



LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL: REVISIÓN CRÍTICA Y ADECUACIÓN DE LOS CRITERIOS EMPLEADOS EN ESTA DECISIÓN

PLANT SITE SELECTION: CRITICAL REVIEW AND ADEQUATION CRITERIA USED IN THIS DECISION

J.R. Medina, R.L. Romero y G.A. Pérez*

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829, S3000AOM, Santa Fe, Argentina*

Recibido 14 de Mayo 2009; Aceptado 19 de Noviembre 2009

Resumen

La selección de una nueva localización es una decisión importante en las primeras instancias de un proyecto o estudio de factibilidad, porque esta tiene un gran impacto en los costos futuros de producción y en la organización de la empresa, con una influencia irreversible sobre la rentabilidad de la empresa. La bibliografía de referencia enfatiza este análisis para grandes plantas petroquímicas y químicas principalmente, en consecuencia los parámetros más importantes son aquellos que afectan esos tipos de industria, por ejemplo las de materias primas genéricas o pseudo-materias primas genéricas. El objetivo del presente trabajo es centrar el análisis en las diferentes características de acuerdo al proceso y a los productos involucrados (química fina, medicamentos, etc.). Con estas premisas planteadas se aplica el procedimiento usual (niveles macro y micro), con los parámetros relevantes obtenidos por la metodología propuesta en este trabajo. Luego, en el nivel micro, las técnicas AHP permiten tomar una decisión con una base razonable, comparando los parámetros elegidos para evaluar la localización definitiva.

Palabras clave: macro y micro localización, parámetros de decisión, clasificación industrial, técnicas AHP.

Abstract

The selection of a new plantsite is an important decision in the early stage of a feasibility study, because it has a great impact in the future production costs and in the company operation, with an irreversible influence on the enterprise profitability. The literature is concerned about the large chemical and petrochemical plants mainly; consequently the most relevant parameters are those which affect these kinds of industries, for example commodities and pseudo-commodities. This work focus in the different characteristics according to the process and product involved (fine chemicals, f.i.). With these facts in mind the usual decomposition procedure is applied (macro and micro levels), with the relevant parameter obtained by the new proposal. After that, in the micro level, AHP technique allows to make a decision with a sound basis, comparing the parameters chosen to evaluate the definitive location.

Keywords: macro and micro localization, decision parameters, industry classification, AHP methodology.

1. Introducción

Mucho se ha escrito - y la mayoría de los textos específicos sobre diseño o economía de plantas así lo refleja- sobre este tema, hasta fines de los 80. Sin embargo, en los mismos se ha enfatizado la problemática referida a la gran empresa química o petroquímica. Existen ejemplos muy valiosos en este sentido, como Granger (1981); donde aparece una lista exhaustiva de los parámetros y/o variables a tener en cuenta. También en textos de estudio como el de Baasel (1978), que puntualiza los distintos

niveles de decisión (macro - micro) y los parámetros principales que intervienen, en cada caso.

Este trabajo pretende extender algunos conceptos a otros emprendimientos industriales, con características diferentes; y discutir la validez de otros, para casos de interés actual.

En este sentido, consideraciones relacionadas con empresas que no sean de materias primas genéricas; o en el análisis de aquellas que son transnacionales requiere n de elementos de juicio distintos a los comúnmente encontrados en los trabajos referidos a este tema. En consecuencia, se

* Autor para la correspondencia. E-mail: jrmedina@fiq.unl.edu.ar
Tel. 54 342 4571164 – Fax: 54 342 4571162

encarán estos casos de interés actual y se compatibilizarán los criterios fundamentales.

2. Metodología utilizada

El abordar un problema de cierta complejidad conduce, en general, a descomponer el mismo para poder resolverlo. Dicha descomposición debe salvaguardar la información total y permitir la coordinación y/o interrelación entre los subproblemas resultantes. Así, para el caso de localización de una planta, esta metodología de descomposición propone un análisis macro primero, y micro a continuación de este último, desde un punto de vista geográfico y territorial, fundamentalmente.

La relación entre los subproblemas y el análisis tendiente a la decisión tiene un eje común, de manera que el procedimiento jerárquico es simplemente secuencial; con un incremento en el grado de detalle, tanto en lo que a información se refiere cuanto en el número de variables o parámetros analizados.

Quizás lo más atractivo de la metodología es que la elección de las variables fundamentales en el nivel macro, servía como una depuración o filtro grueso que limitaba las opciones drásticamente para el proceso de decisión final.

Precisamente, son esas variables del nivel macro las que tienen una relación directa e intensa con el tipo de empresa considerada y sus características económicas principales. Dicho de otra manera, cómo influyen dichos parámetros en los componentes esenciales del costo de producción de estas plantas.

No está ausente de este razonamiento el concepto de economía de escala, común a la mayoría de las empresas de la gran industria química y petroquímica, que al condicionar la capacidad de producción a no ser menor que un valor determinado obliga a prestar gran atención a los volúmenes de materias primas necesarios y a la venta de los productos, en grandes cantidades, igualmente. De este modo, la cercanía a las fuentes de materias primas y/o a los mercados eran variables candidatas sin discusión, para el nivel macro, cómo mínimo. Hoy en día el análisis que se privilegia es el estratégico global, donde mercados y tipo de competencia, sus barreras y la discusión de todas las ventajas competitivas, se consideran como elementos claves en cualquier emprendimiento de las organizaciones; lo que implica nuevas variables para una primera jerarquía de decisión (nivel macro) que antes no revestían tal trascendencia.

Dunning (1988) ha definido las tres grandes ventajas de la multinacionalización, en su teoría ecléctica. Dentro de estas aparece la denominada ventaja localización, ventaja comparativa propia de algunos países que tienen una marcada diferencia en el precio y la calidad de sus factores de producción.

Otros elementos importantes resaltan parámetros como: costos de transporte y comunicación y la distribución espacial de los factores de producción y de los mercados. Como se ve estos elementos, en un análisis macro, mantienen su vigencia.

Un análisis de la composición de los costos llevaría a un grado de detalle mayor, y el mismo puede servir para enfatizar diferencias entre los distintos tipos de empresas y/o los variables comportamiento de los mercados.

3. Propuesta alternativa

En el caso de las “de materias primas genéricas” se dijo que las fuentes de materias primas eran generalmente, el factor determinante basado en la incidencia que las mismas tienen en la composición de los costos de producción. En este tipo de empresas es un elemento decisivo adicional la economía de escala, que precisamente enfatiza la problemática de la provisión y transporte de las materias primas, por las capacidades de producción que hacen económicas estas inversiones.

Sin embargo según el tipo de empresa serán preponderantes diferentes componentes de los costos, este hecho indica que una metodología nueva, que incluya a la anterior, debe contemplarlo y saber cuantificarlo, en consecuencia.

Por ello, esta propuesta enfatiza la comparación utilizando índices que cuantifiquen las ventajas comparativas de lugares posibles de localización, dado un orden de prioridad (o factores de peso) a las variables que intervienen en la toma de decisión; y representan en forma indirecta los elementos del costo de producción. Para lograrlo se aplicará el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), que fue desarrollado por Saaty (1990).

Si el caso a considerar induce a que el mercado o la materia prima son los más importantes, el análisis se establece sobre esta ventaja comparativa y el resultado coincidiría con el hallado a través de una macrolocalización clásica (como la correspondiente a una industria de materias primas genéricas), en el consabido proceso en dos etapas. Si, por el contrario, la problemática fuese la cadena de distribución y atención al cliente se elegiría el sitio a partir de esta ventaja comparativa.

4. Metodología de cuantificación

Cualquier consideración de ventaja comparativa conduce al concepto de costo de oportunidad, dada la existencia de alternativas y la condición de búsqueda de una solución óptima. Por lo tanto, la obtención de valores para distintos costos de oportunidad de ubicaciones alternativas, es la clave de la metodología. Habida cuenta que en una etapa preliminar se pueden desconocer los costos reales, los índices de cuantificación por pares de los

objetivos (o criterios) dados en la técnica AHP son un medio adecuado para esta comparación.

El método se basará en primera instancia, clasificar el tipo de industria (de materias primas genéricas o Química Fina, por ejemplo). Posteriormente, aplicar un solo criterio, a modo de Macrolocalización, apropiado para el tipo determinado; definiendo luego una matriz específica para el caso donde aparecen los costos, consideraciones no económicas y las ventajas comparativas de los sitios.

En este sentido, este trabajo elige como factor preponderante de una macrolocalización a la fuente y disponibilidad de materia prima, tanto para o de materias primas genéricas como para seudo-materias primas genéricas.

Las empresas del rubro de alimentos son un caso intermedio digno de mención especial. Ya que pudiéndose clasificar como de materias primas genéricas, en la mayoría de los casos, aquellas necesitan no sólo de fuente de materia prima como factor básico, sino que a este se suman los canales de comercialización (centros de distribución, transporte específico, etc.).

Por otro lado, las industrias de química fina o liviana tienen como principal factor la mano de obra especializada y cuestiones de comercialización más específicas, tales como la forma de la tercerización, el nicho de mercado, el perfil de utilización, etc. Al decir mano de obra especializada, también, debe entenderse posibilidades continuas de capacitación e infraestructura analítica y de ensayos sofisticados a escala banco.

En otras palabras, antes de la matriz, se elegirán los sitios de macrolocalización alternativos a ser sometidos a un análisis de ventajas comparativas, por el mecanismo de parámetro fundamental mencionado; a partir de la discusión realizada escuetamente para cada tipo de empresa.

El análisis de microlocalización, llevado a cabo en forma matricial y siguiendo el proceso AHP, debe comprender la naturaleza de los costos de producción (si esto fuera posible) de cada caso particular, para poder focalizar el concepto de ventajas comparativas (o de costo de oportunidad); y todas las otras consideraciones no económicas ni financieras.

Así, las materias primas genéricas tienen como hecho destacable los costos debidos a la inversión, debido a su característica de poseer economía de escala.

Los costos alternativos de la mano de obra y de la energía, según los sitios posibles, es otro rubro que necesariamente aparece en la grilla. En el caso de diferentes países se deben incluir los relacionados con aspectos fiscales y financieros, propios de cada uno. Así, como las legislaciones relacionadas con promoción industrial, zonas de libre comercio, etc.

El procedimiento concreto se basa en las siguientes etapas:

Tabla 1. Parámetros característicos

| Tipo de industria | Parámetro a considerar |
|----------------------------------|--|
| <u>materias primas genéricas</u> | Materias primas; Fletes |
| Alimentos | Materias primas ; canales de distribución |
| Servicios | Mercado; Centros de demanda; Servicios |
| Química Fina y Especialidades | Centros altamente especializados y calidad |
| Químicas | mano de obra |

1. Clasificación de la industria según su tipo, en industria a granel o de materias primas, alimenticias, de servicios o de química liviana.
2. De acuerdo a la clasificación anterior se evalúan los parámetros característicos en los lugares alternativos de macrolocalización.
3. Confección de una matriz (basada en el proceso AHP) para el resto de los parámetros; según apreciaciones de la ventaja comparativa o la incidencia en sus costos, de acuerdo al tipo de industria. Cuantificación de los criterios prioritarios.
4. Aplicación de los pesos AHP a valores objetivos cuantificables de los sitios inicialmente elegidos. Toma de decisión, según esta grilla.

Los parámetros característicos necesarios para el procedimiento de macrolocalización, son los que aparecen en la Tabla 1.

Una vez seleccionado el lugar de macrolocalización, según el criterio esgrimido en la Tabla 1, se deberá establecer la matriz de comparación por pares, según el proceso AHP, con aquellos factores considerados como los que introducen las ventajas comparativas. Los cuales están relacionados con una estimación de los principales costos o la aceptación de algún criterio de costo de oportunidad, o aquellos no económicos ni financieros que inciden en el futuro del negocio. En este punto es posible realizar la estimación de los factores de peso. Con ellos, según la metodología presentada en las bibliografías mencionadas y haciendo un análisis de los posibles lugares candidatos se obtendrá un panorama completo para la toma de decisión.

Ejemplo de aplicación:

1. Seguidamente se verá el caso de un proyecto de instalación de una industria para la producción de metanol. En el mismo el parámetro característico de macrolocalización es la materia prima, que para este proyecto es el gas natural.

Siguiendo con la metodología propuesta, la Microlocalización será determinada teniendo en cuenta los siguientes factores: 1) acceso a puerto de

ultramar; 2) Disponibilidad de mano de obra (nivel de capacitación, cantidad, viviendas, etc.) 3) Energía eléctrica disponible.

De acuerdo a estos parámetros se elabora la matriz de comparación por pares "A", como sigue:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 \\ 1/3 & 1 & 1/4 \\ 1/6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\Rightarrow A = \begin{bmatrix} 0.667 & 0.375 & 0.828 \\ 0.222 & 0.125 & 0.035 \\ 0.111 & 0.500 & 0.138 \end{bmatrix}$$

Resultando el estimado de w el siguiente vector:

$$w = \begin{bmatrix} 0.623 \\ 0.127 \\ 0.250 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Por último en la comprobación de la consistencia, el valor calculado del índice de consistencia (IC) es de 0.0327, con lo cual $IC/IA = 0.0563$. De esta manera el grado de consistencia es satisfactorio de acuerdo al proceso AHP. En este punto del análisis sólo resta seguir con el proceso AHP para evaluar, y obtener, el peso de cada parámetro en cada uno de los sitios "j" calificados para la microlocalización de la industria en cuestión (a_{ij}). Posteriormente se elige aquel lugar en el cual se verifique que la sumatoria de los productos de los pesos ($w_i a_{ij}$) sea máxima.

2. Otro caso sería el de un proyecto de instalación de una industria de química fina de síntesis orgánica. En el mismo el parámetro característico de macrolocalización es la cercanía a centro de investigación (por su equipamiento y mano de obra específica calificada).

La microlocalización será determinada teniendo en cuenta los siguientes factores: 1) Introducción al mercado; 2) Ventas y comercialización (asesoramientos) y 3) Desarrollo de nuevos productos.

De acuerdo a estos parámetros se elabora la matriz de comparación por pares "A", como sigue:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 1/6 \\ 3 & 6 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\Rightarrow A = \begin{bmatrix} 0.222 & 0.222 & 0.222 \\ 0.111 & 0.111 & 0.111 \\ 0.667 & 0.667 & 0.667 \end{bmatrix}$$

Resultando el estimado de w el siguiente vector:

$$w = \begin{bmatrix} 0.222 \\ 0.111 \\ 0.667 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Por último en la comprobación de la consistencia, el valor calculado del índice de consistencia (IC) es igual a 0. De esta manera el grado de consistencia es satisfactorio de acuerdo al proceso AHP y terminando el análisis de la misma manera que en el ejemplo anterior.

Conclusión

El presente trabajo aporta un nuevo enfoque para el proceso secuencial de toma de decisión en la localización de plantas industriales, al proponer un análisis dependiente del tipo de industria que se considera. Este proceder conduce a una metodología más globalizadora que las anteriores, al contemplar sin inconvenientes el procedimiento usual para las grandes empresas.

Además, al utilizar la técnica AHP se ha tratado de hacer más objetivo el proceso de evaluación de lugares alternativos para el emplazamiento definitivo. Ambos resultados son suficientemente promisorios como para seguir avanzando en aspectos cuantitativos que derivan de este trabajo.

Referencias

- Baasel, W. D. (1978) *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*. Elsevier.
- Dunning, J.H. (1988). The eclectic paradigm of international production: a restatement and some possible extensions. *Journal of International Studies* 19(1), 1-31.
- Granger, J. E. (1981) Plantsite Selection. *Chemical Engineering* 88(12), 88-115.
- Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* 48(1), 9-26.