

Localización de Facilidades Industriales

Oscar Hugo Pedraza Rendón

I. INTRODUCCION

Tomar la decisión de localizar una planta industrial es particularmente importante para contribuir a los objetivos empresariales, por lo que no debe realizarse superficialmente; se deben analizar todas las alternativas antes de seleccionar el lugar donde la fábrica opere en las mejores condiciones de costos; que tenga acceso a la infraestructura adecuada y un abasto suficiente de materias primas; que cuente con apoyos comunitarios y gubernamentales reales y que tenga la oportunidad de cubrir eficientemente sus mercados potenciales.

Generalmente las decisiones de localización solo se toman una vez en la historia de las fábricas, no descartándose la necesidad

de relocarse por no cumplir con las condiciones que originaron su ubicación. Los efectos favorables y desfavorables para la planta prevalecen en el largo plazo, afectando la rentabilidad de la empresa (Tawfik, 1993).

Los problemas más comunes a los que se enfrentan las empresas mal localizadas son: lejanía de mercados clave, limitado abastecimiento de materias primas, insumos y servicios; indisponibilidad de mano de obra calificada y las consecuencias directas que tienen sobre los costos de producción y de transporte. Lo anterior implica la necesidad de examinar a fondo el conjunto de factores que influyen en la operación técnica y económica de una empresa en un determinado lugar para que se logren los objetivos propuestos de las nuevas inversiones.

En este trabajo, en la etapa inicial se define el estudio de localización, las causas por las que se realiza, el procedimiento general y la metodología para decidir el lugar donde situar la empresa, después se describen los factores que tienen influencia en el análisis y su clasificación correspondiente.

A continuación se integra una guía para la presentación de un estudio de localización.

Finalmente se incluyen tres métodos aplicables a la solución del problema para tomar la decisión de localizar una nueva unidad productiva.

II. LOCALIZACION DE FACILIDADES INDUSTRIALES

La localización es el estudio que determina la ubicación más conveniente para instalar la planta industrial, que brinde la mayor rentabilidad de las operaciones respecto a su inversión o bien donde cumpla cabalmente con los objetivos de la empresa ya sean económicos o sociales. (Nassir, 1989).

1. Causas por las que se realiza un estudio de localización

Para la instalación de una fábrica, es ineludible elegir una localización favorable para su operación, en la fase de proyecto global de la planta. Aquí las opciones incluyen seleccionar un lugar para construir las instalaciones o rentar o comprar edificios ya existentes.

Para una empresa que ya existe, la consideración del problema de localización puede imputarse a

factores de tipo: económicos, tecnológicos, políticos o sociales.

La empresa establecida que tiene un crecimiento sostenido en sus ventas tiene que decidir si crece con ampliaciones a su planta, si instala nuevas plantas o bien, dejar que sus competidores cubran el incremento de la demanda.

La decisión de localización tiene consecuencias de largo plazo, ya que implica una inmovilización de recursos financieros originados por las inversiones realizadas, y el tiempo y esfuerzos empleados; por lo tanto se trata de una decisión que compromete a la empresa durante un largo tiempo. Por otra parte, son decisiones que afectan la capacidad competitiva de la empresa. Entonces, una buena elección del lugar favorecerá el desarrollo de las operaciones de forma eficiente y competitiva, mientras que una elección incorrecta impondrá limitaciones a las mismas, en donde todas las áreas de la empresa pueden verse afectadas por la localización y no resultan siempre evidentes, pues suelen manifestarse en forma de costos de oportunidad, y por lo tanto, no aparecen en los estados financieros de las empresas. (Dilworth, 1993).

La influencia de la localización sobre la competitividad no sólo se manifiesta en sus costos, sino también sobre los ingresos de la empresa.

En resumen, las razones más importantes por las que la empresa enfrenta el problema de localización son las siguientes:

- a) creación de una empresa
- b) cambios significativos en los niveles de demanda
- c) cambios importantes en la distribución geográfica de la demanda
- d) cambios en los costos o calidad de los requerimientos de materiales, insumos y servicios
- e) incrementos en el valor de los bienes raíces en sitios adyacentes para ampliaciones
- f) necesidad de un cambio como resultado de: incendio, inundación, etc.
- g) necesidad de un cambio por rechazo de la comunidad o por cuestiones ambientales
- h) cambio por problemas de seguridad

i) necesidad de cambio por tener desventajas comparativas y competitivas con sus similares

j) la introducción de nuevos productos o servicios

k) el agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materiales o insumos

l) la obsolescencia de sus procesos de producción

m) las fusiones y adquisiciones entre empresas

n) incrementos en los impuestos

o) por razones de prestigio o para aprovechar relaciones públicas

2. Componentes del estudio de localización

Con la finalidad de presentar un método general para la solución del problema de localización, se identifican 3 componentes:

a) seleccionar la región

b) determinar la localidad dentro de la región

c) elegir el sitio específico para ubicar la planta dentro de la localidad.

En la práctica, es frecuente que la elección de la localidad y el lugar específico formen parte de la

misma decisión de localización, por lo que es común dividir el estudio de localización en: estudio de macrolocalización y el de microlocalización.

2.1. Macrolocalización: es el estudio que tiene por objeto determinar la región o territorio en la que el proyecto tendrá influencia con el medio. Describe sus características y establece ventajas y desventajas que se pueden comparar en lugares alternativos para la ubicación de la planta. La región a seleccionar puede abarcar el ámbito internacional, nacional o territorial, sin que cambie la esencia del problema; sólo se requiere analizar los factores de localización de acuerdo a su alcance geográfico.

2.2. Microlocalización: es el estudio que se hace con el propósito de seleccionar la comunidad y el lugar exacto para instalar la planta industrial, siendo este sitio el que permite cumplir con los objetivos de lograr la más alta rentabilidad o producir al mínimo costo unitario.

III. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA DECIDIR LA LOCALIZACION

La toma de decisiones para la localización de una planta

industrial es compleja en la mayoría de los casos, por la importancia que tienen sus efectos en la operación de la empresa en el largo plazo. No obstante, para algunas empresas, la localización se determina por la influencia de un factor dominante o crítico que limita el número de alternativas; en general la cantidad de factores y de lugares involucrados en el análisis es elevada. A medida que el área de influencia estimada para la empresa sea nacional o internacional, los análisis se incrementan y dificultan según su importancia.

En relación a la creación de empresas pequeñas, por lo general éstas se localizan en el lugar de residencia de los inversionistas y crecen en su mismo ámbito local o regional. Las decisiones se suelen basar, sobre todo, en las preferencias del inversionista, o en todo caso, en estudios simples.

Para las grandes empresas se analizan alternativas de localización y mediante procedimientos formales basados en estudios profundos y rigurosos, se pronostican escenarios alternativos de operación y se selecciona la ubicación de la planta industrial en determinado lugar.

Cuando intervienen intereses políticos o cuando se decide tomando en cuenta los antecedentes industriales de una zona, generalmente se prescinde de este tipo de estudios.

1. Metodología para determinar la localización

El procedimiento parte del momento en que se detecta la necesidad de localizar una nueva unidad productiva o relocalizar una ya existente, después de haber rechazado otras opciones de solución. Una vez justificada la necesidad de realizar un estudio de localización, es conveniente formar un equipo multifuncional que se encargue de realizar el estudio. Se necesita gran cantidad de información, parte de la cual puede existir en la empresa y la faltante se recopilará en otras fuentes tales como: publicaciones especializadas, dependencias gubernamentales, cámaras de comercio e industria, instituciones financieras, consultores de empresas, centros de investigación, instituciones educativas, organizaciones de transportes y sobre todo, con las visitas a las regiones y localizaciones en estudio, que proporcionan información sobre factores subjetivos que pueden

ser importantes en la toma de decisiones (Dervitsiotis, 1981).

Existen dos niveles de análisis: el primero, es el de macrolocalización o evaluación de países o regiones; el segundo, el de microlocalización o evaluación de comunidades o sitios específicos.

El procedimiento para determinar la localización comprende dos fases:

Fase Uno. Análisis preliminares. La planeación estratégica y políticas de la empresa, se manifiestan en requerimientos para la localización de la nueva unidad productiva. Luego se determinan los criterios importantes en la evaluación de alternativas como: necesidades de transporte, terrenos, suministros, trabajadores y personal, infraestructura, servicios, condiciones ambientales, comunicaciones, etc. Después se evalúa la importancia de cada factor, clasificándolos en críticos, dominantes o clave, según la influencia que tengan sobre los futuros ingresos y costos así como de la posición competitiva de la empresa. El resto de los factores involucrados se clasifican como secundarios o normales que, aún siendo importantes, pueden ser

considerados como deseables pero no imprescindibles.

Otro tipo de clasificación es necesaria; aquella que considera a los factores cuantitativos como objetivos, por ejemplo: materiales e insumos, servicios, infraestructura, mercados, etc., y a los factores cualitativos como subjetivos: actitud de la comunidad, medio ambiente, políticas económicas, seguridad pública, etc.

En resumen en esta primera fase se estudia el medio ambiente.

Fase dos. Investigación de alternativas de localización. Incluye los siguientes pasos:

Paso Uno.- Análisis general: se efectúa un análisis general de las características de las regiones o países candidatos. Después se establece un conjunto de localizaciones para un análisis más a detalle, eliminándose aquellas que no satisfagan los factores críticos determinados como la existencia de recursos, disponibilidad de mano de obra especializada, mercado potencial, etc. Enseguida se formulan las proyecciones de requerimientos de capacidad y se analizan los factores económicos, las variables demográficas y los aspectos legales y otras restricciones.

Paso Dos.- Evaluación de alternativas: se reúne toda la información de cada lugar para medirla en función de cada uno de los factores considerados y se evalúa obteniendo medidas cuantitativas, si los factores son objetivos (tangibles) como costos de mano de obra, o bien un juicio si los factores son subjetivos (intangibles) como la actitud de la comunidad. Es decir, se estudian los factores económicos y sociales con mayor detalle.

Paso Tres.- Selección de la localización: por medio de métodos cuantitativos y/o cualitativos se comparan entre sí las alternativas para elegir la mejor localización para ubicar la fábrica, o seleccionar varias localidades aceptables.

Cuando el estudio se realiza en diferentes niveles, se debe aplicar esta secuencia para cada uno, siendo factible variar los factores relevantes o críticos según el nivel geográfico a estudiar.

Las alternativas consideradas en un nivel servirán de punto de partida en la etapa siguiente; para determinar si un factor debe considerarse en una etapa de análisis, deberá ser sensible al nivel de agregación geográfica que se analiza y con un impacto

considerable sobre los costos, los ingresos o la posición estratégica de la empresa.

Los métodos más comunes en nuestro medio están agrupados de acuerdo a la siguiente clasificación, (Pedraza, 1996):

i) Métodos y técnicas generales

a) Métodos y técnicas de selección primaria: de asociación aparente; de encuestas; de análisis de costos relativos; basados en el uso de mapas; gráfico de la telaraña, etc.

b) Métodos y técnicas de selección secundaria o final: de centro de gravedad (centro de gravedad, distancia euclidiana y distancia rectangular); análisis por punto de equilibrio; del factor de evaluación por puntos; análisis de costos, etc.

c) Métodos y técnicas que combinan factores objetivos y factores subjetivos: análisis dimensional de Brown & Gibson; modelo de multiatributos; Electra I y II; etc.

ii) Técnicas de programación lineal aplicadas al análisis de localización: distancia cuadrado de la euclidiana;

distancia rectangular; distancia euclidiana y método del transporte.

iii) Técnicas de programación combinatoria y heurísticos: el agente viajero, "tabu search", cartero chino y recorrido simulado, (González, 1994).

2. Factores que influyen en la localización

La existencia de una gran cantidad de factores que influyen en la determinación de la localización, origina que varíen su importancia de una industria a otra y de cada región. Para cada empresa en particular, en función de sus estrategias y objetivos, se deben determinar los factores que tendrán que ser tomados en cuenta en cada nivel de análisis, (Machuca, 1994).

Debido a la gran cantidad de factores locacionales se indican los más comunes para cualquier empresa. El orden de presentación no indica el orden de importancia.

a) Condiciones climatológicas. Este factor influye mucho en la eficiencia de los trabajadores y en los costos de construcción y mantenimiento, así como de las necesidades de los procesos de producción que pueden verse afectados por la temperatura,

grado de humedad, precipitación pluvial, etc., y que implica requerir atmósferas controladas, climas adecuados, equipos especiales, etc., y con ello incrementar los costos de instalación.

b) Estudios del medio ambiente. La integración de la empresa al medio ambiente queda asegurada cuando sus objetivos responden a las expectativas de éste. El estudio del medio ambiente se considera esencial para ajustar los objetivos. Entre los elementos más importantes se deben tomar en cuenta la seriedad de la administración municipal y calidad de los servicios públicos, la infraestructura local y la disponibilidad de los recursos financieros. La calidad de vida es un aspecto importante y considerado por las empresas para la localización de sus instalaciones, pues influye en la capacidad de atraer y retener personal sobre todo a directivos, técnicos y mano de obra calificada. Aunque es difícil medir la calidad de vida, algunos aspectos de ella son: la educación, costo de la vida, ofertas culturales y de ocio, baja criminalidad, sanidad adecuada, transporte público, disponibilidad de vivienda y de servicios, clima y otros.

Las actitudes hacia la empresa por parte de las autoridades locales, pueden ser desfavorables para la localización de ciertas fábricas en su territorio como por ejemplo industrias contaminantes o peligrosas. Si por el contrario, existe una actitud favorable, el desarrollo de las operaciones se verá beneficiado. En general las autoridades intentan atraer empresas a sus dominios -ya que son fuentes de empleo y tributaciones-, por medio de incentivos fiscales, subsidios, préstamos a interés más bajo, construcción de infraestructura y otros beneficios como los parques industriales y/o tecnológicos.

La actitud de la comunidad también es importante pues puede no coincidir con la actitud de las autoridades, lo cual sería causa de problemas. También los aspectos poblacionales son de interés, tales como: población total, población económicamente activa, ramas de actividad económica, etc.

Sin duda, muchos aspectos relacionados con el medio ambiente deben ser considerados también como por ejemplo: el idioma, cultura y estabilidad social.

c) Mano de obra. La mano de obra y personal de administración es un factor básico del sistema de producción cuyas principales características son: la disponibilidad y formación, costo, estabilidad y productividad.

La importancia de la mano de obra puede ser reducida cuando es posible automatizar o mecanizar uno o más etapas del proceso de producción. Esto representa una sustitución de capital por trabajo, que es posible a través de los avances tecnológicos. También por el deseo de reducir los costos de mano de obra, muchas empresas se enfocan en las alternativas para localizar la planta hacia otros países, donde los salarios son mucho más bajos.

Los aspectos que pueden ser importantes para ser evaluados son: la disponibilidad para cubrir las necesidades de la empresa y las capacidades o habilidades de los empleados, así, como la productividad del trabajo. De no ser así, la empresa tendrá que entrenarlos o capacitarlos. Otro factor importante es el grado de sindicalización, que se puede traducir en poder de presiones y en un potencial de hostilidad. Otros aspectos significativos son

el ausentismo, rotación de empleados y sus actitudes en el trabajo.

d) Mercado. La localización de los clientes o usuarios es un factor importante debido a razones de carácter competitivo, sobre todo cuando la localización determina el mercado al que se puede acceder y cuando la entrega rápida de los productos es una condición necesaria para las ventas. La localización de la competencia también debe considerarse. Así la presencia de un competidor en una zona puede hacerla inadecuada; otras veces, en cambio, las empresas buscan localizarse cerca de los competidores, o de otras firmas complementarias, con objeto de reforzar su atracción de clientes. De este modo es común encontrarse con zonas en donde se concentran fábricas de zapatos. Otra razón proviene cuando los productos son perecederos o frágiles y que no permiten muchos transportes y almacenamientos.

Los motivos económicos unidos a los costos de transporte de los productos terminados, hacen aconsejable una localización cercana al mercado. De acuerdo a la naturaleza del producto, el mercado puede encontrarse concentrado o disperso. Cuando un mercado se encuentra

concentrado, el inversionista se inclina a colocar la empresa lo más cerca posible de esta concentración. Cuando se encuentra disperso, la influencia de éste factor se hace menos evidente.

La elección de un lugar puede ser determinada por aquel centro de mercado que permita un costo mínimo de distribución (sólo si se considera como el factor más importante).

e) Fuentes de energía. Sin excepción todas las industrias tienen necesidad de energía en diferentes formas: eléctrica, química, mecánica, térmica, etc. La más importante de éstas es la electricidad, puesto que puede ser fuente de otras formas de energía. En general las empresas compran la electricidad que necesitan y tratan de asegurar la continuidad del aprovisionamiento al menor costo. Las consideraciones más importantes son la confiabilidad del suministro así como su costo.

f) Fuentes de abastecimiento de materia prima. Para el análisis de las fuentes de abastecimiento y disponibilidad de materias primas se consideran principalmente el alejamiento de las fuentes y su grado de dispersión tipo de transformación y diversidad, y

multiplicidad de los abastecedores.

La localización de una industria primaria depende de la ubicación de los recursos naturales. Es necesario entonces encontrar soluciones para los problemas de mano de obra, abastecimiento de materiales, servicio, energía y transporte.

Por lo que respecta a la localización de ciertas industrias secundarias, ésta depende de la relación entre el peso y el volumen del producto terminado y de la materia prima. Si el producto presenta un aumento de peso o de volumen, es preferible que la empresa establezca su fábrica cerca del mercado. Si por el contrario, el procedimiento de transformación reduce el peso o volumen de la materia prima, la empresa intentará acercar su fábrica a las fuentes de abastecimiento; es decir, si una empresa debe tener abastecimientos muy diversificados, pero a la vez desea elegir varios proveedores de un mismo material, deberá establecer su fábrica en un sitio en donde el costo total (compra y transporte) sea lo más bajo posible.

g) Impuestos. Algunas localidades utilizan concesiones de impuestos como incentivos

para atraer negocios e industrias. La reducción o exención de impuestos pueden ser permitidos para nuevas empresas. Este factor puede influir en la importancia relativa de los impuestos en la selección de la localización debido a que la presión fiscal varía entre las diferentes naciones, pero también en las diferentes localidades por los impuestos locales. Si los impuestos son elevados, se minimiza el interés por una comunidad.

h) Medios de transporte y comunicación. Para la empresa los transportes proporcionan, a la vez de un vínculo con los diferentes medios empresariales, el aprovisionamiento del sistema de producción y la circulación de los productos. La disponibilidad y eficacia de los transportes son aspectos importantes para el buen funcionamiento de la producción. Para ciertas industrias, el costo de transporte representa un buen porcentaje del costo total del producto terminado, por lo cual se debe asegurar la economía de los medios de transporte que necesiten.

Existen cuatro medios de transportes generales:

-El transporte por agua, en general el más barato; es

apropiado para productos voluminosos o pesados, pero a su vez, es el más lento y muy rígido por su accesibilidad.

-El transporte por ferrocarril, permite acceder a zonas donde el anterior no llega; transporta casi cualquier tipo de producto; su costo es más elevado que el del transporte por agua y proporciona una rigidez al embarque.

-El transporte por carretera, es el más versátil y flexible, tanto por los lugares a los que puede llegar como por los horarios; suele realizarse a través de camiones cuya desventaja es un mayor costo y una menor capacidad de carga.

-El transporte aéreo, el más rápido de todos, permite recorrer grandes distancias en tiempos menores que cualquier otro medio. Su desventaja es que es el más caro de todos.

Una empresa puede necesitar diferentes medios de transporte y debe de asegurarse que en la localización elegida existan los requeridos. Naturalmente, cada medio de transporte tiene sus ventajas y desventajas.

i) Eliminación de efluentes. Los requerimientos para la eliminación de desechos

contaminantes de una industria están reglamentados por las leyes de ecología y el impacto que tendrán en la posibilidad de su exclusión. Este es un factor muy importante para una empresa que emite contaminantes y desechos industriales, debido a la necesidad de instalaciones especiales para su eliminación, caso que implica una mayor inversión.

j) Disponibilidad de agua. Las necesidades de agua varían de una industria a otra. Ciertas industrias están forzadas por la naturaleza de sus procedimientos de producción a ubicarse muy cerca de fuentes de aguas de servicio, por lo que se requiere asegurar su abastecimiento. Cuando el proceso de producción requiere aguas de cierto nivel, la calidad es un factor importante, pues si ésta no es suficiente, la empresa tendrá que tratarla y controlarla.

k) El marco jurídico. Las reglamentaciones nacionales, regionales y locales influyen sobre las empresas y pueden diferir en distintos lugares. Un marco jurídico favorable puede ser una buena ayuda para las operaciones de la empresa, mientras que uno desfavorable puede entorpecer y dificultar el desarrollo de las mismas. La

legislación a considerar incluye: laboral, que afecta los costos; sindicalización y otros aspectos de la mano de obra; de uso del suelo, que establece restricciones para determinadas áreas en cuanto a las instalaciones que en ellas se pueden ubicar o a las condiciones a cumplir; del medio ambiente, muy importante para empresas cuyos procesos generan desechos, olores, gases ruidos o cualquier otra forma de contaminación o molestia. El nivel de burocratización de las administraciones locales puede ser un elemento obstaculizador si los procedimientos administrativos son largos y complejos.

l) Los terrenos y la construcción. La existencia de terrenos donde instalarse y para futuras ampliaciones, a precios razonables, sin descuidar el régimen de propiedad o tenencia de la tierra, así como los costos de la construcción, son aspectos importantes ya que pueden variar de localidad en localidad. A veces adquirir un edificio ya existente puede resultar más conveniente, siempre y cuando sea posible adaptar sus equipos y procesos a dichas áreas.

m) Tamaño de la fábrica. La capacidad de producción influye determinantemente en la selección del lugar, al requerir

condiciones favorables para: abastecimiento en cantidad y calidad de materias primas, disponibilidad de infraestructura apropiada a la tecnología existente y a su operación; disponibilidad de insumos y servicios, así como de terrenos; y en general de las necesidades en relación con su tamaño.

n) Política económica. Los planes y programas que formulan los gobiernos nacionales o locales son un factor importante que favorece o no la localización de las empresas industriales, puesto que es común encontrar políticas de desarrollo y descentralización industrial para determinadas zonas de un país o estado, como son los corredores industriales y puertos industriales estableciendo reglamentaciones, disposiciones legales y tributarias destinadas a atraer empresas o a alejarlas, según sea el caso.

Como ejemplo, en México se desalientan las inversiones con altas tasas tributarias, créditos onerosos, reglamentaciones rigurosas, etc.; en cambio, se propicia la descentralización a los corredores y puertos industriales, fronteras y costas, estableciéndose para ello, tres zonas geográficas, clasificadas según su importancia para el gobierno federal:

Zona I. De estímulos preferenciales. Comprende cuatro puertos industriales: Coatzacoalcos en el estado de Veracruz, Lázaro Cárdenas en Michoacán, Salina Cruz en Oaxaca y Tampico en Tamaulipas. Los municipios aledaños, se clasifican de acuerdo a la zona con prioridad IA. Otras ciudades con potencial de desarrollo urbano e industrial que están situadas en el área se clasifican como IB.

Zona II. De prioridades estatales. Son señaladas por los gobiernos locales como prioritarias, de acuerdo a los convenios que se concierten al respecto con el gobierno federal.

Zona III. De ordenamiento y regulación. Se refiere a las áreas de crecimiento controlado como el Distrito Federal y municipios conurbanos; se incluye un área de consolidación donde están las poblaciones dentro del área considerada. En estos lugares las empresas no reciben ningún tipo de estímulos y generalmente encuentran restricciones.

3. Clasificación de los factores de localización

El criterio para clasificar los factores de localización, los agrupa por conveniencia en tres grandes grupos (Buffa, 1987):

a) *Críticos*. Son factores críticos, si su naturaleza puede imposibilitar la localización de una fábrica en un lugar en particular, sin hacer caso de otras condiciones que pudieran existir. Por ejemplo, el agua es un factor crítico para una fábrica de celulosa y papel. Los factores críticos tienen el efecto de eliminar sitios considerados, si no existen en esos lugares.

b) *Objetivos*. Son criterios que pueden ser evaluados en términos monetarios (cuantitativos) como por ejemplo trabajo, materiales, suministros, servicios e impuestos. Un factor puede ser a la vez objetivo y crítico. En algunas fuentes bibliográficas, se les conoce como factores tangibles.

c) *Subjetivos*. Este criterio se caracteriza por un tipo cualitativo de medida. Por ejemplo: actitud de la comunidad, seguridad pública, educación, entre otros. Su evaluación no puede encontrar una medida monetaria. De nuevo, un factor puede ser subjetivo y ser crítico al mismo tiempo. Se les conoce también como factores intangibles.

4. Tendencias de localización

El ambiente económico está en constante cambio, por lo que la

mayoría de los factores de localización no permanecen inalterables, sino todo lo contrario, lo cual origina que las decisiones de localización sean mucho más comunes. Entre los principales cambios económicos de actualidad que influyen en la toma de decisiones para localización de fábricas industriales se encuentran: creciente internacionalización de la economía, por lo cual las empresas compiten a nivel global ubicándose en otros países; la aparición de nuevos mercados y la unificación de otros, intensifican la competencia y hacen que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder su competitividad. Todo esto favorecido por la mejora en los transportes y el desarrollo de tecnologías de informática y telecomunicaciones, que permiten la centralización y el ensanchamiento de ciertas operaciones. El énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos, la entrega rápida, etc., se manifiesta en una tendencia a la localización cercana a los mercados.

Los avances tecnológicos orientados a la automatización de los procesos originan que el factor relativo a la mano de obra pierda importancia en cuanto a su costo y, por lo tanto, hace menos atractivos a aquellos países o regiones con bajo nivel salarial; por el contrario, la calificación, flexibilidad y movilidad de la mano de obra adquiere mayor importancia. Por lo que se refiere a la fabricación, gracias a las tecnologías flexibles las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas. Por otra parte, una empresa puede optar por subcontratar la fase de producción a fabricantes locales, sin necesidad de invertir en las instalaciones (Machuca, 1994).

La aparición de sistemas "justo a tiempo" en algunas industrias, está obligando a las empresas proveedoras y clientes a localizarse cerca de su mercado para reducir tiempos y costos de transporte y estar en condiciones de realizar sus entregas frecuentemente.

En la actualidad, el detrimento de la calidad de vida y los problemas relacionados con la masificación como el alto costo del suelo, el elevado índice de criminalidad y problemas de

tráfico, están originando una salida de las industrias de la ciudad al medio rural.

IV. GUIA PARA LA PRESENTACION DE UN ESTUDIO DE LOCALIZACION (Pedraza, 1991)

Con la finalidad de proporcionar una forma de presentación del estudio de localización se sugiere la siguiente estructura:

Localización:

A. Macrolocalización:

a) Aspectos geográficos:

- límites políticos
- coordenadas y altitud sobre el nivel del mar
- extensión
- hidrografía
- clima
- suelos
- recursos naturales.

b) Aspectos socioeconómicos y culturales:

- población total y económicamente activa
- ramas de actividad económica

- sueldos y salarios
- educación y salud pública
- centros de población más importantes
- estructura del poder vigente
- otros

c) Infraestructura:

- vías de comunicación
- electrificación
- obras de irrigación
- red de agua potable
- centros de almacenamiento
- telecomunicaciones y correos
- educación y recreación.

d) Aspectos institucionales:

- régimen de propiedad
- instituciones crediticias
- programas de desarrollo regional
- otros.

e) Mapas de macrolocalización.

B. Factores básicos que determinan la localización:

- a) condiciones climatológicas
- b) estudio del medio ambiente
- c) mano de obra
- d) mercado
- e) fuentes de energía
- f) fuentes de abastecimiento de materias primas
- g) impuestos
- h) medios de transporte y comunicaciones
- i) eliminación de efluentes
- j) disponibilidad de agua
- k) marco jurídico
- l) terrenos y construcción
- m) tamaño de la fábrica
- n) política económica

c. Microlocalización:

- a) criterios de selección utilizados
- b) método(s) y alternativa elegida
- c) especificaciones del sitio elegido
- d) planos de microlocalización.

V. METODOS PARA DETERMINAR LA LOCALIZACION

Para efectos de ilustrar la toma de decisiones localizacionales, se presentan sólo tres métodos debido a las restricciones de espacio, no indicando que sean los más importantes, sino prácticos.

1. Método de análisis de costos

El método requiere conocer con un alto nivel de aproximación, la producción esperada de la planta en cada una de las alternativas de localización, así como los costos de instalación y operación. Por lo tanto, es un procedimiento que se aplica generalmente a proyectos de gran envergadura y a proyectos definitivos, (Tawfik, 1993).

En cada uno de los casos analizados deberán considerarse los mismos factores. El análisis inicia con la elaboración de todos los presupuestos de ingresos, costos y gastos. Luego se formulan los estados financieros y se analizan las inversiones para determinar las condiciones económicas de cada lugar preseleccionado para realizar las comparaciones pertinentes.

Si es posible, comparar a través del tiempo con flujos

descontados del dinero (valor del dinero actualizado a una cierta tasa de descuento con fines de comparación); la técnica proporciona un resultado más aceptable.

La decisión de localizar la planta recaerá en el lugar que minimice los costos o que asegure la mejor rentabilidad de la empresa y/o de los inversionistas, según sea el requerimiento.

El método tiene grandes ventajas al permitir la comparación de varias alternativas para localizar la planta, en función de sus costos de inversión y de operación propios de cada lugar. Los resultados son satisfactorios si se definen exactamente las características de los factores de localización. Se asume que los ingresos podrían ser los mismos para cada lugar.

Por la importancia que tiene éste método y la que le pueda dar el especialista encargado de tomar la decisión de localizar una nueva industria, se presentan dos planteamientos que ilustran su aplicación y la variedad de criterios posibles de aplicar.

Cuando no se toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo en sus pronósticos, el método presenta la desventaja

de comparación de flujos monetarios con diferente valor.

Ejemplo 1: La siguiente tabla muestra las evaluaciones realizadas para tres ciudades, con la finalidad de elegir la ubicación más conveniente para una industria, (Tawfik, 1993).

Tabla 1. Comparación de costos de operación anuales

Costos	Ciudad A	Ciudad B	Ciudad C
Costos de operación anuales			
- Transporte de materiales diversos	95,000	90,000	86,000
- Transporte de productos	165,000	170,000	174,000
- Mano de obra	215,000	220,000	245,000
- Electricidad	65,000	70,000	70,000
- Agua	25,000	30,000	30,000
- Combustibles y lubricantes	65,000	67,000	67,000
- Renta de edificios	50,000	58,000	65,000
- Impuestos	11,000	13,000	15,000
- Seguros	5,500	5,500	5,500
- Diversos	5,000	7,000	9,000
Total de costos de operación	701,500	730,500	766,500
Inversiones relevantes por lugar			
- Construcciones	1'500,000	1'400,000	1'600,000
- Terrenos	105,000	80,000	95,000
- Gastos especiales y permisos	25,000	10,000	5,000
Total inversiones relevantes	1'630,000	1'490,000	1'700,000
Total por localidad	2'331,500	2'220,500	2'466,500

La solución aparentemente es localizar la planta en la ciudad B por tener menores costos totales, pero si se analiza con más detenimiento la información, se pueden evitar errores al elegir la ubicación de la nueva empresa. La ciudad A, tiene una diferencia con B en costos totales de \$111,000 que pueden recuperarse en poco menos de cuatro años en la ciudad A, que tiene una diferencia inferior con B de \$ 29,000 en costos de operación, por lo tanto, la decisión final es localizar la industria en la ciudad A, en lugar de la ciudad B.

Ejemplo 2: Se han seleccionado tres ciudades como alternativas para la localización de una fábrica acerera. Los análisis revelaron una estimación de costos totales y costos de operación por unidad para cada lugar, y los volúmenes de producción e ingresos esperados para los años uno, cinco y diez, son los mismos para las tres localidades. Dicha información se muestra en la siguiente tabla, (Gaither, 1992):

Tabla 2. Comparación de costos para alternativas de localización

TIPOS DE COSTOS (Millones de pesos)	Ciudad A			Ciudad B			Ciudad C		
	Año 1	año 5	año 10	año 1	año 5	año 10	año 1	año 5	año 10
- Transporte de materiales	19.0	23.0	29.0	17.5	22.0	27.0	16.5	20.0	25.0
- Transporte de productos	6.2	7.5	10.0	6.1	8.0	10.5	6.0	7.8	10.2
- Mano de obra	15.0	20.1	26.0	19.0	23.0	30.2	22.0	25.5	34.0
- Materias primas	29.0	39.0	55.5	30.0	39.5	55.8	28.5	39.0	55.4
- Servicios	4.1	4.3	6.0	4.5	5.1	6.1	5.0	5.0	6.3
- Suministros	5.9	9.1	19.0	8.3	12.5	30.3	10.2	16.5	32.0
- Costos variables	6.0	7.0	8.1	6.0	7.4	8.0	6.3	8.0	8.7
- Costos fijos	10.0	10.5	14.5	10.3	12.0	15.0	10.6	12.1	15.5
Total costos de operación	95.2	120.5	168.1	101.7	129.5	162.9	105.1	133.9	187.1
Volumen proyectado	1,200	1,500	2,000	1,200	1,500	2,000	1,200	1,500	2,000
Costo unitario de producc. (Miles\$/ton)	79.33	80.33	84.05	84.75	86.33	91.45	87.58	89.27	93.55

La decisión es entonces localizar la industria en la ciudad A, en la que se operará a menores costos unitarios de producción.

2. El Método de Brown y Gibson

Combina factores objetivos posibles de cuantificar con factores subjetivos que se pueden

valorar en medidas relativas a los mismos factores:

a) Eliminación de todas aquellas alternativas de localización que no cumplan con los requisitos mínimos exigidos a la localización del proyecto.

b) Asignar un valor relativo a cada factor objetivo FO_i ; para cada alternativa de localización viable. Dado que los factores objetivos (cuantitativos) pueden ser calculados en términos de costos (C_i) para cada lugar, el cálculo correspondiente se realiza por la multiplicación del costo C_i por la suma de los costos recíprocos de n

cada lugar $\sum_{i=1}^n$ y se toma el recíproco, según el método.

$$i=1$$

$$FO_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

Donde: FO_i = Valor relativo del factor objetivo $i = 1, 2, \dots, n$
(1)

c) Estimar un valor relativo de cada factor subjetivo FS_i para cada alternativa de localización viable.

Debido al carácter subjetivo de cada uno de los factores, se hace necesaria la asignación de una medida de comparación que valore los distintos factores en orden relativo, por medio las siguientes etapas:

*Primero se determina una calificación w_i para cada factor subjetivo ($j = 1, 2, 3, \dots, n$), mediante la comparación por pares de factores. De acuerdo con esto se escoge un factor sobre otro, o bien, ambos reciben igual calificación. Para determinar el número de comparaciones pareadas ($r = 2$) que se deben realizar para n factores subjetivos es calculado por la expresión $(n/r) = n! / r(n-r)!$

*Enseguida se da a cada localización una ordenación jerárquica en función de cada factor subjetivo:

$$R_{ij} \quad (0 \leq R_{ij} \leq 1, \sum_i R_{ij} = 1)$$

*Para cada localización, se combina la calificación del factor w , con su ordenación jerárquica R_{ij} para determinar el factor subjetivo FS_i , así:

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} w_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Es decir:

$$FS_i = w_1 R_{i1} + w_2 R_{i2} + \dots + w_n R_{in}$$

d) Combinar los factores objetivos y subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de 10C

$$MPL_i = K (FO_i) + (1-K) (FS_{in})$$

Donde:

MPL_i es la medida de preferencia de localización del factor i.

Si el lugar seleccionado está basado totalmente en decisiones acerca de costos, entonces $k = 1$ y los factores subjetivos serán totalmente ignorados. Por lo tanto, la importancia relativa que existe entre los factores objetivos y subjetivos de localización hace necesario asignarle una ponderación K , a uno de los factores y $1-K$ al otro; de manera tal que se exprese también entre ellos la importancia relativa. Si se considera que los factores objetivos son 3.5 veces más importantes (apreciación personal para el ejemplo) que los subjetivos, se tiene que $K = 4 / (1 + 4)$, entonces despejando K se tiene que $K = 0.778$.

La medida de la preferencia dada a cada lugar puede ser probada bajo diferentes supuestos concernientes a costos y la

importancia de varios factores subjetivos.

e) Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

Ejemplo: Papelera Oriente, S.A., ha realizado estudios preliminares para la construcción de una nueva planta productiva para hacer frente a sus próximos incrementos de demanda, que constantemente ha elevado en años recientes. El estudio concluye que el aumento esperado en la demanda, justifica la instalación de una fábrica de papel, del tamaño mínimo económico.

Los análisis preliminares indican cambios en la característica de la manufactura de pulpa y papel para diferentes regiones geográficas y muestran que la región más conveniente para instalar una nueva fábrica es la zona oriente del estado porque es una zona productora de materia prima y tiene redes de comunicación que hacen factible el transporte a los mercados considerados.

Para la selección de la mejor región y sitios, el análisis detallado de los requerimientos de materiales, insumos y servicios indica cuatro lugares

que podrían cumplir satisfactoriamente las necesidades de grandes cantidades de agua. Se les llamarán localidades A, B, C y D.

Paso a: La localidad D es eliminada tempranamente porque el costo de los terrenos es extremadamente caro y el monto de la inversión requerida excede el presupuesto destinado.

Paso b: En el resto de las localidades todos los costos de producción anuales son los mismos excepto el costo de la mano de obra, distribución de producto e impuestos.

Tabla 3. Costos anuales de los factores locacionales

Localidad	Costos Anuales (millones de pesos)				Total	Recíproco
	Trabajo	Distribución	Impuestos	Otros	C _i	1/C _i
A	4.85	4.00	0.30	5.00	14.15	0.07067138
B	4.55	3.83	0.32	5.00	13.70	0.07299270
C	4.60	3.95	0.35	5.00	13.90	0.07194245
Total:						0.21560653

Dónde:

C_i es el costo del factor i.

El factor de calificación objetiva (FO_i) para cada localización se obtiene mediante la sustitución de los valores determinados en la

ecuación 1. Así los factores objetivos de calificación son:

$$\begin{aligned} \text{FOA} &= 0.07067138 / 0.21560653 \\ &= 0.327779404 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FOB} &= 0.07299270 / 0.21560653 \\ &= 0.338545868 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FOC} &= 0.07194245 / 0.21560653 \\ &= 0.333674726 \quad \text{Suma} = 1.00000 \end{aligned}$$

Dónde:

FO_i es la calificación del factor objetivo i.

Paso c: Cálculo del valor relativo de los factores subjetivos. El clima, las oportunidades de recreación, educación, servicios que ofrece la localidad y el trabajo tienen las mismas condiciones en toda la región, por lo que los factores subjetivos en la selección han sido identificados como: (1) seguridad pública, (2) disponibilidad de transporte, y (3) actitudes de la comunidad. Estos factores deben ser evaluados con una comparación pareada de dos factores, la cual compara cada factor con los otros, considerando un par a la vez.

El procedimiento se repite y produce dos resultados: del primero se obtiene la importancia del factor subjetivo W_j , que es la medida del peso relativo dado a cada factor subjetivo; y, del segundo, para cada factor subjetivo separadamente se obtiene la medida de cada lugar R_{ij} .

Supóngase que el grupo especial asignado para seleccionar el sitio respondió a la comparación de pares como sigue:

*Seguridad pública versus disponibilidad de transporte: escoger seguridad pública.

*Seguridad pública versus actitud de la comunidad: escoger seguridad pública.

*Disponibilidad de transporte versus actitudes de la comunidad: valorados igualmente.

Tabla. 4 Resumen de información y cálculo de índice de importancia relativa

Factor J	Comparaciones pareadas			Suma de preferencia	Índice de Importancia Relativa W_j
	1	2	3		
Seguridad pública	1	0		1	$1/4 = 0.25$
Disp. de Transp.		1	1	2	$2/4 = 0.50$
Actitud de la com.	1		0	1	$1/4 = 0.25$
Total:				4	1.00

En la columna para cada combinación pareada posible, se asigna 1 al factor preferido y 0 al otro factor, cuando existe

igualdad en ambos factores se les asigna un valor de 1.

Para cada factor subjetivo, separadamente, se repite la misma comparación pareada con los sitios para determinar la ordenación jerárquica de R_{ij} (que es la ordenación jerárquica en función de cada objetivo, respecto a cada lugar).

Tabla 5. Resultados de las comparaciones pareadas

Seguridad Pública					Disponibilidad de transporte				
Localidad i	Comp. pareadas			Suma de pref R_{i1}	Localidad i	Comp. pareadas			Suma de pref R_{i2}
	1	2	3			1	2	3	
A	0	1		$1/4 = 0.25$	A	0	1		$1/4 = 0.25$
B	1		1	$2/4 = 0.50$	B	1		0	$1/4 = 0.25$
C		0	1	$1/4 = 0.25$	C		1	1	$2/4 = 0.50$
Total				1.00	Total				1.00

Actitudes de la comunidad					Resumen de evaluación de fact. subjetivo				
Localidad i	Comp. pareadas			Suma de pref R_{i1}	Factor j	Suma de pref. R_{ij}			Import. Relativa W_j
	1	2	3			A	B	C	
A	0	1		$1/4 = 0.25$	1	0.25	0.50	0.25	0.25
B	1		0	$1/4 = 0.25$	2	0.25	0.50	0.25	0.50
C		1	1	$2/4 = 0.50$	3	0.25	0.25	0.50	0.25
Total				1.00	Total				1.00

Reemplazando los valores en la ecuación 2, se puede determinar la medida de factor subjetivo FS_i de cada localización. Separadamente para cada localización, se multiplica la calificación para un factor dado R_{ij} por el índice de importancia relativa W_j de ese factor y se suman todos los factores subjetivos.

$$FS_i = w_1R_{i1} + w_2R_{i2} + \dots + w_nR_{in}$$

$$FSA = (0.25)(0.25) + (0.25)(0.50) + (0.25)(0.25) = 0.2500$$

$$FSB = (0.50)(0.25) + (0.50)(0.50) + (0.25)(0.25) = 0.4375$$

$$FSC = (0.25)(0.25) + (0.25)(0.50) + (0.50)(0.25) = 0.1325 \quad \text{Suma} = 1.0000$$

Dónde:

FS_i es la medida del factor subjetivo i.

Paso d: Cálculo de la medida de la preferencia de localización MPL. Una vez valorados en términos relativos los factores objetivos y subjetivos de localización, se aplica la ecuación:

$$MPL_i = K (FO_i) + (1-K) (FS_i)$$

$$MPL_A = (0.778) (0.327779404) + (0.222) (0.2500) = 0.310512376$$

$$MPL_B = (0.778) (0.338545868) + (0.222) (0.4375) = 0.360513687$$

$$MPL_C = (0.778) (0.333674726) + (0.222) (0.3125) = \underline{0.328973937}$$

$$\text{uma} = 1.000000000$$

Dónde:

MPL_i es la medida de preferencia de localización del lugar i.

Paso e: Selección del lugar preferente para ubicar de la nueva planta. De acuerdo con este método la alternativa elegida es la localización B, dado que recibe mayor valor de medida de localización.

Debe notarse que un cambio en la calificación de los factores conduce a un cambio en la decisión de localizar la fábrica en determinado lugar.

3. Método del transporte

Este método es una aplicación de la programación lineal a la determinación de la localización y consiste en reducir al mínimo posible los costos del transporte destinado a satisfacer los requerimientos totales de demanda y abastecimiento de materiales. Los costos de transporte son significativos y merecen un análisis especial antes de decidir la ubicación de la planta. Se considera que existe una red de fábricas, almacenes o cualquier otro tipo de puntos, orígenes o destinos de flujos de bienes. La localización de un nuevo punto en la red la afectará provocando reajustes y reasignaciones en el sistema. El método del

transporte permite encontrar la mejor distribución de los flujos del sistema de red, basándose en la optimización de los costos de transporte (o alternativamente del tiempo, distancia, beneficio, etc.). En los problemas de localización, se puede usar para analizar la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez y en general para cualquier configuración de la red. Debe ser aplicado a cada una de las alternativas consideradas para determinar la red de flujos óptima.

La formulación del problema parte de las consideraciones siguientes:

- * El objetivo es reducir al mínimo posible el costo total de transporte.
- * Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades transportadas.
- * La oferta y la demanda se expresan en unidades homogéneas.
- * Costos de transporte por unidad sin varían por la cantidad transportada.
- * La oferta total debe ser igual a la demanda total.

a) Si la demanda es mayor que la oferta, debe crearse una oferta ficticia y asignar un costo de transporte de cero para que el exceso de demanda sea satisfecho.

b) Si la oferta es mayor que la demanda, debe crearse una demanda ficticia y asignar un costo de transporte de cero para que el exceso de oferta sea absorbido.

-Las cantidades de oferta y demanda no varían con el tiempo.

-No considera más efectos para la localización que costos del transporte.

Entre sus ventajas está que es un método preciso e imparcial. Para plantear el problema, todos los datos son llevados a una matriz rectangular oferta-demanda u origen-destino. Los costos de transporte entre los puntos oferta y demanda son colocados en la esquina superior derecha de cada casilla de la matriz.

Luego se distribuye la oferta para cubrir la demanda colocando valores en la casillas de la matriz (se aprecia en el ejemplo de aplicación del método), los cuales expresan las cantidades enviadas de una fuente de oferta a un destino de demanda. El procedimiento para

solucionar el problema es iterativo, comenzando con una solución inicial factible que progresivamente es probada y modificada hasta que se obtenga una solución básica, que satisface la demanda a un menor costo de transporte, (Dilwort, 1993).

Existen varios métodos para obtener soluciones iniciales y óptimas que se diferencian en la forma de llegar a la solución de acuerdo a su procedimiento y al número de iteraciones que cada uno de ellos necesita.

* Soluciones iniciales	* Soluciones óptimas
-Costo mínimo	-Stepping-Stone
-Esquina noroeste	- Multiplicadores
-Aproximación de Vogel	

La mayoría de los problemas son resueltos por computadora con paquetes de software como el Quic-Basic, Lindo, QSB, Micromanager y el Start. Para proceder con el método, se investigan los costos de transporte entre los diferentes lugares preseleccionados y los diferentes centros de consumo y en una matriz de m renglones y n columnas, se colocan en las casillas de cada cruce de renglón

y columna (i, j), los costos de transporte de cada origen y destino. Una vez obtenida la tabla óptima se toma la decisión para la localización del lugar más conveniente para instalar una nueva industria, empleando el siguiente criterio, (González, 1996).

a) Se toma como referencia la tabla solución del problema, donde se tiene mínimo de la función llamada Z (donde z es la función a minimizar).

b) Se suma los costos unitarios asociados por columna, en la

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n (C_{ij})$$

tabla final (solo si- tios donde se tenga asignación).

c) Se selecciona la columna (demanda) con costo asociado mínimo y se relaciona con el origen (oferta), el cual implica el sitio a localizar la planta.

d) Dentro de esa columna se busca el menor costo asociado a la casilla X_{ij} y se relaciona con el origen (renglón m =oferta), el cual implica el sitio final para localizar la planta.

El lugar seleccionado debe estar acorde con la capacidad de producción de la fábrica y con el nivel de demanda que se pretende cubrir en el mercado.

Este es un criterio que depende de las expectativas que se tengan para la nueva industria.

El planteamiento matemático del problema establece que por cada unidad transportada se tiene un costo asociado C_{ij} , que es constante y de diferente magnitud para cada relación i, j , y se enuncia:

$$\text{Min} Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Donde:
 C_{ij} = Costo de enviar producto de i a j
 X_{ij} = Cantidad de producto enviado de i a j

Restricciones:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = A_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad A_i = \text{Recurso disponible en } i$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = B_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad B_j = \text{Demanda en } j$$

$$\sum_{i=1}^m A_i = \sum_{j=1}^n B_j$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Ejemplo: Una empresa fabricante de muebles, cuenta con dos plantas productoras, que abastecen a cuatro grandes mercados. Últimamente su demanda ha aumentado y se estima un crecimiento sostenido, por lo cual, la empresa ha decidido invertir en una nueva

planta. Sus estudios preliminares le presentan dos alternativas de localización, con sus respectivos costos de transportación a los centros de demanda, que se muestran en la siguiente tabla. La empresa desea elegir entre el lugar F1 y F3, de modo que la decisión proporcione el menor costo de transportación del sistema en conjunto.

Tabla 6. Costos de transporte de orígenes a destinos

Demanda	Centros de Demanda				Oferta
	A	B	C	D	
Fábrica					Capacidad
F1	10	11	14	18	11,000
F2	11	10	12	20	13,000
Propuesta de F3	13	14	12	11	12,000
Propuesta de F4	16	11	14	15	12,000
Demandas	10,000	12,000	8,000	6,000	36,000

Solución para la propuesta de la fábrica 3:

$$\text{Min} Z = 10X_{11} + 11X_{12} + 14X_{13} + 18X_{14} + 11X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 20X_{24} + 13X_{31} + 14X_{32} + 12X_{33} + 11X_{34} = \mathbf{\$383,000}$$

Restricciones:

$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} \leq$	11,000	Fábrica 1
$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} \leq$	13,000	Fábrica 2
$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} \leq$	12,000	Propuesta de fábrica 3
$X_{11} + X_{21} + X_{31} \leq$	10,000	Centro de demanda A
$X_{12} + X_{22} + X_{32} \leq$	12,000	Centro de demanda B
$X_{13} + X_{23} + X_{33} \leq$	8,000	Centro de demanda C
$X_{14} + X_{24} + X_{34} \leq$	6,000	Centro de demanda D

Solución para la propuesta de la fábrica 4:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= 10X_{11} + 11X_{12} + \\ &14x_{13} + 18x_{14} + 11X_{21} + \\ &10X_{22} + 12X_{23} + 20X_{24} + \\ &16x_{41} + 11X_{42} + 14x_{43} + \\ &15X_{44} = \$ 413,000 \end{aligned}$$

Restricciones:

$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14}$	11,000	Fábrica 1
$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24}$	13,000	Fábrica 2
$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44}$	12,000	Propuesta de fábrica 4
$X_{11} + X_{21} + X_{41}$	10,000	Centro de demanda A
$X_{12} + X_{22} + X_{42}$	12,000	Centro de demanda B
$X_{13} + X_{23} + X_{43}$	8,000	Centro de demanda C
$X_{14} + X_{24} + X_{44}$	6,000	Centro de demanda D

La solución es, localizar la planta en el lugar propuesto para la fábrica 3, que es la opción que minimiza la función.

VI. CONCLUSIONES

Ubicar una nueva unidad industrial en un determinado lugar implica tomar una decisión muy importante para favorecer el desarrollo de las operaciones de la empresa, por lo tanto, es una decisión que se debe realizar con mucho cuidado y después de haber efectuado los análisis

pertinentes que permitan llegar al logro de los objetivos que se persiguen con las inversiones correspondientes.

La determinación de localizar la fábrica en un lugar tiene consecuencias de largo plazo por lo tanto compromete la operación de la empresa por largo tiempo y afecta su capacidad competitiva. Entonces una buena elección del lugar favorecerá el accionar de la fábrica en forma eficiente y competitiva, mientras que una elección incorrecta impondrá limitaciones a las mismas.

La influencia de la localización sobre la competitividad se manifiesta tanto en los costos como en los ingresos de la empresa. Así, se tiene que el lugar seleccionado para localizar la fábrica debe reunir condiciones suficientes para evitar problemas tales como: lejanía de los mercados clave, dificultades de abastecimiento de materias primas, insumos y servicios, disponibilidad de mano de obra calificada y las consecuencias directas que se tienen sobre los costos de producción y transporte.

Por ello es recomendable emplear un procedimiento que permita tomar la decisión de localizar la empresa en un

determinado lugar que incluya los análisis preliminares donde se indican los requerimientos de planeación estratégica y políticas de la empresa en su conjunto y se manifiestan en términos de localización. Enseguida se determinan los criterios importantes en la evaluación para la localización.

Después se evalúa la importancia de los factores que influyen en la selección del sitio, a la vez que se clasifican los factores en críticos, objetivos y subjetivos, según la influencia que tengan sobre los futuros ingresos y costos, así como de la posición competitiva de la empresa. Posteriormente se evalúan los lugares alternativos preseleccionados reuniendo toda la información pertinente.

Finalmente se selecciona un lugar apoyándose en métodos y técnicas que comparan las alternativas y permiten decidir la más conveniente para los fines descritos antes.

La importancia de aplicar los análisis respectivos para tomar este tipo de decisiones queda, pues, de manifiesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brown, P.A. et, Gibson. D.F., **A quantified Model for Facility Site Selection, Application to a Multiplant Location Problem**, AIIE Transactions, pp. 1-10, 1972.

Buffa, E.S. y Rakesh, K.S., **Modem Production/Operations Management**, John Wiley & Sons, Inc. 1987, pp. 582-589.

Dervitsiotis, K. N., **Operating Management**, McGraw-Hill, 1981, pp. 382-407.

Dilworth, J. B. **Production and Operations Management**, McGraw-Hill, Inc. 1993, pp. 521-541.

Gaither, N., **Production and Operations Management**, The Dryden Press, Harcourt Brace Jovanovich, 1992, pp.256-273.

Garrett & Silver., **Production Management Analisis**, Harcourt Brace Jovanovich International Edition, 1973.

González, S.F., **Notas del curso de Teoría de Localización**, DEPMI-UNAM, México, 1994.

González, S.F., **Analisi I, diseñ de Sistemas de producció (Plantas industriales) Situació**

actual I perspectivas, Universitat Rovira I Virgili, España, 1996.

Machuca, J.A.D.; García. S.; Machuca. M.A.D.; Ruiz. A. y Alvarez, M.J., **Aspectos Estratégicos en la Producción y los Servicios**, McGraw-Hill, 1994, pp. 243-271.

Nassir, S.Ch. y Reynaldo, S.Ch., **Preparación y Evaluación de Proyectos**. McGraw-Hill, 1989, pp. 142-154.

Pedraza, H., **Guía Técnica para la Presentación de Proyectos**. Serie Cuadernos de Teoría Económica, Escuela de Economía, UMSNH, Morelia, Junio 1991, pp. 2-24.

Pedraza, H., **Localización de Plantas Industriales**, Tesis de Maestría, Facultad de Contabilidad y Administración, UMSNH, Morelia, Marzo de 1996.

Tawfik, L. y Chauvel, A.M., **Administración de la Producción**, McGraw-Hill, México, 1993, pp. 108-127.

¹ Profesor Investigador del Departamento de Economía Industrial del Centro de Investigaciones Económicas y Sociales (CIES). Escuela de Economía de la UMSNH.

* Agradezco las observaciones realizadas al presente trabajo por parte del M. en C. José César Lenin Navarro Chávez y del Dr. Federico González Santoyo.