventory management system responding to regular demand and surge demand. *Omega*, *52*, 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.05.002>
- Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., & Danne, C. (2011). Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations. *OR Spectrum*, *33*(3), 721–749. <https://doi.org/10.1007/s00291-011-0260-5>
- Rueda Cano, C. (2017). *Uso de la dinámica de sistemas y la perspectiva estratégica en la elaboración de planes de desarrollo regionales*.
- Şahin, A., Alp Ertem, M., & Emür, E. (2014). Using containers as storage facilities in humanitarian logistics. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, *4*(2), 286–307. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-08-2013-0029>
- Sawada, K. (2012, January 25). Disaster Assistance System and Disaster Assistance Program. Retrieved from <http://www.freepatentsonline.com/y2013/0332209.html>
- Schmitt, A. J., & Singh, M. (2012). A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain. *International Journal of Production Economics*, *139*(1), 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.004>
- Schulz, S. F., & Blecken, A. (2010). Horizontal cooperation in disaster relief logistics: benefits and impediments. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *40*(8/9), 636–656. <https://doi.org/10.1108/09600031011079300>
- Semana. (2017). Cooperar o colaborar ¿Cuál es la diferencia? *Semana Online*, p. 1.
- Sepúlveda, J. P. (2018). GESTIÓN DE INVENTARIOS Multiescalón o multinivel. Retrieved January 30, 2019, from <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=2476>
- SNPAD, S. N. para la P. y A. de D. (2006). Guía de actuación en caso de un desastre súbito de cobertura nacional.
- Soosay, C. A., & Hyland, P. (2015). A decade of supply chain collaboration and directions for future research. *Supply Chain Management: An International Journal*, *20*(6), 613–630.
- Sterman, J. D. (2000). *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*.
- Swanson, R. D., & Smith, R. J. (2013). A Path to a Public – Private Partnership : Commercial Logistics Concepts Applied to Disaster Response. *Journal of Buiness Logistics*, *34*(4), 335–346.
- Syahrir, I., & Vanany, I. (2015). Healthcare and Disaster Supply Chain: Literature Review and Future Research. *Procedia Manufacturing*, *4*, 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.007>
- Taboada Ibarra, E. L. (2007). *¿Qué hay detrás de la decisión de cooperar tecnológicamente?* Universidad Autónoma de México.
- Thompson, D. D. P. (2015). Disaster logistics in small island developing states: Caribbean perspective. *Disaster Prevention and Management*, *24*(2), 166–184. <https://doi.org/10.1108/DPM-09-2014-0187>

- Tofighi, S., Torabi, S. A., & Mansouri, S. A. (2015). Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.059>
- Tolima, G. (2013). *Plan departamental de Gestión del Riesgo del Tolima*.
- Torres, F. (2018). SIGUE EL DINERO PÚBLICO EN LOS DESASTRES NATURALES. Retrieved January 30, 2019, from <https://consejoderedaccion.org/webs/PistasEmergencias/capitulos/sigue-el-dinero-publico-en-los-desastres-naturales.html>
- UNGRD. (2017a). Estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Retrieved October 19, 2017, from <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2014a). Caracterización Gestión Manejo de Desastres. Proceso Misional. C-1703-SMD-01. Bogotá D.C.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2014b). Guía metodológica para la elaboración del plan de acción específico. Gestión de Manejo de Desastres. G-1703-SMD-02. Bogotá D.C.: UNGRD.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2015). Documento soporte Estrategia Nacional para la Respuesta de Emergencias - ENRE. UNGRD.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2016a). Guía metodológica para el desarrollo de simulaciones y simulacros. Bogotá D.C.: UNGRD.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2016b). Guía para la implementación de Salas de Crisis departamental y municipal. Bogotá: UNGRD.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2016c). *Manual de Logística para la Atención de Emergencias*. Bogotá: UNGRD.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2016d). Protocolo Binacional Colombia - Ecuador para el fortalecimiento de capacidades del voluntariado y la cooperación en el manejo de desastres, conocimiento del riesgo y reducción del riesgo.
- UNGRD, U. N. para la G. del R. de D. (2017b). *Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes*. (C. N. para el C. del R. SNGRD, Ed.). UNGRD. Retrieved from <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20761>
- Váncza, J., & Egri, P. (2013). Designing Cooperation Mechanisms for Supply Chains. *Procedia CIRP*, 12, 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.09.053>
- Winston, W. L. (2005). *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos*. (Cengage Learning Editores S.A., Ed.) (Cuarta). México D.F. Retrieved from <http://latinoamerica.cengage.com>
- Wyk, E. Van. (2011). Strategic inventory management for disaster relief. *Management Dynamics*, 20(1), 32–42.
- Xu, Y., Wang, L., Chen, Z., Shan, S., & Xia, G. (2012). Optimization and adjustment policy of two-echelon reservoir inventory management with forecast updates. *Computers and Industrial Engineering*, 63(4), 890–900. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.06.003>
- Xu, Y., Wang, L., Chen, Z., Xia, G., & Yang, Y. (2012). Two-Echelon Reservoir Inventory Management with Forecast Updates: Perspective from Operations of

- Multireservoir in Interbasin Water Diversion Projects. *Przegląd Elektrotechniczny*, 88(9B), 84–91.
- Yadavalli, V. S. S., Sundar, D. K., & Udayabaskaran, S. (2015). Two substitutable perishable product disaster inventory systems. *Annals of Operations Research*, 233(1), 517–534. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1783-3>
- Zhang, Q., Qibin, L., Yameng, H., & Jocelyn, L. (2015). What constrained disaster management capacity in the township level of China? Case studies of Wenchuan and Lushan earthquakes. *Natural Hazards*, 77(1), 1915–1938. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1683-0>
- Zhou, J., & Wang, H. (2015). An empirical study on project management of reconstruction after disaster based on interpretation system. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1409–1427. <https://doi.org/10.3926/jiem.1468>

14. ANEXOS

Anexo 1 Evaluación y descripción de los eventos frecuentes de gran magnitud tomados de DesInventar (Corporación OSSO - Colombia, 2013).

Tabla 16 Descripción de eventos más frecuentes de origen natural en Colombia

Evento	Cantidad de evento entre (1970 y 2015)	Descripción del evento	Origen
Sismo	312	Se denomina sismo o terremoto a las sacudidas bruscas del terreno causadas por el movimiento de las placas tectónicas. Palabras claves: terremoto, movimiento telúrico, temblor, terremoto, temblor, sismo.	Natural
Inundación	74	Anegamiento o cubrimiento con agua de un terreno donde se localicen poblaciones, cultivos, bienes o infraestructura. Inundaciones por olas marinas en zonas litorales se reportarán con el término -marejada-.	Natural
Deslizamiento	69	Movimiento de masa en la superficie terrestre. Palabras claves: derrumbe, asentamiento, corrimiento, reptación, desplazamiento, hundimiento, formación de grietas, colapso de cavernas o minas, caída de rocas, desprendimiento (lento o rápido) sobre vertientes o laderas, de masas de suelo o de rocas, -falla- en cortes o taludes de laderas, vías, canales y/o excavaciones.	Natural
Avenida torrencial	8	Flujo violento de agua en una cuenca, a veces reportado como creciente (súbita, rápida), o como torrente. Se aplica cuando en los reportes aparece como -avalancha-, cuando la avenida transporta troncos de árboles y/o abundantes sedimentos desde finos hasta bloques de roca. Pueden ser generados por lluvias, por ruptura de represamientos o por abundantes deslizamientos sobre una cuenca. Excluye los aludes, porque éstos implican desprendimiento de hielo o nieve. Palabras claves: creciente súbita o rápida, torrente.	Natural

Nota: Elaborado a partir de base de datos DESINVENTAR

Tabla 17 Evaluación de eventos más frecuentes de origen natural en Colombia

EVENTO / CAUSAS	Condiciones atmosféricas	Contaminación	Depresión tropical	Desbordamiento	Desconocida	Deslizamiento	Diseño	El Niño	Error humano	Escape	Falla	Lluvias	Negligencia	Otra causa	Sequía	Sismo	Tempestad	Total, general
Actividad volcánica					1													1
Avenida torrencial				7		1												8
Contaminación					1		1		1	2								5
Deslizamiento			1		12				1			49	2	1		3		69
Escape					1				2									3
Explosión					1													1
Granizada	1																	1
Helada	1																	1
Incendio		1			3													4
Incendio forestal	4				3										11			18

Inundación				57			1					14	1			1	74	
Lluvias	1																1	
Marejada	2						2										4	
Ola de calor	1																1	
Plaga					1												1	
Sequía	2						2										4	
Sismo											312						312	
Tempestad			1														1	
Tormenta eléctrica	1																1	
Tsunami															3		3	
Vendaval	8																8	
Total, general	21	1	2	64	23	1	2	4	4	2	312	63	3	1	11	6	1	521

Nota: Elaborado a partir de base de datos DESINVENTAR

Tabla 18 Cantidad de eventos de origen natural y las muertes causadas desde 1970 – 2015

Evento	Cuenta de eventos	Suma de muertes
Actividad volcánica	1	0
Avenida torrencial	8	54
Contaminación	5	0
Deslizamiento	69	191
Escape	3	0
Explosión	1	0
Granizada	1	0
Helada	1	0
Incendio	4	1
Incendio forestal	18	0
Inundación	74	11
Lluvias	1	0
Marejada	4	0
Ola de calor	1	0
Plaga	1	0
Sequía	4	0
Sismo	312	1828
Tempestad	1	0
Tormenta eléctrica	1	1
Tsunami	3	128
Vendaval	8	2
Total, general	521	2216

Nota: Elaborado a partir de base de datos DESINVENTAR

SISMOS:

De acuerdo con la Estrategia Nacional para la Respuesta de Emergencias (ENRE) “En Colombia, los sismos presentan el segundo índice más alto de pérdidas por evento” (teniendo el índice más alto las erupciones volcánicas), alcanzando 2219 víctimas fatales entre 1970 y 2011, en Colombia “se han presentado 267 sismos con magnitudes mayores a 5; anualmente se registran en promedio cien sismos entre 4 y 4.9, diez entre 5 y 5.9, y uno entre 6 y 6.9 de magnitud en la escala de Richter” (UNGRD,2014) teniendo como única causa fallas geológicas (UNGRD, 2015). Así mismo, la ENRE indica que un 86% de población colombiana se encuentra expuesta en zonas con amenaza sísmica media y alta. Para prevenir y planear la atención ante un posible sismo el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), construyó el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, un modelo probabilístico para representar el nivel exposición al riesgo ante sismos (UNGRD, 2015).

INUNDACIONES

Las principales causas de inundaciones en Colombia se deben al desbordamiento de ríos y aguas acaudaladas con un 77% de los eventos presentados y en segundo lugar por lluvias con un 18,9% (Corporación OSSO - Colombia, 2013), además la falta de mantenimiento a sistemas de alcantarillado ha propiciado el aumento de estos eventos (Banco Mundial Colombia & GFDRR, 2012). El 12% de población colombiana se encuentra expuesta en zonas con amenaza de inundación alta, siendo los departamentos: Valle de Cauca, Atlántico, Cundinamarca, Magdalena, Antioquia, Córdoba, Cesar, Cauca y Meta los de mayor exposición a esta amenaza (UNGRD, 2015).

DESPLAZAMIENTO O MOVIMIENTOS EN MASA

En Colombia las causas de deslizamientos son en un 72% debidas a las lluvias y temporadas invernales, un 5% es generado por sismos, 3% por acciones negligentes, 2% por error humano y el 18% restante representa causas desconocidas (Corporación OSSO - Colombia, 2013). La vulnerabilidad ante este riesgo por parte de la población es alta debido a las condiciones topográficas del país. De acuerdo al ENRE “aproximadamente el 18% del país, se encuentra ubicado en zonas de alta y muy alta amenaza”, siendo los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Santander, Boyacá, Caldas, Tolima, Norte de Santander, Nariño, Huila, Risaralda y Bolívar los de mayor exposición a esta amenaza (UNGRD, 2015).

AVENIDAS TORRENCIALES

En Colombia las principales causas de avenidas torrenciales son el desbordamiento de ríos con un 77% aproximadamente y en segundo lugar con un 12% los deslizamientos de tierra, el restante se debe a otras causas (Corporación OSSO - Colombia, 2013). La vulnerabilidad ante deslizamientos y avenidas torrenciales ha aumentado debido al deterioro ambiental y pérdida de bosques que tienen como consecuencia erosión e inestabilidad del terreno. De acuerdo al (UNGRD, 2015) estos eventos efectivamente se presentan como el cuarto evento de mayor afectación a lo largo del periodo comprendido entre 1970 y 2011. Los departamentos con mayor afectación por este tipo de eventos han sido Tolima, Meta, Valle del Cauca, Magdalena y Antioquia (UNGRD, 2015).

Anexo 2 Categorización económica de los departamentos y capitales colombianas.

De acuerdo con la ley 617 de 2000 el Congreso de Colombia decretó las siguientes categorías de las entidades territoriales. Estas categorías permiten determinar la capacidad de respuesta que tenga cada unidad territorial para responder ante un desastre. De los diferentes municipios y distritos 21 no disponen de la información suficientes para clasificarse (Congreso de Colombia, 2000; DANE, 2017).

Tabla 19 Categorización de los departamentos de acuerdo con los establecido con la Ley 1551 de 2012

<i>Categoría</i>	<i>Población (Habitantes)</i>	<i>Ingresos corrientes de libre destinación anuales (SMLM)</i>	<i>Departamentos categorizados a 2017</i>
<i>Especial</i>	Mayor a 2'000.000	Mayor a 600.000	Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca
<i>Primera</i>	Entre 700.001 y 2'000.000	Entre 170.001 y 600.000	Atlántico, Meta, Boyacá, Córdoba, Nariño, Santander y Bolívar
<i>Segunda</i>	Entre 390.001 y 700.000	Entre 122.001 y 170.000	Cesar, Huila, Risaralda, Caldas, Magdalena, Norte de Santander y Tolima
<i>Tercera</i>	Entre 100.001 y 390.000	Entre 122.000 y 60.001	Cauca, Quindío, Casanare, Sucre y Archipiélago de San Andrés
<i>Cuarta</i>	Menor o igual a 100.000	Menor o igual a 60.000	Arauca, Guaviare, Vichada, Caquetá, Chocó, Guajira, Putumayo, Amazonas, Guañía y Vaupés

Nota: Elaborado a partir de (Congreso de Colombia, 2012c; DANE, 2017)

Tabla 20 Categorización de las capitales colombianas de acuerdo con los establecido con la Ley 1551 de 2012

<i>Categoría</i>	<i>Población (Habitantes)</i>	<i>Ingresos corrientes de libre destinación anuales (SMLM)</i>	<i>Capitales departamentales categorizadas a 2017</i>
<i>Especial</i>	Mayor o igual a 500.001	Mayor a 400.000	Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Santiago de Cali, Medellín y Cartagena
<i>Primera</i>	Entre 100.001 y	Entre 100.000 y	Neiva, Manizales, Yopal, Santa Marta, San Juan de

	500.000	400.000	Pasto, Ibagué, Tunja, Valledupar, Villavicencio, San José de Cúcuta, Armenia, Pereira
<i>Segunda</i>	Entre 50.001 y 100.000	Entre 50.000 y 100.000	Popayán, Sincelejo, Girón, Florencia, Montería, Sincelejo
<i>Tercera</i>	Entre 30.001 y 50.000	Entre 30.000 y 50.000	Ninguna
<i>Cuarta</i>	Entre 20.001 y 30.000	Entre 25.000 y 30.000	Arauca, Riohacha
<i>Quinta</i>	Entre 10.001 y 20.000	Entre 15.000 y 25.000	San Andrés
<i>Sexta</i>	Menor o igual a 10.000	Menores a 15.000	Quibdó, Puerto Inírida, San José del Guaviare, San Miguel de Mocoa, Mitú, Puerto Carreño

Nota: Elaborado a partir de (Congreso de Colombia, 2012c; DANE, 2017)

Anexo 3 Secuencia Simplificada del Plan General de Actuación del Alto Nivel de Gobierno Tomado y adaptado de (DGPAD, 2000)

1. Alerta Inicial del evento. Una vez ha sido del conocimiento de cualquier autoridad territorial la ocurrencia de un evento desastroso este deberá ser dado a conocer a las autoridades de atención de desastres según la jurisdicción que corresponda, especialmente a los funcionarios que se desempeñan como coordinadores de los equipos de prevención y atención de desastres y a la Defensa Civil. Cuando la severidad del evento sea alta, esta información deberá ser dada a conocer inmediatamente al director general de la unidad de prevención y atención de desastres.
2. Activación del Procedimiento de Verificación. El director general de la unidad de prevención y atención de desastres solicitará al jefe de atención de emergencias de la Dirección General de Prevención y Desastres Distrital o municipal (DGPAD) que se active el procedimiento de verificación, el cual tiene los siguientes componentes:
 - a. Activación interna en la DGPAD, se realiza a través de una sucesión de llamadas y el procedimiento previamente establecido de funciones y responsabilidades asignadas.
 - b. Consulta a las instituciones técnicas que administran redes de monitoreo de amenazas y riesgos.
 - c. Activación y reporte de redes de comunicación de Defensa Civil, Ministerio de Salud, Cruz Roja, Policía, entre otras.
3. "Reporte al Nivel Superior de Gobierno: presidente y Ministerio del Interior. Una vez el Director General para la Prevención y Atención de Desastres ha tenido conocimiento de la severidad del desastre hará saber esa información al presidente de la República y al ministro del Interior. Esta comunicación le permitirá al alto nivel de gobierno conocer la disponibilidad y el aprestamiento

de la Dirección y evitar que se generen cadenas de comunicación que causen confusión y afecten el control o mando de la emergencia.”

4. Definición del Manejo de la Emergencia. La Dirección General para la Prevención y Atención de la Emergencia **durante los primeros minutos** transcurridos del desastre realizará una recolección y análisis de la información institucional para conocer las características básicas sobre el fenómeno, su cobertura geográfica, severidad e impacto. “Si el desastre es muy severo, el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres deberá actuar con un respaldo institucional y político del alto gobierno, motivo por el cual el Director General para la Prevención y Atención de Desastres, con base en la evaluación de la información institucional y de las autoridades regionales y locales, procederá a informar y solicitar al ministro del Interior y al presidente amplias facultades de convocatoria institucional nacional”, de forma que se “autorice adoptar procedimientos de Evento Crítico Nacional”, “la definición de este procedimiento específico debe entenderse como una autorización o instrucción de gobierno con el máximo respaldo presidencial y con el objetivo de organizar unos esquemas de respuesta convenidos en los protocolos de actuación.”
5. “Activación del Comité Operativo Nacional y su organización. A partir de la adopción del procedimiento señalado, entrará en funcionamiento permanente el Comité Operativo Nacional, el cual deberá reunirse de inmediato en la sede definida como la Sala Manejo de Crisis del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastre. El Comité Operativo Nacional evaluará y activará de inmediato la organización para la fase crítica, en cada uno de los sectores y unidades:
 - a. Sala de Crisis – Áreas de Coordinación por Sectores
 - b. Unidad Coordinadora de Ayudas
 - c. Unidad Operativa de almacenamiento de ayudas
 - d. Unidad Operativa Aeroportuaria
 - e. Unidad Técnica de Apoyo a Comité Regionales afectados.”
6. “Elaboración del Plan de Contingencia o Respuesta. La Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres con el respaldo del Comité Operativo Nacional tienen la responsabilidad de elaborar un Plan Nacional de Contingencia para el Evento Crítico ocurrido. El Plan Nacional de Contingencia Nacional se realizará con base en:
 - a. Los Planes locales y departamentales disponibles.
 - b. Los planes sectoriales de emergencias y contingencias disponibles.
 - c. La información actual reportada por vía institucional.

Una versión preliminar del Plan de Contingencia deberá tenerse dispuesta en el término de **las primeras dos horas** luego de ocurrido el desastre y deberá ser dada a conocer en sus aspectos centrales al Director General para la

Prevención y Atención de Desastres quién, a su vez, la dará a conocer al presidente de la República.”

7. Reunión presidente de la República – ministro del Interior – Director General para la Prevención y Atención de Desastres. La cual tiene por objetivo informar la situación ocurrida, presentar el Plan Preliminar de Contingencia y consultar decisiones, especialmente abordando aspectos como:
 - a. Organización institucional básica para la contingencia específica.
 - b. Identificar los problemas y soluciones.
 - c. Preparar el Comité nacional de Emergencias. Responsabilidades y funciones no definidas.
 - d. Preparar la conferencia de prensa del presidente.

Esta reunión resultará importante en la medida en que el Director General disponga de información y una adecuada formulación del Plan de Contingencia.

8. Conferencia de Prensa Presidencial, cuyos objetivos son:
 - a. “Fortalecer el manejo y esquema institucional, la autoridad y el gobierno.
 - b. Dar instrucciones generales a las autoridades territoriales, nacionales y sectoriales.
 - c. Generar confianza y cooperación en la población.”
9. Ajustes al Plan de Contingencia. Con base en la reunión del punto 8 el Director General para la Prevención informará las definiciones y requerimientos presidenciales a los ministros relacionados con la atención de la emergencia, así como a los gobernadores, director de la Defensa Civil, alcaldes, al Jefe de Atención de Emergencias y al Comité Operativo Nacional y solicitará definición del planes o acciones específicas que deberán ser presentadas en la reunión del Comité nacional de Prevención y Atención de Desastres.
10. Reunión del Comité Nacional de Prevención y Atención de Desastres. La reunión del Comité Nacional de Prevención y Atención de Desastres deberá realizarse con prontitud una vez se disponga un conocimiento detallado de lo ocurrido y una propuesta de organización o Plan de Contingencia. El Director General deberá programar un Orden del Día que comprenda:
 - a. Presentación de lo ocurrido y descripción de los problemas.
 - b. Organización articulada entre nación – sectores institucionales – departamento – municipios relacionados.
 - c. Definición de políticas.
 - d. Estudio de problemas.
 - e. Estudio medidas legales o de excepción.
 - f. Compromisos institucionales.

11. Segunda Reunión Comité Nacional de Emergencias. Una vez garantizada una estructura institucional operante para la atención de la emergencia y pasadas una horas después de la primera sesión del Comité Nacional, momento en el cual se hace necesario evaluar el desarrollo de la atención de Emergencias, en

un lugar relativamente cercano al área de ocurrencia del desastre con el fin de poder contar con la participación o versión de las autoridades políticas y técnicas de los niveles departamentales que puedan disponer de información y criterios para mejorar la gestión de la emergencia.

12. "Funcionamiento de la organización nacional para el desastre. El esquema nacional en situaciones de emergencia se centra en el funcionamiento permanente del Comité Operativo Nacional y de la Sala de Crisis del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastre como eje del manejo eficiente de la información y de la toma coordinada e interinstitucional de decisiones. En el nivel operativo nacional se resalta el funcionamiento de unidades de apoyo que deberán funcionar para la coordinación telefónica y administrativa de donaciones, para el almacenamiento y distribución de ayudas, para la coordinación aeroportuaria y de terminales de transporte. Así como estas unidades operativas deberán funcionar en forma permanente durante los días posteriores al desastre, de igual manera el Comité Técnico Nacional tendrá una actividad permanente en la Sala de Crisis asesorando la planificación y gestión nacional y regional para el manejo de la emergencia.

El Comité Nacional para la Prevención y Atención de Desastres constituye el escenario institucional de máximo nivel político para la toma de decisiones generales, teniendo como soporte fundamental la información y orientaciones de los comités operativos y técnico nacional. De otra parte, la coordinación operativa nacional se estructura en grupos sectoriales de trabajo relacionados con los principales aspectos de ocupación en las situaciones de emergencia, tienen, en todos los casos, una entidad principal responsable y un conjunto de entidades de apoyo, los sectores o grupos de trabajo son: información pública, evaluación de daños, manejo de ayudas, telecomunicaciones, orden público, accesibilidad y transporte, salud, búsqueda y rescate, alojamiento y alimentación y servicios públicos. En todos los casos la planificación de las acciones nacionales durante la emergencia deberá consultar y complementar la organización para la atención del desastre que realizan las autoridades municipales y departamentales."

Anexo 4 Análisis de las capacidades, riesgos y gestión de riesgos ante desastres de los departamentos colombianos.

Tabla 21 Parte 1 - Resultado análisis planes departamentales de gestión del riesgo e información de la prensa

CARACTERIZACIÓN RIESGO Y CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SISTEMA COLOMBIANO															
REGION	DEPARTAMENTO	CAPITAL	CAPACIDAD DE RESPUESTA	RIESGO				Información capitales			Tiene plan	Disponible	Fuente 1	Fuente 2	
				SISMO	INUNDACION	DESPLAZAMIENTO	AVENIDA TORRENCIAL	Políticas y Planificación	Manejo de desastres	Gestión de Inventarios					
1	Amazonia	Amazonas	Leticia	Baja	B	A	B	A	Medio - Bajo	Medio - Bajo	No	Si	No	http://www.corpoamazonia.gov.co/bitstream/handle/2050011762/392	http://www.corpoamazonia.gov.co/region/jur_amazonia/
2	Caribe / Andina	Antioquia	Medellín	Alta	A	A	A	A	Alto	Alto	Si	Si	Si	https://www.arauca.gov.co/gobernacion/normatividad/ordenanzas/3019-ordenanza-n-007e/file	http://repositorio.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12436/1/Trabajo%20final_%20UMNG%202014.pdf
3	Orinoquia	Arauca	Arauca	Baja	B	A	B	B	Medio - Bajo	Nulo	No	No	En licitación	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/392	http://www.ideam.gov.co/documents/78690/328187/10_IDD_11_OCT_+2010.pdf/b4d4aab5-f527-400d-88f1-38b11eee37a5?version=1.0
4	Caribe	Atlántico	Barranquilla	Alta	B	A	A	Sin información	Bajo	Nulo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/395	http://www.ideam.gov.co/documents/78690/328187/10_IDD_11_OCT_+2010.pdf/b4d4aab5-f527-400d-88f1-38b11eee37a5?version=1.0
5	Caribe	Bolívar	Cartagena de Indias	Media	B	A	B	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/395	http://www.ideam.gov.co/documents/78690/328187/10_IDD_11_OCT_+2010.pdf/b4d4aab5-f527-400d-88f1-38b11eee37a5?version=1.0
6	Andina	Boyacá	Tunja	Media	A	A	B	A	Bajo	Bajo	No	No	NA	http://www.boyaca.gov.co/gobernacion/planeacion-y-ejecucion/politicas-lineamientos-manuales	http://caracol.com.co/emisora/2017/05/08/tunja/1494275336_800409.html
7	Andina	Caldas	Manizales	Alta	A	B	A	A	Alto	Alto	Si	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/22558	http://repositorio.ucm.edu.co:8080/spui/bitstream/handle/10839/770/John%20Jairo%20Quintero%20Castro.pdf?sequence=1
8	Amazonia	Caquetá	Florencia	Baja	A	A	A	A	Medio - Bajo	Medio - Bajo	No	No	En ejecución	http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Plan_Gesti%C3%B3n_Riesgos_2011_2023.pdf	http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caquet%C3%A1/Caq_vulnerabilidad.htm
9	Orinoquia	Casanare	Yopal	Baja	A	A	A	A	Medio	Medio	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/444	https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/piedemonte-de-caqueta-podria-repetir-la-historia-de-mocoa-articulo-689962
10	Andina / Pacífico	Cauca	Popayán	Media	A	A	A	A	Bajo	Medio - Bajo	No	No	NA	http://www.cauca.gov.co/etiquetas/gestion-del-riesgo	http://caqueta.extra.com.co/noticias/nacional/pe-igrosa-falla-geol%C3%B3gica-en-zona-rural-de-florencia-en-caquet%C3%A1-76515
11	Caribe / Andina	Cesar	Valledupar	Baja	B	A	A	A	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/455	http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2016/Obras-de-mitigacion-del-riesgo-por-lluvias-en-Cauca-avanzan-de-manera-significativa.aspx
12	Pacífico	Chocó	Quibdó	Baja	A	A	Sin información	Sin información	Nulo	Nulo	No	No	NA	http://www.choco.gov.co/Nuestros_planes.shtml?scri=31&apc=gbx-1_&scr_31_Go=2	http://ftp.ani.gov.co/Iniciativas%20Privadas/IP%20Cesar_Guajira/Tec_Rehabilitaci%C3%B3n/5.1.2.3.GeotecnIayGeolog%C3%A1Da/VALLEDUPAR%20E%28%08%93%20LA%20PAZ/L-Infomes/APP%20CONDOR%20CYG-5.1.2-GEOT-IF-002_V2.pdf

Nota: Elaboración propia

Tabla 21 Parte 2 - Resultado análisis planes departamentales de gestión del riesgo e información de la prensa

13	Caribe	Cordoba	Montería	Media	B	A	A	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/367	http://larazon.co/2017/06/alerta-naranja-possibles-deslizamientos-en-varios-municipios-de-cordoba/ http://larazon.co/2016/05/cordoba-maddalena-cesar-bolivar-la-guajira-alerta-deslizamientos-tierra/
14	Andina	Cundinamarca	Bogotá	Alta	A	A	A	A	Alto	Medio - Alto	No	No	NA	http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2015/Unidad-de-Gestion-del-Riesgo-de-Cundinamarca-se-integra-al-Despacho-de-la-Gobernacion.aspx	http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4599/1/HuertasUrregoErickJefrev2016.pdf http://www.eltiempo.com/bogota/la-calera-pidio-apoyo-al-gobierno-nacional-para-evitar-avalancha-110560 http://www.eltiempo.com/bogota/alertas-por-inundaciones-y-deslizamientos-de-tierra-en-cundinamarca-74542
15	Amazonia	Guania	Puerto Irinida	Baja	B	A	B	Sin información	Bajo	Bajo	No	No	NA	http://www.guainia.gov.co/Nuestros_planes.shtml	
16	Amazonia	Guaviare	San José del Guaviare	Baja	B	A	B	B	Medio	Medio	No	No	En creación	http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2016/El-Guaviare-refuerza-sus-acciones-en-Gesti%C3%B3n-del-Riesgo-de-Desastres.aspx	http://sig.guaviare.info/opedata/dataset/amenazasvenidatorrencalesenajosedeguaviare/resumen/4c315634-7c96-4a44-aad0-489719831544 file:///C:/Users/jeimya/Desktop/07A%20Plano%20de%20onificac%C3%B3n%20de%20Amenazas%20Naturales%20por%20Avenidas%20Torrencales%20Urbanas.pdf
17	Andina	Huila	Neiva	Baja	A	A	A	A	Medio	Medio	Si	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20239	https://diariodelhuila.com/fuertes-lluvias-provokaron-inundaciones-en-neiva http://ingenieria.usco.edu.co/museo/imagenes/Amenazas.pdf
18	Caribe	La Guajira	Rioacha	Baja	A	A	Sin información	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/381	
19	Caribe	Magdalena	Santa Marta	Media	A	A	A	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/385	http://www.hoydiariodelmagdalena.com.co/new/archivos/7300
20	Amazonia / Orinoquia	Meta	Villavicencio	Media	A	A	A	A	Bajo	Bajo	No	No	En creación	http://www.meta.gov.co/web/blog/seguimiento-la-formulaci%C3%B3n-del-plan-departamental-de-gesti%C3%B3n-del-riesgo-de-desastres-har%C3%A1-la	file:///C:/Users/jeimya/Desktop/07%20Plano%20de%20onificac%C3%B3n%20de%20Amenazas%20Naturales%20por%20Avenidas%20Torrencales%20OV1.2.pdf
21	Andina / Pacifico	Nariño	Pasto	Media	A	A	A	Sin información	Medio	Medio	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/382	
22	Andina	Norte de Santander	Cúcuta	Media	A	A	A	A	Bajo - Medio	Bajo - Medio	No	Si	No	https://es.slideshare.net/cjulianb/pdgrd-norte-de-santander	https://www.laopinion.com.co/region/norte-de-santander-con-posibilidades-de-sufrir-inundaciones-o-derrumbes-113968#OP
23	Amazonia	Putumayo	Mocoa	Media	B	A	A	A	Bajo - Medio	Bajo - Medio	No	Si	En proceso de actualización	http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Plan_Gesti%C3%B3n_Riesgos_2011_2023.pdf	http://www.elpais.com.co/valle/sigue-alerta-roja-del-ideam-en-putumayo-y.html http://miputumayo.com.co/2017/04/01/no-fue-una-avalancha-fue-una-avenida-torrencial/ http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-hay-dos-zonas-en-el-quindio-con-alto-riesgo-de-inundaciones-seccion-la-economia-nota-99972.htm
24	Andina	Quindío	Armenia	Alta	A	B	A	A	Bajo	Bajo	No	Si	No	www.risaralda.gov.co/salud/descargar.php?idfile=26714	https://books.google.com.co/books?id=FhxXMyuLJ8oC&pg=PA15&pg=PA15&dq=avenidas+torrenciales+en+quindio+armenia&source=bl&ots=DgKu8bJHX0&sig=m44ZH1wNeCj8Gn34tPvB-llo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKFwIwz8_4h-rWAhUHNiYKhYIAWUQGAERIAI#v=onepage&q=avenidas%20torrenciales%20en%20quindio%20armenia&f=false

Nota: Elaboración propia

Tabla 21 Parte 3 - Resultado análisis planes departamentales de gestión del riesgo e información de la prensa

25	Andina	Risaralda	Pereira	Baja	A	B	A	A	Medio	Medio	No	Si	No	www.risaralda.gov.co/salud/descargar.php?idFile=26714	file:///C:/Users/jeimya/Desktop/Diagnostico.de.Riesgos/Pereira.pdf
26	Insular	San Andrés y Providencia	San Andrés	Baja	Sin información	A	Sin información	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/383	http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/emergencia-en-san-andres-por-tormentas-e-inundaciones-107998 http://www.noticiasrcn.com/nacional-regiones-caribe/fuertes-lluvias-generan-inundaciones-varios-sectores-san-andres
27	Andina	Santander	Bucaramanga	Alta	A	A	A	Sin información	Medio	Medio	No	Si	No	http://historico.santander.gov.co/index.php/prensa/item/14267-santander-tiene-plan-departamental-de-gestion-del-riesgo	http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/piedecuesta/video-407735-alerta-por-inundaciones-y-caida-de-arboles-tras-fuerte-l http://www.vanguardia.com/economia/local/393830-alerta-roja-en-7-municipios-de-santander-por-creciente-del-rio-magdalena
28	Caribe	Sucre	Sincedejo	Baja	B	A	A	Sin información	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://sucre.gov.co/apc-aa-files/34333465323203056636303166396166/sucre-2-.pdf	http://elfalconiano.net/2017/06/deslizamientos-en-sucre-son-atendidos-por-proteccion-civil/
29	Andina	Tolima	Ibagué	Media	A	A	A	B	Bajo	Bajo	No	Si	Si	http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/384/PDGR%20Tolima.pdf?sequence=1	http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/inundaciones-por-lluvias-en-huila-y-tolima-79696 http://www.noticiasrcn.com/videos/alerta-roja-14-municipios-del-tolima-temporada-lluvias http://caracol.com.co/emisora/2017/04/14/ibague/1492183897_008135.html http://www.ejecutortolima.gov.co/modulos/subprogramas/archivos_evidencias/81%20-%20PLAN%20CONTINGENCIA%20VOLCANES.pdf
30	Andina / Pacífico	Valle del Cauca	Cali	Media	A	A	A	A	Bajo - Medio	Bajo - Medio	No	Si	Sin actualizar	http://www.palmira.gov.co/attachments/article/809/Plan%20Departamental%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Riesgo%20V1.0%20junio%202003.pdf	http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15827895
31	Amazonia	Vaupés	Mitú	Baja	B	A	B	Sin información	Bajo - Medio	Bajo - Medio	No	No	NA	https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan%20de%20Desarrollo%20de%20Vaup%C3%A9s%202016%20-2019.pdf	
32	Amazonia / Orinoquia	Vichada	Puerto Carreño	Baja	B	A	B	Sin información	Bajo	Bajo	No	No	NA	http://www.vichada.gov.co/Nuestros_planes.shtml?scr=31&apc=gbxx-1-&scr_31_Go=2	

Nota: Elaboración propia

Anexo 5 Estructura organizacional de la UNGRD. Tomado de (UNGRD, 2017a)

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres



Figura 51 Estructura organizacional del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (UNGRD, 2017a)

Anexo 6 Capacidades generales a definir de suministros durante la respuesta a un desastre. Tomado y adaptado de (UNGRD, 2015)

Tabla 22 Requerimientos generales de suministros para el soporte de la operación

Suministros	Especificación	
Recursos humanos	Perfiles (Competencias técnicas y Competencias comportamentales)	
	Capacitación y entrenamiento	
Movilización	Maquinaria y recursos para desarrollar obras de emergencia que faciliten accesibilidad a la zona afectada.	
	Transporte terrestre	
	Aéreo	
	Fluvial	
Ayudas	Agua	
	Alimentos no perecederos	
	Requerimientos exclusivos de poblaciones especiales (Bebés, discapacitados, adultos mayores)	
Salud y Saneamiento	Medicamentos	
	Botiquines	
	Camillas	
TIC	Sistemas de información	
	Sistemas de comunicación	
	Infraestructura tecnológica	
Financieros	Fuentes de financiamiento	
	Fondos de gestión de riesgo	
	Aseguramiento	
Instalaciones críticas	De manejo	Sala de crisis
		PMU: Puesto de mando unificado (Coordinador de las unidades de apoyo)
	Suministros y equipos	Centros de reserva
		Bodegas y almacenes
	Alojamientos temporales	
Morgues		
Equipos	Rescate (alturas, vehicular, estructuras colapsadas, espacios confinados, etc.)	
	Contra – incendio	
	Materiales peligrosos	
	Soporte logístico	
Logística	Radios base y portátiles	
	Generador y extensiones eléctricas y otros accesorios	
	Linternas	
	Combustible	

Nota: Elaborado a partir del Documento soporte al ENRE y Guía metodológica de simulacros (UNGRD, 2015, 2016a)

Anexo 7 Inventario de recursos disponibles a 2015 en la ENRE. (UNGRD, 2015)

Tabla 23 Inventario de los recursos disponibles por entidad de la UNGRD

SISTEMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES												
LÍNEA DE INTERVENCIÓN	ITEM	ARMADA NACIONAL	EJERCITO NACIONAL	FUERZA AEREA	POICIA NACIONAL	DEFENSA CIVIL	CRUZ ROJA	BOMBEROS	MINISTERIO DE SALUD	UNGRD	TOTAL	
TALENTO HUMANO	Personal sin especialidad	2.825			95	62.938	7.815				73.473	
	Búsqueda y Rescate *Especificando especialidad (Estructuras Colapsadas, Búsqueda y rescate liviano mediano pesado, Espacios confinados, etc.)	1									1	
	Extinción de incendios	1						14.500			14.501	
	Rescate helicoptero	3						4			7	
	Rescate Aeroflujal	3									3	
	Rescate Aereo en Selva	3									3	
	Rescate vertical	3					125	275			403	
	Rehabilitación y construcción	35									35	
	APH	disponible a requerimiento										0
	Personal Entrenado en MEC											0
	Medico	25.550										25.550
	Enfermería	1.275										1.275
	Personal entrenado en Triage											0
	Personal especializado en manejo material peligroso											0
	EDAN											0
	Binomio (hombre + k9)	1				5						6
	Extracción vehicular											0
	Restablecimiento de contactos familiares											0
	Personal entrenado en HAZMAT/MATPEL	1										1
	Agua y Saneamiento			140		70	123	140			10	483
	Techo Temporal											0
	Manejo de Albergues											0
	Voluntarios											0
Rescate Acuático											0	
Buzo											0	
Otras especialidades											0	

LÍNEA DE INTERVENCIÓN	ITEM	ARMADA NACIONAL	EJERCITO NACIONAL	FUERZA AEREA	POICIA NACIONAL	DEFENSA CIVIL	CRUZ ROJA	BOMBEROS	MINISTERIO DE SALUD	UNGRD	TOTAL	
TELECOMUNICACIONES	Equipos HF móvil										0	
	Equipos VHF base				70	1	2.700	173			2.944	
	Equipos VHF portátil										0	
	Equipos UHF base										0	
	Equipos UHF Móvil										0	
	Radio tierra - aire				1							1
	Repetidor				1			1				2
	Teléfono Satelital											0
	Internet Satelital											0
	Avanxel											0
	GPS											0

LÍNEA DE INTERVENCIÓN	ITEM	ARMADA NACIONAL	EJERCITO NACIONAL	FUERZA AÉREA	POLICIA NACIONAL	DEFENSA CIVIL	CRUZ ROJA	BOMBEROS	MINISTERIO DE SALUD	UNGRD	TOTAL
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Generador eléctrico				7		40	12			0
	Equipos de iluminación										59
	Equipos de rescate vertical				10	37	10	16			0
	Equipos de rescate CRECL										73
	Equipos de rescate BRECC				5	12					0
	Equipo de rescate vehicular				5						17
	Equipo de rescate acuatico							250			255
	Cámara Térmica							6			0
	Detectores electrónicos										6
	Detectores de Gases (esposímetros)										0
	Tripode de rescate										0
	Equipo TPL (detector de víctimas)								3		0
	Equipo de Auto contenido								20		3
	Equipo Bauer										20
	Colchones Neumáticos										0
	Equipo de oxigenoterapia								4		0
	Equipo HAZMAT (Materiales peligrosos)					1					4
Equipo para Triaje								1		1	
Equipo de rescate acuatico					5	8				1	
Equipo de Buceo								4		11	
											4

LÍNEA DE INTERVENCIÓN	ITEM	ARMADA NACIONAL	EJERCITO NACIONAL	FUERZA AÉREA	POLICIA NACIONAL	DEFENSA CIVIL	CRUZ ROJA	BOMBEROS	MINISTERIO DE SALUD	UNGRD	TOTAL
VEHICULOS Y TRANSPORTE	Ambulancias de transporte básico				5	37	46	15	1200		1.304
	Ambulancias de transporte medioaltado								125		125
	Maquina extintora (camión bomberos)							400			400
	Maquina extintora (alturas)										0
	Vehículo de rescate					6		300			306
	Vehículo puesto de mando				1						1
	Vehículo Telecomunicaciones		1			1	1				3
	Vehículo transporte de personal								23		23
	Carro tanque (capacidad en galones y litros)					37	13		9		59
	Tracto Camión (remolcador)					2					2
	Camioneta 4 x 4					8	126	42	200		376
	Camión de 3.5 toneladas					5	19	10			34
	Camión 4.5 toneladas										0
	Camión de 10 o más toneladas										0
	Camión Materiales Peligrosos								7		7
	Bote					12	170	20	5		207
	Barco										0
	Moto de agua										0
	Motor fuera de borda						165				165
	Plataformas marítimas										0
	Avión de traslado medico					1					1
	Helicóptero de rescate										0
	Helicóptero de transporte						Aviacion PONAL				0
	Aeronave no tripulada					1					1
	Aeronave de carga										0
	Bus (capacidad 37 personas o más)										0
	Microbús								4		4
Motocicleta										0	
Cuatrimoto					5			4		9	
Bambú bucolet (capacidad)										0	

LÍNEA DE INTERVENCIÓN	ÍTEM	ARMADA NACIONAL	EJERCITO NACIONAL	FUERZA AEREA	POLICIA NACIONAL	DEFENSA CIVIL	CRUZ ROJA	BOMBEROS	MINISTERIO DE SALUD	UNGRO	TOTAL
AGUA Y SANEAMIENTO	Tanques de 500 litros										0
	Tanques de 1000 litros										0
	Tanques de 2500 litros + accesorios										0
	Tanques de 5000 lts + accesorios										0
	Tanque bladder										0
	Motobombas + accesorios				1		24	15			40
	Planta tratamiento de agua 1.5 LPS					7					7
	Planta tratamiento de agua 15 GPM					22					22
	Planta tratamiento de agua 2.0 LPS					5					5
	Planta tratamiento de agua 40 GPM					26					26
	Plantas potabilizadoras + accesorios						23				23
	Bidones de 5 lts										0

Nota: Tomado de la ENRE colombiana de 2015

Anexo 8 Acciones estratégicas de logística del departamento de Antioquia. (Gobernación de Antioquia, 2017)

Como valor agregado a lo presentado por la gobernación de Caldas, el departamento de Antioquia presenta los Sistemas Operativos de Socorro -SOS, proyecto piloto a nivel nacional que permite capacitar en la reducción del riesgo ante desastres. Se trata de estructuras físicas que funcionan como ente coordinador para un grupo de municipios con similar caracterización de ocurrencia de eventos (llamados polígonos de homogeneidad) aumentando la capacidad de responder ante un eventual desastre. Los cuales están distribuidos como se muestra en la Figura 52, además los SOS están estandarizados en básico, intermedio y especializado, conservando características similares en la estructura de cada uno de ellos, diferenciándose en el nivel de operatividad frente a un desastre específico (Gobernación de Antioquia, 2017).



Figura 52 Modelos de los SOS en Antioquia. Elaborado por Gobernación de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2017)

Por otro lado, los antioqueños cuentan con uno de los centros logístico-humanitarios del país como parte de su aporte a la materialización de la política Nacional de Gestión del Riesgo, lo cual puede evidenciarse en la Figura 53. Con este se “espera mejorar los tiempos de respuesta en la atención a emergencias y en especial el

suministro de ayuda humanitaria (...) en la administración de insumos humanitarios y equipos especializados para la respuesta a emergencias, mediante la sistematización y control de entradas y salidas de inventario” (Gobernación de Antioquia, 2017).



Figura 53 Centro Logístico Humanitario y acciones para el manejo de desastres del Departamento de Antioquia. Elaborado por Gobernación de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2017)

Por último, el departamento de Antioquia estableció la Red Logística de Apoyo, coordinada por el DAPARD (Departamento Administrativo del Sistema para la Prevención, Atención y Recuperación de Desastres de la Gobernación de Antioquia). Esta red cuenta con insumos proveídos por la UNGRD tales como, banco de maquinaria amarilla (25 elementos en total), administrado por la secretaria de infraestructura, “que suma esfuerzos para que la respuesta sea inmediata con la disposición de maquinaria adicional a través de contratistas en distintos sectores del departamento”. Además, cuenta con “una flota aérea consistente en dos helicópteros y un avión. Un helicóptero Bell 4-12”, un helicóptero ambulancia Bell 407 usado también como soporte logístico, y un avión Cessna Gran Caravan 208 EX multipropósito. También cuenta con un bote de rescate fluvial y cinco vehículos 4X4 (3 camionetas, un campero y vehículo administrativo). “El campero, puede hacer las veces de Puesto de Mando Unificado, toda vez que tiene equipos necesarios para el apoyo y monitoreo a las actividades de atención a emergencias” (Gobernación de Antioquia, 2017)

Anexo 9 Áreas del servicio de Búsqueda y Rescate. Tomado del Documento soporte a la ENRE.

RP: Responsable Principal - R: Responsable

AREAS DEL SERVICIO		Sistema Nacional Bomberos	Defensa Civil Colombiana	Cruz Roja Colombiana	Migración Colombia	ICA	UNGRD	Fuerza Aérea	Armada Nacional	Agencia Nacional Mineria	Ejército Nacional	Policía	Parques Nacionales
GRUPOS ESPECIALIZADOS	Búsqueda y rescate en Estructuras Colapsadas	RP	R	R	R	R	R	R	R		R	R	
	Rescate en zanjas	RP	R	R			R				R	R	
	Rescate Vertical	RP	R	R									
	Rescate en Espacios Confinados	RP	R	R									
	Rescate en Montañas	RP	R	R			R	R			R	R	R
	Salvamento en Minas	R	R	R			R			RP		R	
	Salvamento en Aguas Rápidas	RP	R	R			R	R	R				
	Rescate Vehicular	RP	R	R								R	
	Salvamento acuático	R	R	R			R		RP				
Rescate de Animales	RP	R	R			R	R						
SOPORTE LOGISTICO EQUIPOS DE RESCATE	RP					RP	R	RP	RP				

Figura 54 Áreas del servicio básico de Búsqueda y Rescate. Tomado del Documento soporte a la ENRE. R: responsable, RP: responsable principal

Anexo 10 Áreas del servicio de Ayuda humanitaria alimentaria y no alimentaria. Tomado del Documento soporte a la ENRE.

RP: Responsable Principal - R: Responsable

ÁREAS DEL SERVICIO			Ministerio de Salud y Protección Social	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Ministerio del Interior	ICBF	Defensa Civil Colombiana	Cruz Roja Colombiana	Ejército Nacional	Empresas de Servicios Públicos	Policía Nacional	INVIMA	UNGRD	
ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN	SUMINISTRO DE ALIMENTOS PREPARADOS	Almacenamiento	RP	R		R	R	R	R		R	R	R	
		Manejo	RP	R		R	R	R	R		R	R	R	
		Distribución		R		R	R	R	R		R		RP	
		Inocuidad y Calidad	R		R	R						RP	R	
		Agua potable	R							RP				RP
	ENTREGA DE MERCADOS	Almacenamiento	R	R		R	R	R	R		R	R	RP	
		Distribución	R	R		R	R	R	R		R	R	RP	
		Calidad	R		R	R						RP	R	
	NUTRICIÓN	Tamizajes nutricionales	RP			RP	R	R						
		Control y seguimiento	R		R	R	R	R						RP
		Entrega de suplementos nutricionales				RP	R	R	R			R	R	R
		Prevención de enfermedades	RP					R						R
AYUDAS NO ALIMENTARIAS	KIT HOGAR	Cocina	RP										R	
		Limpieza	RP										R	
		Materiales de reparación	RP										R	
	KIT PERSONAL	Aseo	RP											R
		Ropa												
	KIT DE RECREACIÓN INFANTIL	Necesidades especiales*	RP											R
			RP											R
AYUDA ECONÓMICA (PECUNIARIA)	Alimentaria	R											RP	
	No Alimentaria (materiales de construcción, gastos funerarios)	R											RP	
CENTROS DE RESERVA								RP						

* Adultos mayores, enfermos, niños, discapacitados

Figura 55 Áreas del básico servicio de Ayuda humanitaria: alimentaria y no alimentaria. Tomado del Documento soporte a la ENRE. R: responsable, RP: responsable principal

Anexo 11 Proceso análisis jerárquico analítico para la selección de la política de inventario.

Tabla 24 Análisis de criterios: Matriz de prioridades basada en lo que indica la literatura de logística humanitaria y matriz normalizada.

Recurso No renovable	Inventario inicial	Análisis de capacidad	Lead time	Desastre subito	Faltantes	Coordinacion	Colaboracion	multialmacen	multiproveedor	variabilidad
Inventario inicial	1	1	1	1/3	7	3	3	3	5	1
Análisis de capacidad	1	1	1	1/3	7	3	3	3	5	1
Lead time	1	1	1	1/3	7	3	3	3	5	1
Desastre subito	3	3	3	1	3	1	5	3	3	1
Faltantes	1/7	1/7	1/7	1/3	1	1/9	1/5	1	1	1/9
Coordinacion	1/3	1/3	1/3	1	9	1	3	3	1	1/3
Colaboracion	1/3	1/3	1/3	1/5	5	1/3	1	3	3	1/3
multialmacen	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1	1/3	1/3
multiproveedor	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1	1/3	3	1	1/3
variabilidad	1	1	1	1	9	3	3	3	3	1
Σ CRITERIOS	8,342857143	8,342857143	8,342857143	5,2	50	15,77777778	21,86666667	26	27,33333333	6,444444444
Matriz Criterios'	Inventario inicial	Análisis de capacidad	Lead time	Desastre subito	Faltantes	Coordinacion	Colaboracion	multialmacen	multiproveedor	variabilidad
Inventario inicial	0,119863014	0,119863014	0,119863014	0,064102564	0,14	0,190140845	0,137195122	0,115384615	0,182926829	0,155172414
Análisis de capacidad	0,119863014	0,119863014	0,119863014	0,064102564	0,14	0,190140845	0,137195122	0,115384615	0,182926829	0,155172414
Lead time	0,119863014	0,119863014	0,119863014	0,064102564	0,14	0,190140845	0,137195122	0,115384615	0,182926829	0,155172414
Desastre subito	0,359589041	0,359589041	0,359589041	0,192307692	0,06	0,063380282	0,228658537	0,115384615	0,109756098	0,155172414
Faltantes	0,017123288	0,017123288	0,017123288	0,064102564	0,02	0,007042254	0,009146341	0,038461538	0,036585366	0,017241379
Coordinacion	0,039954338	0,039954338	0,039954338	0,192307692	0,18	0,063380282	0,137195122	0,115384615	0,036585366	0,051724138
Colaboracion	0,039954338	0,039954338	0,039954338	0,038461538	0,1	0,021126761	0,045731707	0,115384615	0,109756098	0,051724138
multialmacen	0,039954338	0,039954338	0,039954338	0,064102564	0,02	0,021126761	0,015243902	0,038461538	0,012195122	0,051724138
multiproveedor	0,023972603	0,023972603	0,023972603	0,064102564	0,02	0,063380282	0,015243902	0,115384615	0,036585366	0,051724138
variabilidad	0,119863014	0,119863014	0,119863014	0,192307692	0,18	0,190140845	0,137195122	0,115384615	0,109756098	0,155172414

Nota: Elaboración propia

Tabla 25 Prueba de consistencia para la matriz de criterios

CRITERIO	PRIORIDAD		CONSISTENCIA	PREV CONSIS		11,25100054			
Inventario inicial	0,134451143	13%	1,556384297	11,57583537		IC	0,13900006		
Análisis de capacidad	0,134451143	13%	1,556384297	11,57583537		ICA	1,484		
Lead time	0,134451143	13%	1,556384297	11,57583537		RC	0,093665808	< 0,1	consistente
Desastre subito	0,200342676	20%	2,252527011	11,24337088					
Faltantes	0,024394931	2%	0,264899671	10,85879994					
Coordinacion	0,089644023	9%	1,019240419	11,36986478					
Colaboracion	0,060204787	6%	0,668882035	11,11011378					
multialmacen	0,034271704	3%	0,372444423	10,86740315					
multiproveedor	0,043833868	4%	0,476192634	10,86357788					
variabilidad	0,143954583	14%	1,651068207	11,46936885					

Nota: Elaboración propia

Tabla 26 Lista de alternativas AHP

A1	Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations
A2	Inventory planning and coordination in disaster relief efforts
A3	Stochastic network design for disaster preparedness
A4	Hybrid simulation modeling for humanitarian relief chain coordination
A5	Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management
A6	Pre-positioning commodities to repair maritime navigational aids
A7	Using containers as storage facilities in humanitarian logistics
A8	A heuristic for emergency operations scheduling with lead times and tardiness penalties
A9	Optimization and adjustment policy of two-echelon reservoir inventory management with forecast updates
A10	A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain
A11	A new heuristic to solve the one-warehouse N-retailer problem
A12	The impact of information sharing on ordering policies to improve supply chain performances
A13	Two-Echelon Reservoir Inventory Management with Forecast Updates: Perspective from Operations of Multireservoir in Interbasin Water Diversion Projects

Nota: Elaboración propia

Tabla 27 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Inversión Inicial

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	5	9	9	9	9	9	7	5	1	9	9	9
A2	0,2	1	9	9	9	9	9	5	3	0,33333	9	9	9
A3	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,14286	0,11111	1	1	1
A4	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,14286	0,11111	1	1	1
A5	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,14286	0,11111	1	1	1
A6	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,14286	0,11111	1	1	1
A7	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,14286	0,11111	1	1	1
A8	0,14286	0,2	3	3	3	3	3	1	0,2	0,2	3	3	3
A9	0,2	0,333333333	7	7	7	7	7	5	1	1	9	9	9
A10	1	3	9	9	9	9	9	5	1	1	9	9	9
A11	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,11111	0,11111	1	1	1
A12	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,11111	0,11111	1	1	1
A13	0,11111	0,111111111	1	1	1	1	1	0,33333	0,11111	0,11111	1	1	1
Σ CRITERIOS	3,43175	10,42222222	45	45	45	45	45	25,6667	11,2476	4,42222	47	47	47
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,2914	0,479744136	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,27273	0,44454	0,22613	0,19149	0,19149	0,2
A2	0,05828	0,095948827	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,19481	0,26672	0,07538	0,19149	0,19149	0,2
A3	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,0127	0,02513	0,02128	0,02128	0
A4	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,0127	0,02513	0,02128	0,02128	0
A5	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,0127	0,02513	0,02128	0,02128	0
A6	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,0127	0,02513	0,02128	0,02128	0
A7	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,0127	0,02513	0,02128	0,02128	0
A8	0,04163	0,019189765	0,06667	0,06667	0,06667	0,06667	0,06667	0,03896	0,01778	0,04523	0,06383	0,06383	0,1
A9	0,05828	0,031982942	0,15556	0,15556	0,15556	0,15556	0,15556	0,19481	0,08891	0,22613	0,19149	0,19149	0,2
A10	0,2914	0,287846482	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,19481	0,08891	0,22613	0,19149	0,19149	0,2
A11	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,00988	0,02513	0,02128	0,02128	0
A12	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,00988	0,02513	0,02128	0,02128	0
A13	0,03238	0,010660981	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,02222	0,01299	0,00988	0,02513	0,02128	0,02128	0

Nota: Elaboración propia

Tabla 28 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas inversión inicial

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENCIA	PREV						
A1	0,253000425	25%	3,933268042	15,54648787					
A2	0,174277037	17%	2,491019142	14,29344444					
A3	0,020676388	2%	0,274085892	13,25598485		PREVIO CONS	13,54108214		
A4	0,020676388	2%	0,274085892	13,25598485		IC	0,045090178		
A5	0,020676388	2%	0,274085892	13,25598485		ICA	1,555		
A6	0,020676388	2%	0,274085892	13,25598485		RC	0,028996899	< 0,1	consistente
A7	0,020676388	2%	0,274085892	13,25598485					
A8	0,052893023	5%	0,689184604	13,02978295					
A9	0,150180902	15%	2,004301325	13,34591346					
A10	0,204888844	20%	2,878204314	14,047638					
A11	0,020459276	2%	0,269318244	13,16362561					
A12	0,020459276	2%	0,269318244	13,16362561					
A13	0,020459276	2%	0,269318244	13,16362561					

Nota: Elaboración propia

Tabla 29 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Análisis de Capacidad

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A2	9	1	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
A3	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A4	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A5	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A6	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A7	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
A8	9	1	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
A9	9	1	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
A10	9	1	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
A11	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A12	1	0,11111111	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	0,11111111
A13	9	1	9	9	9	9	1	1	1	1	9	9	1
Σ CRITERIOS	61	6,77777778	61	61	61	61	6,77777778	6,77777778	6,77777778	6,77777778	61	61	6,77777778
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A2	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098
A3	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A4	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A5	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A6	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A7	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098
A8	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098
A9	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098
A10	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098
A11	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A12	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344	0,01639344
A13	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098	0,14754098

Nota: Elaboración propia

Tabla 30 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas análisis de capacidad

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV							
A1	0,01639344	2%	0,21311475	13					
A2	0,14754098	15%	1,91803279	13	PREVIO CON	13			
A3	0,01639344	2%	0,21311475	13	IC	-1,4803E-16			
A4	0,01639344	2%	0,21311475	13	ICA	1,555			
A5	0,01639344	2%	0,21311475	13	RC	-9,5196E-17	<	0,1	consistente
A6	0,01639344	2%	0,21311475	13					
A7	0,14754098	15%	1,91803279	13					
A8	0,14754098	15%	1,91803279	13					
A9	0,14754098	15%	1,91803279	13					
A10	0,14754098	15%	1,91803279	13					
A11	0,01639344	2%	0,21311475	13					
A12	0,01639344	2%	0,21311475	13					
A13	0,14754098	15%	1,91803279	13					

Nota: Elaboración propia

Tabla 31 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Lead Time

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	9	9	9	5	9	9	7	9	0,33333333	9	5	9
A2	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A3	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A4	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A5	0,2	9	9	9	1	9	9	0,2	9	0,33333333	9	1	9
A6	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A7	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A8	0,14285714	9	9	9	5	9	9	1	9	0,33333333	9	3	9
A9	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A10	3	9	9	9	3	9	9	3	9	1	9	5	9
A11	0,11111111	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A12	0,2	9	9	9	1	9	9	0,33333333	9	0,2	9	1	9
A13	0,11111111	1	1	1	0,11111111	9	9	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
Σ CRITERIOS	5,43174603	53	53	53	15,8888889	61	53	12,4222222	53	3,08888889	53	15,8888889	52,1111111
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,18410286	0,16981132	0,16981132	0,16981132	0,31468531	0,14754098	0,16981132	0,56350626	0,16981132	0,107913669	0,16981132	0,31468531	0,17270789
A2	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A3	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A4	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A5	0,03682057	0,16981132	0,16981132	0,16981132	0,06293706	0,14754098	0,16981132	0,01610018	0,16981132	0,107913669	0,16981132	0,06293706	0,17270789
A6	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,0021322
A7	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A8	0,02630041	0,16981132	0,16981132	0,16981132	0,31468531	0,14754098	0,16981132	0,08050089	0,16981132	0,107913669	0,16981132	0,18881119	0,17270789
A9	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A10	0,55230859	0,16981132	0,16981132	0,16981132	0,18881119	0,14754098	0,16981132	0,24150268	0,16981132	0,323741007	0,16981132	0,31468531	0,17270789
A11	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,01639344	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977
A12	0,03682057	0,16981132	0,16981132	0,16981132	0,06293706	0,14754098	0,16981132	0,02683363	0,16981132	0,064748201	0,16981132	0,06293706	0,17270789
A13	0,02045587	0,01886792	0,01886792	0,01886792	0,00699301	0,14754098	0,01886792	0,00894454	0,01886792	0,035971223	0,01886792	0,00699301	0,01918977

Nota: Elaboración propia

Tabla 32 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y Lead time

CRITERIO	PRIORIDAD		CONSISTENC PREV						
A1	0,21723156	22%	3,98166297	18,3291187					
A2	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786	PREVIO CON	14,5640851			
A3	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786	IC	0,13034043			
A4	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786	ICA	1,555			
A5	0,12506349	13%	1,74120796	13,9225923	RC	0,08382021	<	0,1	consistente
A6	0,01623776	2%	0,21914402	13,495954					
A7	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786					
A8	0,15825602	16%	2,60079093	16,4340726					
A9	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786					
A10	0,22770504	23%	3,68477838	16,1822431					
A11	0,01754988	2%	0,24371126	13,8867786					
A12	0,12256872	12%	1,73194809	14,1304252					
A13	0,02763815	3%	0,37361332	13,5180292					

Nota: Elaboración propia

Tabla 33 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Desastre Súbito

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
A1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	9	5	3	3	7
A2		1	1	1	1	1	1	9	9	9	5	3	3	7
A3			1	1	1	1	1	9	9	9	5	3	3	7
A4				1	1	1	1	9	9	9	5	3	3	7
A5					1	1	1	9	9	9	5	3	3	7
A6						1	1	9	9	9	5	3	3	7
A7	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1	0,11111111	0,2	0,2	0,2	3
A8	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1	0,11111111	0,2	0,2	0,2	3
A9	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1	0,11111111	0,2	0,2	0,2	3
A10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	9	9	9	1	5	5	5
A11	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	5	5	5	0,2	1	1	3
A12	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	5	5	5	0,2	1	1	3
A13	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,2	0,33333333	0,33333333	1
Σ CRITERIOS	7,34285714	7,34285714	7,34285714	7,34285714	7,34285714	7,34285714	76,33333333	76,33333333	76,33333333	31,93333333	25,93333333	25,93333333	63	

MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A2	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A3	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A4	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A5	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A6	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,13618677	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,1565762	0,11568123	0,11568123	0,11111111
A7	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01310044	0,01310044	0,01310044	0,00347947	0,00771208	0,00771208	0,04761905
A8	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01310044	0,01310044	0,01310044	0,00347947	0,00771208	0,00771208	0,04761905
A9	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01513186	0,01310044	0,01310044	0,01310044	0,00347947	0,00771208	0,00771208	0,04761905
A10	0,02723735	0,02723735	0,02723735	0,02723735	0,02723735	0,02723735	0,11790393	0,11790393	0,11790393	0,03131524	0,19280206	0,19280206	0,07936508
A11	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,06550218	0,06550218	0,06550218	0,00626305	0,03856041	0,03856041	0,04761905
A12	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,04539559	0,06550218	0,06550218	0,06550218	0,00626305	0,03856041	0,03856041	0,04761905
A13	0,01945525	0,01945525	0,01945525	0,01945525	0,01945525	0,01945525	0,00436681	0,00436681	0,00436681	0,00626305	0,01285347	0,01285347	0,01587302

Nota: Elaboración propia

Tabla 34 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y desastre súbito

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV							
A1	0,12845248	1,94138672	15,1136574						
A2	0,12845248	1,94138672	15,1136574	PREVIO CON	14,3205078				
A3	0,12845248	1,94138672	15,1136574	IC	0,11004232				
A4	0,12845248	1,94138672	15,1136574	ICA	1,555				
A5	0,12845248	1,94138672	15,1136574	RC	0,07076677	<	0,1	consistente	
A6	0,12845248	1,94138672	15,1136574						
A7	0,01512424	0,19912928	13,1662303						
A8	0,01512424	0,19912928	13,1662303						
A9	0,01512424	0,19912928	13,1662303						
A10	0,07795541	1,17023797	15,0116322						
A11	0,04614485	0,6326513	13,7101182						
A12	0,04614485	0,6326513	13,7101182						
A13	0,0136673	0,18524798	13,554098						

Nota: Elaboración propia

Tabla 35 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Faltantes

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
A1		1	0,14285714	0,14285714	9	9	9	9	9	0,14285714	0,14285714	9	0,14285714	0,14285714
A2		7	1	1	9	9	9	9	9	0,33333333	3	9	1	1
A3		7	1	1	9	9	9	9	9	0,33333333	3	9	1	1
A4	0,11111111	0,11111111	0,11111111		1	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A5	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1		1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A6	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1		1	1	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A7	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1		1	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A8	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1	1		1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A9	7	3	3	9	9	9	9	9	9	1	7	9	3	3
A10	7	0,33333333	0,33333333	9	9	9	9	9	9	0,14285714	1	9	0,33333333	0,33333333
A11	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1	1	1	1	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111
A12	7	1	1	9	9	9	9	9	9	0,33333333	3	9	1	1
A13	7	1	1	9	9	9	9	9	9	0,33333333	3	9	1	1
Σ CRITERIOS	43,6666667	8,14285714	8,14285714	69	69	69	69	69	69	3,28571429	20,8095238	69	8,14285714	8,14285714
MATRIZ NORMALIZADA														
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
A1	0,02290076	0,01754386	0,01754386	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,04347826	0,00686499	0,13043478	0,01754386	0,01754386	
A2	0,16030534	0,12280702	0,12280702	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,10144928	0,14416476	0,13043478	0,12280702	0,12280702	
A3	0,16030534	0,12280702	0,12280702	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,10144928	0,14416476	0,13043478	0,12280702	0,12280702	
A4	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A5	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A6	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A7	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A8	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A9	0,16030534	0,36842105	0,36842105	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,30434783	0,33638444	0,13043478	0,36842105	0,36842105	
A10	0,16030534	0,04093567	0,04093567	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,04347826	0,04805492	0,13043478	0,04093567	0,04093567	
A11	0,00254453	0,01364522	0,01364522	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,01449275	0,03381643	0,00533944	0,01449275	0,01364522	0,01364522	
A12	0,16030534	0,12280702	0,12280702	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,10144928	0,14416476	0,13043478	0,12280702	0,12280702	
A13	0,16030534	0,12280702	0,12280702	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,13043478	0,10144928	0,14416476	0,13043478	0,12280702	0,12280702	

Nota: Elaboración propia

Tabla 36 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y faltantes

CRITERIO	PRIORIDAD		CONSISTENC PREV						
A1	0,07123293	7%	0,952974	13,378278					
A2	0,12921201	13%	2,1315187	16,4962892	PREVIO CON	14,7119782			
A3	0,12921201	13%	2,1315187	16,4962892	IC	0,14266485			
A4	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286	ICA	1,555			
A5	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286	RC	0,09174588	<	0,1	consistente
A6	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286					
A7	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286					
A8	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286					
A9	0,23517927	24%	3,69067479	15,6930276					
A10	0,09216845	9%	1,55782038	16,9018824					
A11	0,01409522	1%	0,1862856	13,2162286					
A12	0,12921201	13%	2,1315187	16,4962892					
A13	0,12921201	13%	2,1315187	16,4962892					

Nota: Elaboración propia

Tabla 37 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Coordinación

A1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	1
A2	9	1	9	1	9	3	3	9	3	9	9	9	1	9
A3	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
A4	9	1	9	1	9	3	3	9	3	9	9	9	1	9
A5	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
A6	9	0,33333333	9	0,33333333	9	1	1	9	1	9	9	0,33333333	9	9
A7	9	0,33333333	9	0,33333333	9	1	1	9	1	9	9	9	1	9
A8	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
A9	9	0,33333333	9	0,33333333	9	1	1	9	1	9	9	0,14285714	9	9
A10	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
A11	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
A12	9	1	9	1	9	3	3	9	7	9	9	1	9	9
A13	1	0,11111111	1	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	1
Σ CRITERIOS	61	4,77777778	61	4,77777778	61	12,7777778	10,7777778	61	16,7777778	61	61	5,25396825	61	
MATRIZ NORMALIZADA														
A1	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A2	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,23478261	0,27835052	0,14754098	0,17880795	0,14754098	0,14754098	0,19033233	0,14754098	0,14754098
A3	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A4	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,23478261	0,27835052	0,14754098	0,17880795	0,14754098	0,14754098	0,19033233	0,14754098	0,14754098
A5	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A6	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,07826087	0,09278351	0,14754098	0,05960265	0,14754098	0,14754098	0,06344411	0,14754098	0,14754098
A7	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,07826087	0,09278351	0,14754098	0,05960265	0,14754098	0,14754098	0,19033233	0,14754098	0,14754098
A8	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A9	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,06976744	0,14754098	0,07826087	0,09278351	0,14754098	0,05960265	0,14754098	0,14754098	0,02719033	0,14754098	0,14754098
A10	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A11	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344
A12	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,20930233	0,14754098	0,23478261	0,09278351	0,14754098	0,41721854	0,14754098	0,14754098	0,19033233	0,14754098	0,14754098
A13	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,02325581	0,01639344	0,00869565	0,01030928	0,01639344	0,00662252	0,01639344	0,01639344	0,02114804	0,01639344	0,01639344

Nota: Elaboración propia

Tabla 38 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y coordinación

CRITERIO	PRIORIDAD		CONSISTENC PREV											
A1	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911										
A2	0,17951269	18%	2,58692723	14,4108323		PREVIO CON	13,6064418							
A3	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911		IC	0,05053682							
A4	0,17951269	18%	2,58692723	14,4108323		ICA	1,555							
A5	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911		RC	0,03249956	<	0,1	consistente				
A6	0,11280099	11%	1,53444222	13,6030915										
A7	0,12256162	12%	1,65682727	13,5183201										
A8	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911										
A9	0,11001224	11%	1,49947506	13,6300747										
A10	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911										
A11	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911										
A12	0,18357758	18%	2,78185295	15,1535551										
A13	0,01600317	2%	0,21068639	13,1652911										

Nota: Elaboración propia

Tabla 39 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Colaboración

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A2	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A3	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A4	9	9	9	1	9	9	9	9	9	5	9	9	9
A5	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A6	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A7	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A8	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A9	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A10	9	9	9	0,2	9	9	9	9	9	1	9	9	9
A11	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A12	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
A13	1	1	1	0,11111111	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	1
Σ CRITERIOS	29	29	29	2,42222222	29	29	29	29	29	7,22222222	29	29	29
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A2	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A3	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A4	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,41284404	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,69230769	0,31034483	0,31034483	0,31034483
A5	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A6	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A7	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A8	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A9	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A10	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,08256881	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,31034483	0,13846154	0,31034483	0,31034483	0,31034483
A11	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A12	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276
A13	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,04587156	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,01538462	0,03448276	0,03448276	0,03448276

Nota: Elaboración propia

Tabla 40 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas Colaboración

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV							
A1	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A2	0,03388973	0,44247738	13,0563847	PREVIO CON	13,1955366				
A3	0,03388973	0,44247738	13,0563847	IC	0,01629472				
A4	0,34761114	5,10070366	14,6735908	ICA	1,555				
A5	0,03388973	0,44247738	13,0563847	RC	0,01047892	<	0,1	consistente	
A6	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A7	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A8	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A9	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A10	0,2796018	3,70420753	13,2481532						
A11	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A12	0,03388973	0,44247738	13,0563847						
A13	0,03388973	0,44247738	13,0563847						

Nota: Elaboración propia

Tabla 41 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Multi-almacén

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A2	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A3	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A4	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,14285714	0,11111111	1	1
A5	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A6	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A7	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A8	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A9	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A10	0,33333333	0,33333333	0,33333333	7	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	1	0,33333333	9	9
A11	1	1	1	1	9	1	1	1	1	3	1	9	9
A12	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1
A13	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,11111111	1	1
Σ CRITERIOS	9,66666667	9,66666667	9,66666667	91	9,66666667	9,66666667	9,66666667	9,66666667	9,66666667	28,3650794	9,66666667	93	93
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A2	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A3	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A4	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01098901	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,00503637	0,01149425	0,01075269	0,01075269
A5	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A6	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A7	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A8	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A9	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A10	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,07692308	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03448276	0,03525462	0,03448276	0,09677419	0,09677419
A11	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,0989011	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10344828	0,10576385	0,10344828	0,09677419	0,09677419
A12	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01098901	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,00391718	0,01149425	0,01075269	0,01075269
A13	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01098901	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,01149425	0,00391718	0,01149425	0,01075269	0,01075269

Nota: Elaboración propia

Tabla 42 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas Multi-almacén

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV							
A1	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A2	0,10224983	1,35367166	13,2388644	PREVIO CON	13,1808529				
A3	0,10224983	1,35367166	13,2388644	IC	0,01507108				
A4	0,01084454	0,14138128	13,037092	ICA	1,555				
A5	0,10224983	1,35367166	13,2388644	RC	0,00969201	<	0,1	consistente	
A6	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A7	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A8	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A9	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A10	0,04739007	0,62370345	13,1610577						
A11	0,10224983	1,35367166	13,2388644						
A12	0,01075845	0,13987684	13,0015795						
A13	0,01075845	0,13987684	13,0015795						

Nota: Elaboración propia

Tabla 43 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Multi-producto

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	1	1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A2		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A3			1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A4				1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A5		9	9	9	9	1	9	9	1	9	1	9	9
A6		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A7		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A8		9	9	9	9	1	9	9	1	9	1	9	9
A9		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A10		9	9	9	9	1	9	9	1	9	1	9	9
A11		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A12		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
A13		1	1	1	1	0,11111111	1	1	0,11111111	1	0,11111111	1	1
Σ CRITERIOS	37	37	37	37	4,11111111	37	37	4,11111111	37	4,11111111	37	37	37
MATRIZ NORMALIZADA													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A2	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A3	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A4	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A5	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324
A6	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A7	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A8	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324
A9	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A10	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324	0,24324324
A11	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A12	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703
A13	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703	0,02702703

Nota: Elaboración propia

Tabla 44 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y multi-producto

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV						
A1	0,02702703	0,35135135	13					
A2	0,02702703	0,35135135	13	PREVIO CON	13			
A3	0,02702703	0,35135135	13	IC	0			
A4	0,02702703	0,35135135	13	ICA	1,555			
A5	0,24324324	3,16216216	13	RC	0	<	0,1	consistente
A6	0,02702703	0,35135135	13					
A7	0,02702703	0,35135135	13					
A8	0,24324324	3,16216216	13					
A9	0,02702703	0,35135135	13					
A10	0,24324324	3,16216216	13					
A11	0,02702703	0,35135135	13					
A12	0,02702703	0,35135135	13					
A13	0,02702703	0,35135135	13					

Nota: Elaboración propia

Tabla 45 Matriz de evaluación de alternativa vs alternativa para el criterio Variabilidad

		estocastico	estocastico	estocastico	probabilistic	probabilistic	estocastico	deterministi	deterministi	estocastico	probabilistic	deterministi	probabilistic	deterministi
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	estocastico	1	1	1	5	5	1	9	9	1	5	9	5	9
A2	estocastico	1	1	1	5	5	1	9	9	1	5	9	5	9
A3	estocastico	1	1	1	5	5	1	9	9	1	5	9	5	9
A4	probabilistica	0,2	0,2	0,2	1	1	0,2	3	3	0,2	1	5	1	5
A5	probabilistica	0,2	0,2	0,2	1	1	0,2	3	3	0,2	1	5	1	5
A6	estocastico	1	1	1	5	5	1	9	9	1	5	9	5	9
A7	deterministic	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,33333333	0,33333333	0,11111111	1	1	0,11111111	0,2	1	0,2	1
A8	deterministic	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,33333333	0,33333333	0,11111111	1	1	0,11111111	0,2	1	0,2	1
A9	estocastico	1	1	1	5	5	1	9	9	1	5	9	5	9
A10	probabilistica	0,2	0,2	0,2	1	1	0,2	3	3	0,2	1	5	1	5
A11	deterministic	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,2	0,2	0,11111111	1	1	0,11111111	0,2	1	0,2	1
A12	probabilistica	0,2	0,2	0,2	1	1	0,2	3	3	0,2	1	5	1	5
A13	deterministic	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,2	0,2	0,11111111	1	1	0,11111111	0,2	1	0,2	1
Σ CRITERIOS		6,24444444	6,24444444	6,24444444	30,06666667	30,06666667	6,24444444	65	65	6,24444444	29,8	69	29,8	69
MATRIZ NORMALIZADA														
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1		0,16014235	0,16014235	0,16014235	0,16629712	0,16629712	0,16014235	0,13846154	0,13846154	0,16014235	0,16778523	0,13043478	0,16778523	0,13043478
A2		0,16014235	0,16014235	0,16014235	0,16629712	0,16629712	0,16014235	0,13846154	0,13846154	0,16014235	0,16778523	0,13043478	0,16778523	0,13043478
A3		0,16014235	0,16014235	0,16014235	0,16629712	0,16629712	0,16014235	0,13846154	0,13846154	0,16014235	0,16778523	0,13043478	0,16778523	0,13043478
A4		0,03202847	0,03202847	0,03202847	0,03325942	0,03325942	0,03202847	0,04615385	0,04615385	0,03202847	0,03355705	0,07246377	0,03355705	0,07246377
A5		0,03202847	0,03202847	0,03202847	0,03325942	0,03325942	0,03202847	0,04615385	0,04615385	0,03202847	0,03355705	0,07246377	0,03355705	0,07246377
A6		0,16014235	0,16014235	0,16014235	0,16629712	0,16629712	0,16014235	0,13846154	0,13846154	0,16014235	0,16778523	0,13043478	0,16778523	0,13043478
A7		0,01779359	0,01779359	0,01779359	0,01108647	0,01108647	0,01779359	0,01538462	0,01538462	0,01779359	0,00671141	0,01449275	0,00671141	0,01449275
A8		0,01779359	0,01779359	0,01779359	0,01108647	0,01108647	0,01779359	0,01538462	0,01538462	0,01779359	0,00671141	0,01449275	0,00671141	0,01449275
A9		0,16014235	0,16014235	0,16014235	0,16629712	0,16629712	0,16014235	0,13846154	0,13846154	0,16014235	0,16778523	0,13043478	0,16778523	0,13043478
A10		0,03202847	0,03202847	0,03202847	0,03325942	0,03325942	0,03202847	0,07692308	0,07692308	0,03202847	0,03355705	0,07246377	0,03355705	0,07246377
A11		0,01779359	0,01779359	0,01779359	0,00665188	0,00665188	0,01779359	0,01538462	0,01538462	0,01779359	0,00671141	0,01449275	0,00671141	0,01449275
A12		0,03202847	0,03202847	0,03202847	0,03325942	0,03325942	0,03202847	0,07692308	0,07692308	0,03202847	0,03355705	0,07246377	0,03355705	0,07246377
A13		0,01779359	0,01779359	0,01779359	0,00665188	0,00665188	0,01779359	0,01538462	0,01538462	0,01779359	0,00671141	0,01449275	0,00671141	0,01449275

Nota: Elaboración propia

Tabla 46 Prueba de consistencia para la matriz de alternativas y variabilidad

CRITERIO	PRIORIDAD	CONSISTENC PREV							
A1	0,15435916	2,13421234	13,8262758						
A2	0,15435916	2,13421234	13,8262758	PREVIO CON	13,444435				
A3	0,15435916	2,13421234	13,8262758	IC	0,03703625				
A4	0,04084696	0,54724553	13,3974595	ICA	1,555				
A5	0,04084696	0,54724553	13,3974595	RC	0,02381752	<	0,1	consistente	
A6	0,15435916	2,13421234	13,8262758						
A7	0,01417834	0,18656756	13,1586282						
A8	0,01417834	0,18656756	13,1586282						
A9	0,15435916	2,13421234	13,8262758						
A10	0,04558069	0,60395891	13,2503238						
A11	0,0134961	0,17567504	13,0167264						
A12	0,04558069	0,60395891	13,2503238						
A13	0,0134961	0,17567504	13,0167264						

Nota: Elaboración propia

Tabla 47 Matriz de calificación final AHP

	Inventario inicial	Analisis de capacidad	Lead time	Desastre subit	Faltantes	Coordinacion	Colaboracion	multialmacen	multiproveedor	variabilidad	Calificacion Final
A1	0,253000425	0,016393443	0,217231555	0,128452476	0,071232934	0,01600317	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,154359161	0,123284176 12%
A2	0,174277037	0,147540984	0,017549878	0,128452476	0,129212011	0,179512687	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,154359161	0,11955728 12%
A3	0,020676388	0,016393443	0,017549878	0,128452476	0,129212011	0,01600317	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,154359161	0,06661491 7%
A4	0,020676388	0,016393443	0,017549878	0,128452476	0,014095216	0,112800992	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,040846963	0,077878609 8%
A5	0,020676388	0,016393443	0,125063488	0,128452476	0,014095216	0,01600317	0,033889732	0,102249832	0,243243243	0,040846963	0,071398963 7%
A6	0,020676388	0,016393443	0,016237757	0,128452476	0,014095216	0,112800992	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,154359161	0,072307573 7%
A7	0,020676388	0,147540984	0,017549878	0,015124244	0,014095216	0,122561625	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,014178344	0,048107756 5%
A8	0,052893023	0,147540984	0,158256021	0,015124244	0,014095216	0,01600317	0,033889732	0,102249832	0,243243243	0,014178344	0,071282686 7%
A9	0,150180902	0,147540984	0,017549878	0,015124244	0,23517927	0,11001224	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,154359161	0,08996781 9%
A10	0,204888844	0,147540984	0,227705045	0,077955411	0,092168455	0,01600317	0,279601804	0,04739007	0,243243243	0,045580691	0,132981971 13%
A11	0,020459276	0,016393443	0,017549878	0,046144847	0,014095216	0,01600317	0,033889732	0,102249832	0,027027027	0,0134961	0,027009638 3%
A12	0,020459276	0,016393443	0,122568718	0,046144847	0,129212011	0,183577578	0,033889732	0,010758449	0,027027027	0,045580691	0,06044321 6%
A13	0,020459276	0,147540984	0,02763815	0,013667305	0,129212011	0,01600317	0,033889732	0,010758449	0,027027027	0,0134961	0,039165218 4%
Peso ponderado criterios	0,134451143	0,134451143	0,134451143	0,200342676	0,024394931	0,089644023	0,060204787	0,034271704	0,043833868	0,143954583	

Nota: Elaboración propia

Anexo 12 Representación base de la red AON de proyectos en un diagrama de Forrester

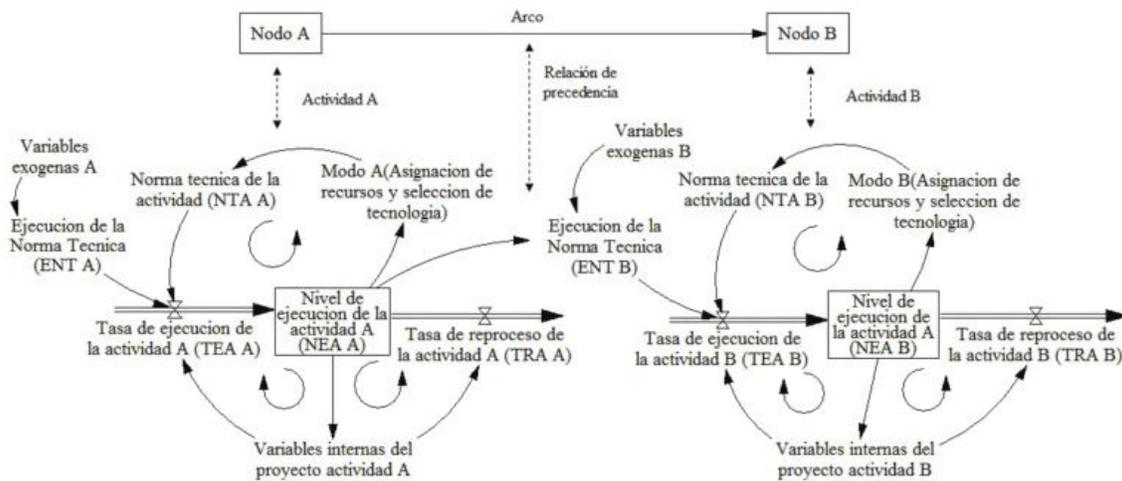


Figura 56 Representación de la red de actividades AON en un diagrama de Forrester.
Tomado de (Gonzalez et al., 2012)

Anexo 13 Ecuaciones del modelo base.

A continuación, se muestran los parámetros y variables utilizados para desarrollar el modelo base. *Aclaración:* Se presentan las ecuaciones utilizadas para cada elemento, así como el valor o ecuación de los sub- elementos, en los casos en los que subelementos no sean explicados directamente es porque se explicarán adelante con mayor detalle, en mayor medida se hace con las variables que aparecen entre <> conocidas como variables sombra. Los parámetros o elementos constantes tienen valores asignados arbitrariamente.

Variables del sistema utilizadas:

TIME STEP: Delta del tiempo manejado para la simulación

TIME: Variable independiente que representa el tiempo. Unidad establecida: hora.

FINAL TIME: Momento en el que finaliza la simulación, en función de TIME.

MODULO 1. Red de proyecto (planeada y real)

Niveles:

- NEA: Nivel de ejecución de la actividad (le precede el nombre (código) de la actividad). Variable que acumula las porciones de la TEA, varía de 0 a 100, en donde se considera que 0 es que no se ha ejecutado nada de la actividad

y 100 es que se ha ejecutado completamente. Todas las actividades comienzan con su respectivo nivel de ejecución con un valor inicial de cero.

- NEA AG = TEA AG
- NEA BG = TEA BG
- Nivel de ejecución planeado del Proyecto = Tasa planeada del proyecto (Valor inicial =0)
- Nivel de ejecución real del proyecto = Tasa real del proyecto (Valor inicial =0)

Tasas:

- TEA: Tasa de ejecución de la actividad (le precede el nombre (código) de la actividad). Variable que representa la velocidad de ejecución de la actividad, alimenta porciones de la tarea terminada al nivel NEA.
 - TEA AG PLAN = IF THEN ELSE (NEA AG PLAN<100, (100/NTA AG PLAN) *ENT AG PLAN, 0)
 - TEA BG PLAN = IF THEN ELSE (NEA BG PLAN<100, (100/NTA BG PLAN) *ENT BG PLAN, 0)
 - TEA AG = IF THEN ELSE (NEA AG<100, (100/NTA AG) *ENT AG, 0)
 - TEA BG = IF THEN ELSE (NEA BG<100, (100/NTA BG) *ENT BG, 0)
- Tasa planeada del Proyecto = (TEA AG PLAN*Peso actividad AG) + (Peso actividad BG*TEA BG PLAN)
- Tasa real del proyecto = (TEA AG*Peso actividad AG) + (Peso actividad BG*TEA BG)

VARIABLES AUXILIARES:

- ENT: Ejecución de la norma técnica (le precede el nombre (código) de la actividad). Variable que indica si se ejecuta o no la actividad, depende de las actividades predecesoras y las variables aleatorias no controlables externas. Por ejemplo, en la Figura 25 BG no puede comenzar a ejecutarse hasta que finalice AG (aunque en algunos casos no se requiere de la finalización total de la actividad sino de una finalización parcial), por otro lado factores externos que detengan la ejecución del proyecto sería la imposibilidad del uso de canales de abastecimiento.
 - ENT AG = IF THEN ELSE (RNR requerido AG<=Recurso no renovable disponible para AG:AND: Recurso Renovable Requerido AG<=Recurso renovable disponible para AG, Efecto EANC AG (Ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG), 0)
 - Efecto EANC AG = LOOKUP ([(0,0)- (4,1)], (1,1), (2,0.5), (3,0))
 - ENT BG = IF THEN ELSE (NEA AG>=100:AND: RNR requerido BG<=Recurso no renovable disponible para BG:AND: Recurso

Renovable Requerido BG ≤ Recurso Renovable disponible para BG, Efecto EANC BG (Ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG), 0)

- Efecto EANC BG = LOOKUP ([[(0,0)- (4,1)], (1,1), (2,0.5), (3,0))
- Discrepancia en la ejecución del proyecto = IF THEN ELSE (Nivel de ejecución planeado del proyecto > Nivel de ejecución real del proyecto, Nivel de ejecución planeado del proyecto - Nivel de ejecución real del proyecto, 0)

Parámetros:

- NTA: Norma técnica de la actividad (le precede el nombre (código) de la actividad). Parámetro que indica la duración de la actividad.
 - NTA AG PLAN= Tabla asignación norma técnica según modo AG (Modo planeado para la actividad AG)
 - Tabla asignación norma técnica según modo AG = LOOKUP ([[(0,0)- (10,10)], (0,0), (1,5), (2,3), (3,1))
 - Modo planeado para la actividad AG= 1
 - NTA AG PLAN= Tabla asignación norma técnica según modo BG (Modo planeado para la actividad BG)
 - Tabla asignación norma técnica según modo BG = LOOKUP ([[(0,0)- (10,10)], (0,0), (1,6), (2,4), (3,2))
 - Modo planeado para la actividad BG = 1
 - ENT AG PLAN = 1
 - ENT BG PLAN = 1
 - NTA AG = IF THEN ELSE (Time=0, Tabla asignación norma técnica según modo AG (Modo planeado para la actividad AG), Tabla asignación norma técnica según modo AG (Modo aplicado AG))
 - NTA BG = IF THEN ELSE (Time=0, Tabla asignación norma técnica según modo BG (Modo planeado para la actividad BG), Tabla asignación norma técnica según modo BG (Modo aplicado BG))
- Peso actividad AG = 0.5
- Peso actividad BG = 0.5

MÓDULO 2. Variables no controlables

Acumulador de tiempo:

Nivel: $ACUM\ TIEMPO = Tasa\ de\ acumulación\ del\ tiempo - Tasa\ de\ salida\ de\ tiempo$ (Valor inicial = 0)

Tasas:

- $Tasa\ de\ acumulación\ del\ tiempo = 1$

- Tasa de salida de tiempo= IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)

1) Ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG:

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable AG = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable AG-Tasa salida aleatorio no controlable AG (Valor inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable AG = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC AG/TIME STEP, 0) +IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable AG = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable AG, 1, 0)

Variables Auxiliares:

- Aleatorio EANC AG = RANDOM UNIFORM (0, 1, Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC AG)
- Ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG=Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG (Nivel Aleatorio No Controlable AG)

Parámetros:

- Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC AG = 1
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta la actividad AG = [(0,0)- (1,4)], (0,1), (0.3,1), (0.3001,2), (0.7,2), (0.7001,3), (1,3)

2) Ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG

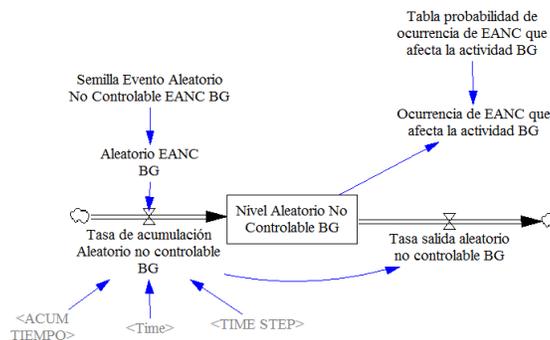


Figura 57 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta la actividad BG. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable BG = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable BG-Tasa salida aleatorio no controlable BG (Nivel inicial =0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable BG = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC BG/TIME STEP, 0) + IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable BG = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable BG, 1, 0)

Variabes Auxiliares:

- Aleatorio EANC BG = RANDOM UNIFORM (0, 1, Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC BG)
- Ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG = Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG (Nivel Aleatorio No Controlable BG)

Parámetros:

- Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC BG = 2
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta la actividad BG = [(0,0)- (1,4)], (0,1), (0.3,1), (0.3001,2), (0.7,2), (0.7001,3), (1,3)

3) No. de recursos renovables que se ven alterados ante un EANC (falla)

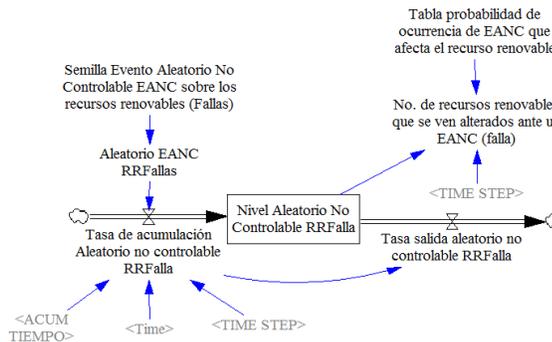


Figura 58 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta el número de los recursos renovables disponibles. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable RR Falla = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla-Tasa salida aleatorio no controlable RR Falla (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC RR Fallas/TIME STEP, 0) +IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable RR Falla = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla, 1, 0)

Variabes Auxiliares:

- Aleatorio EANC RR Fallas = RANDOM UNIFORM (0, 1, "Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre los recursos renovables (Fallas)")
- "No. de recursos renovables que se ven alterados ante un EANC (falla)"= Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el recurso renovable (Nivel Aleatorio No Controlable RR Falla) *PULSE TRAIN (1, TIME STEP, 1, FINAL TIME). Aclaración: para este caso se realizó un ajuste para que la variable final de la estructura tuviera valores enteros y en momentos discretos.

Parámetros:

- "Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre los recursos renovables (Fallas)" = 2
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el recurso renovable = [(0,0)- (1,4)], (0,0), (0.3,0), (0.3001,1), (0.7,1), (0.7001,2), (1,2)

4) Duración de la alteración del RR ante un EANC

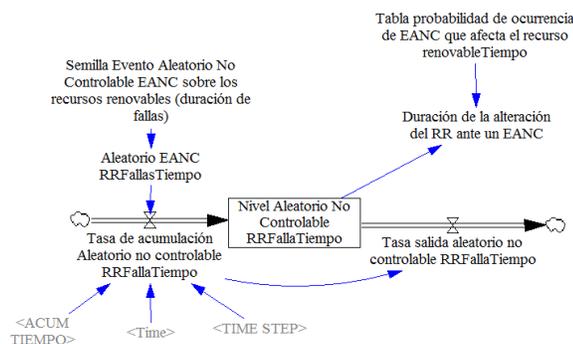


Figura 59 Diagrama de Forrester de la duración del evento aleatorio no controlable que afecta el número de los recursos renovables disponibles. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable RR Falla Tiempo = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla Tiempo-Tasa salida aleatorio no controlable RR Falla Tiempo (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla Tiempo = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC RR Fallas Tiempo/TIME STEP, 0) + IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable RR Falla Tiempo = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable RR Falla Tiempo, 1, 0)

Variables Auxiliares:

- Aleatorio EANC RR Fallas Tiempo = RANDOM UNIFORM (0, 1, "Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre los recursos renovables (duración de fallas)")
- Duración de la alteración del RR ante un EANC = Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el recurso renovable Tiempo (Nivel Aleatorio No Controlable RR Falla Tiempo)

Parámetros:

- "Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre los recursos renovables (duración de fallas)" = 3
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el recurso renovable Tiempo = [(0,0)- (1,4)], (0,1), (0.3,1), (0.3001,2), (0.7,2), (0.7001,3), (1,3)

5) Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RR

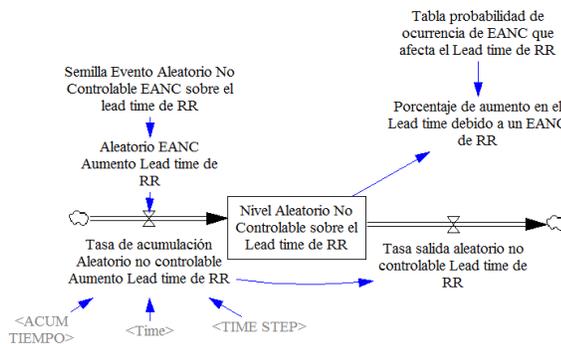


Figura 60 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta porcentaje de aumento en el lead time de recursos renovables. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable sobre el Lead time de RR = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RR-Tasa salida aleatorio no controlable Lead time de RR (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RR = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC Aumento Lead time de RR/TIME STEP, 0) + IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable Lead time de RR = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RR, 1, 0)

Variables Auxiliares:

- Aleatorio EANC Aumento Lead time de RR = RANDOM UNIFORM (0, 1, Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre el lead time de RR)
- Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RR = Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el Lead time de RR (Nivel Aleatorio No Controlable sobre el Lead time de RR)

Parámetros:

- Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre el lead time de RR = 4
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el Lead time de RR = [(0,0)- (1,70)], (0,0), (0.2,0), (0.2001,10), (0.4,10), (0.4001,30), (0.6,30), (0.6001,50), (0.8,50), (0.8001,70), (1,70)

6) Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RNR

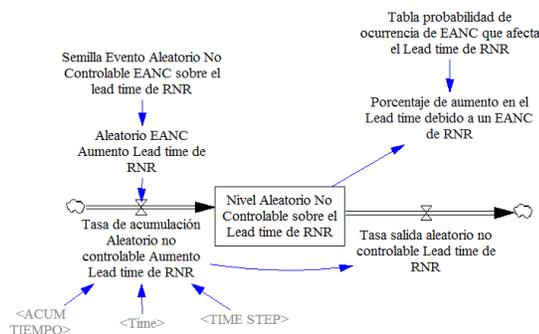


Figura 61 Diagrama de Forrester de la ocurrencia del evento aleatorio no controlable que afecta porcentaje de aumento en el lead time de recursos no renovables. Elaborado a partir de apuntes de clase Dinámica de proyectos 2016, Karol Moreno. Universidad de La Sabana

Nivel:

Nivel Aleatorio No Controlable sobre el Lead time de RNR = Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RNR-Tasa salida aleatorio no controlable Lead time de RNR. (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RNR = IF THEN ELSE (ACUM TIEMPO>=1, Aleatorio EANC Aumento Lead time de RNR/TIME STEP, 0) + IF THEN ELSE (Time=0, ACUM TIEMPO/TIME STEP, 0)
- Tasa salida aleatorio no controlable Lead time de RNR = DELAY FIXED (Tasa de acumulación Aleatorio no controlable Aumento Lead time de RNR, 1, 0)

Variables Auxiliares:

- Aleatorio EANC Aumento Lead time de RNR = RANDOM UNIFORM (0, 1, Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre el lead time de RNR)
- Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RNR = Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el Lead time de RNR (Nivel Aleatorio No Controlable sobre el Lead time de RNR)

Parámetros:

- Semilla Evento Aleatorio No Controlable EANC sobre el lead time de RNR = 423
- Tabla probabilidad de ocurrencia de EANC que afecta el Lead time de RNR = [(0,0)- (1,80)], (0,0), (0.2,0), (0.2001,20), (0.4,20), (0.4001,40), (0.6,40), (0.6001,60), (0.8,60), (0.8001,80), (1,80)

MÓDULO 3. Recursos Renovables**Niveles:**

- Nivel Recurso Renovable Disponible = Tasa de abastecimiento de Recurso Renovable + Tasa de retorno recurso renovable por fallas + Tasa de retorno RR renovado - Tasa de salida de recurso renovable por fallas - Tasa de salida para renovar el RR. (Nivel inicial = Recurso Renovable inicial)
- Nivel Recurso Renovable No disponible por fallas = Tasa de salida de recurso renovable por fallas - Tasa de retorno recurso renovable por fallas. (Nivel inicial = 0)

- Nivel de recurso renovable en renovación = Tasa de salida para renovar el RR - Tasa de retorno RR renovado. (Nivel inicial = 0)
- Nivel de RR nuevo = T entrada. (Nivel inicial = 0)
- "Nivel de Recurso Renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)"= Tasa de pedido del recurso renovable - Tasa de arribo del recurso renovable. (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de abastecimiento de Recurso Renovable = Tasa de arribo del recurso renovable
- Tasa de retorno recurso renovable por fallas = DELAY FIXED ("No. recursos que Retornan RR por EANC"/TIME STEP, Duración de la alteración del RR ante un EANC, 0)
- Tasa de retorno RR renovado = DELAY FIXED (Tasa de salida para renovar el RR, 4, 0)
- Tasa de salida de recurso renovable por fallas = IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible>0: AND: Nivel Recurso Renovable Disponible - (Tasa de salida para renovar el RR*TIME STEP) >= "No. de recursos renovables que se ven alterados ante un EANC (falla)", "No. de recursos renovables que se ven alterados ante un EANC (falla)/TIME STEP, 0)
- Tasa de salida para renovar el RR = ("No. de recursos que salen para renovación de los iniciales" + "No. de recursos que salen para renovación de los nuevos") / TIME STEP
- T entrada = Tasa de arribo del recurso renovable
- Tasa de pedido del recurso renovable = Decisión de ajuste del RR/TIME STEP
- Tasa de arribo del recurso renovable = DELAY FIXED (Tasa de pedido del recurso renovable, "Lead time abastecimiento de recurso renovable (demora)", 0)

Variables Auxiliares:

- "No. recursos que Retornan RR por EANC" = IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable No disponible por fallas>0, INTEGER (RANDOM UNIFORM (0, Nivel Recurso Renovable No disponible por fallas, Semilla Retorno RR)), 0) *PULSE TRAIN (1, TIME STEP, 1, 20)
- "No. de recursos que salen para renovación de los iniciales" = IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible<Recurso Renovable inicial, Recurso Renovable inicial - Nivel Recurso Renovable Disponible, Recurso Renovable inicial) *PULSE TRAIN (8, TIME STEP, 8, FINAL TIME)

- "No. de recursos que salen para renovación de los nuevos" = DELAY FIXED (IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible-Recurso Renovable inicial-Nivel de RR nuevo=0, T entrada *TIME STEP, IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible - "No. de recursos que salen para renovación de los iniciales">= T entrada *TIME STEP, T entrada*TIME STEP, Nivel Recurso Renovable Disponible - "No. de recursos que salen para renovación de los iniciales")), 8, 0)
- Decisión de ajuste del RR = IF THEN ELSE (Discrepancia Total RR - "Nivel de Recurso Renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)" >Tolerancia para solicitar recurso renovable, Discrepancia Total RR, 0)
- Discrepancia Total RR= IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible + "Nivel de Recurso Renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)" - Recurso Renovable Requerido AG-Recurso Renovable Requerido BG>=0, 0, Recurso Renovable Requerido AG + Recurso Renovable Requerido BG-Nivel Recurso Renovable Disponible-"Nivel de Recurso Renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)")
- Discrepancia RR AG = IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible-Recurso Renovable Requerido AG>=0, 0, Recurso Renovable Requerido AG-Nivel Recurso Renovable Disponible)
- Discrepancia RR BG = IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible-Recurso Renovable Requerido BG>=0, 0, Recurso Renovable Requerido BG-Nivel Recurso Renovable Disponible)
- Recurso Renovable Requerido AG = IF THEN ELSE (Modo requerido AG>0, Tabla requerimiento de recurso renovable para cada modo por parte de la actividad AG (Modo requerido AG), 0)
- Recurso Renovable Requerido BG = IF THEN ELSE (Modo requerido BG>0, Tabla requerimiento de recurso renovable para cada modo por parte de la actividad BG (Modo requerido BG), 0)
- "Lead time abastecimiento de recurso renovable (demora)" = $2 \cdot (100 + \text{Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RR}) / 100$

Parámetros:

- Recurso Renovable inicial = 3
- Semilla Retorno RR = 142
- Tolerancia para solicitar recurso renovable = 1

MÓDULO 4. Recursos No Renovables

Niveles:

- Nivel de recurso no renovable disponible = Tasa de abastecimiento del recurso no renovable-Tasa de consumo del recurso no renovable real. (Nivel inicial = Recurso no renovable inicial)
- Nivel de recurso no renovable total utilizado = Tasa de consumo del recurso no renovable real. (Nivel inicial = 0)
- "Nivel de recurso no renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)" = Tasa de pedido de recurso no renovable-Tasa de arribo del recurso no renovable. (Nivel inicial = 0)

Tasas:

- Tasa de abastecimiento del recurso no renovable = Tasa de arribo del recurso no renovable
- Tasa de consumo del recurso no renovable real = ((IF THEN ELSE(TEA AG=0, 0,IF THEN ELSE(Time=0, IF THEN ELSE(Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG(Modo planeado para la actividad AG)<=Nivel de recurso no renovable disponible, Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG(Modo planeado para la actividad AG), 0), IF THEN ELSE(Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG(Modo aplicado AG)<=Nivel de recurso no renovable disponible, Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG(Modo aplicado AG), 0))))/TIME STEP) + ((IF THEN ELSE(TEA BG=0, 0,IF THEN ELSE(Time=0, IF THEN ELSE(Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG(Modo planeado para la actividad BG)<Nivel de recurso no renovable disponible, Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG(Modo planeado para la actividad BG), 0),IF THEN ELSE(Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG(Modo aplicado BG)<Nivel de recurso no renovable disponible, Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG(Modo aplicado BG), 0))))/TIME STEP)
- Tasa de pedido de recurso no renovable = Decisión de ajuste del RNR/TIME STEP
- Tasa de arribo del recurso no renovable = DELAY FIXED (Tasa de pedido de recurso no renovable, "Lead time abastecimiento de recurso no renovable (demora)", 0)

Variables Auxiliares:

- "Lead time abastecimiento de recurso no renovable (demora)" = $(100 + \text{Porcentaje de aumento en el Lead time debido a un EANC de RNR}) / 100$
- Decisión de ajuste del RNR = IF THEN ELSE (Discrepancia Total RNR - "nivel de recurso no renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)" > Tolerancia para solicitar Recurso No Renovable, Discrepancia Total RNR, 0)
- Discrepancia Total RNR = IF THEN ELSE (Nivel de recurso no renovable disponible + "nivel de recurso no renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)" - RNR Total faltante para finalizar < 0, RNR Total faltante para finalizar - Nivel de recurso no renovable disponible - "nivel de recurso no renovable en tránsito (en proceso de contratación o compra)", 0)
- RNR Total faltante para finalizar = Recurso No Renovable requerido para finalizar AG + Recurso No Renovable requerido para finalizar BG.
- Recurso No Renovable requerido para finalizar AG = IF THEN ELSE (Modo requerido AG > 0: AND: NEA AG < 100, Tabla asignación norma técnica según modo AG (Modo requerido AG) * ((100 - NEA AG) / 100) * Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG (Modo requerido AG), 0)
- Recurso No Renovable requerido para finalizar BG = IF THEN ELSE (Modo requerido BG > 0: AND: NEA BG < 100, Tabla asignación norma técnica según modo BG (Modo requerido BG) * ((100 - NEA BG) / 100) * Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG (Modo requerido BG), 0)
- RNR requerido AG = Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG (Modo requerido AG)
- RNR requerido BG = Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG (Modo requerido BG)

Parámetros:

- Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG = LOOKUP [(0,0) - (10,10)], (0,0), (1,2), (2,6), (3,10)
- Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad BG = LOOKUP [(0,0) - (10,20)], (0,0), (1,4), (2,8), (3,12)
- Tolerancia para solicitar Recurso No Renovable = 1

MÓDULO 5. Asignación modo relación recurso – duración

Niveles

- Modo requerido AG = Tasa asignación modo AG-tasa de cambio de modo AG (Nivel inicial = 0)

Tasas

- Tasa asignación modo AG = IF THEN ELSE (Necesidad de cambio de modo AG>0:AND: Modo requerido AG=0, Necesidad de cambio de modo AG/TIME STEP,0)
- Tasa de cambio de modo AG = DELAY FIXED (Tasa asignación modo AG, Periodicidad control de proyecto, 0)

VARIABLES Auxiliares

- Necesidad de cambio de modo AG = DELAY FIXED (IF THEN ELSE (NEA AG<100:AND: Discrepancia en la ejecución del proyecto>0:AND: TEA AG>0, Tabla de tolerancias para cambio de modo (Discrepancia en la ejecución del proyecto), 0), "Demora en la toma de decisión (Demoras administrativas)", 0)
- Recurso no renovable disponible para AG = IF THEN ELSE (NEA AG>0:AND: NEA AG<100:AND:NEA BG>0:AND: NEA BG<100, IF THEN ELSE (Peso actividad AG> Peso actividad BG, Nivel de recurso no renovable disponible, IF THEN ELSE(Peso actividad AG<Peso actividad BG, IF THEN ELSE (Nivel de recurso no renovable disponible - RNR requerido BG >0, Nivel de recurso no renovable disponible - RNR requerido BG, 0), Nivel de recurso no renovable disponible*Peso actividad AG)),IF THEN ELSE (NEA AG<100, Nivel de recurso no renovable disponible, 0))
- Recurso renovable disponible para AG = IF THEN ELSE (NEA AG>0:AND:NEA AG<100:AND: NEA BG>0:AND:NEA BG<100, IF THEN ELSE (Peso actividad AG>Peso actividad BG, Nivel Recurso Renovable Disponible, IF THEN ELSE (Peso actividad AG<Peso actividad BG, IF THEN ELSE (Nivel Recurso Renovable Disponible-Recurso Renovable Requerido BG>0, Nivel Recurso Renovable Disponible-Recurso Renovable Requerido BG, 0), Nivel Recurso Renovable Disponible*Peso actividad AG)), IF THEN ELSE(NEA AG<100, Nivel Recurso Renovable Disponible, 0))
- Modo posible AG con restricción de RNR y prioridad de actividades = IF THEN ELSE (Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG (Modo requerido AG) <=Recurso no renovable disponible para AG, Modo requerido AG, INTEGER (LOOKUP INVERT

(Tabla requerimiento de recurso no renovable para cada modo por parte de la actividad AG, Recurso no renovable disponible para AG)))

- Modo posible AG con restricción de RR y prioridad de actividades = IF THEN ELSE (Tabla requerimiento de recurso renovable para cada modo por parte de la actividad AG (Modo requerido AG) <= Recurso renovable disponible para AG, Modo requerido AG, INTEGER (LOOKUP INVERT (Tabla requerimiento de recurso renovable para cada modo por parte de la actividad AG, Recurso renovable disponible para AG)))
- Modo posible min AG = MIN (Modo posible AG con restricción de RNR y prioridad de actividades, Modo posible AG con restricción de RR y prioridad de actividades)
- Modo aplicado AG = IF THEN ELSE (Modo requerido AG=0, Modo planeado para la actividad AG, IF THEN ELSE (Discrepancia Total RNR=0:AND: Discrepancia Total RR=0, Modo requerido AG, IF THEN ELSE (Modo posible min AG=0, Modo planeado para la actividad AG, Modo posible min AG)))

Parámetros

- Tabla de tolerancias para cambio de modo = LOOKUP ([[0,0) -(100,10)], (0,1), (5,1), (5.00001,2), (10,2), (10.0001,3), (100,3))
- "Demora en la toma de decisión (Demoras administrativas)" = 1
- Periodicidad control de proyecto = 2

Anexo 14 Verificación del modelo base

Previo a la aplicación del modelo base a la situación colombiana, se verificó la coherencia del comportamiento del modelo base.

La asignación de valores para este primer módulo inicia en la variable “Tabla de asignación norma técnica según modo” para la cual se tomaron cuatro modos posibles, cada uno de ellos diferente para cada una de las actividades. A modo de referencia se muestra el tomado arbitrariamente de forma inicial para la actividad AG en la Tabla 48. El modo planeado (o modo inicial) de cada actividad es el número 1.

Tabla 48 Valores de referencia tomados para la variable Tabla asignación norma técnica según modo AG

Modo	0	1	2	3
Duración	0	5	3	1

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo con esto el comportamiento asociado a las variables NEA AG PLAN y TEA AG PLAN, es el que se muestra en la Figura 62, siendo la tasa dividida en partes iguales (una razón constante) la cual alimenta al nivel hasta que este llega a 100% completando la duración planeada de la norma técnica (5 unidades de tiempo).

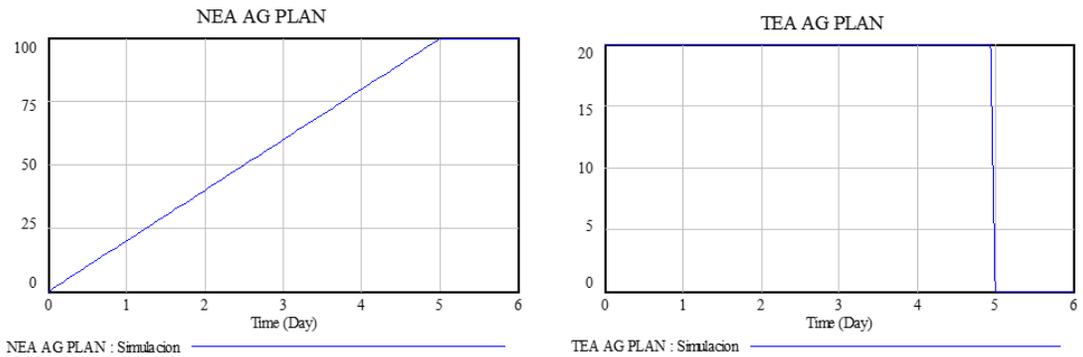


Figura 62 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada de la actividad.

De manera similar se ejecuta el nivel y la tasa de ejecución total planeada del proyecto, cuyo comportamiento puede verse en la Figura 63 y en la Figura 64, en la Figura 63 se establece un escenario en donde las actividades tienen el mismo peso (50-50) mientras que en la Figura 64 se le da mayor peso a la primera actividad (80-20), teniendo en cuenta que la suma de los pesos siempre debe ser igual a 100%. De aquí se puede ver que independientemente del peso, el nivel de ejecución planeado llega al 100% una vez todas las actividades finalizan. Esta parte del modelo se usa con fines de control para hallar la discrepancia entre lo planeado y lo real.

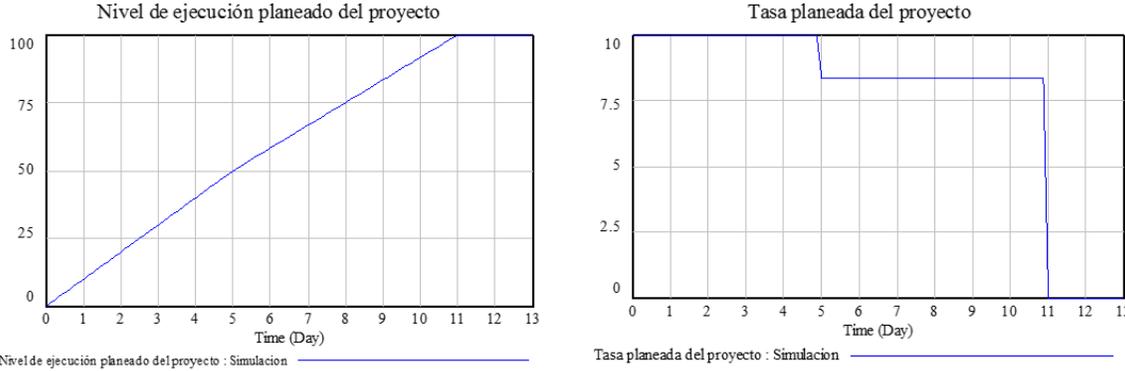


Figura 63 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada del proyecto, para el caso en el que todas las actividades tengan la misma prioridad.

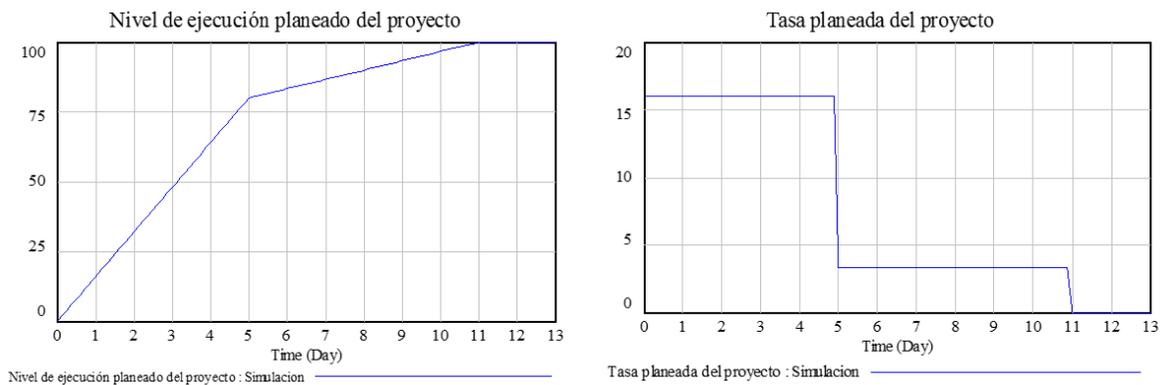


Figura 64 Comportamiento del nivel de ejecución planeado y tasa de ejecución planeada del proyecto, para el caso en el que las actividades tengan diferente prioridad.

Para la segunda parte del módulo se inicia el análisis con la variación que sufren la ENT y la NTA de cada actividad. La ENT o ejecución de la norma técnica se ve afectada por la disponibilidad de recursos y también por eventos aleatorios no controlables, tomando valores entre cero a uno en donde el cero cumple una función de detención de la actividad y uno es que se realiza de forma óptima, pudiendo tomar valores intermedios que se interpretan como si la actividad trabajara a un porcentaje menor de eficiencia. En la Figura 65 se muestra el comportamiento de la ENT bajo estas condiciones.

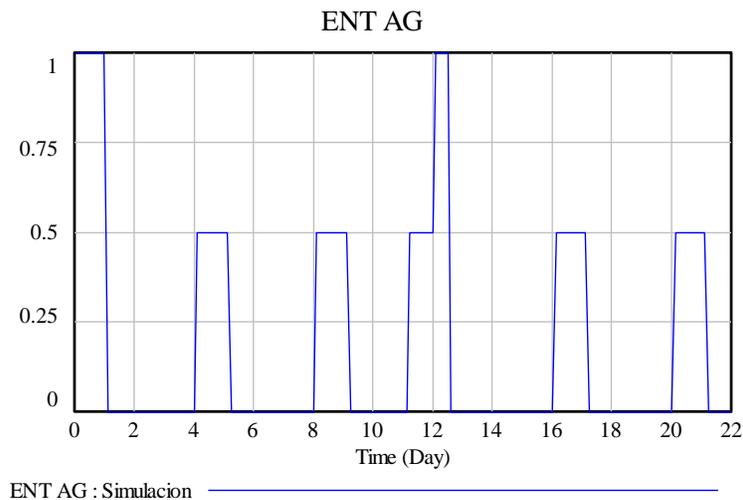


Figura 65 Comportamiento esperado real de la ejecución de la norma técnica de una actividad.

Este comportamiento en específico toma valores de 0 (cero), 0.5 (cero punto cinco) y 1 debido a que en la formulación inicial del modelo base se consideraron solo tres efectos para realizar la prueba de coherencia.

Por otro lado, conforme los recursos se van ajustando la actividad es susceptible a ser acelerada o ralentizada, como se muestra en la Figura 66, en donde inicialmente opera bajo el modo 1 con una duración de 5, pero posteriormente se utiliza el modo 3 para realizar la actividad en una unidad de tiempo. Incidiendo como se ve en la Figura 67 tasa de ejecución y en el nivel de ejecución real de la actividad, en donde la duración de la actividad aumentó 4,125 veces respecto de lo planeado.

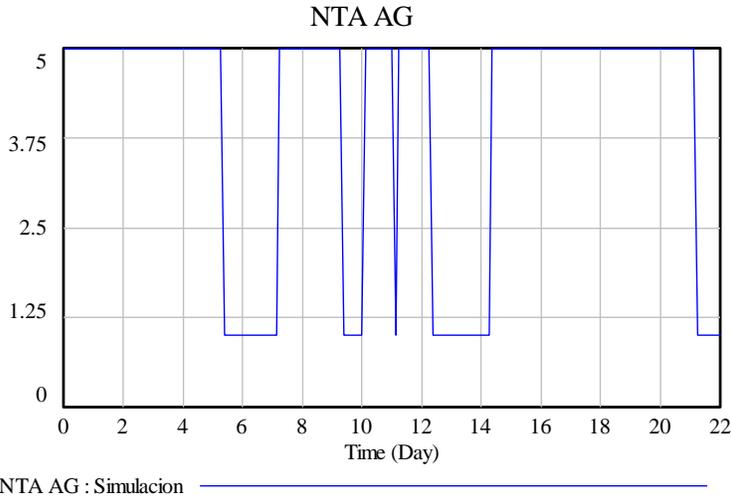


Figura 66 Comportamiento esperado de la norma técnica real de la actividad.

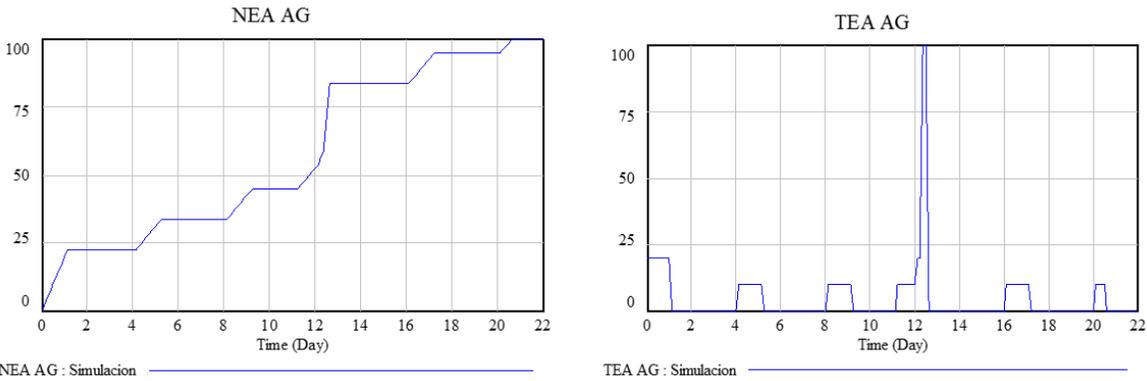


Figura 67 Comportamiento del nivel de ejecución y tasa de ejecución de la actividad afectada por la disponibilidad de recurso y eventos no controlables aleatorios.

Finalmente dado el aumento de la duración de las actividades la discrepancia toma el comportamiento mostrado en la Figura 68, el cual es lo esperado ya que hay un crecimiento acelerado hasta el punto en el cual las actividades debían terminar según lo planeado y posterior a ese momento de tiempo la brecha comienza a disminuir hasta llegar a cero.

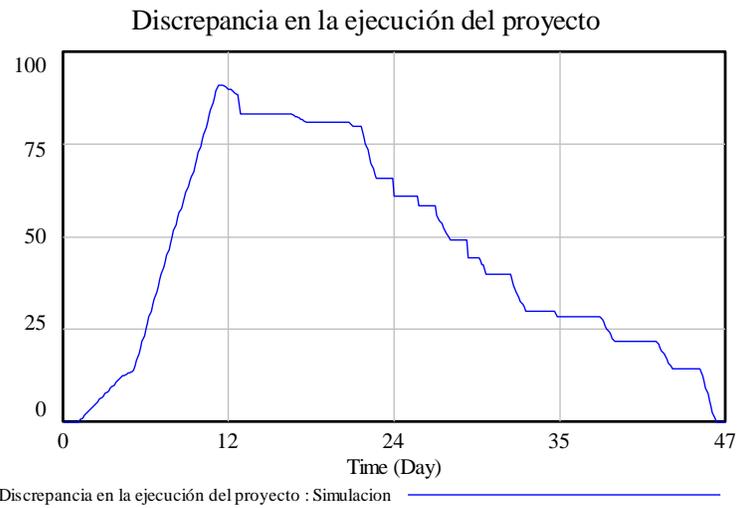


Figura 68 Comportamiento de la discrepancia de ejecución del proyecto.

Anexo 15 Precedencias y descripción de las actividades de la superred

Tabla 49 Descripción de las características de la superred

ACT	Red Origen	Descripción	Precedencia	Relación de	Duración actividad	Actor Responsable	¿Es susceptible a acelerarse si hay más recursos?	Varios modos	Duración según modo	unidad	Recurso RR de apoyo necesario	Recurso RNR de apoyo necesario
AG	General	Reportar evento a entidad gubernamental encargada	-	-	Entre 10 y 30 minutos	Comunidad Local y Gobierno Local	No	1	10	min	- Radiocomunicadores -Telefonía móvil -Generadores Electricos - Personal	Combustible
BG	General	Evaluar el daño y nivel de criticidad	AG	FS	Entre 1 hora y 2 horas	Gobierno Local	Si	1	120	min	Personal / Herramientas tecnologicas	Agua y alimento / Combustible
								2	90			
								3	60			
CG	General	Establecer plan de acción inmediato	BG	FS	máximo 2 horas	Gobierno Local	No	1	120	min	- Radiocomunicadores -Telefonía móvil -Generadores Electricos - Personal	Combustible

ABR	Búsqueda y rescate	Recibir información inicial y evaluar la zona	CG	FS	Entre 10 y 30 minutos	Bomberos	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
BBR	Búsqueda y rescate	Identificar, asegurar y delimitar el área de acción	ABR	FS	Entre 10 y 30 minutos	Bomberos	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
CBR	Búsqueda y rescate	Definir la ubicación y colocar PMU	BBR	FS	Entre 10 y 30 minutos	UNGRD	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
DBR	Búsqueda y rescate	Identificación de necesidades de personal EDAN	BBR	FS	Entre 10 y 30 minutos	Bomberos	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
AAH	Ayuda Humanitaria	Recibir información inicial de la demanda a cubrir	CG	FS	Entre 10 y 30 minutos	Cruz Roja	No	1	15	min		
BAH	Ayuda Humanitaria	Evaluar lo inmediatamente disponible	AAH	FS	Entre 10 y 30 minutos	Cruz Roja y Comunidad Local	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
CAH	Ayuda Humanitaria	Entregar ayudas humanitarias inmediatamente disponibles	BAH	FS	Entre 10 y 15 minutos por cada kit entregado	Ministerio de Salud y Protección Social – Cruz Roja Colombiana	Si	1	15	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	12,5			
								3	10			

DAH	Ayuda Humanitaria	Identificar necesidades de ayuda humanitaria EDAN	BAH	FS	Entre 10 y 30 minutos	Cruz Roja	Si	1	30	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	20			
								3	10			
AS	Soporte	Consolidar requerimientos enviados por las unidades operativas (EDAN)	DBR, DAH	FS	Entre 30 y 60 minutos	UNGRD	Si	1	60	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	45			
								3	30			
BS	Soporte	Establecer prioridades de los requerimientos para la atención y para mantener la gobernabilidad	AS	FS	Entre 10 y 30 minutos	UNGRD	Si	1	30	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	20			
								3	10			
CS	Soporte	Organizar y poner en funcionamiento los requerimientos disponibles en la zona	BS	FS	Entre 24 y 36 horas	UNGRD Local/ Municipal	Si	1	2160	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	1800			
								3	1440			
DS	Soporte	Solicitar requerimientos a la Siguinte Instancia Gubernamental (SIG)	BS	FS	Entre 10 y 30 minutos	UNGRD	No			min		
								2	20			
EBR	Búsqueda y rescate	Censar socorristas	CBR	FS	entre 30 y 45 min	Bomberos	Si	1	45	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	37,5			

		inmediatamente disponibles						3	30			
FBR	Búsqueda y rescate	Dar ingreso a la zona a los socorristas necesarios de los disponibles	EBR	FS	Entre 5 y 10 min	Bomberos	No	1	5	min		
GBR	Búsqueda y rescate	Reservar en el PMU a los socorristas disponibles no requeridos	EBR	FS	Entre 10 y 30 minutos	Bomberos	No	1	10	min		
ES	Soporte	Desplazamiento de los requerimientos enviados por la SIG	DS	FS	Entre 4 horas y 6 horas	UNGRD	Si	1	360	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	300				
							3	240				
FS	Soporte	Recibir y verificar lo enviado por la SIG	ES	FS	Entre 2 y 5 min por lote o unidad	UNGRD Local/Municipal	Si	1	5	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	3,5				
							3	2				
GS	Soporte	Alistar y enviar a las zonas afectadas lo enviado por la SIG en orden de prioridad	FS	FS	Entre 2 y 3 horas	UNGRD Local/Municipal	Si	1	180	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	150				
							3	120				
HS	Soporte	Organizar y entregar lo enviado por la SIG a la zona en orden de prioridad	GS	FS	Entre 24 y 36 horas	UNGRD Local/Municipal	Si	1	2160	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	1800				
							3	1440				
IS	Soporte	Realizar o utilizar acuerdos de	DS	FS	Entre 1 y 2 horas	UNGRD	Si	1	120	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	90				

		cooperación para adquirir los requerimientos faltantes con entidades privadas						3	60			
JS	Soporte	Desplazamiento de los requerimientos enviados por los privados	IS	FS	Entre 4 y 6 horas	UNGRD	Si	1	360	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	300			
								3	240			
KS	Soporte	Recibir y verificar lo enviado por los privados	JS	FS	Entre 2 y 5 min por lote o unidad	UNGRD Local/Municipal	Si	1	5	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	3,5			
								3	2			
LS	Soporte	Alistar y enviar a las zonas afectadas lo enviado por los privados en orden de prioridad	KS	FS	Entre 2 y 3 horas	UNGRD Local/Municipal	Si	1	180	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	150			
								3	120			
MS	Soporte	Organizar y entregar lo enviado por los privados a la zona en orden de prioridad	LS	FS	Entre 24 y 36 horas	UNGRD Local/Municipal	Si	1	2160	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	1800			
								3	1440			
NS	Soporte	Solicitar ayuda internacional	IS	FS	entre 2 a 3 horas	UNGRD	Si	1	180	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	150			
								3	120			
OS	Soporte	Desplazamiento de los requerimientos	NS	FS	Entre 6 y 12 horas	UNGRD	Si	1	720	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
								2	540			

		enviados ayuda internacional						3	360			
PS	Soporte	Recibir y verificar lo enviado por ayuda internacional	OS	FS	Entre 2 y 5 min po lote o unidad	UNGRD Local/ Municipal	Si	1	5	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	3,5				
							3	2				
QS	Soporte	Alistar y enviar a las zonas afectadas lo enviado por ayuda internacional en orden de prioridad	PS	FS	Entre 2 y 3 horas	UNGRD Local/ Municipal	Si	1	180	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	150				
							3	260				
RS	Soporte	Organizar y entregar lo enviado por ayuda internacional a la zona en orden de prioridad	QS	FS	Entre 48 y 72 horas	UNGRD Local/ Municipal	Si	1	4320	min	Personal de apoyo	Agua y alimento
							2	3600				
							3	2880				
HBR	Búsqueda y rescate	Iniciar labores de localización de víctimas con vida	FBR	FS	Entre 1 y 2 horas	Bomberos	Si	1	120	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	90				
							3	60				
EAH	Ayuda Humanitaria	Entregar ayudas humanitarias enviadas por la siguiente instancia gubernamental	HS	FS	Entre 10 y 15 minutos por cada kit entregado	Ministerio de Salud y Protección Social – Cruz Roja Colombiana	Si	1	15	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	12,5				
							3	10				
FAH			MS	FS			Si	1	15	min		

	Búsqueda y rescate	Entregar ayudas humanitarias enviadas por privados y ONGs			Entre 10 y 15 minutos por cada kit entregado	Ministerio de Salud y Protección Social – Cruz Roja Colombiana		2	12,5		Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								3	10			
GAH	Búsqueda y rescate	Entregar ayudas humanitarias enviadas por privados y ONGs	RS	FS	Entre 10 y 15 minutos por cada kit entregado	Ministerio de Salud y Protección Social – Cruz Roja Colombiana	Si	1	15	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	12,5			
								3	10			
IBR	Búsqueda y rescate	Priorizar zonas dentro del área delimitada	HBR	FS	Entre 20 y 30 min	Bomberos	Si	1	30	min	Personal / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	25			
								3	20			
JBR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate con socorristas iniciales de acuerdo a la necesidad de la zona	IBR	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	390			
								3	360			
KBR	Búsqueda y rescate	Censar a los socorristas enviados por la SIG y reservar hasta dar ingreso	HS	FS	Entre 20 y 40 min	Bomberos	Si	1	40	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
								2	30			
								3	20			
LyMBR	Búsqueda y rescate	Registrar y llevar a los rescatados a albergues y	JBR, QBR, VBR, AABR, DDBR y HHBR	SS	Entre 5 y 10 min por persona rescatada	Bomberos	Si	1	10	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (Computadores)	Agua y alimento / Combustible para GE
								2	20			
								3	5			

		puntos de atención										
NBR	Búsqueda y rescate	Dar salida de la zona a los socorristas en trabajo que ingresaron en FBR	JBR	FS	Entre 10 y 15 minutos	Bomberos	No	1	10	min		
OBR	Búsqueda y rescate	Dar condiciones de descanso a los socorristas salientes de N y reservar hasta que puedan volver a las labores	NBR	FS	Entre 4 y 8 horas	Bomberos	No	1	480	min		
PBR	Búsqueda y rescate	Dar ingreso a la zona a los socorristas iniciales suplentes y enviados por la SIG	GBR, NBR, KBR	FS	Entre 5 y 10 min	Bomberos	No	1	5	min		
QBR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate con socorristas iniciales suplentes y enviados por la SIG de acuerdo a la necesidad de la zona	PBR	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	390				
							3	360				
RBR	Búsqueda y rescate	Dar salida de la zona a los socorristas en	QBR	FS	Entre 10 y 15 minutos	Bomberos	No	1	10	min		

		trabajo que ingresaron en PBR										
SBR	Búsqueda y rescate	Dar condiciones de descanso a los socorristas salientes de Q y reservar hasta que puedan volver a las labores	RBR	FS	Entre 4 y 8 horas	Bomberos	No	1	480	min		
TBR	Búsqueda y rescate	Censar a los socorristas enviados por privados y reservar hasta dar ingreso	MS	FS	Entre 20 y 40 min	Bomberos	Si	1	40	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	30				
							3	20				
UBR	Búsqueda y rescate	Dar ingreso a la zona a los socorristas suplentes de O y enviados por los privados	OBR, RBR, TBR	FS	Entre 5 y 10 min	Bomberos	No	1	5	min		
VBR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate con socorristas entrantes en U	UBR	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	390				
							3	360				
WBR	Búsqueda y rescate	Dar salida de la zona a los socorristas en trabajo que ingresaron en U	VBR	FS	Entre 10 y 15 minutos	Bomberos	No	1	10	min		
XBR			WBR	FS		Bomberos	No	1		min		

	Búsqueda y rescate	Dar condiciones de descanso a los socorristas salientes de V y reservar hasta que puedan volver a las labores			Entre 4 y 8 horas				480			
YBR	Búsqueda y rescate	Censar a los socorristas enviados por ayuda internacional y reservar hasta dar ingreso	RS	FS	Entre 20 y 40 min	Bomberos	Si	1	40	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	30				
							3	20				
ZBR	Búsqueda y rescate	Dar ingreso a la zona a los socorristas suplentes de S y enviados por la ayuda internacional	SBR, WBR, YBR	FS	Entre 5 y 10 min	Bomberos	No	1	5	min		
AABR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate con socorristas entrantes en Z	ZBR	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible
							2	390				
							3	360				
BBBR	Búsqueda y rescate	Dar salida de la zona a los socorristas en trabajo que ingresaron en Z	AABR	FS	Entre 10 y 15 minutos	Bomberos	No	1	10	min		
CCBR	Búsqueda y rescate	Dar condiciones de descanso a los socorristas	BBBR	FS	Entre 4 y 8 horas	Bomberos	No	1	480	min		

		salientes de AA y reservar hasta que puedan volver a las labores											
DDBR	Búsqueda y rescate	Dar ingreso a la zona a los socorristas suplentes de X	XBR, CCBR	FS	Entre 5 y 10 min	Bomberos	No	1	5	min			
EEBR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate con socorristas entrantes en DD	DDBR	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible	
							2	390					
							3	360					
FFBR	Búsqueda y rescate	Dar salida de la zona a los socorristas en trabajo que ingresaron en DD	EEBR	FS	Entre 10 y 15 minutos	Bomberos	No	1	10	min			
GGBR	Búsqueda y rescate	Dar condiciones de descanso a los socorristas salientes de EE y reservar hasta que puedan volver a las labores	FFBR	FS	Entre 4 y 8 horas	Bomberos	No	1	Intervalo	min			
								480					
								240					
HHBR	Búsqueda y rescate	Efectuar labores de búsqueda y rescate ciclicamente con los	CCBR, FFBR, GGBR(SS)	FS	Entre 6 y 7 horas	Bomberos	Si	1	420	min	Personal de apoyo / Equipos y maquinas de apoyo (drones)	Agua y alimento / Combustible	
								2	390				
								3	360				

