

## **Análisis bayesiano para la evaluación del nivel de riesgo en carreteras y uso del análisis de jerarquía de procesos (ahp) en la elección de rutas**

José Rodríguez, Gerardo Grijalva, Olegario Martínez, Arturo Soto y Sara Rodríguez

J. Rodríguez, G. Grijalva, O. Martínez, A. Soto y S. Rodríguez  
Universidad Politécnica de Durango, México, Carretera Durango-México Km. 9.5 C.P. 34300  
Instituto Tecnológico de Durango, Felipe Pescador 1830 Oriente, Nueva Vizcaya, 34080 Durango  
Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos, Alberto M. Alvarado Lote 1 Manzana 258 Z II, Guadalupe  
Victoria, 34700 Guadalupe Victoria, Durango  
jlra2014@yahoo.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Decision making in the choice of routes to follow for general trucking in Mexico, depends on the level of risk, cost, delivery time and rates of violence in the region. The trucking business in general has always been an activity which naturally turns out to be very risky for any investor, however it is demonstrated that this factor carries little weight in decision-making on route to be followed by general trucking. This paper shows an application of Bayesian analysis to assess the level of risk that exists in each of the two routes by which one could travel from Durango, Durango to Monterrey, Nuevo Leon. Furthermore, it is show that the methodology of Analysis Hierarchy Process (AHP) can be used as a decision making tool to determine what the path to follow (free road or toll road) between the two cities.

## 12 Introducción

El auto-transporte de carga, es un sector que requiere de mucho apoyo gubernamental para ser competitivo y por otro lado, todos los participantes deben de desarrollar estrategias adecuadas en todas las áreas para sobrevivir, desarrollarse, crecer y poder ubicarse al nivel de sectores de transporte internacionales como los de Estados Unidos y Europa. Para poder competir financieramente, la administración de las empresas de autotransporte de carga deberá desarrollar nuevos modelos financieros y de igual forma, para ahorrar costos, deberán incorporar nuevas tecnologías operativas y administrativas que permitan el fortalecimiento de estas empresas (Desarrollo de Estrategias Empresariales, 2013).

Un factor importante en la administración y operación de empresas de transporte es la adecuada toma de decisiones en el problema de ruteo de los vehículos. En la actualidad existe una gran diversidad de software comercial Hall (2004) para resolver este problema, pero son muchas las empresas que no tienen acceso a esta tecnología por los altos costos que involucra: adquisición, adaptación y operación.

Es así que se siguen ocupando técnicas rudimentarias, como son basarse en la experiencia práctica de algún operario para resolver el problema. Considerando que el transportista constantemente toma decisiones de tipo cualitativo, es importante que éstas sean respaldadas en métodos comprobados. Un método que puede ser utilizado para estos casos es el Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP), la cual es una metodología que permite el uso de atributos o factores cualitativos en las evaluaciones de alternativas, en donde la intuición y experiencia del decisor son fundamentales.

l AHP, es un método que ha recibido especial atención en la literatura y ya ha sido documentado en la solución de problemas en amplias áreas y con la excepción de unos cuantos casos, esta técnica no ha sido usada ampliamente en la toma de decisiones en el ruteo de vehículos. El negocio del auto-transporte de carga en México ha sido por años un negocio de mucho riesgo, por lo que resulta importante hacer una estimación del nivel de riesgo para cada ruta, con el objeto de agregarlo como factor que junto al costo, tiempos de entrega e índices de violencia, generalmente inciden en la decisión sobre la ruta a seguir para cualquier transportista.

## 12.1 Revisión de literatura

### Análisis Bayesiano

La inducción bayesiana consiste en usar recursos probabilísticos para actualizar (cambiar) nuestra asignación probabilística inicial o previa (haya sido esta “objetiva” o “subjetivamente establecida”) a la luz de nuevas observaciones; es decir, computar nuevas asignaciones condicionadas por nuevas observaciones.

El teorema de Bayes es el puente para pasar de una probabilidad a priori o inicial,  $P(H)$ , de una hipótesis  $H$  a una probabilidad a posteriori o actualizada,  $P(H|D)$ , basado en una nueva observación  $D$ . Produce una probabilidad conformada a partir de dos componentes: una que con frecuencia se delimita subjetivamente, conocida como “probabilidad a priori”, y otra objetiva, la llamada verosimilitud, basada exclusivamente en los datos. A través de la combinación de ambas, el analista conforma entonces un juicio de probabilidad que sintetiza su nuevo grado de convicción al respecto. Esta probabilidad a priori, una vez incorporada la evidencia que aportan los datos, se transforma así en una probabilidad a posteriori.

La regla, axioma o teorema de Bayes (se le ha denominado de todas esas formas) es en extremo simple, y se deriva de manera inmediata a partir de la definición de probabilidad condicional. Esta dice: si se tienen dos sucesos  $A$  y  $B$  (donde  $A$  y  $B$  son ambos sucesos posibles), entonces la probabilidad condicional de  $A$  dado  $B$ , como es bien conocido, se define del modo siguiente, Montgomery y Runger (1996).

$$P(A \setminus B) = \frac{P(B \setminus A)P(A)}{P(B)} \quad (12)$$

### Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP)

La técnica denominada AHP fue desarrollada por Thomas Saaty (1992) y es una metodología de toma de de decisiones multicriterio, la cual descompone un problema complejo en jerarquías, en la cual cada nivel es descompuesto en elementos específicos. El objetivo principal se coloca en el primer nivel, los criterios, sub-criterios y alternativas de decisión se listan en los niveles descendientes de la jerarquía, Alphonce (1997).

Una vez que el modelo jerárquico ha sido estructurado para el problema específico, el decisor debe realizar comparaciones apareadas para cada nivel de la jerarquía, con la finalidad de obtener el peso del factor de cada elemento en ese nivel con respecto a un elemento en un nivel más elevado. Este peso del factor provee una medida de la importancia relativa de estos elementos para el decisor. Las comparaciones se realizan en una escala del 1 al 9; dicha escala está compuesta por los siguientes números:

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad (12.1)$$

La tabla 12 muestra la escala de 9 puntos para las comparaciones apareadas, la cual se muestra a continuación.

**Tabla 12** Escala de 9 puntos para comparaciones apareadas

| Importancia | Definición            | Explicación  |
|-------------|-----------------------|--|
| 1           | Igual importancia     | Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo.                                 |
| 3           | Dominancia débil      | La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro. |
| 5           | Fuerte dominancia     | La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.           |
| 7           | Demostrada dominancia | La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.                 |
| 9           | Absoluta dominancia   | Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.        |
| 2, 4, 6, 8  | Valores intermedios   | Son valores intermedios de decisión.   |

La comparación apareada del elemento  $i$  con el elemento  $j$  es colocado en la posición de  $a_{ij}$  de la matriz  $A$  de comparaciones apareadas, como se muestra a continuación:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{21} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (12.2)$$

Los valores recíprocos de estas comparaciones son colocadas en la posición  $a_{ji}$  de  $A$ , con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. Si se dan 9 elementos, el decisor participante deberá comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo elemento, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 2.1. Por ejemplo, si el elemento uno fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, entonces en la posición  $a_{12}$  se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de  $a_{21}$  se coloca 1/5. Narasimhan (1983) identifica las siguientes tres ventajas del uso de la técnica de AHP:

- Se permiten evaluaciones en las que existen factores de orden cualitativo.
- Se obtienen pesos asignados a cada uno de los elementos, los cuales son usados como criterio de decisión.
- El uso de computadoras permite conducir análisis de sensibilidad en los resultados.

Otra de las ventajas del uso de AHP que manifiesta Haker y Vargas (1987), es que esta técnica facilita el consenso entre las personas que actúan como decisores cuando se trabaja en grupos, ya que facilita la comunicación entre ellos. Además AHP permite identificar y tomar en cuenta las inconsistencias de los decisores, ya que rara vez son consistentes en sus juicios con respecto a factores cualitativos.

Así, AHP incorpora en el análisis un Índice de Consistencia (IC) y un Radio de Consistencia (RC), (Condon et. al 2002); este RC, puede ser usado para medir la calidad de los juicios emitidos por un decisor.

Se considera que un RC menor a 0.10 es aceptable, es caso de que sea mayor se deberá pedir al decisor que haga sus valoraciones ó juicios nuevamente. Otra gran ventaja de AHP es su capacidad para manejar problemas complejos de la vida real y con una gran facilidad. Comparado con cinco modelos para determinar pesos y prioridades, se encontró que AHP produjo los resultados más confiables de todos los modelos probados, Shoemaker y Waid (1982).

AHP analiza además los diferentes factores que intervienen en el proceso de decisiones sin requerir que estos se encuentren en una escala común, lo que la ha convertido en una de las técnicas de decisión multi-criterio más empleada cuando se manejan problemas socioeconómicos; esto es debido principalmente porque permite incorporar factores sociales, culturales y otras consideraciones no económicas en el proceso de toma de decisiones.

## **12.2 Metodología**

Para apoyar la toma de decisiones sobre la ruta que deben seguir los camiones de las personas cuyo negocio es el transporte (y que son considerados como pequeños transportistas), y que comúnmente circulan por la carretera de Durando a Monterrey, en el presente trabajo se muestra una aplicación del Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP).

El procedimiento que se siguió fue:

- Determinar los tipos de accidente que se presentan con mayor frecuencia en las carreteras de México.
- Determinar la frecuencia de accidentes en general por la carretera libre y por la carretera de cuota.
- Hacer una estimación del riesgo que existe de sufrir un percance al transitar un camión por cada una de las carreteras por las que se puede transitar entre los puntos de Durango a Monterrey.

Aplicar la metodología de Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP), que indique la ruta que en teoría deberá seguir el camión cuando transita entre los puntos de Durango a Monterrey.

## **12.3 Aplicación del procedimiento**

### **Estimación del riesgo**

La estimación de riesgo se obtiene al combinar la información sobre frecuencia, probabilidades y consecuencias de los resultados de un incidente. El riesgo de todos los incidentes seleccionados en el análisis se estiman de manera individual, para posteriormente sumarse y obtener el riesgo total, AICHÉ (1989).

Las consecuencias (severidad) y las probabilidades de los accidentes deben calcularse de manera separada y después multiplicarse.

## Evaluación del Riesgo

En el análisis de riesgo debido al transporte, el proceso inicia con la determinación del conjunto de los tipos de accidentes que pueden ocurrir, este conjunto puede estar integrado por una gran variedad de subconjuntos: por lo cual es necesario descartar del análisis aquellos eventos que son altamente improbables, Rivera (2002).

En la tabla 12.1 se muestran los tipos de accidentes más comunes, así como también el promedio de eventos anual para cada una de estas categorías y considerando todo el territorio nacional (PFP México). También se pudo determinar que el porcentaje de accidentes que suceden en la ruta Durango a Monterrey corresponde al 7.2% del total de los accidentes. De información proporcionada por las oficinas de la PFP Durango, mencionan que aproximadamente el 65% de los accidentes se presentan en la carretera libre y un 35% por la carretera de cuota, y basado en esta información podemos deducir que el 4.5% de los accidentes se presentan en la carretera libre y el 2.5% en la carretera de cuota. A continuación se muestra el procedimiento para obtener la probabilidad de que haya un choque (accidente) dado que hubo un accidente en la carretera libre y de manera similar se hace para todos los tipos de accidente y para las dos rutas, los resultados se muestran en la tabla 12.1.

Sean Ch: la probabilidad de que haya un choque, y AL: la probabilidad de que haya un accidente en la carretera libre. La probabilidad de que haya un choque dado que hubo un accidente en la carretera libre es

$$P(Ch \setminus A_L) = \frac{P(A_L \setminus Ch)P(Ch)}{P(A_L)} \quad (12.2)$$

$$P(Ch \setminus A_L) = \frac{8797}{15212} = 0.578 \quad (12.3)$$

Por tanto la probabilidad de que haya un accidente en la ruta de Durango a Monterrey por la carretera libre es  $(0.045 \cdot 0.578) = 0.0269$ , es decir el 2.69%.

**Tabla 12.1** Tipos de Accidente

| Simbología              | Tipo de Accidente            | Promedio Anual | Carretera Libre  |                | Carretera de Cuota |                |
|-------------------------|------------------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|
|                         |                              |                | Teorema de Bayes | Ruta (Dgo-Mty) | Teorema de Bayes   | Ruta (Dgo-Mty) |
| Ch                      | Choque                       | 13534          | 0.578            | 0.027          | 0.578              | 0.015          |
| SC                      | Salida de Camino             | 7484           | 0.320            | 0.015          | 0.320              | 0.008          |
| V                       | Volcadura                    | 1253           | 0.054            | 0.002          | 0.054              | 0.001          |
| A                       | Atropellamiento              | 618            | 0.026            | 0.001          | 0.026              | 0.001          |
| I                       | Incendio                     | 154            | 0.007            | 0.000          | 0.007              | 0.000          |
| DR                      | Desprendimiento de Remolque  | 103            | 0.004            | 0.000          | 0.004              | 0.000          |
| DN                      | Desprendimiento de Neumático | 93             | 0.004            | 0.000          | 0.004              | 0.000          |
| CC                      | Caída de Carga               | 50             | 0.002            | 0.000          | 0.002              | 0.000          |
| O                       | Otros                        | 116            | 0.005            | 0.000          | 0.005              | 0.000          |
| Estimación de Severidad |                              |                |                  |                |                    |                |

El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento, y éste se puede estimar de una manera cuantitativa o cualitativa o en ambas. Los procedimientos cualitativos a menudo utilizan categorías relativas como son: severo, moderado o insignificante, dependiendo de la severidad del incidente. Los procedimientos cuantitativos estiman el nivel esperado de severidad en términos del número de muertos, heridos, etc., AICHe (1989).

La estimación de la severidad para nuestro caso se hace en forma cuantitativa, pero a diferencia de lo que dice AICHe (1989), en este caso la estimación es en términos del costo que puede ocasionar al transportista cuando se presenta un incidente. En la tabla 3 se muestra una estimación de la severidad en pesos mexicanos para cada categoría de accidente que comúnmente se presenta en México. La información está basada en una cotización proporcionada por AXA Seguros México. El deducible que se considera es: daños materiales del 5%, robo de la unidad del 10% y el valor factura de la mercancía del 1%. Los cálculos mostrados en la tabla son basados en un camión Kenworth T600 de costo aproximado de \$MX400,000.

**Tabla 12.2** Estimación de severidad

| Causas                       | Valor Camión (5%) | Comercial | Deducible Fijo | Mercancía (1%+iva) | Severidad (pesos mexicanos) |
|------------------------------|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-----------------------------|
| Choque                       |                   |           | 26255          | 1044               | 27299                       |
| Salida de Camino             |                   |           | 26255          |                    | 26255                       |
| Volcadura                    | 20000             |           |                | 1044               | 21044                       |
| Atropellamiento              |                   |           | 26255          |                    | 26255                       |
| Incendio                     | 20000             |           |                | 1044               | 21044                       |
| Desprendimiento de Remolque  |                   |           | 26255          | 1044               | 27299                       |
| Desprendimiento de Neumático |                   |           | 26255          |                    | 26255                       |
| Caída de Carga               |                   |           |                | 1044               | 1044                        |
| Otros                        |                   |           | 40000          | 1044               | 41044                       |

Por último es necesario hacer una estimación total del riesgo para la carretera libre y para la carretera de cuota. El riesgo total resulta de multiplicar la probabilidad de accidente por la severidad y por último hacer la suma. El resultado se muestra en la tabla 4 y representa el costo que generaría para el transportista en caso de existir un evento (accidente).

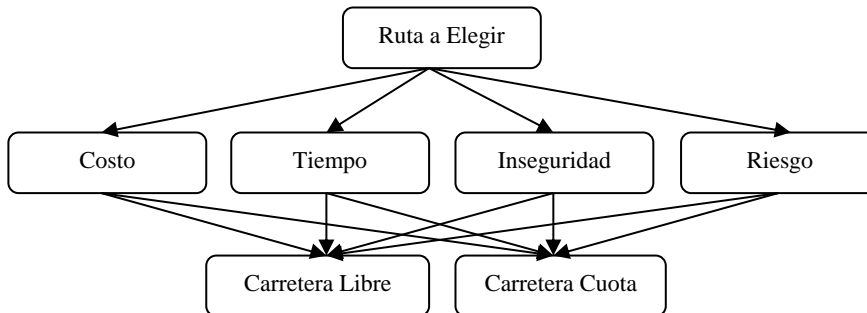
**Tabla 12.3** Estimación del riesgo

| Causas                       | Riesgo Libre | Riesgo Cuota |
|------------------------------|--------------|--------------|
| Choque                       | 735.9        | 396.2        |
| Salida de Camino             | 391.4        | 210.7        |
| Volcadura                    | 52.5         | 28.3         |
| Atropellamiento              | 32.3         | 17.4         |
| Incendio                     | 6.4          | 3.5          |
| Desprendimiento de Remolque  | 5.6          | 3.0          |
| Desprendimiento de Neumático | 4.8          | 2.6          |
| Caída de Carga               | 0.1          | 0.1          |
| Otros                        | 9.5          | 5.1          |
| Total                        | 1238.5       | 666.9        |

## Elección de Ruta

El primer paso en AHP es la construcción de una representación gráfica del problema en términos del objetivo perseguido, los criterios, sub-criterios y alternativas de decisión. La figura 1 muestra la jerarquía y sus niveles para el problema del transportista.

**Figura 12** Jerarquías y niveles



Para el uso de AHP, el decisor deberá de especificar mediante sus juicios la relativa importancia que tiene cada uno de los criterios en el alcance del objetivo programado, Barzilai y Golany (1987). La evaluación será realizada mediante preguntas como por ejemplo, dados los criterios de costo y tiempo. ¿Cuál es más importante en el alcance de la determinación de la ruta a seguir? Similares comparaciones se deben realizar para los otros criterios, para así generar la matriz de comparaciones apareadas, Saaty (1992).

El transportista cree, por ejemplo, que el tiempo es mucho menos importante que el costo, por lo que le asigna un  $1/7$ . Como resultado de esta asignación, automáticamente concluimos que los tiempos de entrega son  $1/7$  de importante con respecto al costo de transporte, por lo tanto la comparación inversa quedará evaluado como  $7$  al hacer la misma comparación, tal y como se indica en la matriz.

|                    | Costo         | Tiempo        | Inseguridad   | Riesgo |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------|
| <i>Costo</i>       | 1             | 7             | 3             | 5      |
| <i>Tiempo</i>      | $\frac{1}{7}$ | 1             | $\frac{1}{3}$ | 2      |
| <i>Inseguridad</i> | $\frac{1}{3}$ | 3             | 1             | 3      |
| <i>Riesgo</i>      | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | 1      |

$$(12.4)$$

Ahora se normalizará la matriz anterior, para la cual se hace uso de la técnica sugerida por Saaty (1992), en la cual se suman cada uno de los renglones de la matriz, dividiendo estos resultados entre la suma de todos ellos, la tabla 5 muestra los resultados.



**Tabla 12.4** Normalización del segundo nivel de jerarquía

|             | Costo | Tiempo | Inseguridad | Riesgo | Suma  | Normalización |
|-------------|-------|--------|-------------|--------|-------|---------------|
| Costo       | 1.00  | 7.00   | 3.00        | 5.00   | 16.00 | 0.554         |
| Tiempo      | 0.14  | 1.00   | 0.33        | 2.00   | 3.47  | 0.120         |
| Inseguridad | 0.33  | 3.00   | 1.00        | 3.00   | 7.33  | 0.254         |
| Riesgo      | 0.20  | 0.50   | 0.33        | 1.00   | 2.03  | 0.070         |

Así el vector  $W$  es igual a,

$$W = \begin{bmatrix} 0.554 \\ 0.120 \\ 0.254 \\ 0.070 \end{bmatrix} \quad (12.5)$$

La relación de consistencia (CR) que se obtuvo al hacer las comparaciones pareadas para estos aspectos es de 0.087, y de acuerdo a lo establecido por (Condon et. al 2002) este valor es aceptable.

El siguiente paso es realizar las comparaciones apareadas para cada una de las alternativas de decisión con respecto a cada uno de los criterios. En la siguiente matriz se ilustra solamente el cálculo con respecto al riesgo.

$$\begin{array}{l} \text{Libre} \\ \text{Cuota} \end{array} \begin{array}{cc} \text{Libre} & \text{Cuota} \\ \left[ \begin{array}{cc} 1 & \frac{1}{7} \\ 7 & 1 \end{array} \right] \end{array}$$

$$W_R = \begin{bmatrix} 0.125 \\ 0.875 \end{bmatrix} \quad (12.6)$$

Comparaciones similares se realizan para cada uno de los otros tres criterios. El conjunto de pesos o ponderaciones para alternativas con respecto a cada uno de los criterios se resume en la siguiente matriz.

$$\begin{array}{l} \text{Costo} \\ \text{Tiempo} \\ \text{Inseguridad} \\ \text{Riesgo} \end{array} \begin{array}{cc} \text{Libre} & \text{Cuota} \\ \left[ \begin{array}{cc} 0.900 & 0.100 \\ 0.166 & 0.833 \\ 0.333 & 0.666 \\ 0.125 & 0.875 \end{array} \right] \end{array} \quad (12.7)$$

Finalmente, la proporción de utilización de la carretera libre y la carretera de cuota se obtienen multiplicando los pesos o ponderaciones asignadas.

$$\begin{matrix} \text{Libre} \\ \text{Cuota} \end{matrix} = 0.554 \begin{bmatrix} 0.900 \\ 0.100 \end{bmatrix} + 0.120 \begin{bmatrix} 0.166 \\ 0.833 \end{bmatrix} + 0.254 \begin{bmatrix} 0.333 \\ 0.666 \end{bmatrix} + 0.070 \begin{bmatrix} 0.125 \\ 0.875 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} \text{Libre} \\ \text{Cuota} \end{matrix} = \begin{bmatrix} 0.612 \\ 0.383 \end{bmatrix} \quad (12.8)$$

## 12.4 Conclusiones

El análisis bayesiano puede ser utilizado como herramienta para estimar el nivel de riesgo al cual se enfrenta en cada viaje un transportista que transita por la ruta de Durango a Monterrey en la región norte de México. Y al relacionar la severidad con la probabilidad de suceso de un evento en particular (accidente), entonces podemos obtener el riesgo total representado como una pérdida económica medida en pesos mexicanos cuando se presenta un accidente. De la tabla 4, podemos ver que el riesgo de sufrir un percance disminuye un 50% aproximadamente al decidir transitar por la carretera de cuota en lugar de transitar por la carretera libre.

Basados en la experiencia e intuición del transportista, podemos ver que el 61.2% deciden transitar por la carretera libre y solo un 38.3% lo hacen por la carretera de cuota.

Por experiencia propia y de acuerdo a las consultas con colegas, el transportista está consciente de que el riesgo de transitar por la carretera libre es muy alto en comparación con la carretera de cuota, sin embargo a la fecha el criterio del costo sigue predominando sobre los otros tres criterios ya que al transitar por la carretera de cuota trae como consecuencia una disminución significativa de las utilidades.

La decisión de dar prioridad al tránsito por la carretera libre también se ve influenciada por las bajas tarifas que se tienen por concepto de transporte y los precios altos del combustible y esto en conjunto hacen que el transportista tome decisiones basadas solo en el costo y considerar en menor grado al riesgo e inseguridad que se vive en las carreteras del norte de México.

## 12.5 Referencias

Alphonse, C. (1997). Application of the Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries. *Agricultural Systems*, 53, p97-112.

American Institute of Chemical Engineers, AIChE (1989). "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis". AIChE. Centers for Chemical Process Safety.

AXA Seguros México. <http://axa.mx/Personas/AxaSeguros/default.aspx>

Barzilai, J and Golany, B. (1987). Consistent weights for judgements matrices of the relative importance of alternatives. *Operations Research Letters*, 6, p131-134.

Condon E, Golden B, Lele S, Raghavan S, Wasil E. (2002). A visualization model based on adjacency data. *DecisionSupport Systems*, 33, , p349-62.

Desarrollo de Estrategias Empresariales. Instituto de Especialización Para Ejecutivos. Java: Java Home Page. <http://blog.iee.com.mx/wordpress/?p=227>. Revisado en Junio 2013.

Hall R. 2004. Change of Direction: Vehicle Routing Software Survey. *OR/MS Today* 31 (3).

Harker, P. T. and Vargas L. G. (1987). The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 33, p1383-1403.

Montgomery Douglas C. y Runger George C. (1996). *Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería*. Ed. Mc Graw Hill.

Narasimhan, R. (1983). An analytical approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19, p27-32.

PFP México. Java: Java Home Page.

[http://www.ssp.gob.mx/portalWebApp/appmanager/portal/desk?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=portals\\_portal\\_page\\_m2p1p2&content\\_id=830068&folderNode=830052&folderNode1=810277](http://www.ssp.gob.mx/portalWebApp/appmanager/portal/desk?_nfpb=true&_pageLabel=portals_portal_page_m2p1p2&content_id=830068&folderNode=830052&folderNode1=810277). Revisado en Junio 2013.

Rivera Balboa 2002. *Metodologías Para la Evaluación del Riesgo en el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos*.

Saaty, T. (1992). *Decisión Making for Leaders*. RWS Publication, Pittsburgh, USA.

Shoemaker P. J., Waid C. C., (1982). An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models, *Management Science*, 28 (2), 182-196.