

# Análisis de la red de distribución de amoniaco en el norte y noroeste de México.

Gamboa, C. <sup>1</sup>, Bandala, M. <sup>2</sup>

## Resumen

*El factor mas relevante para el análisis de una red de distribución es el exigente y creciente nivel de servicio al cliente, siendo el amoniaco el principal insumo de los fertilizantes en México se ha alcanzado el desabasto de la demanda en las regiones norte y noroeste del país debido a una mala distribución . Con el objetivo de mejorar el abastecimiento, se analizó la red de distribución actual y se aplico un modelo matemático de programación lineal para determinar la puesta en operación de los centros de distribución que la componen, así mismo se propone una alternativa para la calendarización de sus operaciones.*

**Palabras Clave:** Distribución, modelo, centros de distribución.

## 1. Introducción.

El abastecimiento de amoniaco anhidro, es la materia prima para la producción de fertilizantes en México. La demanda de fertilizantes del campo nacional es de 4.7 millones de toneladas métricas, de las cuales el 60 por ciento se compran en el exterior y subsidia la Secretaría de Agricultura [1].

El abastecimiento del amoniaco anhidro, fertilizante básico en la actividad agrícola que demandan los estados del norte y noroeste del país (Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua), depende de dos centros embarcadores situados en los puertos de Topolobampo Sinaloa y Guaymas Sonora. El desabasto de amoniaco anhidro ha provocado el encarecimiento en el mercado de los fertilizantes y un virtual colapso en el abasto de este insumo, desarticulando el proceso productivo agrícola en la región.

Los productores han experimentado graves retrasos en la fertilización de pre siembra y otros se han visto en la necesidad de hacer uso de productos menos apropiados y más contaminantes, como los fertilizantes sólidos. Este trabajo pretende realizar un análisis de la red de distribución de amoniaco de los estados del norte y noroeste de México, aplicando un modelo matemático de programación lineal y la utilización del software Lingo.

## 2. Definición del problema.

Debido a que no se ha permitido mejorar los niveles de servicio en entregas de producto terminado a los consumidores en el norte y noroeste de México, se analizará la red de distribución actual aplicando un modelo matemático de programación lineal, para determinar la puesta en operación de los centros de distribución que los componen.

<sup>1</sup> Complejo Petroquímico Cosoleacaque,  
Carretera Costera del Golfo Km 39+400 S/N .  
Cosoleacaque, Ver. Mex  
Tel: (922)22 50024, ext 35277  
cesaraugusto.gamboa@alumno.upaep.mx

<sup>2</sup> Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla,  
21 sur 1103, Puebla, Pue. Mex  
mbandala@pampano.unacar.mx

### 3. Metodología

Para el análisis de la red de distribución de amoniaco se determinaron los siguientes pasos:

- Identificación de los centros de distribución actuales del norte y noroeste de México,
- Capacidad de cada centro de distribución.
- Demanda mensual de la región.
- Costos fijos de operación
- Costo mensual del amoniaco anhidro.
- Identificación del modelo matemático.
- Formulación y solución del modelo matemático con el software Lingo Versión 10.
- Interpretación de resultados.

### 4. Definición del modelo matemático

Cuando se plantea la ubicación de uno o varios centros de distribución, lo primero que debemos de determinar es nuestro objetivo. El problema de la  $p$ -mediana encuentra la ubicación de  $p$  centros de distribución de modo que se minimice la demanda-distancia total, entre los puntos de demanda y el centro al cual son asignados, es decir es un modelo de distancia total o promedio [2].

El modelo que se formula esta basado en el problema de la  $p$ -mediana mediante la siguiente formulación:

Minimizar

$$\sum_{j \in V_1} \sum_{i \in V_2} c_{ji} x_{ji} d_i + \sum_{j \in V_1} f_j y_j$$

Sujeto a

$$\sum_{j \in V_1} x_{ji} = 1 \quad i \in V_2 \quad (1)$$

$$\sum_{i \in V_2} d_i x_{ji} \leq q_j y_j, \quad j \in V_1 \quad (2)$$

$$1 \leq \sum_{j \in V_1} y_j \leq 2 \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ji} \leq 1, \quad j \in V_1, \quad i \in V_2 \quad (4)$$

$$y_j \in \{0,1\}, \quad j \in V_1$$

Donde:

$V_1$  Representa los centros de distribución de Topolobampo Sinaloa y Guaymas Sonora.

$V_2$  Demandas de los clientes.

$x_{ji}$  Es la fracción de la demanda del vértice  $j$  que atiende el vértice  $i$ .

$c_{ji}$  Costo mensual de amoniaco anhidro.

$d_i$  La demanda mensual de Amoniaco.

$q_j$  Capacidad de los centros de distribución.

$y_j$  La variable son variables binarias que valen 1 si un centro de servicio se abre y 0 en caso contrario.

El primer bloque de restricciones (1) asegura que toda la demanda del cliente  $i$  será cubierta al 100 por ciento, el segundo bloque (2) garantiza que la oferta (capacidad) cubre la totalidad de la demanda, la restricción (3) establece que por lo menos se abra uno o dos centros de distribución, la ultima restricción (4) la demanda debe cubrirse en fracciones por cualquiera de los centros de distribución.

## 5. Resultados

Se utiliza el software Lingo versión 10 y como resultado de la ejecución del modelo se obtuvo la solución global mostrándonos el costo mínimo de distribuir durante un año de 140 767 400 dólares. El centro de distribución que deberá operar para cubrir la demanda esperada del norte y noroeste de México es el de Topolobampo Sinaloa, cubriendo así el 100% de la demanda requerida por mes (Véase Tabla 1). Considerando que para planes de mantenimiento en Topolobampo Sinaloa, y para no dejar de abastecer amoniaco en el norte y noroeste de México, se hace la recomendación que a partir del mes de octubre entre a operar el centro de distribución de Guaymas Sonora, quedando fuera de operación el centro de distribución de Topolobampo Sinaloa los meses de noviembre y diciembre (Véase Tabla 2).

Mes	Centros de distribución	
	Guaymas Sonora	Topolobampo Sinaloa
ENE	0	1
FEB	0	1
MAR	0	1
ABR	0	1
MAY	0	1
JUN	0	1
JUL	0	1
AGO	0	1
SEP	0	1
OCT	0	1
NOV	0	1
DIC	0	1

Tabla 1. Resultados de la demanda requerida por mes de los estados del norte y noroeste de México.

Mes	Centros de distribución	
	Guaymas Sonora	Topolobampo Sinaloa
ENE	0	1
FEB	0	1
MAR	0	1
ABR	0	1
MAY	0	1
JUN	0	1
JUL	0	1
AGO	0	1
SEP	0	1
OCT	0.35	0.65
NOV	1	0
DIC	1	0

Tabla 2. Resultados de la demanda requerida considerando el mantenimiento preventivo.

## 6. Conclusiones

Con este análisis se toman las medidas complementarias para cumplir el abastecimiento de amoniaco en la región norte y noroeste del país, privilegiando la distribución para las organizaciones de productores de la región, dando con ello cabal cumplimiento a el proceso productivo agrícola en México y evitando el desbaste del amoniaco anhidro.

Los empresarios cada día quieren mejorar el nivel de servicio ante la enorme competencia a la que enfrentan. Los altos niveles de competencia en los mercados internacionales, han llevado a las empresas a la conclusión que para sobrevivir y tener éxito , ya no basta mejorar sus operaciones ni integrar sus funciones internas, sino que se hace necesario ir más allá de las fronteras de la empresa e iniciar relaciones de intercambio de información, materiales y recursos con los proveedores y clientes en una forma mucho más

integrada, utilizando enfoques innovadores que beneficien conjuntamente a todos los actores de la cadena de suministros.

## 7. Referencias

- [1] SAGARPA, (2004), [en línea]  
[www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2004/octubre/fotos/Presentacion261004.ppt](http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2004/octubre/fotos/Presentacion261004.ppt)
- [2] Canos, Molcholi (1997), *Técnicas de optimización robusta aplicadas al problema de la p-mediana en condiciones de incertidumbre*, Universidad de Valencia.
- [3] Ronald H. Ballou (2004), *Logística Administración de la Cadena de Suministro*, Quinta Edición, Editorial Pearson / Prentice Hall.
- [4] Ghiani, Laporte, Musmanno (2003), *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, Mayo 2003, Capitulo 3.
- [5] V.C. Instituto Mexicano Del Petróleo; *Manual de proceso de amoniaco, Planta de Amoniaco 7*, Petroquímica Cosoleacaque. Febrero 1995. Pág. 1-25.
- [6] Lingo (2009). Optimization modeling tool for linear, non-linear, and integer programming, Chicago USA, Lindo System Inc. Pearson / Prentice Hall.  
<http://www.lindo.com/>