

## Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

**BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA**  
UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
Chía - Cundinamarca



El presente formulario debe ser diligenciado en su totalidad como constancia de entrega del documento para ingreso al Repositorio Digital (Dspace).

<b>TITULO</b>	ANALISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTOS EN LA ETAPA MEDIATA DEL DESASTRE PARA LA ZONA NORTE ESTABLECIDA POR LA CRUZ ROJA COLOMBIANA.		
<b>SUBTITULO</b>			
<b>AUTOR(ES)</b> Apellidos, Nombres (Completo) del autor(es) del trabajo	Bohórquez Gutiérrez, Lina Marcela		
<b>PALABRAS CLAVE</b> (Mínimo 3 y máximo 6)	Logística humanitaria		modelos matemáticos en logística humanitaria
	Respuesta a desastres		
	Distribución de recursos		
<b>RESUMEN DEL CONTENIDO</b> (Mínimo 80 máximo 120 palabras)	<p>Actualmente el sistema nacional de atención y prevención de desastres de Colombia no ha realizado estudios previos con respecto a los tiempos de respuesta del sistema de distribución de ayudas a la población afectada por los desastres, la distribución es inmediata pero las características del sistema no se tienen en cuenta en su totalidad. El presente trabajo propone un modelo que representará la distribución de alimentos para población afectada. El método de solución del modelo será Programación Entera Mixta. El modelo determinará el menor tiempo de respuesta, la cantidad de alimento, el tipo de transporte a ser usado y la ruta adecuada para la distribución. Una vez se realizó la prueba del modelo, se hizo la comparación con datos históricos y se observó una reducción de tiempo de respuesta entre el 15% y el 24%.</p>		

Autorizo (amos) a la Biblioteca Octavio Arizmendi Posada de la Universidad de La Sabana, para que con fines académicos, los usuarios puedan consultar el contenido de este documento en las plataformas virtuales de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



**ANALISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN LA  
DISTRIBUCION DE ALIMENTOS EN LA ETAPA MEDIATA DEL  
DESASTRE PARA LA ZONA NORTE ESTABLECIDA POR LA CRUZ ROJA  
COLOMBIANA**

LINA MARCELA BOHORQUEZ GUTIÉRREZ

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE PROCESOS  
Bogotá  
2012**



**ANALISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN LA  
DISTRIBUCION DE ALIMENTOS EN LA ETAPA MEDIATA DEL  
DESASTRE PARA LA ZONA NORTE ESTABLECIDA POR LA CRUZ ROJA  
COLOMBIANA**

**Lina Marcela Bohórquez Gutiérrez**

**Trabajo de grado para optar al título de magister en diseño y gestión de  
procesos**

**Director:**

**MCs. Leonardo José González Rodríguez**

**Universidad de La sabana**

**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Diseño y Gestión de Procesos**

**Línea de investigación del grupo de sistemas logísticos**

**Bogotá**

**2012**



**ANALISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN LA  
DISTRIBUCION DE ALIMENTOS EN LA ETAPA MEDIATA DEL  
DESASTRE PARA LA ZONA NORTE ESTABLECIDA POR LA CRUZ ROJA  
COLOMBIANA**

---

**JURADO 1**

---

**JURADO 2**

---

**JURADO 3**

---

**DIRECTOR 1**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	10
2. OBJETIVOS .....	12
2.2. OBJETIVO GENERAL.....	12
2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
3. MARCO DE REFERENCIA.....	13
3.1. ANTECEDENTES.....	13
3.1.1. Clasificación de artículos de modelos matemáticos y su aplicación en la distribución de recursos en logística humanitaria.....	13
3.1.1.1 Clasificación de tipo descriptivo .....	13
3.1.1.2. Clasificación de artículos que representan un modelo matemático...	15
3.2. MARCO CONCEPTUAL.....	20
3.2.1. Logística Humanitaria.....	20
3.2.2. Etapas de las operaciones en la gestión de desastres .....	21
3.2.2.1. Mitigación .....	22
3.2.2.2. Preparación.....	22
3.2.2.3. Respuesta .....	23
3.2.2.4. Recuperación .....	23
3.2.3. Métodos utilizados en la representación de un escenario en la logística humanitaria .....	23
3.3. VARIABLES.....	24
3.4. HIPOTESIS.....	24
4. METODOLOGÍA.....	25
4.1.1. Definición de la problemática actual.....	25
4.1.2. Formulación del modelo matemático.....	26
4.1.3. Solución del modelo matemático. ....	27
4.1.4. Prueba del modelo matemático.....	28
5. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL .....	30
5.1. ESTUDIAR EL SISTEMA Y SUS CARACTERÍSTICAS .....	30
5.2. DETERMINAR EL OBJETIVO DEL SISTEMA. ....	39
5.3. DETERMINAR LA INFORMACIÓN Y LOS DATOS DISPONIBLES.....	40
6. FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	41
6.1. IDENTIFICAR LOS CONJUNTOS Y LOS PARÁMETROS DEL MODELO.....	41
6.2. IDENTIFICAR VARIABLES DE DECISIÓN. ....	41

6.3. DESCRIBIR Y ESTABLECER LA FUNCIÓN OBJETIVO Y LAS RESTRICCIONES DEL MODELO.....	42
6.4. DETERMINAR MÉTODO DE SOLUCIÓN DEL MODELO. ....	43
7. SOLUCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO. ....	44
7.1. SELECCIONAR EL PROGRAMA PARA RESOLVER EL MODELO.....	44
7.2. TRASLACIÓN DEL MODELO .....	44
8. PRUEBA DEL MODELO MATEMÁTICO. ....	45
8.1. REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS AL MODELO (SI SE REQUIERE).....	45
8.1.1 SEGURIDAD DE LAS RUTAS Y CENTROS DE ACOPIO .....	45
8.2. VALIDAR EL MODELO CON DATOS HISTÓRICOS DEL SISTEMA ACTUAL.....	47
9. RESULTADOS DE LOS DOS ESEENARIOS .....	52
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
11. CONCLUSIONES.....	59
12. BIBLIOGRAFIA .....	62
13. ANEXOS .....	69

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Número de artículos científicos publicados por revista desde año 2002 hasta año 2012.....	14
Tabla 2. Número de artículos según aporte al conocimiento .....	15
Tabla 3. Cantidad de publicaciones por año .....	15
Tabla 4. Tipo de Modelo.....	16
Tabla 5. Tipo de Modelo y Autores.....	16
Tabla 6. Cantidad de artículos según método de solución del modelo .....	18
Tabla 7. Métodos de solución y autores.....	18
Tabla 8. Cantidad de artículos según función objetivo del modelo.....	19
Tabla 9. Función objetivo y autores.....	19
Tabla 10. Densidades por Departamento.....	31
Tabla 11. Rangos para determinar número de puntos (nodos).....	31
Tabla 12. Resumen conteo por día y por Municipio de probabilidad de desastre en el mes de Septiembre de 2012.....	32
Tabla 13. Puntos (nodos) establecidos por densidad de población frente a los establecidos por probabilidad de desastre. ....	34
Tabla 14. Coordenadas y dirección de las dos Bodegas de abastecimiento. ....	34
Tabla 15. Coordenadas y dirección de los 17 nodos.....	34
Tabla 16. Distancias y tiempos de recorrido de las rutas desde la Bodega 1 hasta cada uno de los puntos (nodos).....	36
Tabla 17. Distancias y tiempos de recorrido de las rutas desde la Bodega 2 hasta cada uno de los puntos (nodos).....	37
Tabla 18. Matriz de tiempos de recorrido .....	38
Tabla 19. Kits de ayuda humanitaria .....	38
Tabla 20. Capacidades de las dos bodegas de la Zona Norte .....	39
Tabla 21. Capacidad de cada camioneta en cantidad de kits .....	39
Tabla 22. Escenario 1. Tiempos de Respuesta y Porcentajes de reducción.....	54
Tabla 23. Escenario 2. Tiempos de Respuesta y Porcentajes de reducción.....	55



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Fases - Definición problemática actual.....	26
Figura 2. Fases - Formulación del modelo matemático.....	27
Figura 3. Fases - Solución del modelo matemático.....	28
Figura 4. Fases - Prueba del modelo matemático.....	29
Figura 5: Escenario 1. Tiempos de Respuesta para la Guajira. Modelo vs Cruz Roja.....	54
Figura 6: Escenario 1. Tiempos de Respuesta para Magdalena. Modelo vs Cruz Roja.....	55
Figura 7. Escenario 2. Tiempos de Respuesta para Magdalena. Modelo vs Cruz Roja.....	56
Figura 8. Escenario 2. Tiempos de Respuesta para Atlántico. Modelo vs Cruz Roja .....	56

## LISTADO DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Zonificación Operativa y de respuesta - Cruz Roja Colombiana..	69
<b>Anexo B.</b> Tipos de Bodega - Cruz Roja Colombiana.....	70
<b>Anexo C.</b> Ubicación Geográfica Bodegas Zonales - Tipo B - Cruz Roja Colombiana.....	71
<b>Anexo D.</b> Informes técnicos diarios del Ideam.....	72
<b>Anexo E.</b> Resumen de los reportes de los 30 días del mes de Septiembre de 2012.....	78
<b>Anexo F.</b> Conteo por día y por municipio de la probabilidad de desastre para el tipo de alerta roja.....	80
<b>Anexo G.</b> 34 Mapas con las rutas demarcadas para cada una de las bodegas y para cada uno de los puntos de reubicación (nodos).....	81
<b>Anexo H.</b> Características de los kits de ayuda humanitaria sugeridos por la Cruz Roja Colombiana.....	99
<b>Anexo I.</b> Traslación del modelo.....	100

## INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental mundial causada principalmente por la utilización inadecuada que ha hecho el ser humano del territorio y de sus recursos naturales, ha hecho que las entidades de prevención y atención de desastres a nivel mundial, enfatizan en el manejo y estudio de los mismos, lo que ha conllevado a que día tras día estas entidades profundicen en la logística humanitaria, la cual sirve de puente en las diferentes catástrofes entre la preparación de los desastres y una respuesta adecuada. (Wassenhove, 2006). La velocidad de esta respuesta dependerá, en parte, de la pericia y buen hacer de los logistas en todo el proceso de abastecimiento, adquisición, relaciones con los proveedores y relaciones inter-agencias. Es necesario tener claridad de las características del desastre para poder dar una respuesta lo más adecuada posible a la población afectada. (Nevado, 2010).

En la actualidad el sistema nacional de atención y prevención de desastres no ha realizado estudios previos con respecto a los tiempos de respuesta del sistema de distribución de ayudas a la población afectada, las situaciones se presentan sin previo aviso y la distribución se realiza de manera inmediata pero sin tener en cuenta la totalidad de las características del sistema de atención. (Cruz Roja Colombiana, 2011). Hacer la distribución de esta manera genera que los recursos no lleguen en el menor tiempo posible y que en algunos casos se pierdan por una asignación no adecuada. El presente trabajo propone un modelo que representará la distribución de alimentos postdesastre frente a las necesidades de la población para la zona norte establecida por la Cruz Roja Colombiana. El método de solución del modelo se determinó después de una revisión de literatura y está basado en Programación Entera Mixta. La novedad de la investigación radica principalmente en la propuesta de utilizar el modelo en la Cruz Roja Colombiana; el modelo pretende determinar el menor tiempo de respuesta a la población afectada y establecer la cantidad de alimento, el tipo de transporte y la ruta adecuada para realizar la distribución de los alimentos en la etapa de respuesta mediata del desastre.

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La logística se ha convertido en un componente de gran importancia en la ayuda humanitaria, el creciente problema ambiental, ha hecho que las entidades de prevención y atención de desastres a nivel mundial, enfatizan en el manejo y estudio de los mismos, lo que ha conllevado a que la comunidad académica profundice en este tema, el cual sirve de puente en las diferentes catástrofes entre la preparación de los desastres y una respuesta adecuada. (Wassenhove, 2006).

En el momento en el que se presentan los desastres se genera una movilización de personas, alimentos y medicinas las cuales deben ser suministradas en el menor tiempo posible (Kovács and Spens, 2007; Oloruntoba and Gray, 2006). La velocidad de esta respuesta dependerá, en parte, de la pericia y buen hacer de los logistas en todo el proceso de abastecimiento, adquisición, relaciones con los proveedores y relaciones inter-agencias. Es necesario tener claridad de las características del desastre, la coordinación entre actores, los inventarios, las bodegas y las terminales de transporte para poder dar una respuesta lo más adecuada posible a la población afectada. (Nevado, 2010; Thomas and Kopczak, 2005).

En la actualidad el sistema nacional de atención y prevención de desastres no ha realizado estudios previos con respecto a los tiempos de respuesta del sistema de distribución de ayudas a la población afectada, las situaciones se presentan sin previo aviso y la distribución se realiza de manera inmediata pero sin tener en cuenta la totalidad de las características del sistema de atención. (Cruz Roja Colombiana, 2011). Hacer la distribución de esta manera genera que los recursos no lleguen en el menor tiempo posible y que en algunos casos se pierdan por una asignación no adecuada. El presente trabajo propone un modelo que pretende determinar el menor tiempo de respuesta a la población afectada y establecer la cantidad de alimento, el tipo de transporte y la ruta adecuada para realizar la

distribución de los alimentos en la etapa de respuesta mediata del desastre en la Zona Norte establecida por la Cruz Roja Colombiana (esta zona se ha seleccionado por ser la que reporta en la actualidad datos históricos con los cuales se podrá realizar una comparación posterior del modelo).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el tiempo de respuesta en el sistema de distribución de alimentos de la Cruz Roja Colombiana en la etapa mediata del desastre para la zona norte, por medio de programación matemática entera mixta para aportar a la construcción de estrategias de distribución que agilicen la respuesta del sistema.

### **2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el sistema de distribución de alimentos para la zona norte Colombiana a través del análisis de la información suministrada por la Cruz Roja.
- Describir matemáticamente el sistema de distribución de alimentos postdesastre y proponer un modelo que busque reducir el tiempo de respuesta para la población afectada.
- Determinar la respuesta del modelo frente a 2 escenarios más probables basados en información histórica para determinar las condiciones de operación más relevantes.

### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

La revisión bibliográfica se realizó en las siguientes bases de datos: ISIs Web of Science®, Science Direct®, y Scopus®. Se buscaron artículos publicados en el periodo comprendido entre el año 2002 y el año 2012, y las palabras claves utilizadas fueron: “*Humanitarian logistics*”, “*Humanitarian Supply Chain Management*”, “*Disaster Response*”, “*Distribution of resources*” y “*Models*” y se filtraron solo los artículos que tuvieran que ver con Ingeniería y ciencias de administrativas, dejando por fuera los que tuvieran que ver con medicina, meteorología y psicología.

##### **3.1.1. Clasificación de artículos de modelos matemáticos y su aplicación en la distribución de recursos en logística humanitaria**

###### **3.1.1.1 Clasificación de tipo descriptivo**

Se realizó una clasificación de tipo descriptivo: *revista de publicación*, *año de publicación*, y *tipo de artículo según su aporte al conocimiento* (teórico, modelo, caso de estudio ó aplicación particular).

Se revisaron en total 50 artículos, en la Tabla 1, se muestra la revista de la publicación y los artículos publicados en cada una de ellas. El mayor número de publicaciones con un 14% (7 artículos) está en la revista Transportation Research Part E y el 12% lo reporta la revista International Journal of Production Economics, revista que se centra en los temas que tratan la relación entre la ingeniería y la gestión, es de carácter interdisciplinario y su objetivo es difundir el conocimiento para mejorar la práctica industrial y fortalecer la base teórica necesaria para apoyar la toma de decisiones.

Tabla 1. Número de artículos científicos publicados por revista desde año 2002 hasta año 2012

Nombre de la revista	Cantidad de artículos	Porcentaje
TRANSPORTATION RESEARCH PART E	7	14%
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTIONS ECONOMICS	6	12%
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	6	12%
COMPUTERS AND OPERATIONS RESEARCH	5	10%
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER MATHEMATICS	3	6%
JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY	3	6%
EXPERT SYSTEMAS WITH APPLICATIONS	2	4%
INTERNATIONAL JOURNAL OF PHYSICAL DISTRIBUTION AND LOGISTICS MANAGEMENT	2	4%
OR SPECTRUM	2	4%
ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH	1	2%
FOUNDATIONS AND TRENDS IN TECHNOLOGY, INFORMATION AND OPERATIONS MANAGEMENT	1	2%
INTERNATIONAL JOURNAL OF LOGISTICS RESEARCH AND APPLICATIONS	1	2%
INTERNATIONAL JOURNAL OF PUBLIC SECTOR MANAGEMENT	1	2%
NAVAL RESEARCH LOGISTICS	1	2%
OPTIMIZATION LETTERS	1	2%
PROCEDIA - SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES	1	2%
PROCEEDINGS OF THE ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM	1	2%
PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT	1	2%
SOCIO-ECONOMIC PLANNING SCIENCES	1	2%
STUDIES IN COMPUTATIONAL INTELLIGENCE	1	2%
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	1	2%
TRANSPORTATION RESEARCH PART B: METHODOLOGICAL	1	2%
TRANSPORTATION RESEARCH RECORD	1	2%
<b>Total revisión</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autor.

Para la clasificación basada en el aporte al conocimiento, se tomó como referencia de clasificación, la realizada por Altay & Green III (2006). Los artículos teóricos son aquellos que investigan en la distribución de recursos en logística humanitaria, en algunos casos prueban una hipótesis, y en otros aportan una base referencial sobre desafíos y avances en el tema. Los artículos que despliegan algún modelo o aplicación del mismo se clasifican en el segundo grupo. Para el tercer grupo no se tomará como referencia la clasificación de Altay & Green III (2006), debido a que la revisión realizada presenta varios artículos de estudio de casos, se tomará un tercer grupo de aplicaciones a desastres particulares. En la Tabla 2 se muestra ésta clasificación.



Tabla 2. Número de artículos según aporte al conocimiento

<b>Aporte al conocimiento</b>	<b>Cantidad de artículos</b>	<b>Porcentaje</b>
TEÓRICO	9	18%
MODELO	35	70%
CASO	6	12%
Total revisión	<b>50</b>	100%

Fuente: Autor.

La tabla anterior muestra que las publicaciones dedicadas al desarrollo de algún modelo o aplicación del mismo a la distribución de recursos en logística humanitaria (70%), superan a las publicaciones teóricas que aportan una base referencial sobre desafíos y avances en el tema (18%).

En cuanto al número de publicaciones *basadas en las representaciones matemáticas y los métodos de solución utilizados en la distribución de recursos en la logística humanitaria*, se observa un aumento representativo en el último año de revisión (2012), en el que se reporta el 20% del total de publicaciones. Lo anterior se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de publicaciones por año

<b>Año</b>	<b>Cantidad de artículos</b>	<b>Porcentaje</b>
2002	3	6%
2003	2	4%
2004	3	6%
2005	3	6%
2006	5	10%
2007	6	12%
2008	3	6%
2009	4	8%
2010	6	12%
2011	5	10%
2012	10	20%
Total revisión	<b>50</b>	100%

Fuente: Autor.

### **3.1.1.2. Clasificación de artículos que representan un modelo matemático.**

Teniendo en cuenta que el objetivo de esta revisión es identificar las representaciones matemáticas y los métodos de solución asociados a las

mismas, utilizados para la determinación de sistemas de distribución de recursos en la logística humanitaria, se tomarán como referencia los 35 artículos clasificados como modelo y los 6 artículos clasificados como caso.

En esta clasificación se realizará la revisión de *tipo de modelo, método de solución del modelo y función objetivo planteada en el modelo*.

Se observó que el tipo de modelo del 17% de los artículos es estocástico y el 73% es determinístico. Esta clasificación se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipo de Modelo

Tipo de Modelo	Cantidad de artículos	Porcentaje
Estocástico	7	17%
Determinístico	34	83%
Total revisión	41	100%

Fuente: Autor.

A continuación en la Tabla 5 se presentan los autores de las publicaciones de acuerdo al tipo de modelo.

Tabla 5. Tipo de Modelo y Autores

Tipo de Modelo	Autor
Estocástico	Barbarosolu, G., Arda, Y. (2004)
	M.-S. Chang et al. (2007)
	Hua, Z., Yang, J., Huang, F., Xu, X.(2009)
	Rawls, C.G., Turnquist, M.A.(2010)
	Salmerón, J., Apte, A.(2010)
	N. Noyan (2012)
	Döyen, A., Aras, N., Barbarosoğlu, G. (2012)
Determinístico	Barbarosolu, G., Özdamar, L., Çevik, A. (2002)
	Berman, O., Krass, D. (2002)
	Viswanath, K., Peeta, S. (2003)
	Özdamar, L., Ekinci, E., Küçükyazici, B. (2004)
	Pal, P., Das, C.B., Panda, A., Bhunia, A.K. (2005)
	Klose, A., Drexel, A.(2005)
	B. Bilgen, I. Ozkarahan (2006)
	A. Bellabdaoui, J. Teghem (2006)
	Ma, H. , Suo, C. (2006)
	Meepetchdee, Y. , Shah, N.(2007)
	Wei Yi, Linet Özdamar. (2007)
	De Angelis, V., Mecoli, M., Nikoi, C., Storchi, G. (2007)
	Yi, W., Kumar, A.(2007)
	Tzeng, G.-H., Cheng, H.-J., Huang, T.D.(2007)

Balcik, B., Beamon, B.M.(2008)
Saadatseresht, M. , Mansourian, A. , Taleai, M. (2009)
Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Nolz, P.C.(2009)
H.O. Mete, Z.B. Zabinsky (2010)
C.C. Chern et al. (2010)
Zhi-Hua Hu (2010)
Nolz, P.C., Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Hartl, R.F.(2010)
A. Kova´cs (2011)
S. Rath, W.J. Gutjahr (2011)
Yokoya, D. , Yamada, T. (2011)
Huang, M.,Smilowitz, K.,Balcik, B.(2011)
Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., Danne, C.(2011)
P.N. Thanh et al. (2012)
M. Huang et al. (2012)
B.B. Keskin et al. (2012)
A.C.Y. Li et al. (2012)
F. Liberatore et al. (2012)
J.-H. Zhang et al. (2012)
Huang, M.,Smilowitz, K.,Balcik, B.(2012)
Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A. (2012)

Fuente: Autor.

En lo que se refiere a método de solución del modelo, el 59% reporta el uso de programación entera y entera mixta, el 7% la combinación de programación entera mixta y heurística, el 7% el método heurístico y el 27% otros métodos. Esta clasificación se observa en la Tabla 6.

Se observa una cantidad representativa en el método de solución con Programación Entera y Entera Mixta. La Programación entera requiere que una ó más de las variables de decisión tomen valor entero en la solución final. La Programación Entera Mixta requiere que algunas variables tengan valores enteros mientras que otras pueden asumir cualquier número no negativo, es decir, cualquier valor continuo.

Tabla 6. Cantidad de artículos según método de solución del modelo

Método de Solución	Cantidad de artículos	Porcentaje
Programación Entera Mixta (MIP) y Programación Entera (IP)	24	59%
Programación Entera Mixta (MIP) + Heurística	3	7%
Heurística	3	7%
Otras	11	27%
Total revisión	41	100%

Fuente: Autor.

A continuación se presenta la Tabla 7 con los tres métodos de solución que presentan mayor porcentaje y los autores de las publicaciones.

Tabla 7. Métodos de solución y autores.

Método de Solución	Autor
Programación Entera Mixta (MIP) y Programación Entera (IP)	Berman, O., Krass, D. (2002)
	Viswanath, K., Peeta, S. (2003)
	Barbarosolu, G., Arda, Y. (2004)
	Özdamar, L., Ekinçi, E., Küçükayazıcı, B. (2004)
	Pal, P., Das, C.B., Panda, A., Bhunia, A.K. (2005)
	Klose, A., Drexl, A.(2005)
	B. Bilgen, I. Ozkarahan (2006)
	A. Bellabdaoui, J. Teghem (2006)
	Ma, H. , Suo, C. (2006)
	Meepetchdee, Y. , Shah, N.(2007)
	Wei Yi, Linet Özdamar. (2007)
	De Angelis, V., Mecoli, M., Nikoi, C., Storchi, G. (2007)
	Tzeng, G.-H., Cheng, H.-J., Huang, T.D.(2007)
	Balcik, B., Beamon, B.M.(2008)
	H.O. Mete, Z.B. Zabinsky (2010)
	C.C. Chern et al. (2010)
	Zhi-Hua Hu (2010)
	Rawls, C.G., Turnquist, M.A.(2010)
	Salmerón, J., Apte, A.(2010)
	A. Kova'cs (2011)
Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., Danne, C.(2011)	
J.-H. Zhang et al. (2012)	
Döyen, A., Aras, N., Barbarosoğlu, G. (2012)	
Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A. (2012)	
Programación Entera Mixta (MIP) + Heurística	S. Rath, W.J. Gutjahr (2011)
	P.N. Thanh et al. (2012)
	B.B. Keskin et al. (2012)
Heurística	Yi, W., Kumar, A.(2007)
	Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Nolz, P.C.(2009)
	A.C.Y. Li et al. (2012)

Fuente: Autor.

En cuanto a la clasificación que hace referencia a la función objetivo, el 17% reporta como función objetivo el tiempo, el 20% el costo y el 63 % multiobjetivo. En la Tabla 8 se muestra esta clasificación.

Tabla 8. Cantidad de artículos según función objetivo del modelo

<b>Función objetivo</b>	<b>Cantidad de artículos</b>	<b>Porcentaje</b>
Tiempo	7	17%
Costo	8	20%
Multiobjetivo	26	63%
Total revisión	41	100%

Fuente: Autor.

Las operaciones en la distribución de recursos postdesastre deben cumplir todas las demandas en un período muy corto de tiempo. (C.C. Chern et al. 2010). Las necesidades de la población no dan espera y el tiempo se convierte en prioridad en el momento de la asignación.

A continuación se presenta la Tabla 9 con la función objetivo y los autores de las publicaciones.

Tabla 9. Función objetivo y autores.

<b>Función objetivo</b>	<b>Autor</b>
Tiempo	Pal, P., Das, C.B., Panda, A., Bhunia, A.K. (2005)
	M.-S. Chang et al. (2007)
	Balcik, B., Beamon, B.M.(2008)
	H.O. Mete, Z.B. Zabinsky (2010)
	A. Kova'cs (2011)
	B.B. Keskin et al. (2012)
	A.C.Y. Li et al. (2012)
Costo	B. Bilgen, I. Ozkarahan (2006)
	A. Bellabdaoui, J. Teghem (2006)
	Meepetchdee, Y. , Shah, N.(2007)
	C.C. Chern et al. (2010)
	M. Huang et al. (2012)
	J.-H. Zhang et al. (2012)
	Döyen, A., Aras, N., Barbarosoğlu, G. (2012)

	Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A. (2012)
Multiobjetivo	Barbarosolu, G., Özdamar, L., Çevik, A. (2002)
	Berman, O., Krass, D. (2002)
	Viswanath, K., Peeta, S. (2003)
	Barbarosolu, G., Arda, Y. (2004)
	Özdamar, L., Ekinci, E., Küçükyazici, B. (2004)
	Klose, A., Drexl, A.(2005)
	Ma, H. , Suo, C. (2006)
	Wei Yi, Linet Özdamar. (2007)
	De Angelis, V., Mecoli, M., Nikoi, C., Storchi, G. (2007)
	Yi, W., Kumar, A.(2007)
	Tzeng, G.-H., Cheng, H.-J., Huang, T.D.(2007)
	Saadatseresht, M. , Mansourian, A. , Taleai, M. (2009)
	Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Nolz, P.C.(2009)
	Hua, Z., Yang, J., Huang, F., Xu, X.(2009)
	Zhi-Hua Hu (2010)
	Rawls, C.G., Turnquist, M.A.(2010)
	Salmerón, J., Apte, A.(2010)
	Nolz, P.C., Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Hartl, R.F.(2010)
	S. Rath, W.J. Gutjahr (2011)
	Yokoya, D. , Yamada, T. (2011)
	Huang, M.,Smilowitz, K.,Balcik, B.(2011)
	Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., Danne, C.(2011)
	P.N. Thanh et al. (2012)
	F. Liberatore et al. (2012)
	N. Noyan (2012)
	Huang, M.,Smilowitz, K.,Balcik, B.(2012)

Fuente: Autor.

## 3.2. MARCO CONCEPTUAL

### 3.2.1. Logística Humanitaria

El término Logística Humanitaria en la literatura es relativamente nuevo, es utilizado para articular las actividades relacionadas con el transporte, almacenamiento, adquisición de materiales, vías de comunicación y traslado de personas; con el objetivo de de ayudar a la supervivencia de las personas víctimas del desastre (Kovács and Spens, 2007). Una definición del término bastante cercana a esta la tienen autores como Whiting and Ayala-Öström (2009) y Van Wassenhove (2006) quienes definen logística humanitaria como los procesos involucrados en la movilización de personas y recursos; y los conocimientos

requeridos para ayudar a las personas víctimas del desastre. Tomando la definición sistémica de logística dada por Kalenatic et al (2009) y los elementos tenidos en cuenta por Kovács and Spens (2007), Whiting and Ayala-Öström (2009) y Van Wassenhove (2006) se plantea como definición de logística humanitaria: La gestión de los sistemas de soporte ó apoyo que integran el sistema logístico humanitario, fundamentado en las interacciones internas que comprenden la movilización de personas y recursos al igual que los conocimientos requeridos para ayudar a las personas víctimas del desastre; siempre teniendo en cuenta el entorno político, social y económico. Obteniendo de esta manera las características y el marco del desastre para dar una respuesta lo más adecuada posible a la población afectada. (Nevado, 2010).

### **3.2.2. Etapas de las operaciones en la gestión de desastres**

Tufekci y Wallace (1998) sugieren que la operación en la gestión de los desastres consta de dos etapas, previa al episodio y post-evento de respuesta. Las tareas previas al evento incluyen la predicción y el análisis de peligros potenciales y desarrollar planes de acción necesarios para la mitigación. Después del evento, el desafío es localización, asignación, coordinación y gestión de recursos disponibles. Green (2002), Waugh (2000) Godschalk (1991) y Waugh y Hy (1990) describen en términos de cuatro fases programáticas las operaciones en la gestión de desastres: la mitigación, la preparación, la respuesta y la recuperación. Además, esta descripción de cuatro fases se basa en el Concepto de Manejo de Emergencias introducido en el informe de 1978 de los gobernadores nacionales en Estados Unidos. La mitigación es la aplicación de medidas para prevenir la aparición de un desastre o reducir los impactos que se esté produzca. Las actividades de preparación orientan a la comunidad para responder cuando un desastre ocurre. La respuesta es el empleo de los recursos y los procedimientos de emergencia guiados por los planes para preservar la vida, la propiedad, el medio ambiente, la estructura social, económica y política de la comunidad. La recuperación implica las acciones tomadas en el largo plazo después de que el

impacto inmediato de la catástrofe ha pasado para estabilizar la comunidad y para restablecer cierta apariencia de normalidad. (Altay y Green, 2006). A continuación se presenta una recopilación de las actividades típicas que intervienen en cada de estas cuatro etapas sugeridas por los autores antes mencionados.

### **3.2.2.1. Mitigación**

- Barrera construcción para desviar las fuerzas de desastres
- Las medidas activas de prevención para controlar situaciones en vías de desarrollo
- Los códigos de construcción para mejorar la resistencia a los desastres de las estructuras
- Los incentivos fiscales o desincentivos
- Los controles sobre la reconstrucción después de los eventos
- Análisis de riesgo para medir el potencial de peligros extremos
- Seguros para reducir el impacto financiero de los desastres

### **3.2.2.2. Preparación**

- Contratación de personal para los servicios de emergencia y de grupos de voluntarios de la comunidad
- Planificación de emergencia
- Desarrollo de acuerdos de ayuda mutua y memorandos de entendimiento
- Capacitación para personal de respuesta y a ciudadanos interesados
- Presupuesto para la adquisición de vehículos y equipos
- El mantenimiento de suministros de emergencia
- Construcción de un centro de operaciones de emergencia
- El desarrollo de sistemas de comunicaciones
- Llevar a cabo ejercicios de desastre para capacitar al personal y las capacidades de prueba



### **3.2.2.3. Respuesta**

- Activar el centro de operaciones de emergencia
- La evacuación de poblaciones amenazadas
- La apertura de centros de acogida y la prestación de la atención de la masa de emergencia de rescate y atención médica
- Lucha contra incendios
- Búsqueda y rescate urbano
- Protección de la infraestructura de emergencia y la recuperación de los servicios básicos

### **3.2.2.4. Recuperación**

- Limpieza de desechos
- La asistencia financiera a personas y gobiernos
- La reconstrucción de carreteras y puentes e instalaciones clave
- La atención sostenida de poblaciones humanas y animales desplazadas
- Entierro de los restos humanos desplazados
- La restauración completa de los servicios básicos
- La salud mental y el cuidado pastoral

### **3.2.3. Métodos utilizados en la representación de un escenario en la logística humanitaria**

Existen diferentes métodos a utilizar para hacer frente a los problemas de desastres. Los métodos de estructuración encajan bien en situaciones que involucran múltiples actores, múltiples perspectivas, intereses opuestos y tangibles importantes (Mingers y Rosenhead, 2004). Para situaciones en las el conocimiento es incompleto, y las incertidumbres no parecen ser fácilmente resueltas, Bankes (1993) sugiere el uso de modelos de simulación para captar algunos aspectos de los fenómenos naturales que se presentan, por ejemplo, meteorológicas o principios geológicos, los detalles técnicos a través de la ingeniería y los modelos de comportamiento social. Gass (1994) menciona que los problemas en éste

ámbito son multi-objetivo, y las soluciones son buenas o malas, pero no" óptimas. Entonces, se puede considerar la opción de desarrollar modelos que satisfagan la totalidad o la mayor parte de las restricciones del sistema, sin tratar de optimizar la función objetivo. Por ejemplo, Papamichail y French (1999) se basan en el uso de las restricciones para la programación y desarrollan estrategias viables de evacuación para las emergencias nucleares.

### 3.3. VARIABLES

En este trabajo el modelo propuesto manejará las siguientes **variables controlables** (ligadas al sistema de distribución - variables de decisión):

- Tiempo total de respuesta
- Cantidad de alimento (kits de alimento)
- Tipo de transporte
- Ruta

Y las siguientes **variables no controlables**:

- Disponibilidad de transporte (tipo de transporte y capacidades)
- Población afectada (número de kits de alimento requeridos)
- Ubicación del desastre.

### 3.4. HIPOTESIS

Es posible generar con el modelo propuesto, tiempos de respuesta en la distribución de alimentos, menores en un 15%, a los del sistema de distribución actual de la Cruz Roja Colombiana?

## 4. METODOLOGÍA

La metodología que se seguirá para el desarrollo de esta investigación se basa en la metodología propuesta Mete y Zabinsky (2010), Bilgen y Ozkarahan (2007), Thanh (2012), Bellabdaoui y Teghem (2006), Kovaćs (2011), Li (2012), Liberatore (2012) y Rath y Gutjahr (2011); autores que definen cuatro fases: la definición de la problemática actual, la formulación del modelo matemático en donde está contemplada la notación paramétrica, la función objetivo y las restricciones, una tercera que implica la solución y la cuarta en donde se realiza la prueba del modelo. A continuación se presenta un resumen de las cuatro fases que intervienen en la construcción de un modelo matemático sugeridas por los autores antes mencionados. En los siguientes capítulos se irán desarrollando cada una de las etapas.

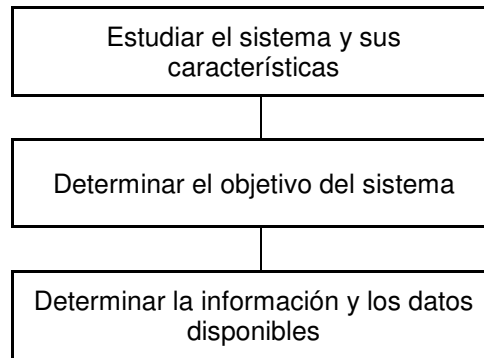
### 4.1. ETAPAS DE LA METODOLOGIA

**4.1.1. Definición de la problemática actual.** La primera actividad que se debe realizar es el estudio del sistema relevante, esto incluye determinar los objetivos, las restricciones sobre lo que se puede hacer y los diferentes cursos de acción posibles, las interrelaciones del área bajo estudio con otras áreas de la organización, los límites de tiempo para tomar una decisión. Este proceso de definir el problema es muy importante ya que afectará en forma significativa las conclusiones en estudio, lo cual hace imposible extraer una respuesta correcta de un problema equivocado.

El reconocimiento de la situación-problema se torna cada vez más claro, a medida que se van conociendo los datos.

A continuación la Figura 1 muestra un diagrama con las fases a seguir en la definición del la problemática actual.

Figura 1. Fases - Definición problemática actual



Fuente: Autor

**4.1.2. Formulación del modelo matemático.** Una vez definido el problema la siguiente etapa consiste en formularlo para su análisis, mediante la construcción de un modelo que represente la esencia del problema. Los modelos son representaciones idealizadas de la realidad. Los modelos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema, una ventaja obvia es que el modelo describe un problema en forma mucho más concisa. Al desarrollar el modelo, se recomienda empezar con una versión muy sencilla y moverse, en forma evolutiva, hacia modelos más elaborados que reflejen mejor la complejidad del problema real. Los modelos siempre deben ser menos complejos que el sistema real, de otra manera, no tiene sentido trabajar con modelos si se puede trabajar con el sistema real en sí.

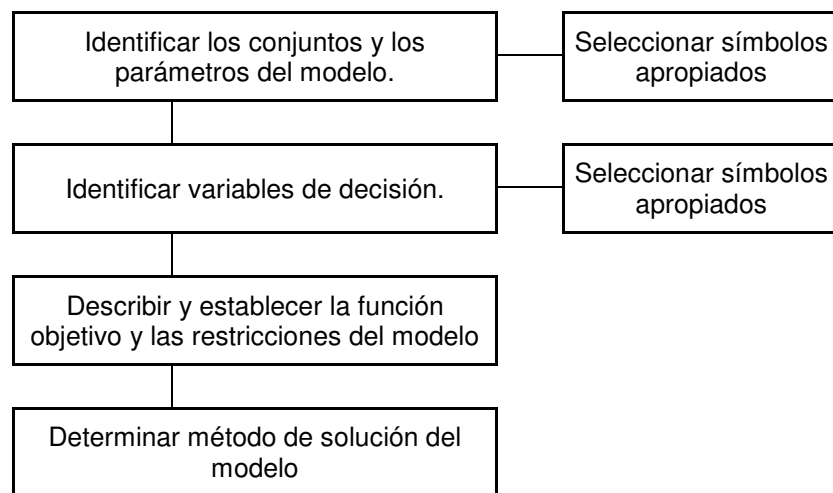
En la formulación del problema es necesario:

- Identificar los conjuntos y los parámetros del modelo.
- Seleccionar símbolos apropiados para dichos conjuntos y parámetros
- Identificar variables de decisión.
- Seleccionar símbolos apropiados para dichas variables.
- Describir y establecer la función objetivo y las restricciones del modelo, en términos matemáticos.
- Determinar método de solución del modelo

Se debe concluir con un conjunto de expresiones aritméticas y fórmulas, o ecuaciones algebraicas, o gráfico, o representaciones, o programa computacional que lleven a la solución o permitan deducir una.

A continuación la Figura 2 muestra un diagrama con las fases a seguir en la formulación del modelo matemático.

Figura 2. Fases - Formulación del modelo matemático.



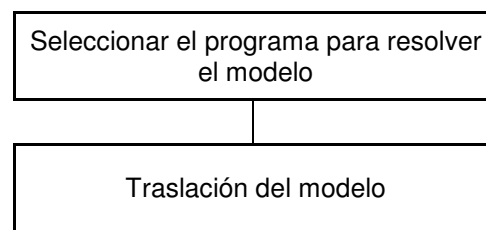
Fuente: Autor

**4.1.3. Solución del modelo matemático.** Una vez formulado el modelo para el problema bajo estudio, la siguiente etapa de un estudio consiste en desarrollar un procedimiento para derivar en una solución al problema a partir de este modelo, según el tipo de modelo este puede hacerse en computadora (traslación del modelo). Puede pensarse que esta debe ser la parte principal de estudio, pero por lo general no lo es, encontrar la solución es la parte del estudio, mientras que el verdadero trabajo se encuentra en las etapas anteriores y posteriores del estudio. Un tema común es la búsqueda de una solución óptima, es decir, la mejor, es necesario reconocer que estas soluciones son óptimas sólo respecto al modelo que se está utilizando. Como el modelo necesariamente es una idealización y no una representación del problema real, no puede existir una garantía de que la solución óptima del modelo resulte ser la mejor solución posible que pueda

llevarse a la práctica para el problema real. Esto, por supuesto, es de esperarse si se toma en cuenta los muchos imponderables e incertidumbre asociados a casi todos los problemas reales, pero si el modelo está bien formulado la solución debe tener una buena aproximación de curso de acción ideal para el problema real.

A continuación la Figura 3 muestra un diagrama con las fases a seguir en la Solución del modelo matemático.

Figura 3. Fases - Solución del modelo matemático.



Fuente: Autor

**4.1.4. Prueba del modelo matemático.** Para poder concluir el modelo, se torna necesario un chequeo para así comprobar en qué nivel éste se aproxima a la situación –problema traducida y a partir de ahí, poder utilizarlo.

De esta forma, se hace primero la interpretación del modelo y posteriormente, se comprueba la adecuación-convalidación.

Para interpretar el modelo se analizan las implicaciones de la solución, derivada del modelo que está siendo investigado. Entonces, se comprueba la adecuación del mismo, volviendo a la situación-problema investigada, evaluando cuán significativa y relevante es la solución.

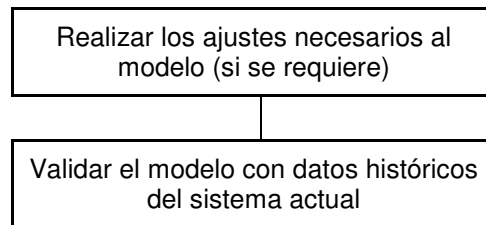
Sin duda que la primera versión de un modelo grande tenga muchas fallas, por lo tanto antes de usar el modelo debe probarse para identificar y corregir todas las fallas que se pueda, este proceso de prueba y mejoramiento se conoce como validación del modelo. Un modelo es válido si, independientemente de sus inexactitudes, puede dar una predicción confiable del funcionamiento del sistema. Un método común para probar la validez de un modelo es comparar su funcionamiento con algunos datos pasados disponibles del sistema actual (se le

llama también prueba retrospectiva). Debe notarse que tal método de validación no es apropiado para sistemas que no existen, ya que no habrá datos disponibles para poder comparar. Otro método podría ser incluir a una persona que no haya participado en la formulación del modelo, para poder encontrar errores.

Si el modelo no atiende a las necesidades que lo generó, el proceso debe ser retomado en la segunda etapa cambiando hipótesis, variables, etc. Es importante al concluir el modelo, elaborar un informe en el que se comuniquen todas las facetas del desarrollo, con el fin de propiciar su uso.

A continuación la Figura 4 muestra un diagrama con las fases a seguir en la Prueba del modelo matemático.

Figura 4. Fases - Prueba del modelo matemático.



Fuente: Autor

## **5. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL**

El sistema a representar se analizará en la zona Norte establecida por la Cruz Roja Colombiana, la cual incluye siete departamentos. Para el abastecimiento de esta zona se tienen establecidas dos bodegas, una ubicada en La Guajira (Riohacha) y la otra en Bolívar (Magangue). Cada una de las bodegas tiene disponibilidad de dos vehículos (un vehículo tipo 1 y uno tipo 2) para el transporte de los kits de ayuda humanitaria. (Cruz Roja Colombiana. 2012). Para cada uno de los siete departamentos, se establecerán puntos (nodos) de reubicación o campamentos, cuya cantidad se determinará de acuerdo a la densidad de población del departamento y a los datos de probabilidad de desastre reportados por el Ideam. El modelo pretende determinar el menor tiempo de respuesta a la población afectada y establecer la cantidad de alimento, el tipo de transporte, la ruta adecuada y el número de viajes para realizar la distribución de los alimentos en la etapa de respuesta mediata. Teniendo como datos de entrada: (1) la ubicación del desastre y (2) la cantidad de familias afectadas.

### **5.1. ESTUDIAR EL SISTEMA Y SUS CARACTERÍSTICAS**

#### *CANTIDAD DE PUNTOS (nodos) DE REUBICACIÓN PARA AFECTADOS Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS (nodos)*

De acuerdo a la zonificación operativa y de respuesta de la Cruz Roja Colombiana, la Zona Norte (Zona 1) incluye los departamentos de: Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Sucre, Bolivar y Córdoba. (Anexo A: Zonificación Operativa y de respuesta). Dentro de esta zona se tienen ubicadas dos bodegas tipo B (Anexo B: Tipos de Bodega - Cruz Roja Colombiana) las cuales abastecen los siete departamentos mencionados. (Anexo C: Ubicación Geográfica Bodegas Zonales - Tipo B).

De acuerdo a la densidad de población (Tabla 10) de cada uno de los departamentos, se determinará el número de puntos (nodos) de reubicación de



afectados que se establecerán conforme a los rangos que se especifican en la Tabla 11.

Tabla 10. Densidades por Departamento.

	<b>Departamento</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población (habitantes)</b>	<b>Densidad de Población (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Puntos (nodos) por Depto.</b>
1	Guajira	20.848	874.532	41,95	2
2	Cesar	22.905	991.584	43,29	2
3	Magdalena	23.188	1.223.875	52,78	2
4	Atlántico	3.388	2.403.027	709,28	4
6	Sucre	10.917	826.780	75,73	2
5	Bolívar	25.978	2.025.573	77,97	2
7	Córdoba	25.020	1.632.637	65,25	2
	<b>Total</b>	<b>132.244</b>	<b>9.978.008</b>	<b>75,45</b>	<b>16</b>

Fuente: Población 2012 (Censo 2005 – DANE). Áreas – (Departamento Nacional de Planeación - DPN)

Tabla 11. Rangos para determinar número de puntos (nodos).

<b>Rango en densidad de población</b>	<b>Puntos (nodos) por Departamento</b>
Menos de 150	2
Entre 151 y 400	3
Entre 401 y 750	4

Fuente: Cruz Roja Colombiana. 2012

Los puntos (nodos) establecidos por Departamento se ubicarán en los Municipios con probabilidad de desastre reportados por el Ideam (Pronósticos y Alertas – Informe Técnico diario) en el mes de Septiembre de 2012 para la Zona Caribe. El reporte del Ideam presenta el riesgo probable en tres tipos de alerta: la alerta roja (para tomar acción), la alerta naranja (para prepararse) y la alerta amarilla (para informarse). El Anexo D muestra la manera como el Ideam presenta el informe técnico diario. El Anexo E presenta un resumen de los reportes de los 30 días del mes de Septiembre de 2012 y el Anexo F muestra el conteo por día y por municipio de la probabilidad de desastre para el tipo de alerta roja.

A continuación en la Tabla 12 se muestra el resumen del conteo de Probabilidad de desastre por día y por municipio.

Tabla 12 Resumen conteo por día y por Municipio de probabilidad de desastre en el mes de Septiembre de 2012

<b>N°</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Cantidad total de reportes en el mes</b>
1	Guajira	Maicao	5
		Albania	4
		Barrancas	3
		Hato Nuevo	3
		Manaure	13
		Uribia	23
		Riohacha	14
		San Juan del Cesar	6
2	Cesar	Agustín Codazzi	9
		Astrea	6
		Becerril	6
		Bosconia	6
		Chimichagua	1
		Chiriguaná	1
		El Copey	2
		El Paso	9
		La Jagua de Ibirico	1
		La Paz	2
		San Diego	2
		Valledupar	8
		Manaure Balcón del cesar	1
		3	Magdalena
Fundación	3		
Algarrobo	2		
Ariguaní (El Difícil)	2		
Pijiño del Carmen	1		
Pivijay	2		
Sabanas de San Ángel	6		
Santa Ana	1		
Zona Bananera	2		
Ciénaga	1		
El Retén	3		
Pueblo Viejo	3		
Santa Marta	9		

4	Atlántico	Puerto Colombia	2
		Tubará	2
5	Sucre	Sampués	2
6	Bolívar	Arjona	10
		Zambrano	2
		Santa Rosa del Sur	5
7	Córdoba	Puerto Escondido	2
		Lorica	2

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Pronósticos y Alertas – Informe Técnico diario (Ideam)

Una vez hecho el análisis de la Tabla 12 se observa que es relevante tomar en algunos departamentos más puntos (nodos) de los que se establecieron inicialmente debido a los reportes de probabilidad de desastre, en consecuencia para los Departamentos de Guajira, Cesar , Magdalena y Bolívar se tomarán 3 puntos (nodos) en vez de 2. El Departamento de Atlántico reporta poca probabilidad de desastre y por ende pocos Municipios en alerta por esta razón se tomarán 2 puntos (nodos) en vez de 4 y para Sucre que presenta la misma situación se tomará un (1) punto (nodo) en vez de 2. Córdoba continuará con los 2 puntos (nodos) establecidos desde el principio. A continuación la Tabla 13 muestra una comparación de los puntos (nodos) establecidos por densidad de población frente a los establecidos por probabilidad de desastre.

Tabla 13. Puntos (nodos) establecidos por densidad de población frente a los establecidos por probabilidad de desastre.

	Departamento	Puntos (nodos) establecidos inicialmente por densidad de población	Puntos (nodos) Establecidos después de la revisión del IDEAM
1	Guajira	2	3
2	Cesar	2	3
3	Magdalena	2	3
4	Atlántico	4	2
6	Sucre	2	1
5	Bolívar	2	3
7	Córdoba	2	2
	Total Nodos	<b>16</b>	<b>17</b>

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Pronósticos y Alertas – Informe Técnico diario (Ideam) y Población 2012 (Censo 2005 – DANE).

### COORDENADAS DE LAS BODEGAS Y DE LOS PUNTOS DE REUBICACIÓN (nodos)

A continuación la Tabla 14 muestra las coordenadas y la dirección de las dos bodegas de abastecimiento.

Tabla 14. Coordenadas y dirección de las dos Bodegas de abastecimiento.

	Dirección	Coordenadas Geográficas
<b>Bodega 1. Guajira - Riohacha</b>	Calle 15 N° 8 - 69	11.542908,-72.90909
<b>Bodega 2. Bolivar - Maguangué</b>	Carrera 38 # 17A-2 a 17A-100	9.260353,-74.774365

Fuente: Cruz Roja Colombiana. 2012.

Los 17 puntos (nodos) se ubicaron en puntos céntricos fuera de peligro en cada uno de los 17 Municipios, la Tabla 15 muestra las coordenadas de cada punto (nodo) y la dirección de los puntos (nodos) para los que la registran.

Tabla 15. Coordenadas y dirección de los 17 nodos

Depto.	Nodo	Dirección	Coordenadas Geográficas
Guajira	Punto 1 Riohacha	Calle 11A # 1 a 99	11.541,-72.934542

Guajira	Punto 2 Uribia	---	11.915728,-71.998901
Guajira	Punto 3 Manaure	---	11.578,-72.567959
Cesar	Punto 4 Agustín Codazzi	Carrera 13A # 12A-1 a 12A-99	10.033365,-73.233334
Cesar	Punto 5 Valledupar	Carrera 19 # 15-1 a 15-99	10.48106,-73.252029
Cesar	Punto 6 El Paso	Carrera 2 Calle 2	9.699582,-73.753967
Magdalena	Punto 7 Sitio Nuevo	Carrera 8 Carrera 9	10.777588,-74.716714
Magdalena	Punto 8 Sabanas de San Ángel	San Ángel # 1 a 99	10.100466,-74.264917
Magdalena	Punto 9 Santa Marta	Calle 9 # 13-1 a 13-99	11.247482,-74.201671
Atlántico	Punto 10 Puerto Colombia	Carrera 10	11.017173,-74.883413
Atlántico	Punto 11 Tubará	90A - Tubará # 2 a 96	10.899836,-74.991005
Sucre	Punto 12 Sampués	Carrera 22 # 23-2 a 23-100	9.18188,-75.376532
Bolivar	Punto 13 Arjona	I-90 # 2 a 100	10.166718,-75.333335
Bolivar	Punto 14 Zambrano	80 - Zambrano # 2 a 100	9.750052,-74.833334
Bolivar	Punto 15 Santa Rosa del Sur	Calle 13 - 17	7.485027,-74.492798
Córdoba	Punto 16 Puerto Escondido	Calle 1	8.885072,-76.245117
Córdoba	Punto 17 Lorica	Calle 17A	9.237575,-75.808411

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información de Google maps.

### *DISTANCIAS Y TIEMPOS DE RECORRIDO*

Teniendo la ubicación exacta de las bodegas y de los puntos (nodos), por medio de google maps, se determinaron las rutas habilitadas de cada bodega a cada uno de los puntos (nodos). A continuación la Tabla 16 muestra las distancias y tiempos de las rutas desde la Bodega 1 hasta cada uno de los nodos y la Tabla 17 muestra las distancias y tiempos de las rutas desde la Bodega 2 hasta cada uno de los nodos

Tabla 16. Distancias y tiempos de recorrido de las rutas desde la Bodega 1 hasta cada uno de los puntos (nodos).

Bodega 1 Guajira - Riohacha						
Nodo	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 3	
	Distancia/tiempo recorrido	Vías	Distancia/tiempo recorrido	Vías	Distancia/tiempo recorrido	Vías
Punto 1 Riohacha	3.9 km 10 minutos	Calle 15	4.0 km 11 minutos	Calle 15 y Carrera 26	3.8 km 11 minutos	Calle 15 y Carrera 24
Punto 2 Uribia	148 km 3 horas 55 minutos	I-90 y I-88	-	-	-	-
Punto 3 Manaure	56.6 km 2 horas 4 minutos	I-90	-	-	-	-
Punto 4 Agustín Codazzi	279 km 5 horas 14 minutos	I-88	241 km 7 horas 10 minutos	I-88 y I-49	-	-
Punto 5 Valledupar	253 km 4 horas 45 minutos	I-88	215 km 6 horas 40 minutos	I-90 y I-88	-	-
Punto 6 El Paso	373 km 7 horas 2 minutos	I-90 y I-45	394 km 7 horas 30 minutos	I-88	-	-
Punto 7 Sitio Nuevo	279 km 6 horas 1 minuto	I-90	-	-	-	-
Punto 8 Sabanas de San Ángel	382 km 8 horas 12 minutos	I-90 y I-45	403 km 8 horas 38 minutos	I-88 y I-80	378 km 11 horas 51 minutos	I-80
Punto 9 Santa Marta	171 km 3 horas 17 minutos	I-90	-	-	-	-
Punto 10 Puerto Colombia	282 km 5 horas 8 minutos	I-90	-	-	-	-
Punto 11 Tubará	295 km 5 horas 53 minutos	I-90	-	-	-	-
Punto 12 Sampués	504 km 9 horas 10 minutos	I-90 y I-25	565 km 10 horas 15 minutos	I-90 y I-80	586 km 10 horas 41 minutos	I-88 y I-80
Punto 13 Arjona	413 km 7 horas 37 minutos	I-90	423 km 7 horas 47 minutos	I-90. Luruaco	-	-
Punto 14 Zambrano	447 km 8 horas 8 minutos	I-90, I-45 y I-80	453 km 8 horas 18 minutos	I-90 y I-25	468 km 8 horas 34 minutos	I-88 y I-80
Punto 15 Santa Rosa del Sur	981 km 23 horas 46 minutos	I-45	875 km 23 horas 47 minutos	I-90 y I-25	-	-
Punto 16 Puerto Escondido	660 km 13 horas 15 minutos	I-90 y I-25	742 km 14 horas 46 minutos	I-80	-	-
Punto 17 Lorica	542 km 10 horas 2 minutos	I-90 y I-25	602 km 11 horas 7 minutos	I-90 y I-80	624 km 11 horas 32 minutos	I-88 y I-80

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información de Google maps.

Tabla 17. Distancias y tiempos de recorrido de las rutas desde la Bodega 2 hasta cada uno de los puntos (nodos).

Bodega 2 Bolivar - Magangue						
Nodo	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 3	
	Distancia/tiempo recorrido	Vías	Distancia/tiempo recorrido	Vías	Distancia/tiempo recorrido	Vías
Punto 1 Riohacha	516 km 9 horas 23 minutos	I-25 y I-90	577 km 10 horas 32 minutos	I-80 y I-90	603 km 11 horas 5 minutos	I-80 y I-88
Punto 2 Uribia	629 km 12 horas 36 minutos	I-80 y I-88	665 km 13 horas 9 minutos	I-90	-	-
Punto 3 Manaure	573 km 11 horas 18 minutos	I-25 y I-90	580 km 11 horas 32 minutos	I-80 y I-88	-	-
Punto 4 Agustín Codazzi	410 km 7 horas 33 minutos	I-80	-	-	-	-
Punto 5 Valledupar	351 km 6 horas 27 minutos	I-80	-	-	-	-
Punto 6 El Paso	304 km 5 horas 50 minutos	I-80	-	-	-	-
Punto 7 Sitio Nuevo	285 km 6 horas 6 minutos	I-25	-	-	-	-
Punto 8 Sabanas de San Ángel	259 km 6 horas 3 minutos	I-80	-	-	-	-
Punto 9 Santa Marta	357 km 6 horas 39 minutos	I-25	418 km 7 horas 48 minutos	I-80 y I-45	-	-
Punto 10 Puerto Colombia	278 km 5 horas 3 minutos	I-25	334 km 6 horas 9 minutos	I-90A	358 km 6 horas 42 minutos	US90 y I-25
Punto 11 Tubará	291 km 5 horas 48 minutos	I-25	317 km 6 horas 4 minutos	I-90A	346 km 6 horas 48 minutos	US90 y I-90A
Punto 12 Sampués	108 km 2 horas 1 minuto	I-78 y I-25	-	-	-	-
Punto 13 Arjona	185 km 3 horas 30 minutos	I-78 y I-25	214 km 4 horas 14 minutos	I-78 y US90	-	-
Punto 14 Zambrano	137 km 2 horas 35 minutos	I-78 y I-25	87.3 km 4 horas 3 minutos	78 - San Andrés	-	-
Punto 15 Santa Rosa del Sur	479 km 16 horas 38 minutos	I-25	-	-	-	-
Punto 16 Puerto Escondido	264 km 6 horas 6 minutos	I-25	285 km 6 horas 29 minutos	I-78	-	-
Punto 17 Lorica	165 km 3 horas 2 minutos	I-78	167 km 3 horas 16 minutos	I-78 y US90	-	-

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información de Google maps.

En el Anexo G se muestran los 34 mapas con las rutas demarcadas para cada una de las bodegas y para cada uno de los puntos (nodos).

Después de tener las rutas con sus respectivas distancias y tiempos en la Tabla 18 se muestra la matriz de tiempos, que son los que se contemplarán en el modelo.

Tabla 18. Matriz de tiempos de recorrido

<b>Matriz tiempos (min)</b>						
<b>Nodos</b>	<b>Bodega 1(Guajira)</b>			<b>Bodega 2(Magangue)</b>		
<b>Punto 1 Riohacha</b>	10	11	11	563	632	665
<b>Punto 2 Uribia</b>	235	-	-	756	789	-
<b>Punto 3 Manaure</b>	124	-	-	678	692	-
<b>Punto 4 Agustín Codazzi</b>	314	430	-	453	-	-
<b>Punto 5 Valledupar</b>	285	400	-	387	-	-
<b>Punto 6 El Paso</b>	422	450	-	350	-	-
<b>Punto 7 Sitio Nuevo</b>	361	-	-	366	-	-
<b>Punto 8 Sabanas de San Ángel</b>	492	518	711	363	-	-
<b>Punto 9 Santa Marta</b>	197	-	-	399	468	-
<b>Punto 10 Puerto Colombia</b>	308	-	-	303	369	402
<b>Punto 11 Tubará</b>	353	-	-	348	364	408
<b>Punto 12 Sampués</b>	550	615	641	121	-	-
<b>Punto 13 Arjona</b>	457	467	-	210	254	-
<b>Punto 14 Zambrano</b>	488	498	514	155	243	-
<b>Punto 15 Santa Rosa del Sur</b>	1426	1427	-	998	-	-
<b>Punto 16 Puerto Escondido</b>	795	886	-	366	389	-
<b>Punto 17 Lórica</b>	602	667	692	182	196	-

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información de Google maps.

### KITS DE AYUDA HUMANITARIA Y PESOS

La Cruz roja Colombiana maneja un kit de alimento de ayuda humanitaria (Anexo H: Kit de alimento) cuyo peso se especifica en la Tabla 19.

Tabla 19. Kits de ayuda humanitaria

<b>Tipo de Kit</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Cantidad por familia</b>
Kit de alimento (Para una familia de 5 personas por 15 días)	9	1

Fuente: Cruz Roja 2012.



## CAPACIDADES BODEGAS

Las capacidades de las dos bodegas de la Zona Norte se muestran en la Tabla 20

Tabla 20. Capacidades de las dos bodegas de la Zona Norte

Bodega	Capacidad de abastecimiento en número de familias	N° de Kits de alimento
1. Guajira	1.000	1.000
2. Magangue	2.000	2.000

Fuente: Cruz Roja 2012.

## TRANSPORTE DISPONIBLE Y CAPACIDADES

Cada una de las bodegas tiene disponibilidad de una camioneta que tiene capacidad para 4.5 Toneladas. De igual manera cada una de las bodegas tiene la posibilidad de acceder a una camioneta con capacidad para 10 Toneladas (estas camionetas son contratadas adicionalmente). La Tabla 21 muestra la capacidad de cada camioneta en cantidad de kits.

Tabla 21. Capacidad de cada camioneta en cantidad de kits

Capacidad Camioneta (kg)	N° de Kits de alimento.
4.500	450
10.000	900

Fuente: Cruz Roja 2012

## **5.2. DETERMINAR EL OBJETIVO DEL SISTEMA.**

De acuerdo a la definición del problema (numeral 5), lo que se pretende con el modelo es determinar el menor tiempo de respuesta a la población afectada. De igual manera en el Marco de Referencia (numeral 3.1.1.2.), se observa que el tiempo es de las funciones objetivo básicas en la representación matemática de los sistemas en logística humanitaria.

### **5.3. DETERMINAR LA INFORMACIÓN Y LOS DATOS DISPONIBLES.**

Acorde al estudio del sistema y sus características (numeral 5.1), a continuación se presentará un resumen de la información y los datos disponibles.

- Ubicación de las dos bodegas de abastecimiento con las respectivas capacidades en número de kits
- Ubicación de los 17 nodos
- Matriz con tiempos de recorrido desde cada una de las dos bodegas hasta cada uno de los nodos.
- Vehículos disponibles para cada bodega con su capacidad respectiva en número de kits.

Los datos de entrada para el modelo son:

- Ubicación del desastre
- Número de familias afectadas

## 6. FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.

### 6.1. IDENTIFICAR LOS CONJUNTOS Y LOS PARÁMETROS DEL MODELO.

#### CONJUNTOS

$i$  = Bodegas de abastecimiento.

$j$  = Zona de desastre

$m$  = Ruta

$k$  = Tipo de vehículo

#### PARÁMETROS

$O_i$  = Cantidad de kits disponibles en la bodega  $i$ .

$CAPV^k$  = Capacidad del vehículo tipo  $k$ .

$tc^K$  = Tiempo de cargue y descargue del vehículo tipo  $k$ .

$D_j$  = Demanda en el punto de desastre  $j$ .

$t_{ij}^m$  = Tiempo que tarda el vehículo desde la bodega  $i$  y el punto de desastre  $j$ , usando la ruta  $m$ .

$N_i^k$  = Cantidad de vehículos tipo  $k$  asignados a la bodega  $i$ .

### 6.2. IDENTIFICAR VARIABLES DE DECISIÓN.

$Z$  = Tiempo total de respuesta

$V_{ij}^{km}$  = Variable que indica el numero de viajes que realizara el tipo de transporte  $k$ , desde la bodega  $i$  y el punto de desastre  $j$ , por la ruta  $m$ .

$Q_{ij}^{km}$  = Cantidad de kits enviados desde la bodega  $i$  hasta el punto de desastre  $j$ , en el tipo de transporte  $k$ , por la ruta  $m$ .

$TEMP_{(i, j, k)}$  = Tiempo de respuesta desde  $i$  hasta  $j$  en el transporte  $k$

### 6.3. DESCRIBIR Y ESTABLECER LA FUNCIÓN OBJETIVO Y LAS RESTRICCIONES DEL MODELO.

#### FUNCIÓN OBJETIVO

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k t_{ij}^{km} V_{ij}^{km} + \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k V_{ij}^{km} tc_k \quad (1)$$

#### RESTRICCIONES

Sujeto a:

Restricción de oferta (Disponibilidad de kits en las bodegas)

$$\sum_j \sum_k \sum_m Q_{ij}^{km} \leq O_i, \quad \forall i \quad (2)$$

Restricción de demanda (Requerimiento de kits en el punto de reubicación)

$$\sum_i \sum_k \sum_m Q_{ij}^{km} = D_j, \quad \forall j \quad (3)$$

Capacidad de transporte

$$Q_{ij}^{km} \leq N_i^k CAPV^k V_{ij}^{km}, \quad \forall i, \forall j, \forall m, \forall k \quad (4)$$

Tiempo de respuesta para cada punto de desastre.

$$TEMP_{(i, j, k)} = \sum_m t_{ij}^m V_{ij}^{km} + \sum_m V_{ij}^{km} tc_k \quad (5)$$

De acuerdo a los datos reportados por la Cruz Roja Colombiana, se observa que la mayoría de los desastres reportados para la zona Norte afectan entre un 3 % y un 4 % de la población. Por consiguiente se hace indispensable contemplar la opción de donaciones para las bodegas que se encuentran en esta zona. Razón por la cual se adiciona al modelo la variable de decisión para las donaciones.

$DON_{(i)}$  = Donaciones para la bodega i.

Por consiguiente la restricción de oferta (2) queda de la siguiente manera:

$$\sum_j \sum_k \sum_m Q_{ij}^{km} \leq O_i + DON_i, \forall i \quad (2)$$

Y se incluye la siguiente restricción:

$$\sum_j D_j - \sum_i O_i = \sum_i DON_i \quad (6)$$

#### **6.4. DETERMINAR MÉTODO DE SOLUCIÓN DEL MODELO.**

El método de solución del modelo será la programación entera mixta. En este método algunas variables asumen valores enteros mientras que otras pueden asumir cualquier número no negativo, es decir, cualquier valor continuo. De igual manera en el Marco de Referencia (numeral 3.1.1.2.), se observa que la Programación Entera y la programación entera mixta es el método más usado en la solución de modelos matemáticos en logística humanitaria.

## **7. SOLUCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.**

### **7.1. SELECCIONAR EL PROGRAMA PARA RESOLVER EL MODELO**

El modelo se resolverá por medio del programa GAMS, el cual presenta las siguientes ventajas sobre otros programadores:

- Formulación compacta de modelos grandes y complejos
- Estructura buenos hábitos de modelado
- Separa datos de estructura matemática del modelo
- Documentación simultánea al modelo
- Mantenimiento y reformulación cómodos
- Portabilidad entre plataformas y sistemas operativos

### **7.2. TRASLACIÓN DEL MODELO**

La traslación del modelo se muestra en el Anexo I.

## **8. PRUEBA DEL MODELO MATEMÁTICO.**

### **8.1. REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS AL MODELO (SI SE REQUIERE)**

Los ajustes al modelo se plantearon en el numeral 6.3 en donde se incluyó una variable de decisión para donaciones e igualmente se incluyó la restricción que hacía posible incluir esta variable.

#### **8.1.1 SEGURIDAD DE LAS RUTAS Y CENTROS DE ACOPIO**

Una vez ocurre el desastre y después de un rastreo aéreo se obtiene un reporte de rutas y centros de acopio no disponibles. Tan pronto se tiene estos datos, en el modelo, a las rutas inhabilitadas se les ponen tiempos prohibitivos y a los centros de acopio inhabilitados se le pone capacidad 0.

Es importante aclarar que los 17 puntos de ubicación de los campamentos se localizaron en puntos céntricos alejados de las costas las cuales según reportes del ideam están en alerta roja.

#### *Zonas rojas (situación de orden público)*

Según el reporte oficial 14 Julio de 2011, la zonas rojas corresponden a: Arauca, La Macarena y los llanos del Ariari; el sur de Córdoba y Sucre; el occidente del Valle, el Magdalena Medio; Catatumbo y Cesar; Nariño y Putumayo; La Guajira y Norte de Magdalena; y el sur del Tolima y oriente del Huila.

De acuerdo a los puntos establecidos para ubicación de campamentos se observa que los Departamentos de Córdoba, Sucre, Magdalena, Cesar y Guajira se encuentran en zona roja. Después de hacer la revisión pertinente de los lugares por los cuales pasan las rutas para estos departamentos; se observa que el único que tiene una ruta pasa por una zona roja es el Departamento de La Guajira, con

la Ruta de Uribia. A esta ruta se le debe poner un tiempo prohibitivo en el modelo en caso de que continúe con una situación de orden público crítica.

En cuanto al apoyo de fuerzas militares y policía nacional la cruz roja aplica el *PROTOCOLO DE ACTUACION DEL COMANDANTE DE LAS FUERZAS MILITARES Y EL DIRECTOR DE LA POLICIA EN CASO DE UN DESASTRE SUBITO DE COBERTURA NACIONAL*

LOS OBJETIVOS DE LAS AUTORIDADES NACIONALES EN EL MANEJO DE LA EMERGENCIAS SE ENMARCAN EN:

- 1 *Fortalecer la organización institucional, la coordinación y las comunicaciones para la emergencia*
- 2 *Evitar más víctimas y pérdidas por peligros asociados*
- 3 *Evaluar los daños y necesidades para garantizar la ayuda oportuna a las comunidades afectadas*
- 4 *Garantizar la atención hospitalaria de urgencias*
- 5 *Proporcionar una oportuna atención de búsqueda y rescate de víctimas.*
- 6 *Ofrecer temporalmente alojamiento, alimentación y vestuario a la población afectada*



7	<i>Apoyar en la rehabilitación de servicios públicos esenciales</i>
8	<i>Apoyar el traslado, identificación y sepultura de cadáveres.</i>
9	<i>Orientar y apoyar el reencuentro de familias y la reorganización social</i>
10	<i>Procurar condiciones de salubridad pública</i>
11	<i>Garantizar el orden público, la seguridad y la accesibilidad</i>

**8.2. VALIDAR EL MODELO CON DATOS HISTÓRICOS DEL SISTEMA ACTUAL**

Para validar el modelo se contemplaron dos escenarios de datos históricos reportados por la Cruz Roja Colombiana. El primero es del 30 de Diciembre de 2010 y reporta 37.512 personas afectadas en el Magdalena (Sitio Nuevo) y 17.498 personas en la Guajira (Riohacha). El segundo fue del 19 de Septiembre y reporta 7.325 personas afectadas en el Magdalena (Sitio Nuevo) y 16.820 personas en Atlántico (Tubará).

Para el **primer escenario** se tienen los siguientes datos:

**Kits requeridos**

Para Magdalena:

$$\frac{37.512 \text{ personas}}{5 \text{ personas}} \times 1 \text{ kit alimentario} = 7.502,4 = 7.503 \text{ kits alimentarios.}$$

La zona del Magdalena (Sitio Nuevo) corresponde al punto D( j7) en el modelo.

Para Guajira:

$$\frac{17.498 \text{ personas}}{5 \text{ personas}} \times \frac{1 \text{ kit alimentario}}{5 \text{ personas}} = 3.499,6 = 3.500 \text{ kits alimentarios.}$$

La zona de la Guajira (Riohacha) corresponde al punto D( j1) en el modelo.

Al resolver el modelo se obtiene:

```
E x e c u t i o n

-----
      98 VARIABLE V.L  No de viajes del trans k desde la bodega i a j por la
                        ruta m

INDEX 1 = i1

                        m1

j1 .k2      4.000
j7 .k1      1.000
j7 .k2      5.000

INDEX 1 = i2

                        m1

j7 .k2      3.000

-----
      98 VARIABLE Q.L  Cantidad de kits desde i hasta j en el trans k por la
                        ruta m

INDEX 1 = i1
```

```

                m1
j1 .k2      3500.000
j7 .k1      450.000
j7 .k2      4500.000

INDEX 1 = i2

                m1
j7 .k2      2553.000

----          98 VARIABLE Z.L              =      7291.000  Valor de la Funcion O
                                                    bjetivo

----          98 VARIABLE DON.L  Donaciones para la bodega i

i1 7450.000,    i2 553.000

----          98 VARIABLE TEMP.L  Tiempo de respuesta desde i hasta j en el trans k

                k1          k2
i1.j1                1280.000
i1.j7          628.000  3355.000
i2.j7                2028.000

```

Para el **segundo escenario** se tienen los siguientes datos:

### **Kits requeridos**

Para Magdalena:

$$\frac{7.325 \text{ personas}}{5 \text{ personas}} \times 1 \text{ kit alimentario} = 1.465 \text{ kits alimentarios.}$$

La zona del Magdalena (Sitio Nuevo) corresponde al punto D(j7) en el modelo.

Para Atlántico:

$$\frac{16.820 \text{ personas}}{5 \text{ personas}} \times 1 \text{ kit alimentario} = 3.364 \text{ kits alimentarios.}$$

La zona de Atlántico (Tubará) corresponde al punto D( j11) en el modelo.

Al resolver el modelo se obtiene:

E x e c u t i o n

---- 98 VARIABLE V.L No de viajes del trans k desde la bodega i a j por la  
ruta m

INDEX 1 = i1

m1

j7 .k2 2.000

INDEX 1 = i2

m1

j11.k2 4.000

---- 98 VARIABLE Q.L Cantidad de kits desde i hasta j en el trans k por la  
ruta m

INDEX 1 = i1

m1

j7 .k2 1465.000

INDEX 1 = i2

```

          m1
j11.k2    3364.000

----     98 VARIABLE Z.L           =      3974.000  Valor de la Funcion O
                                               bjetivo

----     98 VARIABLE DON.L  Donaciones para la bodega i

i1  465.000,    i2 1364.000

----     98 VARIABLE TEMP.L  Tiempo de respuesta desde i hasta j en el trans k

          k2

i1.j7     1342.000
i2.j11    2632.000

```

## 9. RESULTADOS DE LOS DOS ESEENARIOS

Realizando la interpretación de los resultados del escenario 1 se obtiene lo siguiente:

- Se requiere una donación de 7.450 kits alimentarios en la bodega 1: Bodega de la Guajira (i1) y una donación de 553 kits alimentarios en la Bodega 2: Bodega de Bolívar.
- De la Bodega 1 y por la ruta 1, se enviarán:
  - 4 viajes en el vehículo tipo 2, con un total de 3.500 kits alimentarios.
    - 3 viajes con 900 kits alimentarios (2.700 kits alimentarios).
    - 1 viaje con 800 kits alimentarios.
  - 1 viaje en el vehículo tipo 1, con un total de 450 kits alimentarios.
  - 5 viajes en el vehículo tipo 2, con un total de 4.500 kits alimentarios
    - Cada viaje con 900 kits alimentarios.
- De la Bodega 2 y por la ruta 1, se enviarán:
  - 3 viajes en el vehículo tipo 2, con un total de 2.553 kits alimentarios.
    - 2 viajes con 900 kits alimentarios (1.800 kits alimentarios).
    - 1 viaje con 753 kits alimentarios.
- El tiempo total de respuesta es de 7.291 minutos (121 horas).
- La zona de Guajira recibirá la primera ayuda con 900 kits alimentarios a los 320 minutos (5,33 horas). Y la ayuda total la recibirá a los 1.280 minutos (21,33 horas)
- La zona de Magdalena recibirá la primera ayuda con 450 kits alimentarios a los 628 minutos (10,46 horas). Y la ayuda total la recibirá a los 4.635 minutos (1.280 minutos + 3.355 minutos), (77,25 horas).

Los datos reportados por la Cruz Roja para la Guajira son: para la primera ayuda 7 horas y para la ayuda total 26 horas aproximadamente. Y para la zona del Magdalena son: para la primera ayuda 13 horas y para la ayuda total 4 días (96 horas).

Realizando la interpretación de los resultados del escenario 2 se obtiene lo siguiente:

- Se requiere una donación de 465 kits alimentarios en la bodega 1: Bodega de la Guajira (i1) y una donación de 1.364 kits alimentarios en la Bodega 2: Bodega de Bolívar.
- De la Bodega 1 y por la ruta 1, se enviarán:
  - 2 viajes en el vehículo tipo 2, con un total de 1.465 kits alimentarios.
    - 1 viaje con 900 kits alimentarios.
    - 1 viaje con 565 kits alimentarios.
- De la Bodega 2 y por la ruta 1, se enviarán:
  - 4 viajes en el vehículo tipo 2, con un total de 3.364 kits alimentarios.
    - 3 viajes con 900 kits alimentarios (2.700 kits alimentarios).
    - 1 viaje con 664 kits alimentarios.
- El tiempo total de respuesta es de 3.974 minutos (66,23 horas).
- La zona de Magdalena recibirá la primera ayuda con 900 kits alimentarios a los 671 minutos (11,18 horas). Y la ayuda total la recibirá a los 1.342 minutos (22,36 horas)
- La zona de Atlántico recibirá la primera ayuda con 900 kits alimentarios a los 658 minutos (10,96 horas). Y la ayuda total la recibirá a los 2.362 minutos (39.36 horas).

Los datos reportados por la Cruz Roja para el Magdalena son: para la primera ayuda 14 horas y para la ayuda total 27 horas. Y para la zona del Atlántico son: para la primera ayuda 13 horas y para la ayuda total 2 días (48 horas).

### ***RESULTADO CIENTÍFICO***

En la investigación se realizó un review que posteriormente será enviado a una revista científica para su potencial publicación. El review se titula “REVISIÓN DE MODELOS MATEMATICOS Y SU APLICACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS EN LOGISTICA HUMANITARIA”

## 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para cada uno de los escenarios se presentará una tabla (Tabla 22, Tabla 23) en donde se mostrarán los tiempos de respuesta de la primera ayuda y de la ayuda total al lugar del desastre. Y se determinará el porcentaje de reducción de los tiempos de respuesta en caso de que se hayan presentado.

Tabla 22. Escenario 1. Tiempos de Respuesta y Porcentajes de reducción

Tiempos de respuesta	Modelo		Cruz Roja		% de reducción	
	Guajira	Magdalena	Guajira	Magdalena	Guajira	Magdalena
Primera ayuda (horas)	5,33	10,46	7	13	24	19,5
Total (horas)	21,33	77,25	26	96	17,96	19,5

Fuente: Autor

Figura 5: Escenario 1. Tiempos de Respuesta para la Guajira. Modelo vs Cruz Roja

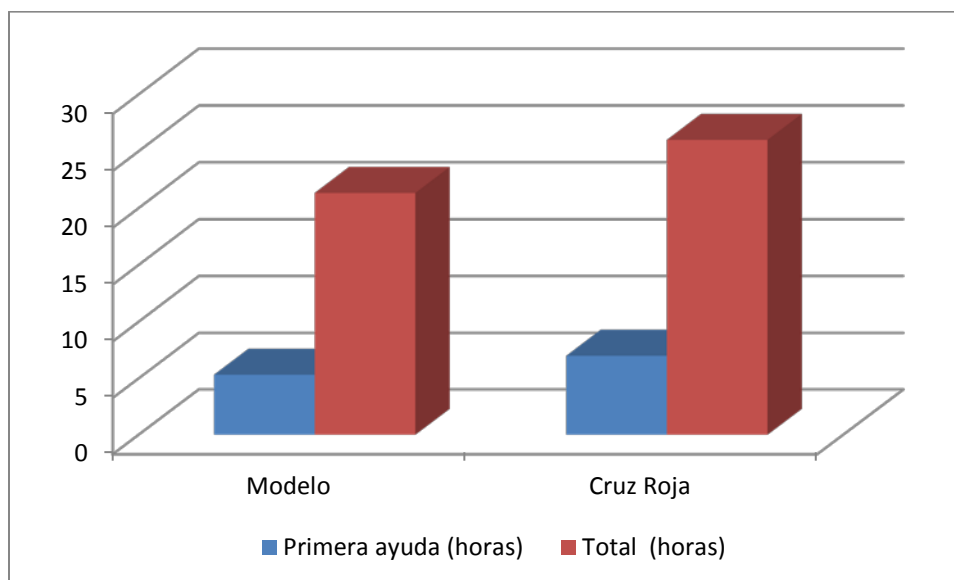




Figura 6: Escenario 1. Tiempos de Respuesta para Magdalena. Modelo vs Cruz Roja

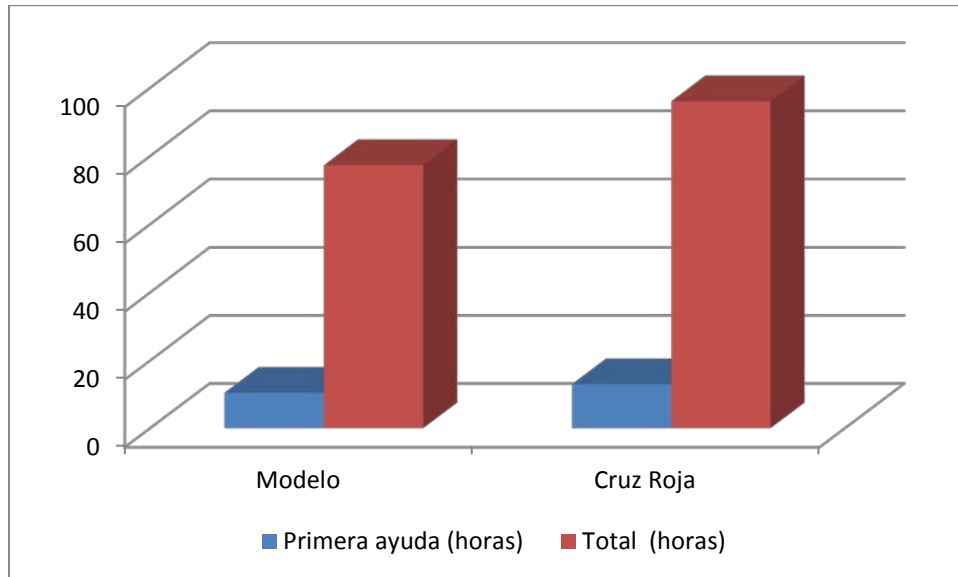


Tabla 23. Escenario 2. Tiempos de Respuesta y Porcentajes de reducción

Tiempos de respuesta	Modelo		Cruz Roja		% de reducción	
	Magdalena	Atlántico	Magdalena	Atlántico	Magdalena	Atlántico
Primera ayuda (horas)	11,18	10,96	14	13	20,1	15,7
Total (horas)	22,36	39,36	27	48	17,2	18

Fuente: Autor.

Figura 7. Escenario 2. Tiempos de Respuesta para Magdalena. Modelo vs Cruz Roja

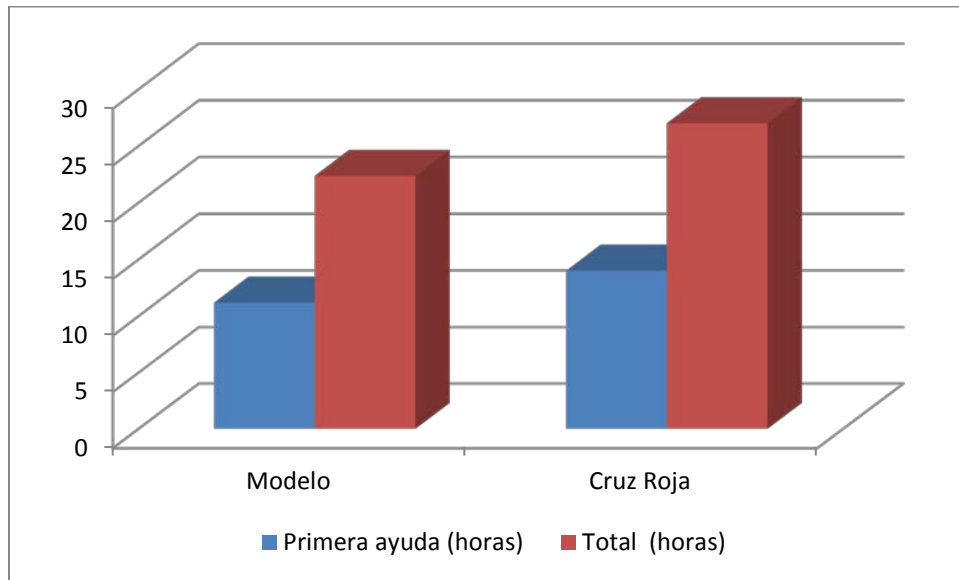
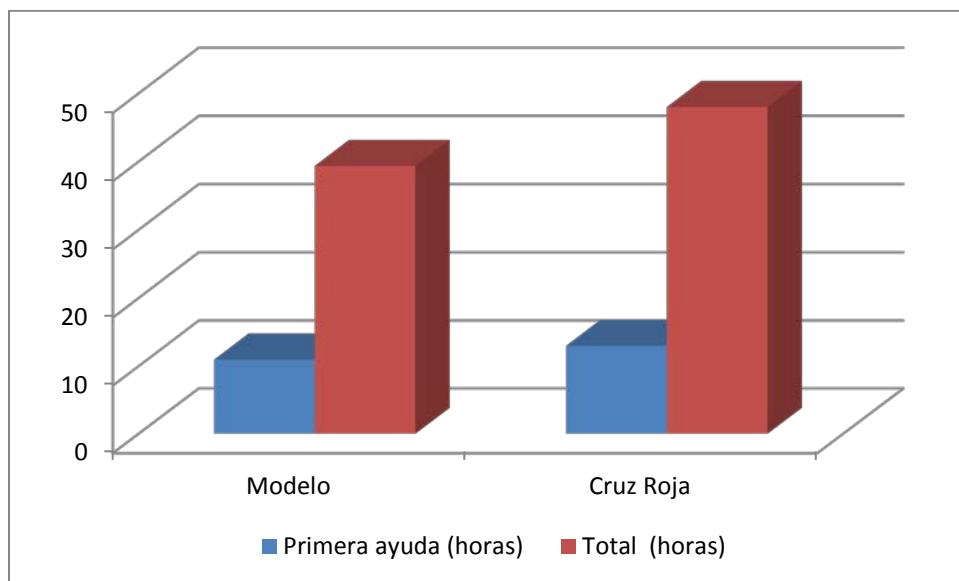


Figura 8. Escenario 2. Tiempos de Respuesta para Atlántico. Modelo vs Cruz Roja



En el primer escenario para la Guajira y para la primera ayuda se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 24%, y para la ayuda total se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 17,96%. Para el Magdalena y para la

primera ayuda se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 19,5%, y para la ayuda total se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 19,5%.

En el segundo escenario para Magdalena y para la primera ayuda se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 20,1%, y para la ayuda total se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 17,2%. Para Atlántico y para la primera ayuda se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 15,7%, y para la ayuda total se observa una reducción en el tiempo de respuesta del 18%.

Con el modelo se comprueba y se evidencia que los tiempos de respuesta tanto para la primera ayuda como para la ayuda total se reducen de acuerdo a los porcentajes que se especifican anteriormente.

Es importante aclarar que la Cruz Roja Colombiana no maneja registros de tiempos de respuesta dentro de sus bases de datos, los datos que se plantearon para los dos escenarios se obtuvieron después de una búsqueda exhaustiva de lo sucedido para cada uno de los escenarios. En la actualidad el sistema nacional de atención y prevención de desastres no ha realizado estudios previos con respecto a los tiempos de respuesta del sistema de distribución de ayudas a la población afectada, la distribución se realiza de manera inmediata pero sin tener en cuenta la totalidad de las características del sistema, por esta razón no fue posible identificar las rutas por las cuales se enviaron las ayudas, ni el tipo de transporte para cada uno de los escenarios.

En lo que se refiere a las rutas probables, la Cruz Roja no ha tenido estudios previos con respecto a las rutas para la distribución de las ayudas humanitarias. Una vez se planteó el modelo con las rutas, el equipo logístico de la organización explicó los inconvenientes que se han tenido por rutas inhabilitadas en los momentos del desastre, por esta razón el modelo permite de 1 a 3 rutas, desde cada bodega hasta cada campamento y en caso de que alguna de estas se

encuentre inhabilitada, se le asignará un valor alto dentro de la matriz de tiempos de recorrido para que esa ruta no sea tomada en cuenta.

En lo que se refiere al transporte se observa que el transporte tipo 1 (capacidad: 450 kits alimentarios) se usa con muy poca frecuencia en el sistema actual. Esto se evidencia y se comprueba con el modelo, ya que para los dos escenarios se observa que el transporte tipo 2 (capacidad: 900 kits alimentarios) es el que se usa más para la distribución. Esto se debe a la magnitud de los desastres que se presentan para la zona Norte de Colombia, pues el rango de población afectada se encuentra entre un 3 y un 5 %, lo que genera una necesidad de kits de ayuda alimentaria mayor a 900 kits lo cual hace indispensable el uso del transporte tipo 2.

## 11. CONCLUSIONES

El sistema nacional de atención y prevención de desastres no ha realizado estudios previos con respecto a los tiempos de respuesta del sistema de distribución de ayudas a la población afectada, las situaciones se presentan sin previo aviso y la distribución se realiza de manera inmediata pero sin tener en cuenta la totalidad de las características del sistema de atención. (Cruz Roja Colombiana, 2011). Hacer la distribución de esta manera genera que los recursos no lleguen en el menor tiempo posible y que en algunos casos se pierdan por una asignación no adecuada.

Una vez hecha la revisión bibliográfica de 50 artículos se evidencio que han aplicado modelos similares en países desarrollados; teniendo en cuenta 1 ó 2 de los conjuntos planteados en el modelo propuesto, pero en la revisión ningún modelo tiene en cuenta los 4 conjuntos. ( $i$  = Bodegas de abastecimiento,  $j$  = Zona de desastre,  $m$  = Ruta y  $k$  = Tipo de vehículo). De igual manera ningún modelo reporto el uso de la variable de decisión de donaciones.

De acuerdo a la información reportada por la Cruz Roja Colombiana, a la fecha no han aplicado ningún modelo de distribución de alimentos.

Una vez hecho el análisis respectivo del sistema por medio del modelo se observa que es necesario ubicar más bodegas que amplíen la cobertura para la Zona Norte.

El sistema actual no tiene ubicados lugares probables para ubicar campamentos para las personas afectadas, el modelo propuesto incluye 17 puntos, ubicados en 17 Municipios que se encuentran distribuidos en los 7 los departamentos que se encuentran en la Zona Norte.

En lo que se refiere a las rutas probables, la Cruz Roja no ha tenido estudios previos con respecto a las rutas para la distribución de las ayudas humanitarias, el modelo propuesto permite de 1 a 3 rutas, desde cada bodega hasta cada campamento.

En lo que se refiere al transporte se hace necesario que las bodegas contemplen la posibilidad de aumentar las cantidades para el vehículo tipo 2 (capacidad: 900 kits alimentarios), este es el que se usa con más frecuencia debido a la magnitud de los desastres.

Con respecto a las donaciones que se solicitan por los medios de comunicación; se observa que en el sistema actual no contemplan un punto central que tenga en cuenta las distancias con respecto al lugar del desastre, el modelo permite identificar en cuál de las dos bodegas de la zona norte se debe solicitar la donación, teniendo en cuenta la distancia con respecto al lugar de desastre. Por otra parte con respecto al tema de las donaciones se analizó que es importante que se especifique por los medios de comunicación que tipo de alimentos se contemplan para el kit alimentario de ayuda humanitaria debido a que aproximadamente el 5% de las donaciones no llegan con las especificaciones requeridas y no se pueden llevar a las bodegas por ser productos perecederos.

Con el modelo se comprueba y se evidencia que los tiempos de respuesta tanto para la primera ayuda como para la ayuda total se reducen de acuerdo a los porcentajes que se especifican en los resultados, los cuales se encuentran entre 15,7% y 24 % para la primera ayuda humanitaria y entre 17,2% y 17,96% para el tiempo total de respuesta.

Con una distribución de recursos, con menores tiempos de repuesta para la población comparados con los del sistema actual, se genera un impacto netamente social con respecto al bienestar de la población. Se evitara impactos

en la etapa de crisis alimentaria e igualmente que se generen enfermedades por desnutrición.

Se concluye que se acepta la hipótesis general de la investigación ya que es posible generar con el modelo propuesto, tiempos de respuesta en la distribución de alimentos, menores en un 15%, a los del sistema de distribución actual de la Cruz Roja Colombiana.

Como investigaciones futuras se plantea estudiar y plantear el modelo incluyendo la ubicación de más bodegas en la Zona Norte que permitan obtener una mayor cobertura para esta zona del país, teniendo en cuenta la caracterización del sistema de distribución actual de la Cruz Roja Colombiana que se presenta en esta investigación y contemplando que los desastres aumentan en magnitud y frecuencia.

## 12. BIBLIOGRAFIA

Altay, N., & Green III, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175 (1), 475-493.

Apte, A. (2009). Humanitarian logistics: A new field of research and action. *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*. 3 (1) , pp. 1-100

Balcik, B., Beamon, B.M.(2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics Research and Applications*. 11 (2) , pp. 101-121

Barbarosoğlu, G., Arda, Y. (2004). A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. *Journal of the Operational Research Society*, 55 (1), pp. 43-53

Barbarosolu, G., Özdamar, L., Çevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research*, 140 (1), pp. 118-133.

Beamon, B.M., Balcik, B. (2008). Performance measurement in humanitarian relief chains. *International Journal of Public Sector Management*, 21 (1), pp. 4-25.

Bellabdaoui, a., & Teghem, J. (2006). A mixed-integer linear programming model for the continuous casting planning. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 260-270. doi:10.1016/j.ijpe.2004.10.016

Berman, O., Krass, D. (2002). The generalized maximal covering location problem. *Computers and Operations Research*, 29 (6), pp. 563-581.



Berman, O., Krass, D., Drezner, Z.(2003). The gradual covering decay location problem on a network. *European Journal of Operational Research*, 151 (3), pp. 474-480.

Bilgen, B., & Ozkarahan, I. (2007). A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping. *International Journal of Production Economics*, 107(2), 555-571. doi:10.1016/j.ijpe.2006.11.008

Chang, M.-S., Tseng, Y.-L., & Chen, J.-W. (2007). A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737-754. doi:10.1016/j.tre.2006.10.013

Chern, C. C., Chen, Y. L., & Kung, L. C. (2010). A heuristic relief transportation planning algorithm for emergency supply chain management. *International Journal of Computer Mathematics*, 87(7), 1638-1664. doi:10.1080/00207160802441256

De Angelis, V., Mecoli, M., Nikoi, C., Storchi, G. (2007). Multiperiod integrated routing and scheduling of World Food Programme cargo planes in Angola. *Computers and Operations Research*. 34 (6 SPEC. ISS.), pp. 1601-1615

Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Nolz, P.C.(2009). Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas. *OR Spectrum*, 31 (3), pp. 651-678.

Döyen, A., Aras, N., Barbarosoğlu, G. (2012). A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics. *Optimization Letters* 6 (6) , pp. 1123-1145.

Drezner, Z., Wesolowsky, G.O., Drezner, T.(2004). The gradual covering problem. *Naval Research Logistics*, 51 (6), pp. 841-855.

Hu, Z.-H. (2011). A container multimodal transportation scheduling approach based on immune affinity model for emergency relief. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2632-2639. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.eswa.2010.08.053

Hua, Z., Yang, J., Huang, F., Xu, X.(2009). A static-dynamic strategy for spare part inventory systems with nonstationary stochastic demand. *Journal of the Operational Research Society*, 60 (9), pp. 1254-1263.

Huang, M., Smilowitz, K., & Balcik, B. (2012). Models for relief routing: Equity, efficiency and efficacy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(1), 2-18. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tre.2011.05.004

Huang, M., Smilowitz, K., Balcik, B.(2011). Models for relief routing: Equity, efficiency and efficacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 17, pp. 416-437

Keskin, B. B., Li, S. (Rong), Steil, D., & Spiller, S. (2012). Analysis of an integrated maximum covering and patrol routing problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(1), 215-232. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tre.2011.07.005

Klose, A., Drexl, A.(2005). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162 (1), pp. 4-29.

Kovács, A. (2011). Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 312-318. doi:10.1016/j.ijpe.2009.10.028

Li, A. C. Y., Nozick, L., Xu, N., & Davidson, R. (2012). Shelter location and transportation planning under hurricane conditions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 715-729. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tre.2011.12.004

Liberatore, F., Ortuño, M. T., Tirado, G., Vitoriano, B., & Scaparra, M. P. (2012). A hierarchical compromise model for the joint optimization of recovery operations and

distribution of emergency goods in Humanitarian Logistics. *Computers & Operations Research*. doi:10.1016/j.cor.2012.03.019

Lodree Jr., E.J., Taskin, S.(2008). An insurance risk management framework for disaster relief and supply chain disruption inventory planning. *Journal of the Operational Research Society*, 59 (5), pp. 674-684.

Ma, H. , Suo, C. (2006). A model for designing multiple products logistics networks, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 Iss: 2, pp.127 - 135

Meepetchdee, Y. , Shah, N. (2007). Logistical network design with robustness and complexity considerations, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 37 Iss: 3, pp.201 – 222

Mete, H. O., & Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 76-84. Elsevier. doi:10.1016/j.ijpe.2009.10.004

Nevado M. B. (2010). *Manual de Logística Humanitaria en Catástrofes*

Nolz, P.C., Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Hartl, R.F.(2010). A Bi-objective metaheuristic for disaster relief operation planning. *Studies in Computational Intelligence*, 272, pp. 167-187.

Noyan, N. (2012). Risk-averse two-stage stochastic programming with an application to disaster management. *Computers & Operations Research*, 39(3), 541-559. Elsevier. doi:10.1016/j.cor.2011.03.017

Oloruntoba, R., Gray, R.(2006). Humanitarian aid: An agile supply chain?. *Supply Chain Management*, 11 (2), pp. 115-120.

Özdamar, L., Ekinçi, E., Küçükyazıcı, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of Operations Research*, 129 (1-4), pp. 217-245.

Pal, P., Das, C.B., Panda, A., Bhunia, A.K. (2005) An application of real-coded genetic algorithm (for mixed integer non-linear programming in an optimal two-warehouse inventory policy for deteriorating items with a linear trend in demand and a fixed planning horizon). *International Journal of Computer Mathematics* 82 (2), 163-175

Rath, S., & Gutjahr, W. J. (2011). A math-heuristic for the warehouse location–routing problem in disaster relief. *Computers & Operations Research*, 1-15. Elsevier. doi:10.1016/j.cor.2011.07.016

Rawls, C.G., Turnquist, M.A.(2010). Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44 (4), pp. 521-534.

Revelle, C.S., Eiselt, H.A.(2005). Location analysis: A synthesis and survey. *European Journal of Operational Research*, 165 (1), pp. 1-19.

Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A. (2012). A transshipment model for distribution and inventory relocation under uncertainty in humanitarian operations. *Socio-Economic Planning Sciences* 46 (1) , pp. 98-109

Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., Danne, C.(2011). Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations. *OR Spectrum*, 33 (3), pp. 721-749.

Saadatseresht, M., Mansourian, A., & Taleai, M. (2009). Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. *European Journal of Operational Research*, 198(1), 305-314. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.ejor.2008.07.032

Salmerón, J., Apte, A.(2010). Stochastic optimization for natural disaster asset prepositioning. *Production and Operations Management*, 19 (5), pp. 561-574

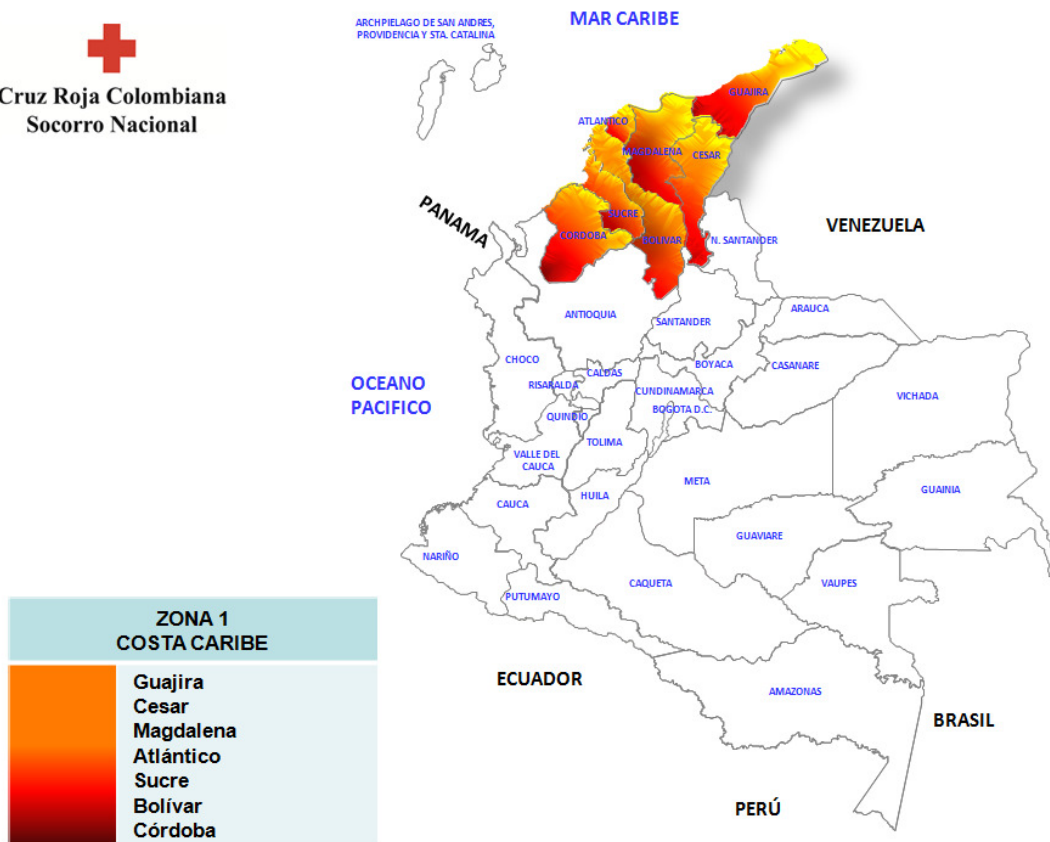
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451-488. doi:10.1016/j.ijpe.2005.12.006
- Thanh, P. N., Bostel, N., & Péton, O. (2012). A DC programming heuristic applied to the logistics network design problem. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 94-105. doi:10.1016/j.ijpe.2010.09.025
- Thomas, M.U.(2002). Supply chain reliability for contingency operations. *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 61-67.
- Tzeng, G.-H., Cheng, H.-J., Huang, T.D.(2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems . *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43 (6), pp. 673-686.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). Blackett Memorial Lecture Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society* , 57, 475-489.
- Viswanath, K., Peeta, S. (2003). Multicommodity Maximal Covering Network Design Problem for Planning Critical Routes for Earthquake Response. *Transportation Research Record*, (1857), pp. 1-10.
- Yi, W., & Özdamar, L. (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177-1193. doi:10.1016/j.ejor.2005.03.077
- Yi, W., Kumar, A.(2007). Ant colony optimization for disaster relief operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43 (6), pp. 660-672.
- Yokoya, D. , Yamada, T. (2011). A mathematical programming approach to the construction of BIBDs. *International Journal of Computer Mathematics* 88 (5), 1067-1082

Zhang, J.-H., Li, J., & Liu, Z.-P. (2012). Multiple-resource and multiple-depot emergency response problem considering secondary disasters. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 11066-11071. Elsevier Ltd.  
doi:10.1016/j.eswa.2012.03.016

# 13. ANEXOS













## ANEXO A. ZONIFICACIÓN OPERATIVA Y DE RESPUESTA

### ZONIFICACIÓN OPERATIVA Y DE RESPUESTA



## ANEXO B. TIPOS DE BODEGA – CRUZ ROJA COLOMBIANA

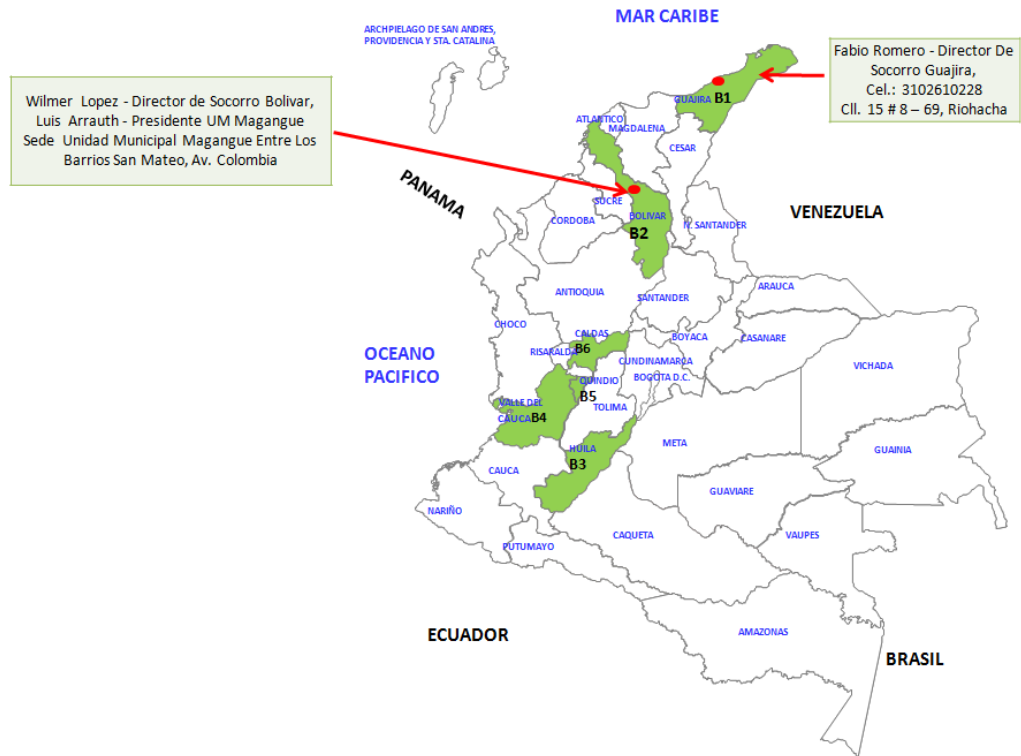
### BODEGAS Cruz Roja Colombiana

TIPOLOGÍA			
Tipo A Bodega Nacional	Tipo B Bodega Zonal	Tipo C Bodega Seccional	Tipo D Bodega Seccional Básica (UM)
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área superior a 600 metros cuadrados.</li> <li>• Toneladas de operación :300 Tn</li> <li>• capacidad mínima para almacenar asistencia para 3000 familias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área igual o superior a 200 metros cuadrados</li> <li>• Toneladas de operación :100 Tn</li> <li>• capacidad mínima para almacenar asistencia para 1000 familias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área igual o superior a 70 metros cuadrados</li> <li>• Toneladas de operación :30 Tn</li> <li>• capacidad mínima para almacenar asistencia para 250 familias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área igual o superior a 30 metros cuadrados</li> <li>• Toneladas de operación :5 Tn</li> <li>• capacidad mínima para almacenar asistencia para 50 familias.</li> </ul>
			
			



## ANEXO C. UBICACIÓN GEOGRÁFICA – BODEGAS ZONALES TIPO B.

### Ubicación Geográfica Bodegas Zonales - Tipo B



## ANEXO D. INFORMES TÉCNICOS DIARIOS IDEAM



### INFORME TÉCNICO DIARIO N° 245

1 de Septiembre de 2012.

#### REGIÓN CARIBE

##### **ALERTA ROJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

Amenaza **muy alta** de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, localizados en los siguientes municipios y sectores aledaños:

**LA GUAJIRA:** Maicao.

**MAGDALENA:** Sitio Nuevo

**Especial atención amerita, Vía Parque Isla de Salamanca.**

##### **ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE VENDAVALES

Para esta época del año es muy común la ocurrencia de vendavales por causa del periódico tránsito de ondas tropicales en la Región Caribe, especialmente en zonas de sabana o llanura estos fenómenos atmosféricos pueden alcanzar vientos entre moderados a fuertes que podrían destechar casas, tumbar árboles o postes de energía entre otros daños. El IDEAM recomienda estar muy atentos y tomar las medidas preventivas necesarias.

##### **ALERTA AMARILLA** ANTE LA PROBABILIDAD DE INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE

Ante la probabilidad de incrementos en el nivel del río San Jorge se mantiene esta alerta amarilla. Se recomienda estar atento en Montelíbano y poblaciones ribereñas hacia aguas abajo.

Los sistemas meteorológicos que llegan del oriente del continente suelen dejar lluvias sobre sectores del territorio colombiano, especialmente en la región del Caribe que generan incrementos en los niveles de los ríos.



2 de Septiembre de 2012.

**REGIÓN CARIBE**

**ALERTA ROJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

Amenaza **muy alta** de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, localizados en los siguientes municipios y sectores aledaños:

**BOLIVAR:** Arjona.

**LA GUAJIRA:** Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Uribia.

**MAGDALENA:** Fundación, Sitio Nuevo.

**ALERTA NARANJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

**CESAR:** Agustín Codazzi, Astrea, Becerrill, Bosconia, Chimichagua, Chiriguaná, El Copey, El Paso, La Jagua De Ibirico, La Paz, San Diego, Valledupar.

**CORDOBA:** Lorica

**LA GUAJIRA:** El Molino, San Juan Del Cesar, Villanueva.

**MAGDALENA:** Algarrobo, Ariguani (El Difícil), Pijiño Del Carmen, Pivijay, Sabanas De San Ángel, Santa Ana, Zona Bananera.

**Especial atención amerita, Vía Parque Isla de Salamanca.**

**ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE VENDAVALES

Para esta época del año es muy común la ocurrencia de vendavales por causa del periódico tránsito de ondas tropicales en la Región Caribe, especialmente en zonas de sabana o llanura estos fenómenos atmosféricos pueden alcanzar vientos entre moderados a fuertes que podrían destechar casas, tumbar árboles o postes de energía entre otros daños. El IDEAM recomienda estar muy atentos y tomar las medidas preventivas necesarias.

**ALERTA AMARILLA** ANTE LA PROBABILIDAD DE INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE

Ante la probabilidad de incrementos en el nivel del río San Jorge se mantiene esta alerta amarilla. Se recomienda estar atento en Montelíbano y poblaciones ribereñas hacia aguas abajo.

Los sistemas meteorológicos que llegan del oriente del continente suelen dejar lluvias sobre sectores del territorio colombiano, especialmente en la región del Caribe que generan incrementos en los niveles de los ríos.



3 de Septiembre de 2012.

**REGIÓN CARIBE**

**ALERTA ROJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

Amenaza **muy alta** de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, localizados en los siguientes municipios y sectores aledaños:

**BOLIVAR:** Arjona.

**CESAR:** Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, Chimichagua, Chiriguaná, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibirico, La Paz, San Diego, Valledupar.

**LA GUAJIRA:** Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Uribia.

**MAGDALENA:** Algarrobo, Ariguaní (El Difícil), Fundación, Pijiño del Carmen, Pivijay, Sabanas de San Ángel, Santa Ana, Sitionuevo, Zona Bananera.

**ALERTA NARANJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

**CÓRDOBA:** Lórica, Puerto Escondido.

**Especial atención amerita, Vía Parque Isla de Salamanca.**

**ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE VENDAVALES

Para esta época del año es muy común la ocurrencia de vendavales por causa del periódico tránsito de ondas tropicales en la Región Caribe, especialmente en zonas de sabana o llanura estos fenómenos atmosféricos pueden alcanzar vientos entre moderados a fuertes que podrían destechar casas, tumbar árboles o postes de energía entre otros daños. El IDEAM recomienda estar muy atentos y tomar las medidas preventivas necesarias.

**ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE

Se emite este nivel de alerta para que pobladores (especialmente desde Montelíbano hacia aguas abajo) y autoridades locales de la cuenca del río San Jorge se mantengan atentos al paso de la onda de crecida que transita actualmente en la cuenca alta en el río San Pedro (estación Puerto Libertador) la cual se espera se refleje durante el día de hoy en Montelíbano alcanzando valores altos.

Los sistemas meteorológicos que afectan el oriente del continente por estos días suelen dejar lluvias sobre sectores de la región del Caribe y por tanto generan incrementos en los niveles de los ríos.



## INFORME TÉCNICO DIARIO N° 248

4 de Septiembre de 2012.

### REGIÓN CARIBE

#### **ALERTA ROJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

Amenaza **muy alta** de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, localizados en los siguientes municipios y sectores aledaños:

**BOLIVAR:** Arjona.

**CESAR:** Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, El Paso, La Paz, San Diego, Valledupar.

**LA GUAJIRA:** Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Uribia.

**MAGDALENA:** Algarrobo, Ariguani (El Dificil), Fundación, Pivijay, Sabanas De San Ángel, Sitionuevo.

#### **ALERTA NARANJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

**BOLÍVAR:** Zambrano.

**CESAR:** Chimichagua, Chiriguana, Curumani, El Copey, La Jagua De Ibirico.

**CÓRDOBA:** Puerto Escondido.

**LA GUAJIRA:** Riohacha.

**MAGDALENA:** Pijiño del Carmen, Santa Ana, Santa Marta, Zona Bananera.

**Especial atención amerita, Vía Parque Isla de Salamanca.**

#### **ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE VENDAVALES

Para esta época del año es muy común la ocurrencia de vendavales por causa del periódico tránsito de ondas tropicales en la Región Caribe, especialmente en zonas de sabana o llanura estos fenómenos atmosféricos pueden alcanzar vientos entre moderados a fuertes que podrían destechar casas, tumbar árboles o postes de energía entre otros daños. El IDEAM recomienda estar muy atentos y tomar las medidas preventivas necesarias.

**ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE

Se emite este nivel de alerta para que pobladores (especialmente desde Montelíbano hacia aguas abajo) y autoridades locales de la cuenca del río San Jorge se mantengan atentos al paso de la onda de crecida que transita actualmente en la cuenca alta en el río San Pedro (estación Puerto Libertador) la cual se espera se refleje durante el día de hoy en Montelíbano alcanzando valores altos.

**ALERTA AMARILLA** CRECIENTES SÚBITAS SIERRA NEVADAS DE SANTA MARTA.

Dado que se prevén lluvias sobre sectores de la vertiente del Caribe, es probable que estas generen crecientes súbitas sobre los ríos Guachaca, Piedras, Manzanares y Don Diego. Por tanto el IDEAM recomienda a los pobladores y autoridades locales mantener vigilancia sobre el comportamiento de estos ríos, especialmente los que atraviesan la ciudad de Santa Marta. Similar condición de incrementos súbitos se podrían presentar en el cauce principal del río Cesar en las partes alta y media de la cuenca en el departamento del Cesar.



## INFORME TÉCNICO DIARIO N° 249

5 de Septiembre de 2012.

### REGIÓN CARIBE

#### **ALERTA ROJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

Amenaza **muy alta** de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, localizados en los siguientes municipios y sectores aledaños:

**BOLIVAR:** Arjona, Zambrano.

**CESAR:** Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar.

**LA GUAJIRA:** Albania, Maicao, Manaure, Riohacha, Uribia.

**MAGDALENA:** Sabanas De San Ángel.

#### **ALERTA NARANJA** INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

**CESAR:** Astrea, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, La Jagua De Iberico, La Paz, San Diego.

**LA GUAJIRA:** Barrancas, Hato Nuevo.

**MAGDALENA:** Algarrobo, Ariguaní (El Difícil), Fundación, Pivijay, Santa Marta, Sitionuevo.

**Especial atención amerita, Vía Parque Isla de Salamanca.**

#### **ALERTA NARANJA** PROBABILIDAD DE VENDAVALES

Para esta época del año es muy común la ocurrencia de vendavales por causa del periódico tránsito de ondas tropicales en la Región Caribe, especialmente en zonas de sabana o llanura estos fenómenos atmosféricos pueden alcanzar vientos entre moderados a fuertes que podrían destechar casas, tumbar árboles o postes de energía entre otros daños. El IDEAM recomienda estar muy atentos y tomar las medidas preventivas necesarias.

#### **ALERTA AMARILLA** PROBABILIDAD DE INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE

#### **ALERTA AMARILLA** CRECIENTES SÚBITAS SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA.

Con la persistencia de las lluvias en algunos sectores es probable que se generen crecientes súbitas en los ríos Guachaca, Piedras, Manzanares y Don Diego. Similar condición de incrementos súbitos se podrían presentar en algunos afluentes del río Cesar en la cuenca alta.

ANEXO E. CUADRO RESUMEN - REPORTE IDEAM MES DE SEPTIEMBRE DE 2012

ALERTA ROJA: PARA TOMAR ACCIÓN  
 ALERTA NARANJA: PARA PREPARARSE  
 ALERTA AMARILLA: PARA INFORMARSE

Fecha	Informe Técnico diario N°	Alerta Roja		Alerta Naranja		Alerta Amarilla	
		Tipo de desastre	Ubicación	Tipo de desastre	Ubicación	Tipo de desastre	Ubicación
01-sep-12	245	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Maicao, MAGDALENA: Sitio Nuevo	PROBABILIDAD DE VENDAVALES	Zonas de sabana o llanura	INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE	Montellibano
02-sep-12	246	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, LA GUAJIRA: Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Urbibia, MAGDALENA: Fundación, Sitio Nuevo.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, Chimichagua, Chiriguana, El Copey, El Paso, La Jagua De Ibrico, La Paz, San Diego, Valledupar. CÓRDOBA: Lórica, LA GUAJIRA: El Molino, San Juan Del Cesar, Villanueva. MAGDALENA: Algarrobo, Ariguani (El Difícil), Pijiño Del Carmen, Pivijay, Sabanas De San Ángel, Santa Ana, Zona Bananera.	INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE	Montellibano
03-sep-12	247	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, CESAR: Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, Chimichagua, Chiriguana, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibrico, La Paz, San Diego, Valledupar. LA GUAJIRA: Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Urbibia, MAGDALENA: Algarrobo, Ariguani (El Difícil), Fundación, Pijiño del Carmen, Pivijay, Sabanas de San Ángel, Santa Ana, Sitionuevo, Zona Bananera.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CÓRDOBA: Lórica, Puerto Escondido.	—	—
04-sep-12	248	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, CESAR: Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, El Paso, La Paz, San Diego, Valledupar. LA GUAJIRA: Albania, Barrancas, Hato Nuevo, Maicao, Manaure, Urbibia, MAGDALENA: Algarrobo, Ariguani (El Difícil), Fundación, Pivijay, Sabanas De San Ángel, Sitionuevo.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano, CESAR: Chimichagua, Chiriguana, Curumaní, El Copey, La Jagua De Ibrico, CÓRDOBA: Puerto Escondido, LA GUAJIRA: Riohacha, MAGDALENA: Pijiño del Carmen, Santa Ana, Santa Marta, Zona Bananera.	CRECIENTES SÚBITAS SIERRA NEVADAS DE SANTA MARTA.	Crecientes súbitas sobre los ríos Guachaca, Piedras, Manzanares y Don Diego
05-sep-12	249	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, Zambrano, CESAR: Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar. LA GUAJIRA: Albania, Maicao, Manaure, Riohacha, Urbibia, MAGDALENA: Sabanas De San Ángel.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Astrea, Chimichagua, Chiriguana, Curumaní, El Paso, La Jagua De Ibrico, La Paz, San Diego. LA GUAJIRA: Barrancas, Hato Nuevo. MAGDALENA: Algarrobo, Ariguani (El Difícil), Fundación, Pivijay, Santa Marta, Sitionuevo.	INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE	Montellibano
06-sep-12	250	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, CESAR: Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar. LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia, MAGDALENA: Sabanas De San Ángel.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano, CESAR: Chimichagua. LA GUAJIRA: Albania, Maicao, Manaure.	—	—
07-sep-12	251	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, CESAR: Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar. LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia, MAGDALENA: Sabanas De San Ángel.	PROBABILIDAD DE VENDAVALES	Zonas de sabana o llanura	—	—
08-sep-12	252	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, CESAR: Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar. LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia, MAGDALENA: Sabanas De San Ángel.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: El Carmen De Bolivar.	—	—
09-sep-12	253	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: El Carmen De Bolivar, CESAR: Agustín Codazzi, Becerril, Bosconia, Valledupar, MAGDALENA: Sabanas De San Ángel.	—	—
10-sep-12	254	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: El Carmen de Bolivar.	—	—
11-sep-12	255	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Arjona, LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: El Carmen de Bolivar, santa Rosa del Sur. LA GUAJIRA: Albania, barrancas, Hato Nuevo, San Juan del Cesar	—	—
12-sep-12	256	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Santa Rosa del Sur, LA GUAJIRA: Riohacha, Urbibia, san Juan del Cesar	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: El Carmen de Bolivar, Arjona LA GUAJIRA: Albania, Barrancas, Hato Nuevo, SUCRE, Sampedés	—	—



Fecha	Informe Técnico diario N°	Alerta Roja		Alerta Naranja		Alerta Amarilla	
		Tipo de desastre	Ubicación	Tipo de desastre	Ubicación	Tipo de desastre	Ubicación
13-sep-12	257	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLÍVAR: Santa Rosa del Sur. LA GUAJIRA: Riohacha, San Juan del Cesar, Uribia.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	ATLÁNTICO: Puerto Colombia, Tubará. CESAR: Agustín Codazzi, El Paso. MAGDALENA: Sitionuevo. SUCRE: Sampués.	---	---
14-sep-12	258	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLÍVAR: Santa Rosa del Sur. CESAR: Agustín Codazzi, El Paso. LA GUAJIRA: San Juan del Cesar, Uribia. MAGDALENA: Sitionuevo.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	ATLÁNTICO: Puerto Colombia, Tubará LA GUAJIRA: Manaure, Riohacha MAGDALENA: Ciénaga, El reten , Puebloviejo, Santa Marta, Zona Bananera.	---	---
15-sep-12	259	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLÍVAR: Santa Rosa del Sur. CESAR: Agustín Codazzi, El Paso. LA GUAJIRA: Riohacha, San Juan del Cesar, Uribia. MAGDALENA: Ciénaga, El Retén, Puebloviejo, Santa Marta, Zona Bananera.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Sitionuevo.	---	---
16-sep-12	260	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLÍVAR: Santa Rosa del Sur. CESAR: Agustín Codazzi, El Paso. LA GUAJIRA: Manaure, San Juan del Cesar, Uribia. MAGDALENA: El Retén, Puebloviejo, Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano CESAR: Manaure Balcón del Cesar MAGDALENA: Ciénaga, Zona Bananera.	---	---
17-sep-12	261	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLÍVAR: Zambrano CESAR: El Paso. Manaure Balcón del Cesar LA GUAJIRA: Manaure, San Juan del Cesar, Uribia. MAGDALENA: El Retén, Puebloviejo, Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Santa Rosa del Sur. CESAR: Agustín Codazzi,, Valledupar MAGDALENA: Ciénaga, Zona Bananera. LA GUAJIRA: Distracción	---	---
18-sep-12	262	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Santa Rosa del Sur, Zambrano CESAR: El Paso, Agustín Codazzi, Valledupar, Manaure Balcón del Cesar, MAGDALENA: Ciénaga, Zona Bananera, Pueblo Viejo, El Retén LA GUAJIRA: Distracción.	DESPLAZAMIENTOS DE TIERRA	CESAR: Bosconia.
19-sep-12	263	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Chimichagua.	DESPLAZAMIENTOS DE TIERRA	CESAR: Bosconia.
20-sep-12	264	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Chimichagua.	---	---
21-sep-12	265	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Algarrobo.	---	---
22-sep-12	266	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Riohacha. MAGDALENA: Algarrobo.	---	---
23-sep-12	267	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Riohacha y Uribia. MAGDALENA: Santa Marta.	DESPLAZAMIENTOS DE TIERRA	CESAR: Bosconia.	---	---
24-sep-12	268	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Manaure, Riohacha y Uribia.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Santa Marta y Sitionuevo.	---	---
25-sep-12	269	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Riohacha	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Sitionuevo. LA GUAJIRA: Manaure y Uribia.	---	---
26-sep-12	270	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	LA GUAJIRA: Riohacha	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Sitionuevo. LA GUAJIRA: Manaure y Uribia.	---	---
27-sep-12	271	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: El Paso, Valledupar y Astrea	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	MAGDALENA: Sitionuevo. LA GUAJIRA: Manaure y Uribia.	---	---
28-sep-12	272	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: El Paso, Valledupar y Astrea	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano.	INCREMENTOS EN LOS NIVELES DEL RIO SAN JORGE	Montelibano
29-sep-12	273	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Astrea, El Paso.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano. CESAR: Valledupar.	---	---
30-sep-12	274	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	CESAR: Astrea, El Paso.	INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	BOLIVAR: Zambrano. CESAR: Valledupar.	---	---

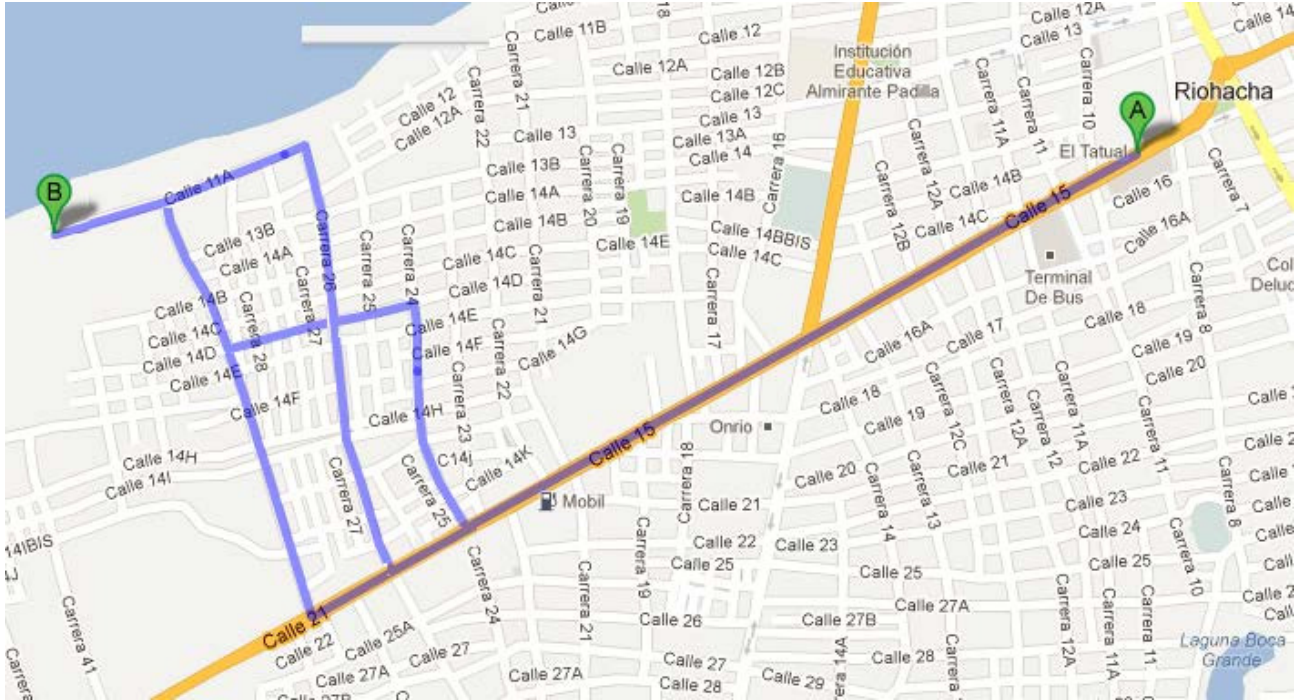
**ANEXO F. CONTEO DE PROBABILIDAD DE DESATRE POR DIA Y POR MUNICIPIO**

N°	Departamento	Municipio	Cantidad total de reportes en el mes	Septiembre																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Guajira	Maicao	5	1	1	1	1	1																									
		Albania	4		1	1	1	1																									
		Barrancas	3		1	1	1																										
		Hato Nuevo	3		1	1	1																										
		Manaure	13		1	1	1	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
		Uribia	23		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
		Riohacha	14					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1			
		San Juan del Cesar	6											1	1	1	1	1	1														
2	Cesar	Agustin Codazzi	9			1	1	1	1	1	1					1	1	1															
		Astrea	6			1	1																						1	1	1	1	
		Becerril	6			1	1	1	1	1	1																						
		Bosconia	6			1	1	1	1	1	1																						
		Chimichagua	1			1																											
		Chiriguana	1			1																											
		El Copey	2			1	1																										
		El Paso	9			1											1	1	1	1									1	1	1	1	
		La Jagua de Ibirico	1			1																											
		La Paz	2			1	1																										
		San Diego	2			1	1																										
		Valledupar	8			1	1	1	1	1	1																			1	1		
		Manaure Balcón del cesar	1																														
3	Magdalena	Sitio Nuevo	5	1	1	1	1									1																	
		Fundación	3			1	1	1																									
		Algarrobo	2			1	1																										
		Ariguaní (El Difícil)	2			1	1																										
		Pijiño del Carmen	1			1																											
		Pivijay	2			1	1																										
		Sabanas de San Ángel	6			1	1	1	1	1	1																						
		Santa Ana	1			1																											
		Zona Bananera	2			1												1															
		Cienaga	1															1															
		El Retén	3															1	1	1													
		Pueblo Viejo	3															1	1	1													
		Santa Marta	9															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
4	Atlántico	Puerto Colombia	2													1	1																
		Tubará	2														1	1															
5	Sucre	Sampués	2												1	1																	
6	Bolívar	Arjona	10			1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
		Zambrano	2					1																				1					
		Santa Rosa del Sur	5														1	1	1	1	1												
7	Córdoba	Puerto Escondido	2			1	1																										
		Lorica	2			1	1																										

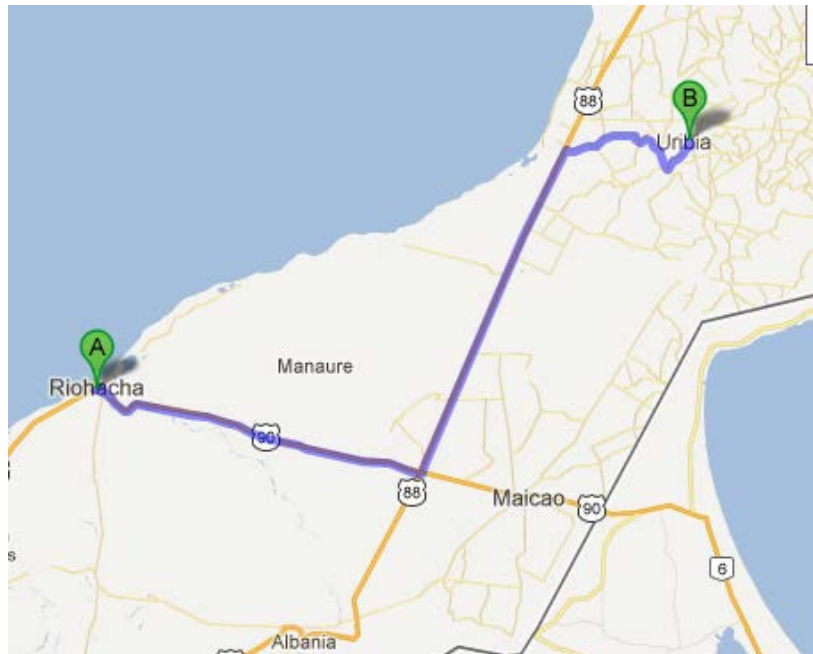
## ANEXO G. RUTAS DEMARCADAS

### Rutas desde la Bodega 1: Guajira ( Riohacha)

#### Rutas Bodega 1 Punto 1 Riohacha



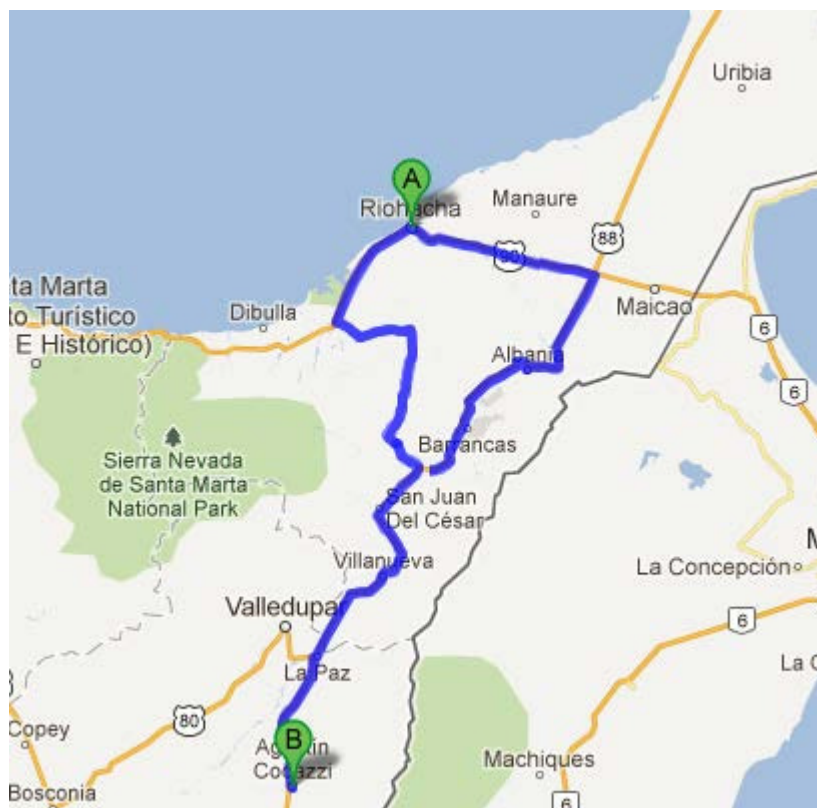
#### Rutas Bodega 1 Punto 2 Uribia



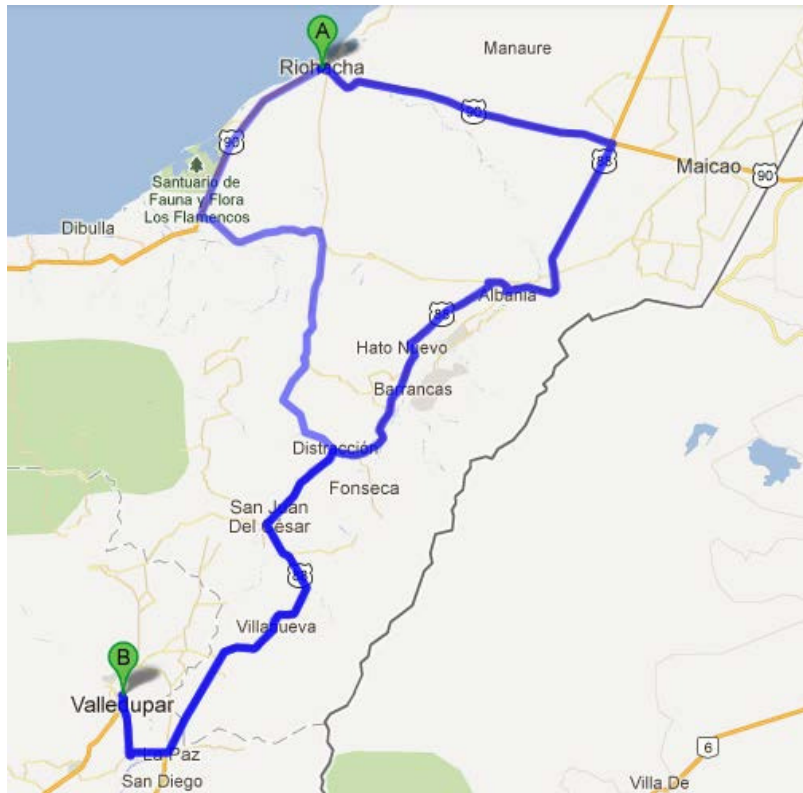
### Rutas Bodega 1 Punto 3 Manaure



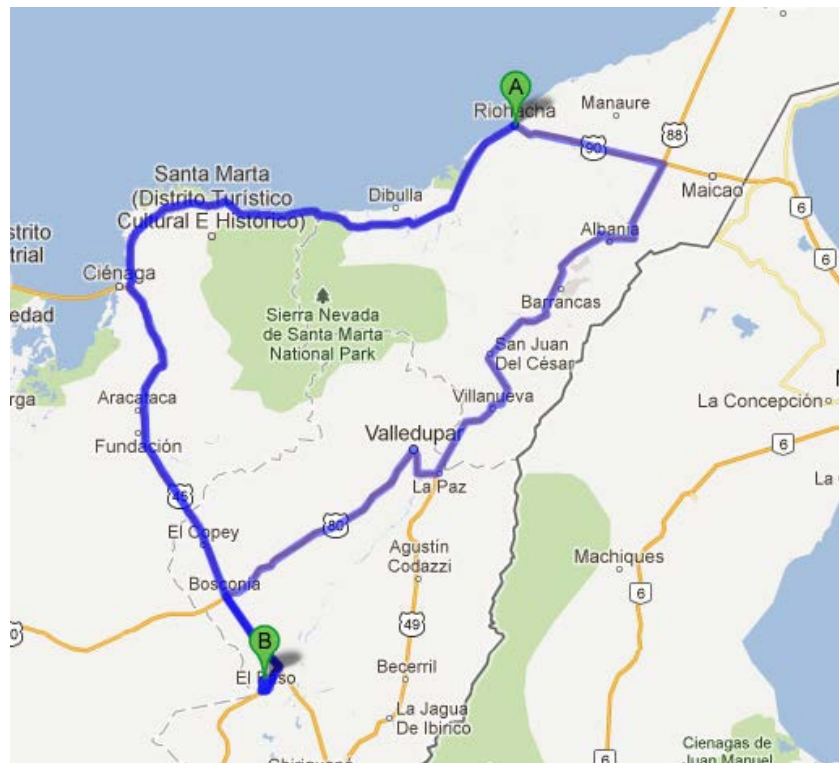
### Rutas Bodega 1 Punto 4 Agustín Codazzi



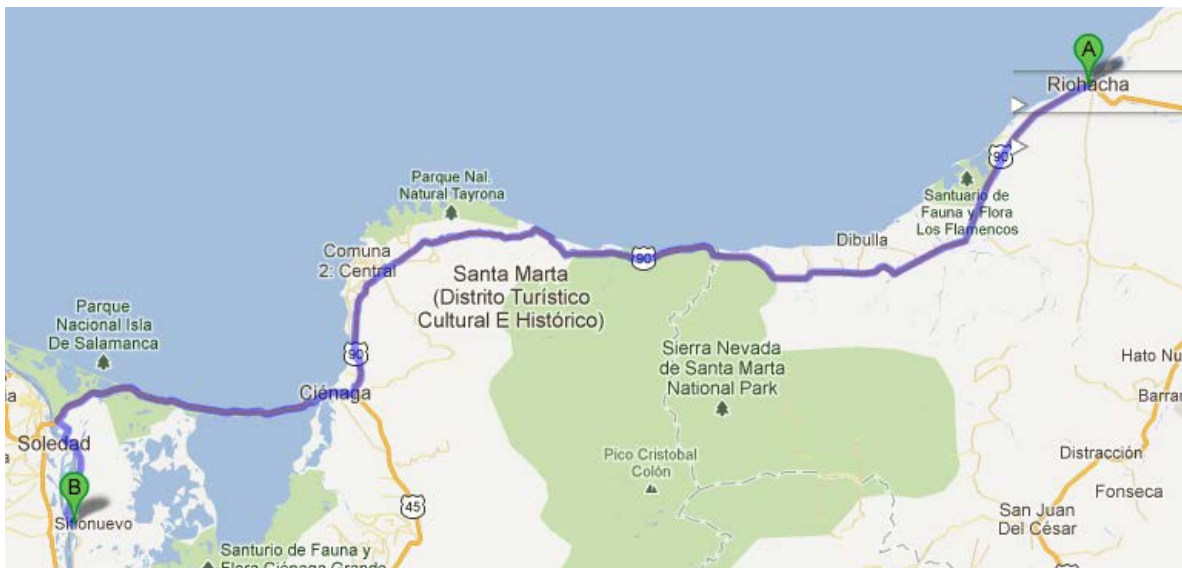
Rutas Bodega 1 Punto 5 Valledupar



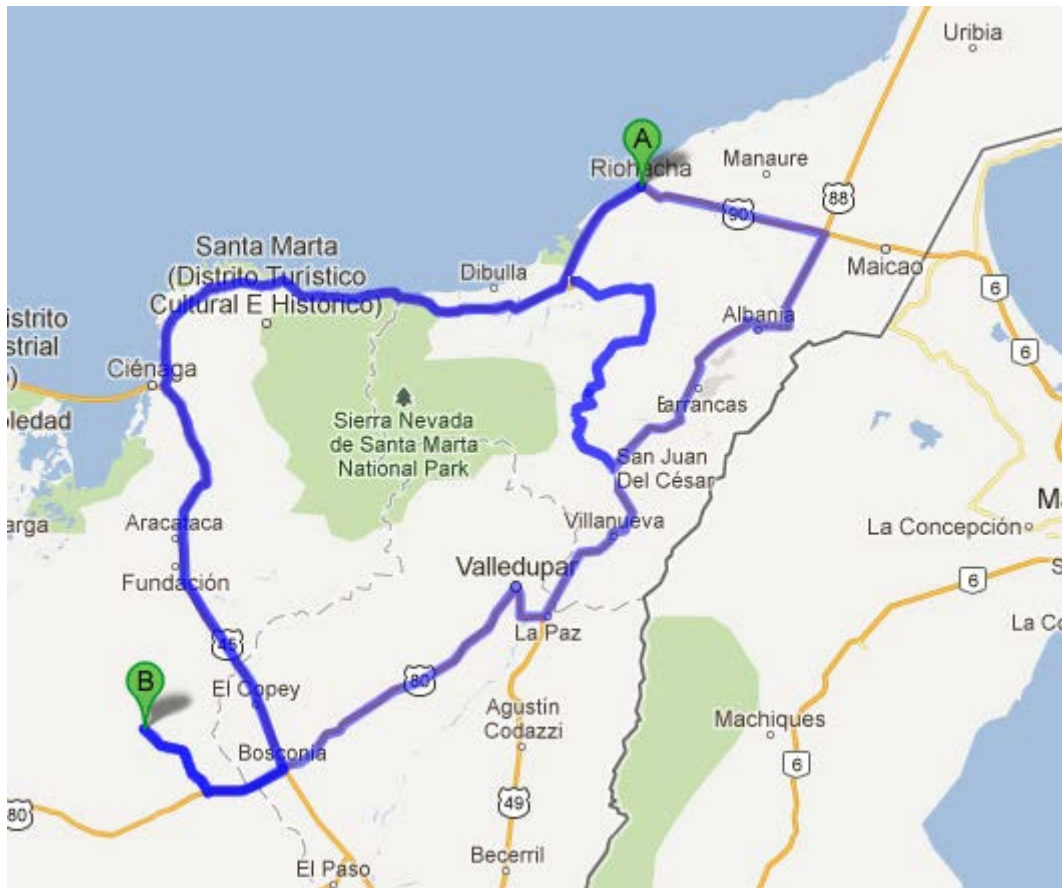
Rutas Bodega 1 Punto 6 El Paso



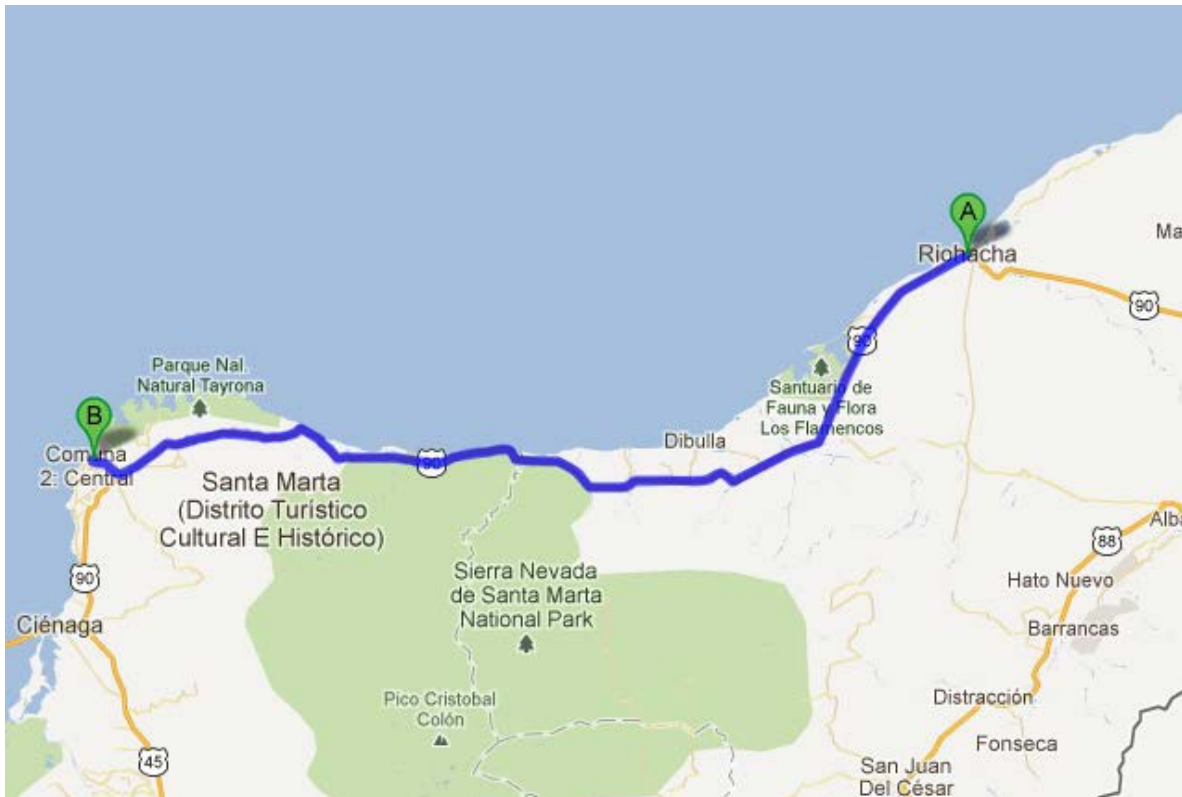
### Rutas Bodega 1 Punto 7 Sitio Nuevo



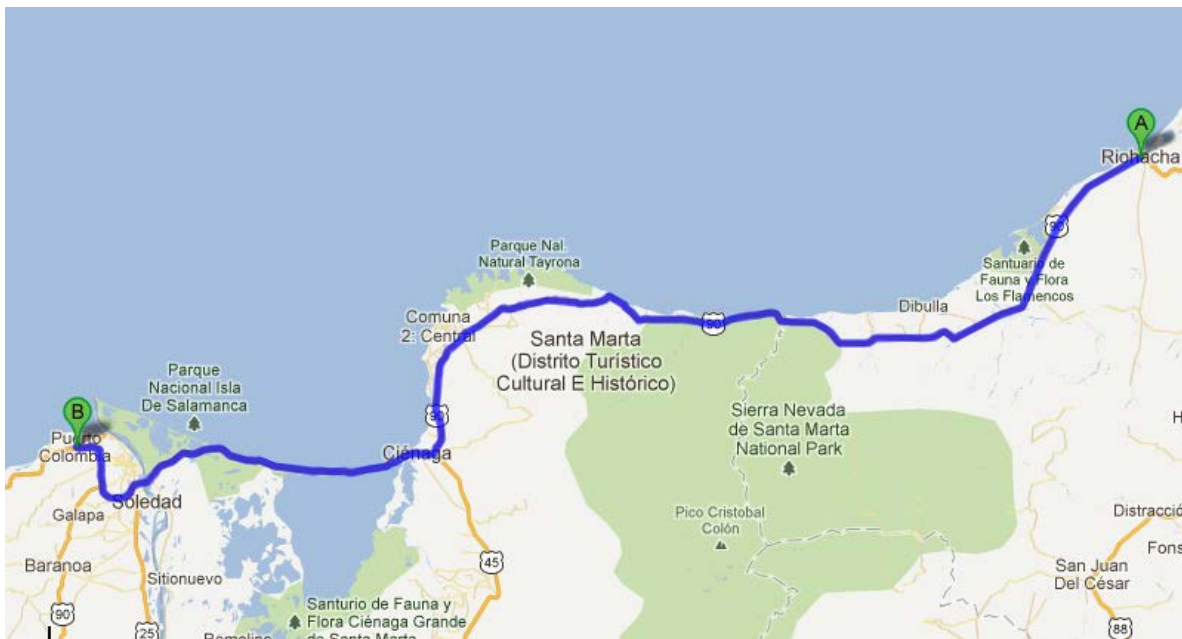
### Rutas Bodega 1 Punto 8 Sabanas de San Ángel



Rutas Bodega 1 Punto 9 Santa Marta



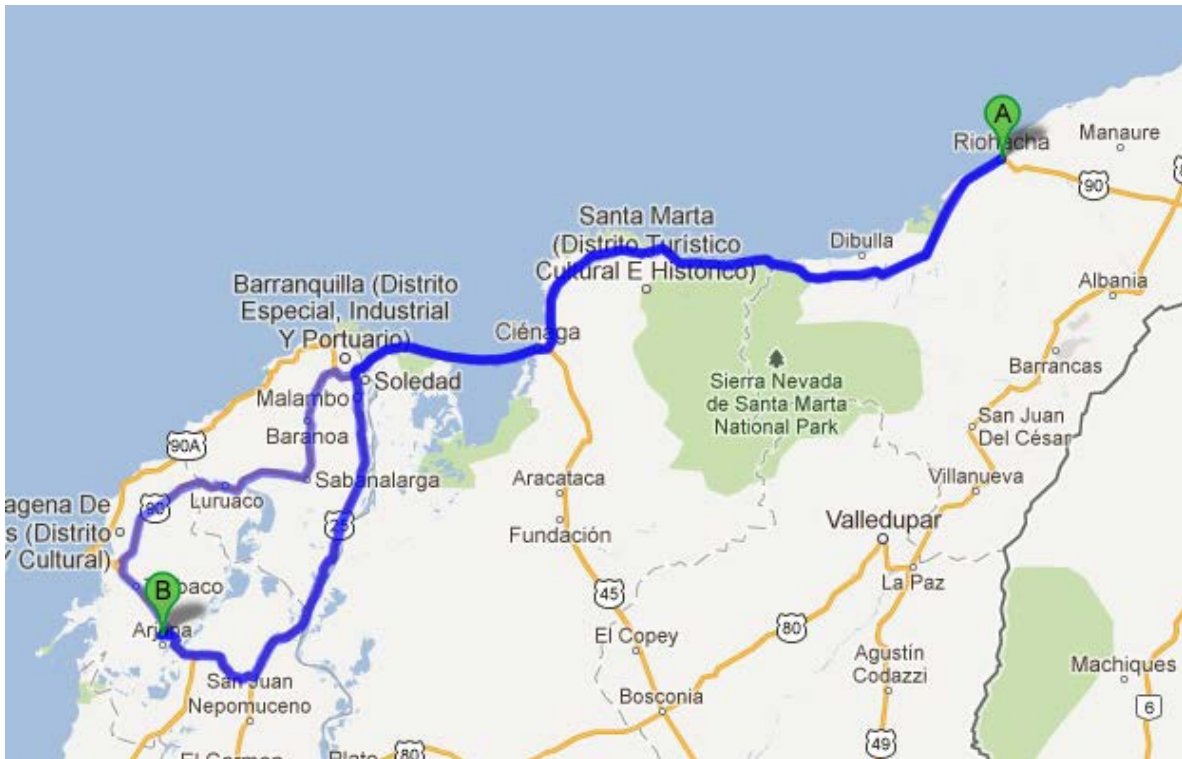
Rutas Bodega 1 Punto 10 Puerto Colombia



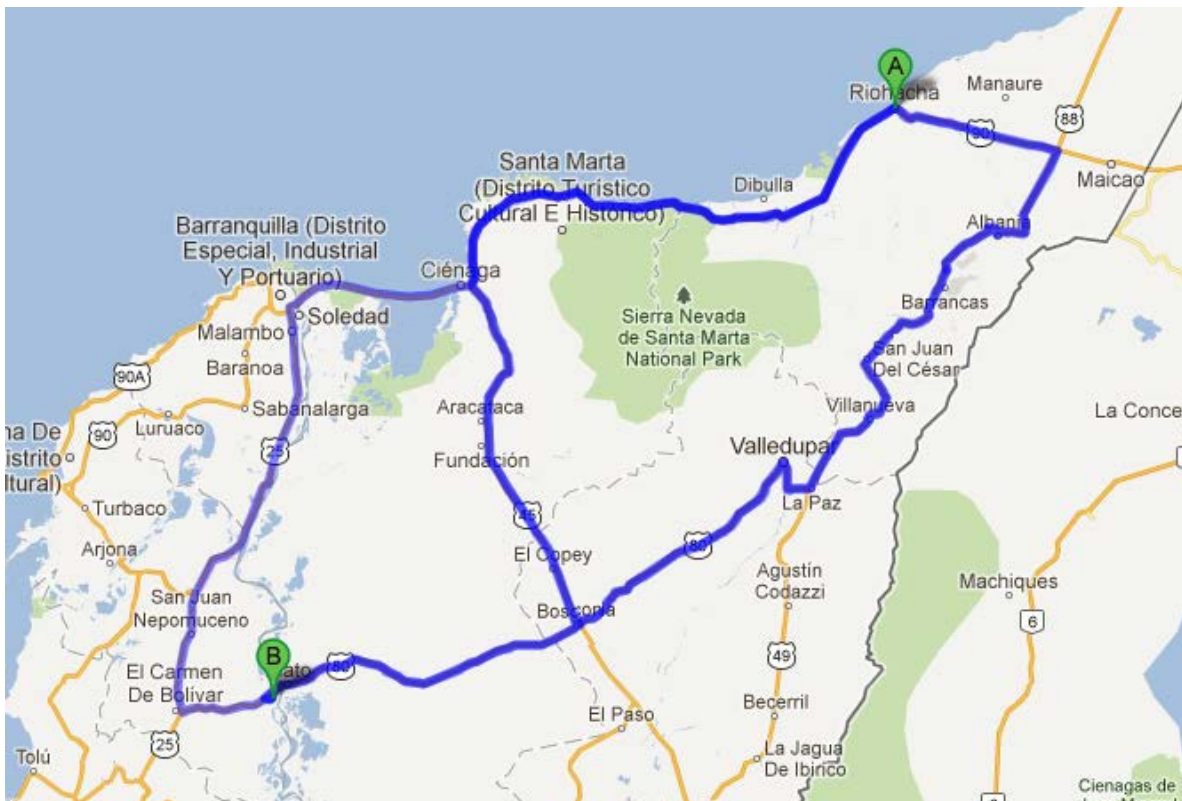




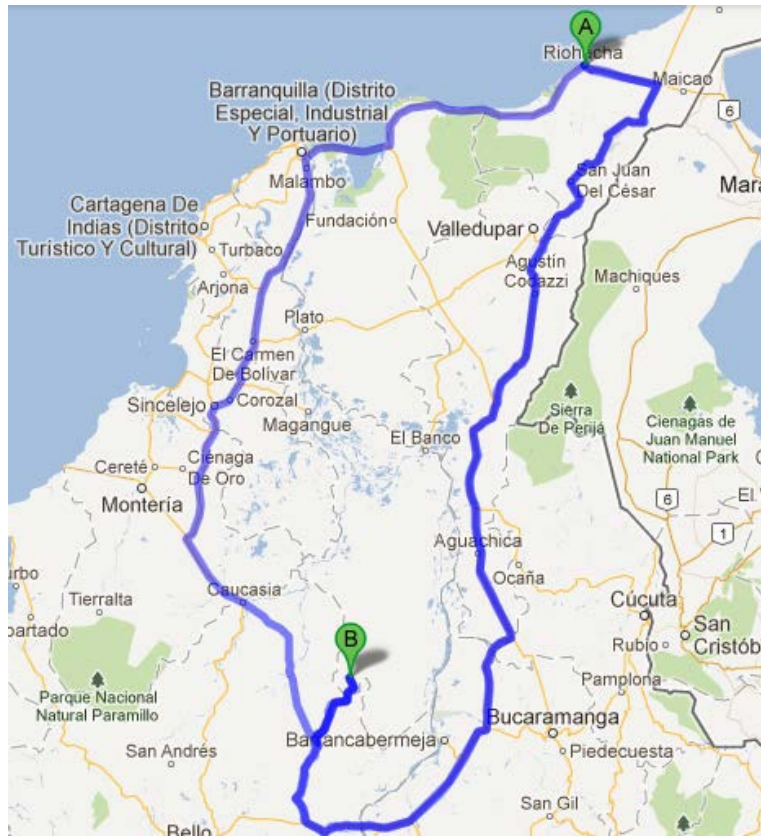
Rutas Bodega 1 Punto 13 Arjona



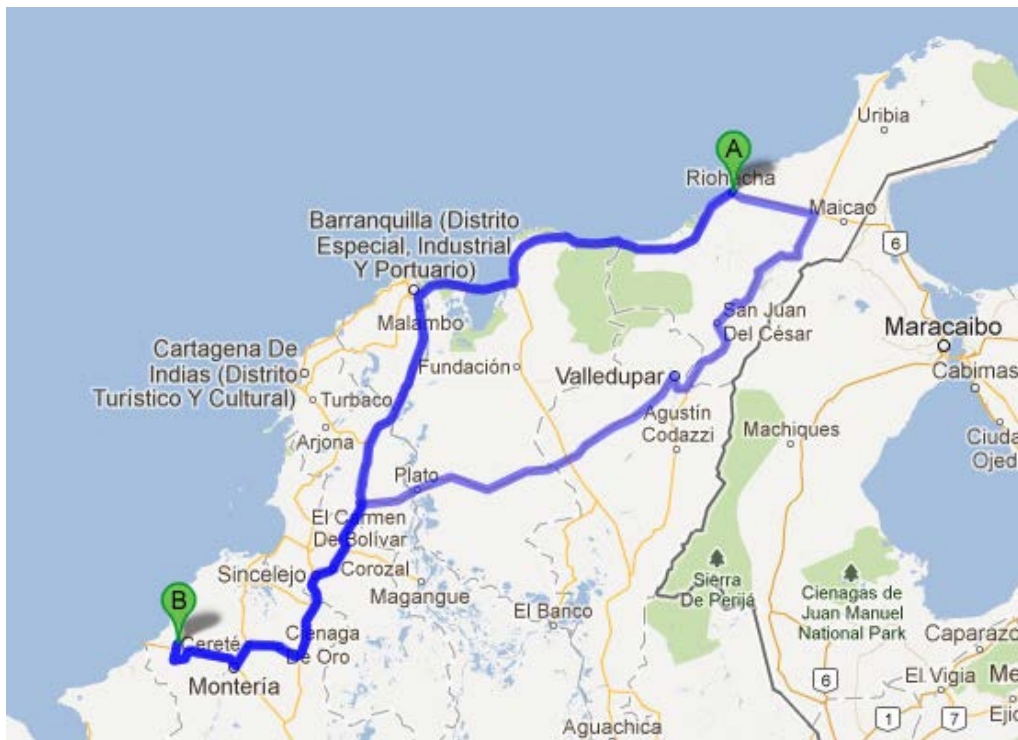
Rutas Bodega 1 Punto 14 Zambrano



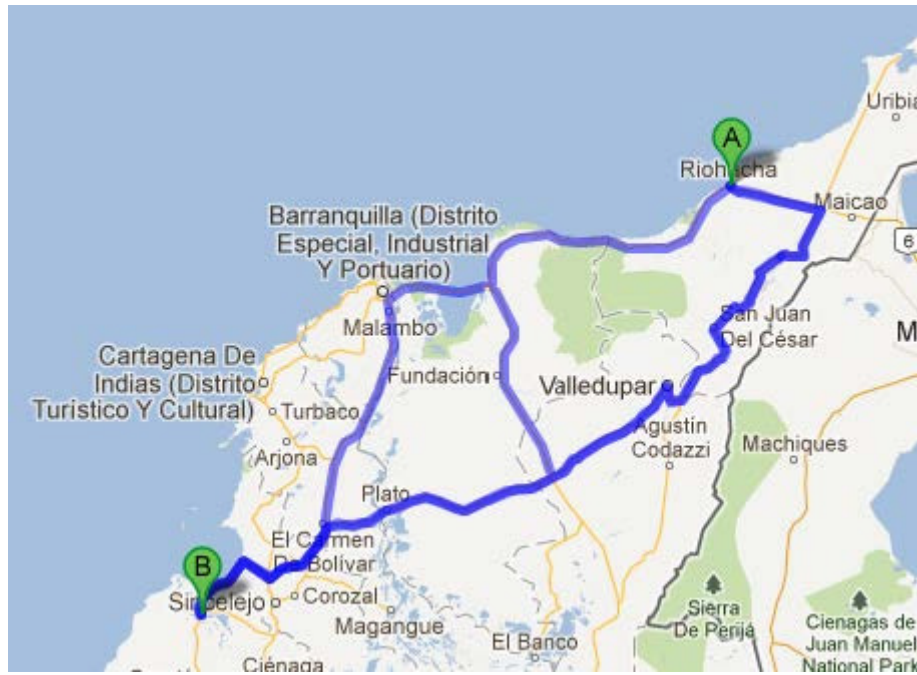
Rutas Bodega 1 Punto 15 Santa Rosa del Sur



Rutas Bodega 1 Punto 16 Puerto Escondido

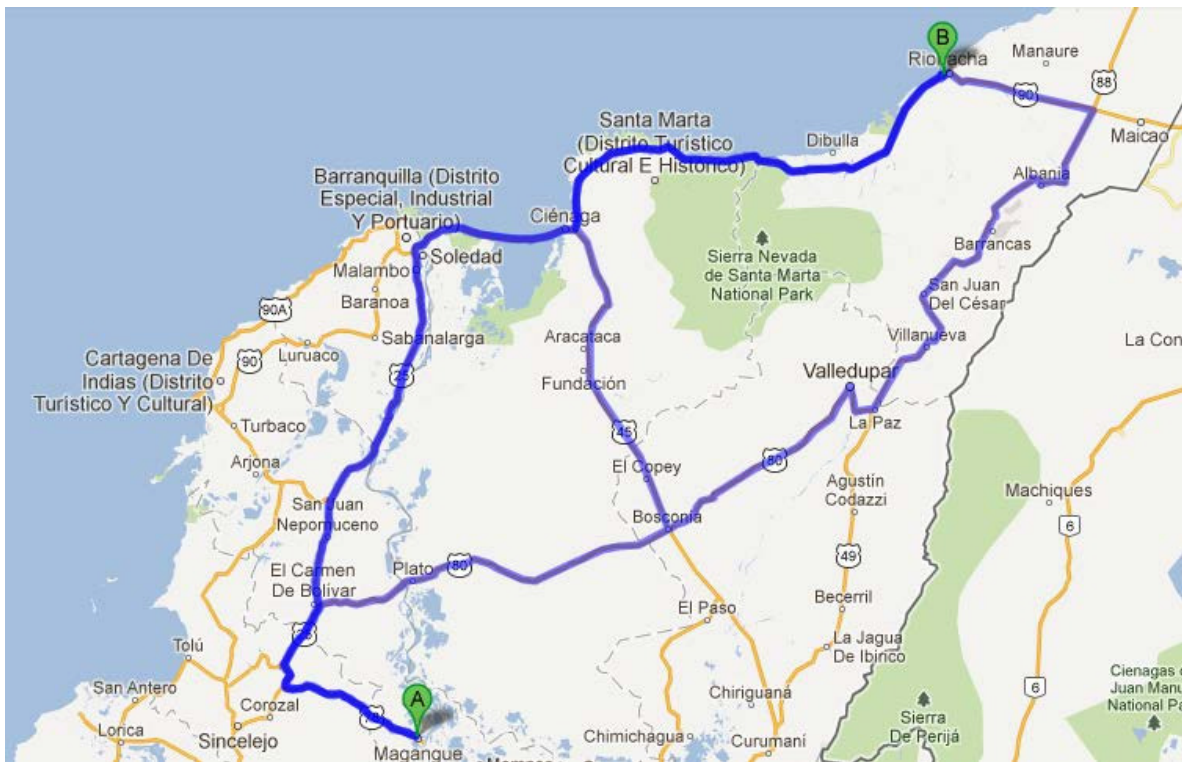


Rutas Bodega 1 Punto 17 Lorica

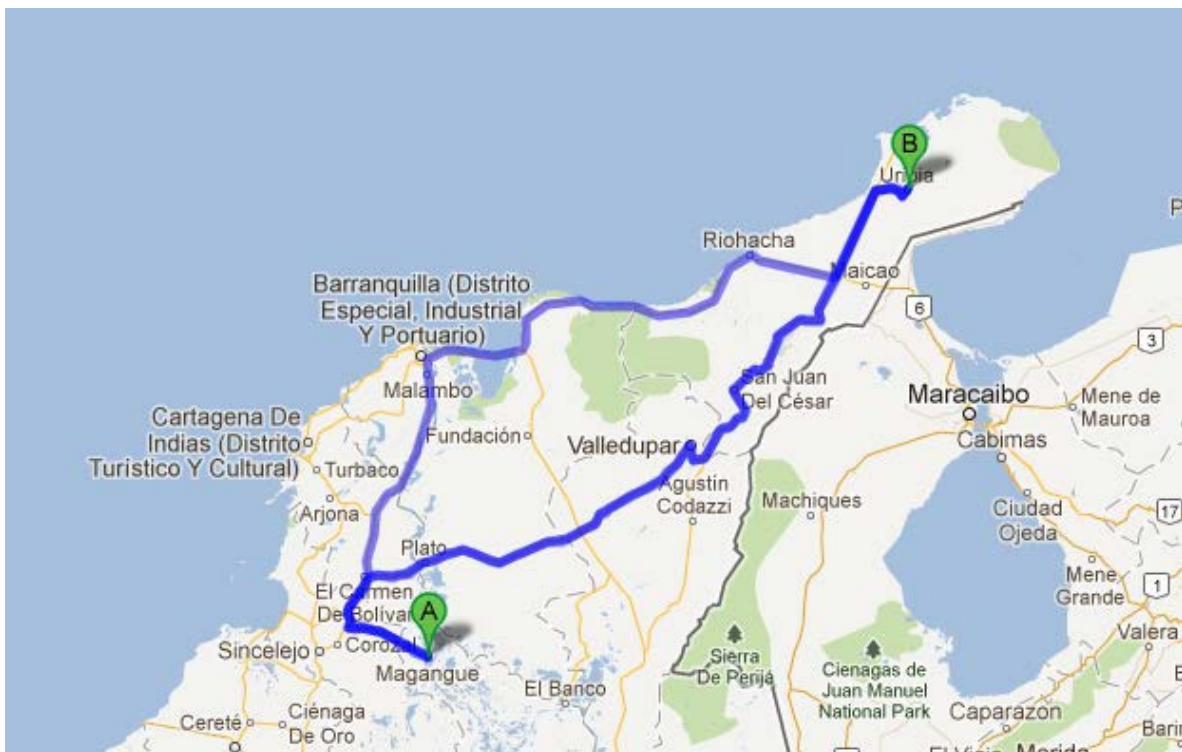


Rutas desde la Bodega 2: Bolivar ( Magangué)

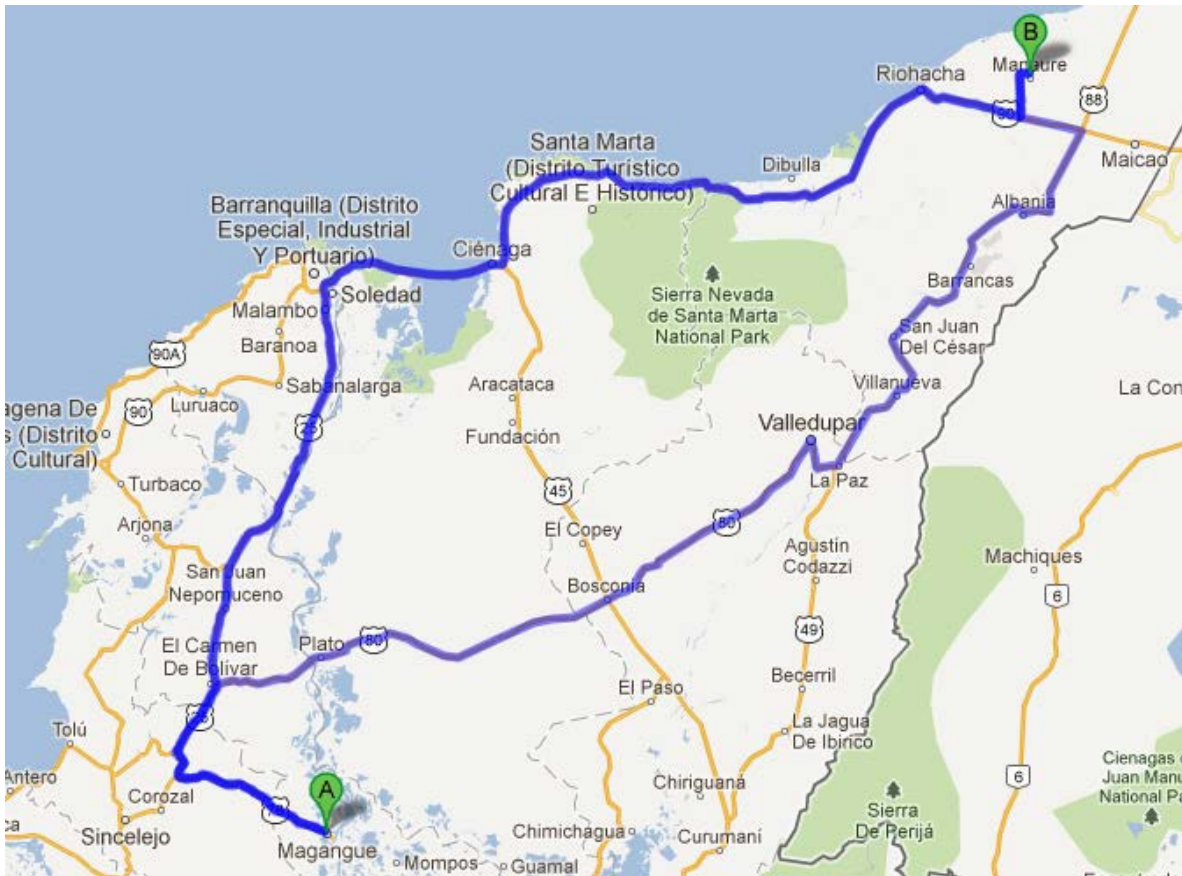
Rutas Bodega 2 Punto 1 Riohacha



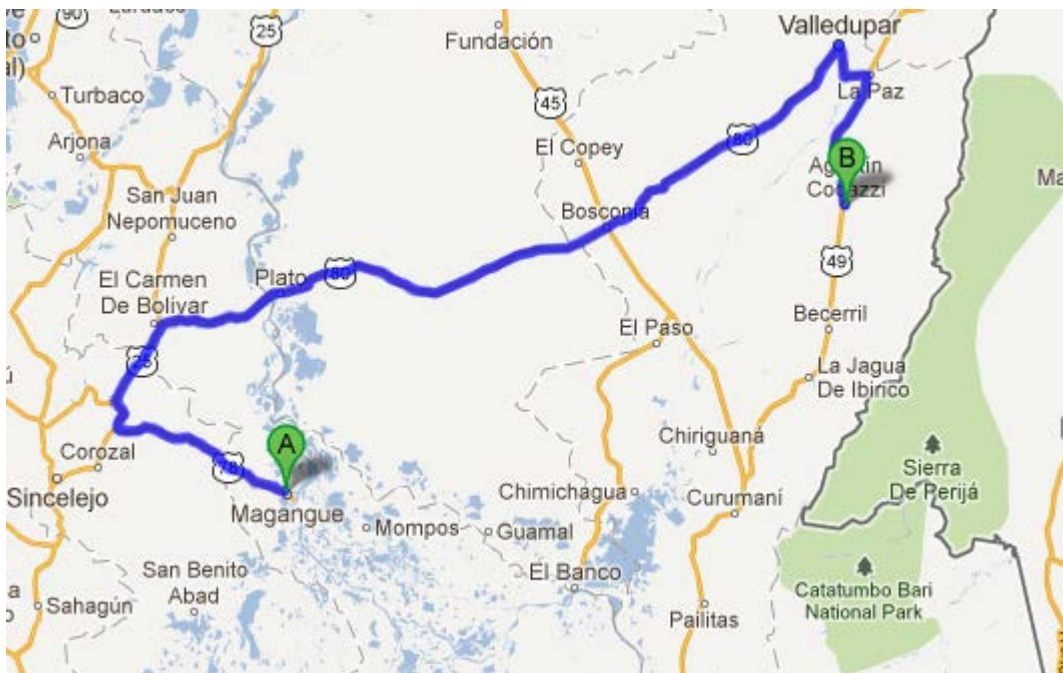
Rutas Bodega 2 Punto 2 Uribe



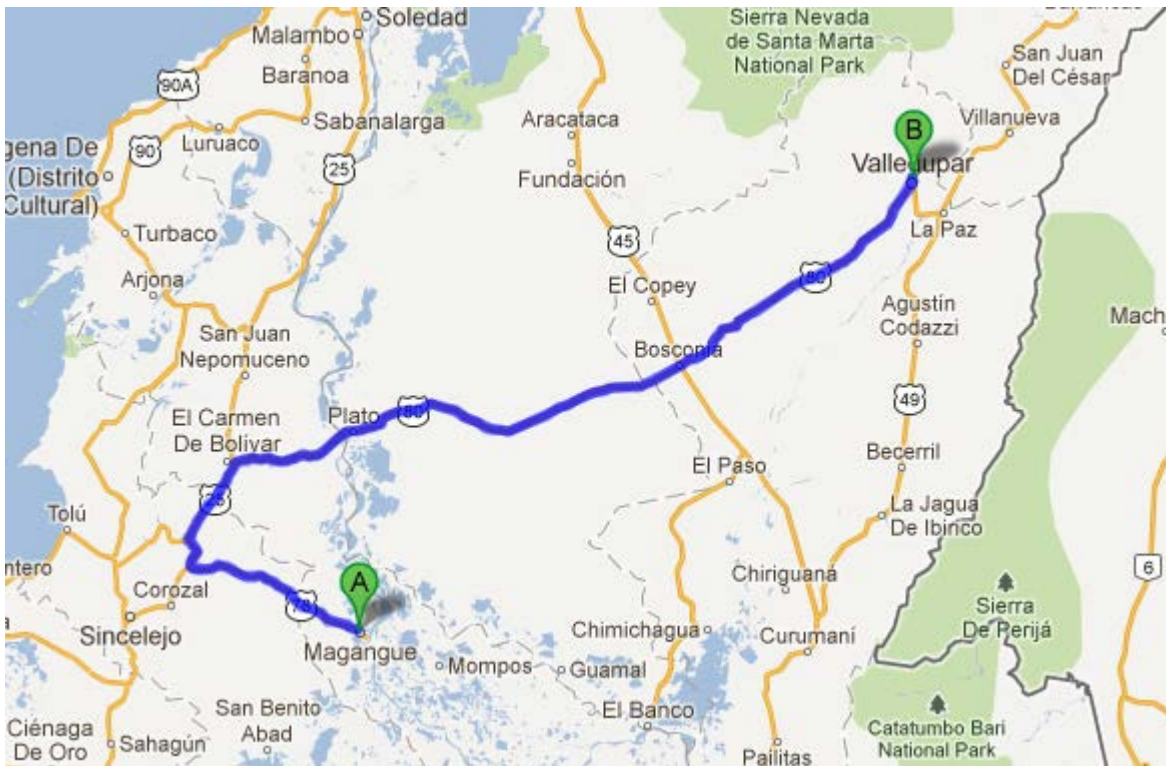
### Rutas Bodega 2 Punto 3 Manaure



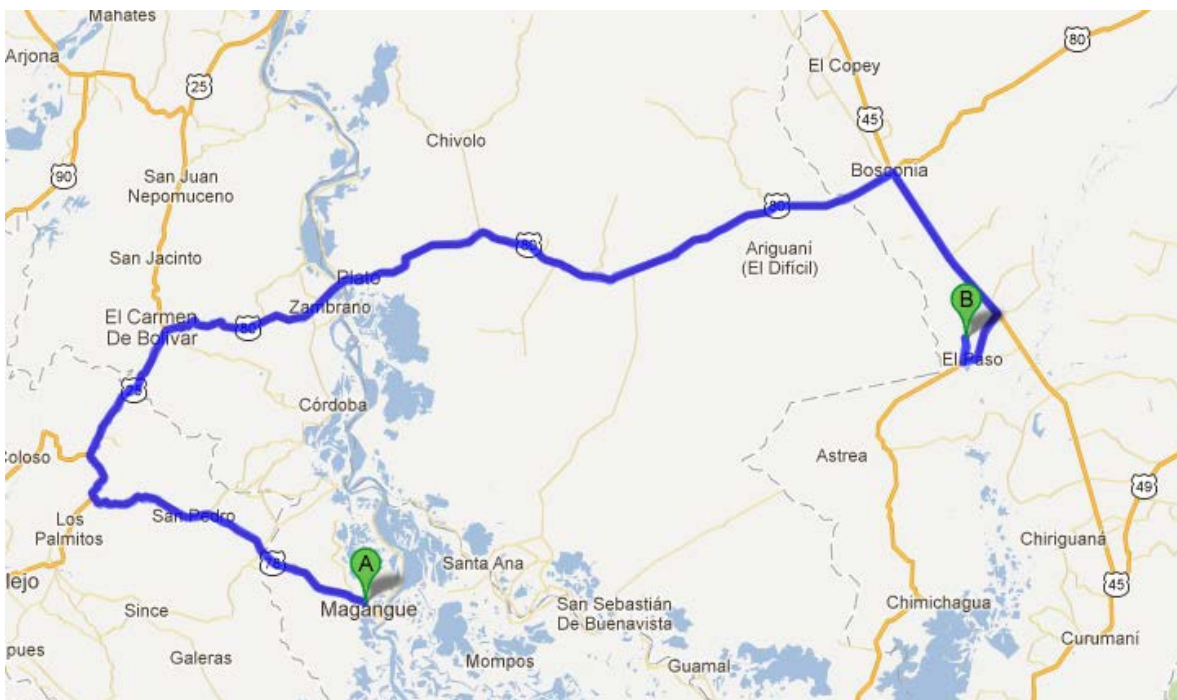
### Rutas Bodega 2 Punto 4 Agustín Codazzi



Rutas Bodega 2 Punto 5 Valledupar

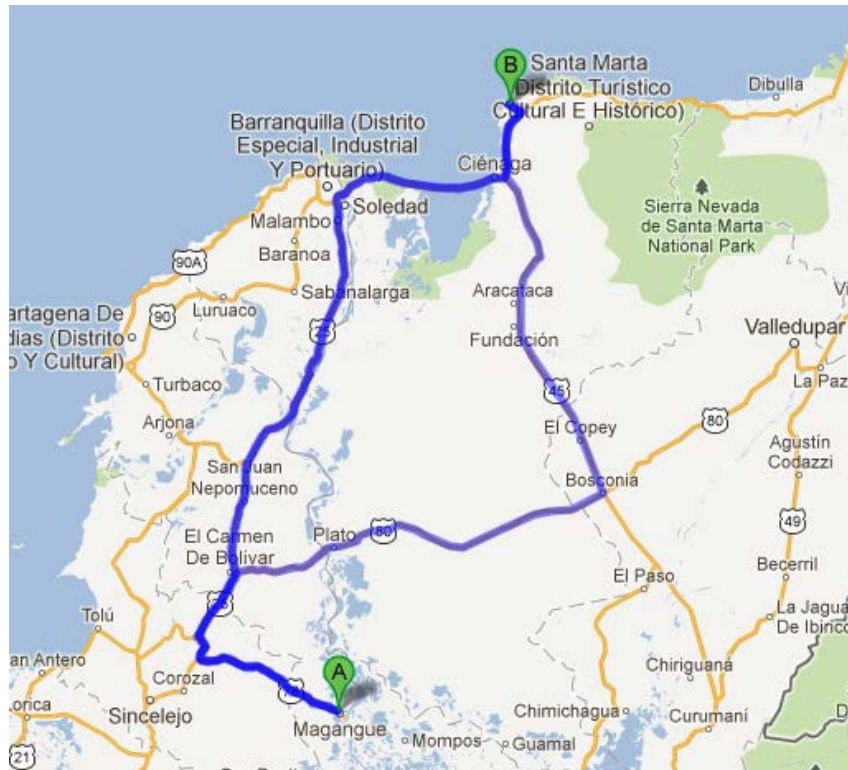


Rutas Bodega 2 Punto 6 El Paso

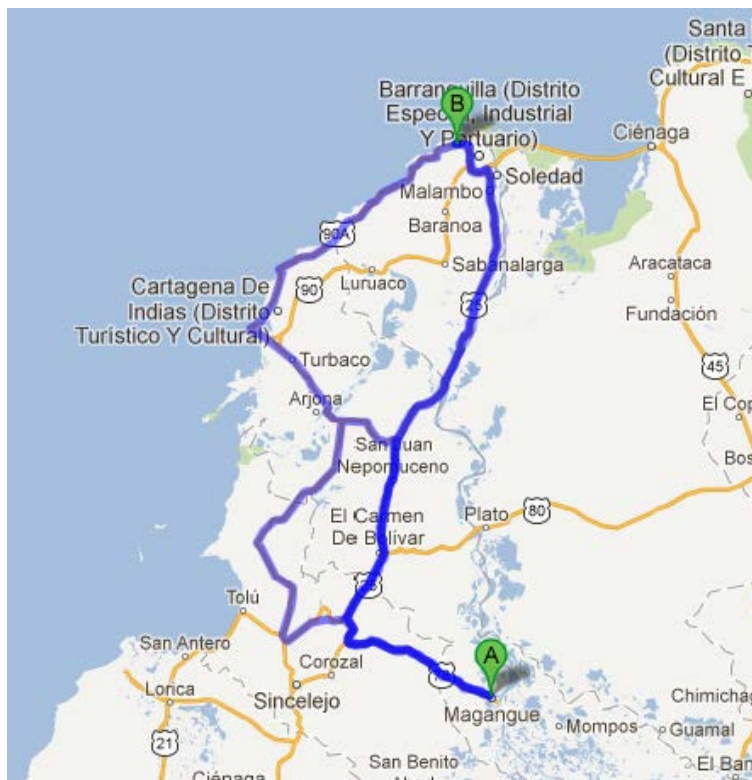




Rutas Bodega 2 Punto 9 Santa Marta

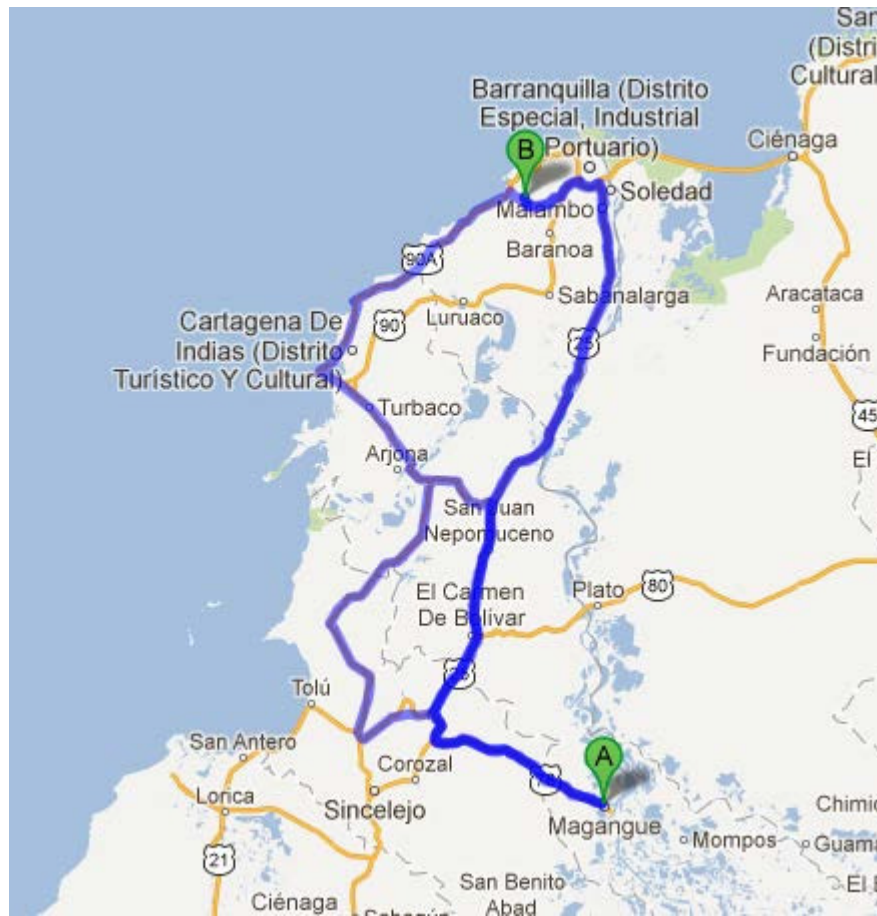


Rutas Bodega 2 Punto 10 Puerto Colombia

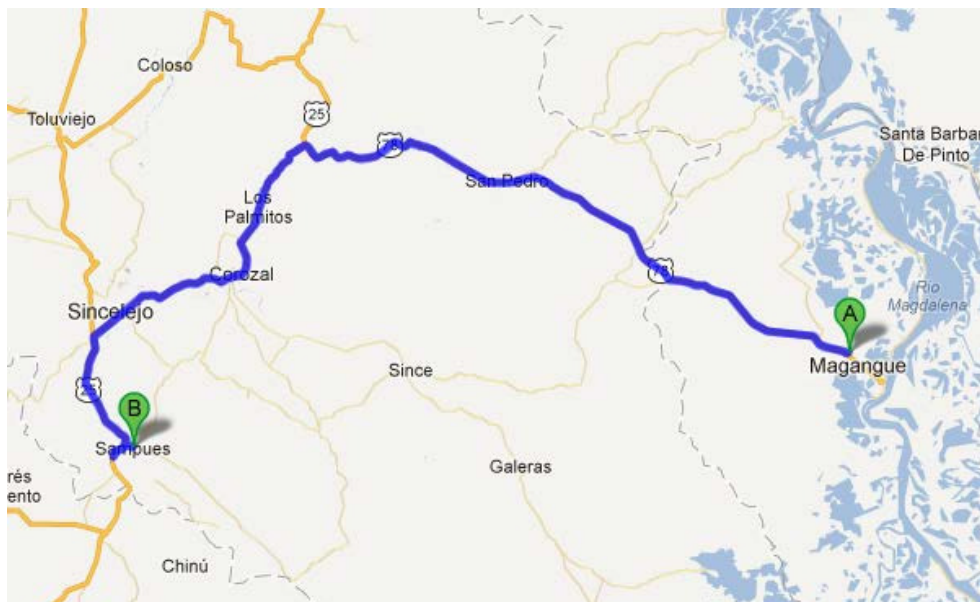




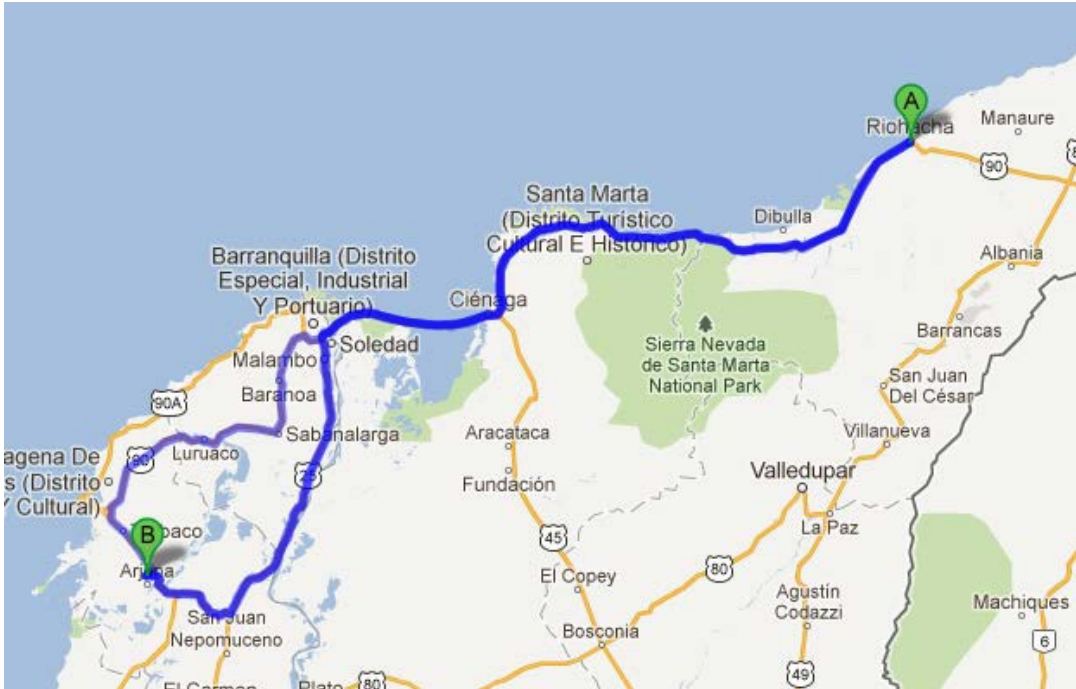
Rutas Bodega 2 Punto 11 Tubará



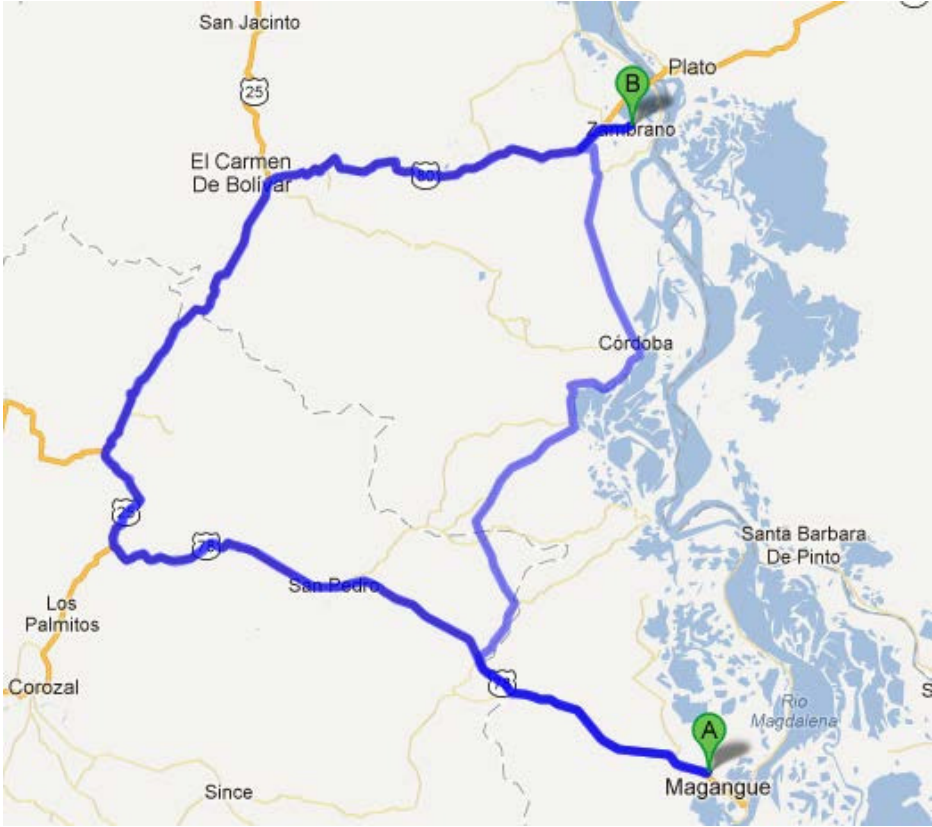
Rutas Bodega 2 Punto 12 Sampués



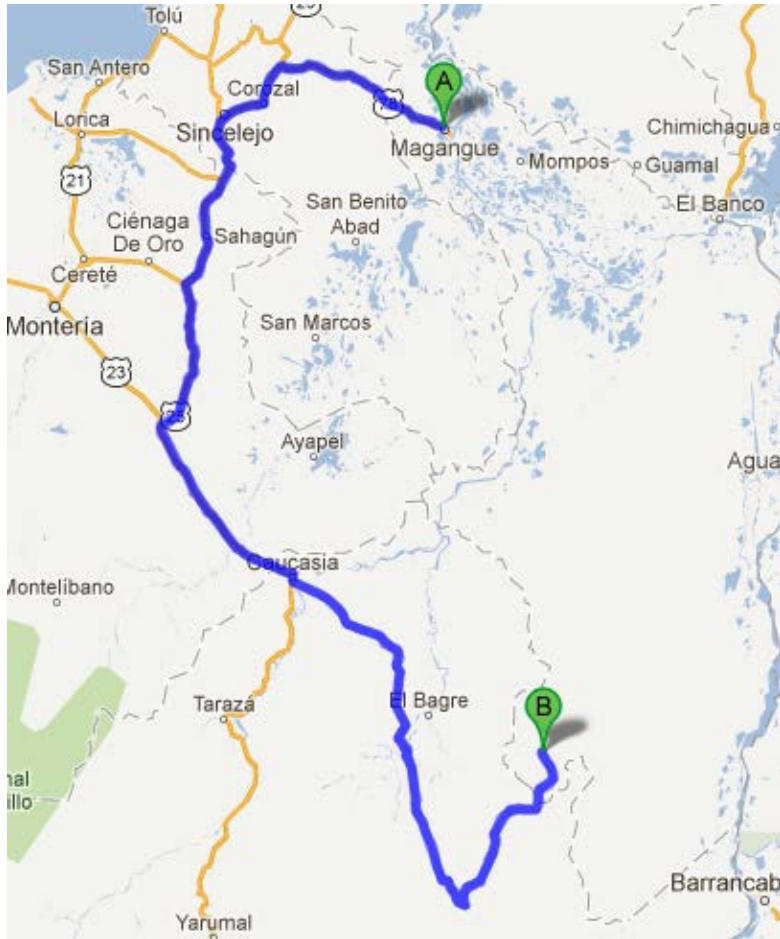
Rutas Bodega 2 Punto 13 Arjona



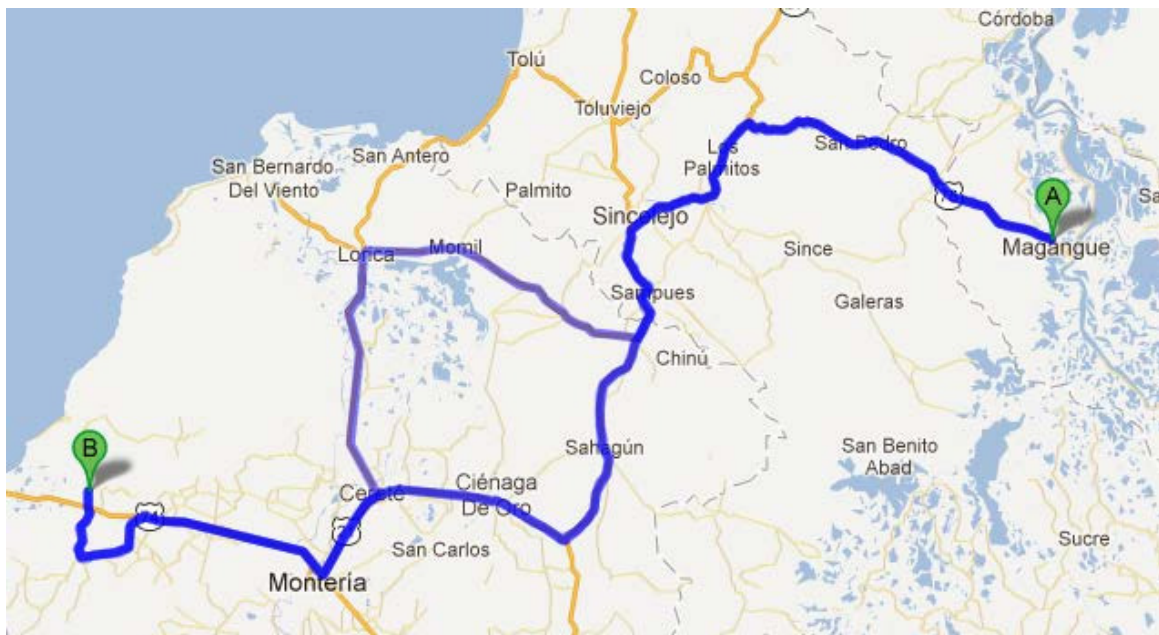
Rutas Bodega 2 Punto 14 Zambrano



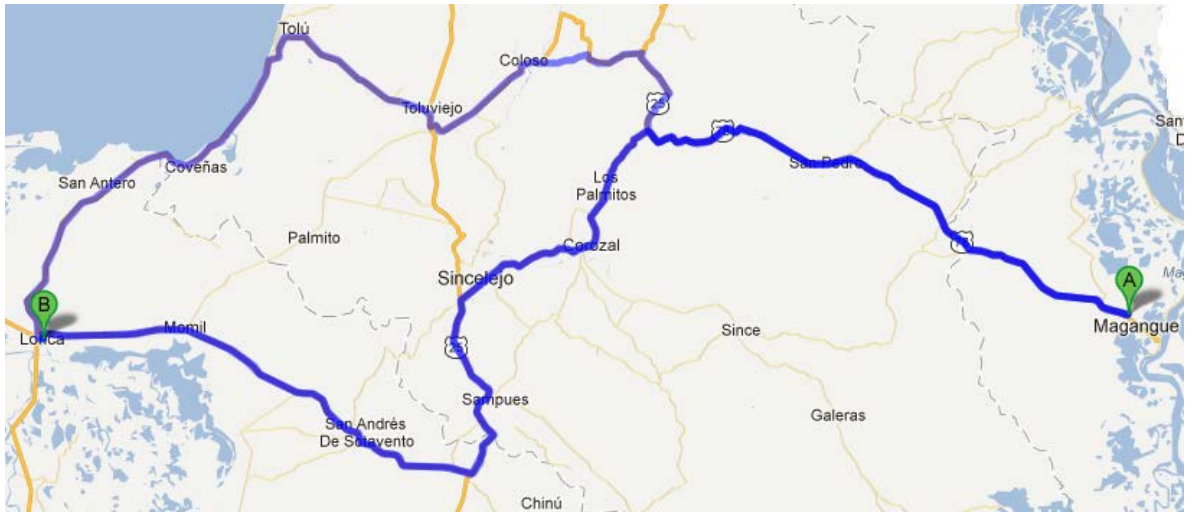
Rutas Bodega 2 Punto 15 Santa Rosa del Sur



Rutas Bodega 2 Punto 16 Puerto Escondido



Rutas Bodega 2 Punto 17 Loricá



## **ANEXO H. Características del kit de alimento para ayuda humanitaria, sugerido por la Cruz Roja Colombiana**

2 libras de lenteja  
1 libra de harina de maíz  
3 libras de arroz  
2 libras de azúcar  
2 libras de frijol  
1 libra de sal  
2 libras de panela  
1 libra de café  
1 libra de chocolate  
1000 cc de aceite  
400 grs. de leche en polvo  
500 grs. de bocadillo  
370 grs. de atún

## ANEXO I. TRASLACION DEL MODELO A GAMS

```

$title Problema de Atencion de Zonas
options
optcr = 0.00001
optca = 0.00001

;

SETS
i Bodegas de Abastecimiento /i1, i2/
j Zona de Desastre /j1*j17/
m Rutas /m1*m3/
k Tipo de Vehiculo /k1,k2/;

PARAMETERS
O(i) Cantidad de kits disponibles en la bodega i
    /i1 1000
    i2 2000/
tc(k) Tiempo de cargue y descargue del vehiculo tipo k
    /k1 267
    k2 310/
CAPV(k) Capacidad del vehiculo tipo k
    /k1 450
    k2 900/
D(j) Demanda en el punto de desastre j
    /j1 0
    j2 0
    j3 3500
    j4 7000
    j5 0
    j6 0
    j7 0
    j8 0
    j9 0
    j10 0
    j11 0
    j12 0
    j13 0
    j14 0
    j15 0
    j16 0
    j17 0/;

TABLE
t(m,i,j) Tiempo de desplazamiento de i a j a través de la ruta m
      j1    j2    j3    j4    j5    j6    j7    j8
m1.i1  10    235   124   314   285   422   361   492
m1.i2  563   756   678   453   387   350   366   363
m2.i1  11   10000  10000  430   400   450  10000  518
m2.i2  632   789   692  10000  10000  10000  10000  10000

```

```

m3.i1  11  10000  10000  10000  10000  10000  10000  10000  711
m3.i2  665 10000  10000  10000  10000  10000  10000  10000 10000
+
      j9   j10   j11   j12   j13   j14   j15   j16   j17
m1.i1  197   308   353   550   457   488   1426   795   602
m1.i2  399   303   348   121   210   155   998   366   182
m2.i1 10000 10000  10000   615   467   498   1427   886   667
m2.i2  468   369   364 10000   254   243 10000   389   196
m3.i1 10000 10000  10000   641 10000   514 10000 10000   692
m3.i2 10000  402   408 10000 10000 10000 10000 10000 10000;

```

**TABLE**

$N(k, i)$  Cantidad de vehículos tipo  $k$  asignados a la bodega  $i$

```

      i1   i2
k1     1   1
k2     1   1;

```

**VARIABLES**

Z Valor de la Funcion Objetivo  
 $V(i, j, k, m)$  No de viajes del trans  $k$  desde la bodega  $i$  a  $j$  por la ruta  $m$   
 $Q(i, j, k, m)$  Cantidad de kits desde  $i$  hasta  $j$  en el trans  $k$  por la ruta  $m$   
 $DON(i)$  Donaciones para la bodega  $i$   
 $TEMP(i, j, k)$  Tiempo de respuesta desde  $i$  hasta  $j$  en el trans  $k$

```

FREE VARIABLE Z;
POSITIVE VARIABLES Q(i, j, k, m), DON(i), TEMP(i, j, k);
integer variables V(i, j, k, m);

```

**EQUATIONS**

```

OBJ
Oferta(i)
Demanda(j)
Capacidadtrans(i, j, m, k)
Tiemp(i, j, k)
Donaciones;
OBJ..          Z=E=SUM((i, j, k, m), t(m, i, j)*V(i, j, k, m))+ SUM((i, j, m, k), V(i, j, k, m)*tc(k));
Oferta(i)..    SUM((j, k, m), Q(i, j, k, m))=L=O(i)+ DON(i);
Demanda(j)..   SUM((i, k, m), Q(i, j, k, m))=E= D(j);
Capacidadtrans(i, j, m, k).. Q(i, j, k, m)=L= N(k, i)*CAPV(k)*V(i, j, k, m);
Donaciones..   SUM(j, D(j))- SUM(i, O(i))=E= SUM(i, DON(i));
Tiemp(i, j, k).. TEMP(i, j, k)=E= SUM((m), t(m, i, j)*V(i, j, k, m))+ SUM((m), V(i, j, k, m)*tc(k));

```

**MODEL**

```
Entero /ALL/;
```

**SOLVE**

```
Entero USING MIP MINIMIZING Z;
```

```
display v.l, q.l, z.l, don.l, temp.l;
```