

Preparación y evaluación de proyectos

Quinta edición

Nassir Sapag Chain
Reinaldo Sapag Chain

Revisor Técnico

Álvaro Alfonso Moreno Suárez

Decano de Economía

Escuela Colombiana de Ingeniería

Presidente Asociación Colombiana de Facultades
y Departamentos de Economía - Afadeco

Bogotá, Colombia



BOGOTÁ • SANTIAGO • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MADRID
MÉXICO • NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SÃO PAULO • AUCKLAND • HAMBURGO

Londres • Milán • Montreal • Nueva Delhi • París • San Francisco • Sidney
Singapur • St. Louis • Tokio • Toronto

Editora: Lily Solano Arévalo
Manufactura Colombia: Bibiana García
Diagramación: Yolanda Alarcón

Preparación y evaluación de proyectos. Quinta edición

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,
por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.



DERECHOS RESERVADOS © 2008, respecto a la cuarta edición
por McGraw-Hill Interamericana S.A.

Carrera 11 No. 93-46 oficina 301. Bogotá, D.C., Colombia.

ISBN 10: 956-278-206-9
ISBN 13: 978-956-278-206-7

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

5123468907

1234567890

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

Decisiones de localización

La localización adecuada de la empresa que se crearía con la aprobación del proyecto puede determinar el éxito o fracaso de un negocio. Por ello, la decisión acerca de dónde ubicar el proyecto obedecerá no sólo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales e, incluso, de preferencias emocionales. Con todos ellos, sin embargo, se busca determinar aquella localización que maximice la rentabilidad del proyecto.

La decisión de localización de un proyecto es una decisión de largo plazo con repercusiones económicas importantes que deben considerarse con la mayor exactitud posible. Esto exige que su análisis se realice de manera integrada con las restantes variables del proyecto: demanda, transporte, competencia, etcétera. La importancia de una selección apropiada para la localización del proyecto se manifiesta en diversas variables, cuya recuperación económica podría hacer variar el resultado de la evaluación, comprometiendo en el largo plazo una inversión de probablemente grandes cantidades de capital, en un marco de carácter permanente de difícil y costosa alteración.

El análisis de la localización adecuada de la empresa involucra no sólo el estudio del lugar óptimo de la planta productiva sino también de las oficinas administrativas. Muchos proyectos ubican la primera en un determinado lugar y su administración en otro. Obviamente que el estudio pertinente deberá incorporar en su análisis la conveniencia estratégica y económica de disponer de localizaciones conjuntas o separadas para cada una de estas funciones. Para algunos tipos de proyectos la diferenciación de localización puede ser aún mayor, tomando en consideración que el

proceso productivo podría seleccionarse en una localización determinada, el administrativo en otra y el de distribución en un tercer lugar distinto a los anteriores.

El objetivo de este capítulo es presentar los principales criterios y técnicas de evaluación de las opciones de localización de un proyecto.

9.1 El estudio de la localización

La localización puede tener un efecto condicionador sobre la tecnología utilizada en el proyecto, tanto por las restricciones físicas que importa como por la variabilidad de los costos de operación y capital de las distintas alternativas tecnológicas asociadas con cada ubicación posible.

Al estudiar la localización del proyecto se puede concluir que hay más de una solución factible adecuada. Más todavía cuando el análisis se realiza en el estudio de prefactibilidad, en el cual las variables relevantes no son calculadas de manera concluyente. Así mismo, una localización que se ha determinado como óptima en las condiciones vigentes puede no serlo en el futuro. Por tanto, la selección de la ubicación debe tener en cuenta su carácter definitivo o transitorio y optar por aquella que permita obtener el máximo rendimiento del proyecto.

El estudio de la localización no será entonces una evaluación de factores tecnológicos. Su objetivo es más general que la ubicación por sí misma; es elegir aquella que permita las mayores ganancias entre las alternativas que se consideran factibles. Sin embargo, tampoco el problema es puramente económico. Los factores técnicos, legales, tributarios, sociales, etcétera, deben tomarse necesariamente en consideración, sólo que la unidad de medida que homologue sus efectos en el resultado del proyecto puede reducirse, en algunos casos, a términos monetarios. Siempre quedará la variable subjetiva no cuantificable que afectará la decisión; por ejemplo, las motivaciones personales del empresario.

La teoría económica de la localización reduce el problema a un aspecto de ganancias máximas. Esto es, considerar el objetivo más general del proyecto: aquella localización que le otorgue la mayor rentabilidad. Para ello es necesario elaborar y evaluar el flujo de efectivo relevante de cada alternativa, en los términos que se definirán en los capítulos siguientes.

El análisis de la ubicación del proyecto puede realizarse con distintos grados de profundidad, que dependen del carácter de factibilidad, prefactibilidad o perfil del estudio. Independientemente de ello, es necesario realizar dos etapas: la selección de una macrolocalización y, dentro de ésta, la de la microlocalización definitiva. Muchas veces se considera que en el estudio de prefactibilidad sólo es necesario definir una macrozona, pero no hay una regla al respecto.

La selección de la macro y microlocalización está condicionada al resultado del análisis de lo que se denomina factor de localización. Cada proyecto específico

tomará en consideración un conjunto distinto de estos factores. Igualmente, la selección de la macrozona tendrá que considerar, para un mismo proyecto, muchos factores de localización diferentes de los que se utilizarán en la elección de la microubicación; por ejemplo, factores como las políticas impositivas, las influencias climáticas y otras que tienen preponderancia en la selección de la macrolocalización, no son relevantes para elegir una microzona dentro de aquélla, puesto que su efecto sería común a toda ella.

En teoría, las alternativas de ubicación de un proyecto son infinitas. En términos prácticos, el ámbito de elección no es tan amplio, pues las restricciones propias del proyecto descartan muchas de ellas. La selección previa de una macrolocalización permitirá, mediante un análisis preliminar, reducir el número de soluciones posibles al descartar los sectores geográficos que no respondan a las condiciones requeridas por el proyecto. Sin embargo, debe tenerse presente que el estudio de la microlocalización no corregirá los errores en que se pudo haber incurrido en la macrolocalización. El análisis de microlocalización sólo indicará cuál es la mejor alternativa de instalación dentro de la macrozona elegida.

La deficiente recolección de datos es la principal causa de los errores de la selección, que se manifiesta generalmente en costos excesivamente altos, debidos a la “seducción del lugar”, a medios de transporte insuficientes, a dificultades para captar mano de obra especializada en número suficiente, a la falta de agua y a la incapacidad de deshacerse de desechos,¹ entre otros factores.

9.2 Factores de localización

En este apartado se analizan los factores que comúnmente influyen en la decisión de la localización de un proyecto.

Las alternativas de instalación de la planta deben compararse en función de las fuerzas locacionales típicas de los proyectos. Se han elaborado muchas listas de esta fuerza como elementos de referencia para su evaluación. Algunas, como la publicada en la revista *Industrial Development*,² por ejemplo, han llegado a presentar una lista de 753 de estos factores. Una clasificación más concentrada debería incluir por lo menos los siguientes factores globales:

- Medios y costos de transporte
- Disponibilidad y costo de mano de obra
- Cercanía de las fuentes de abastecimiento

¹ *Site Selection*, Factory 122 (5): 197, 1960.

² *The factors for expansion planning*, *Industrial Development*. 129 (11), 64, 1960.

- Factores ambientales
- Cercanía del mercado
- Costo y disponibilidad de terrenos
- Topografía de suelos
- Estructura impositiva y legal
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros
- Comunicaciones
- Posibilidad de desprenderse de desechos

La tendencia de localizar el proyecto en la cercanía de las fuentes de materias primas, por ejemplo, depende del costo del transporte, tanto cuando el proceso redunde en una reducción de peso significativa, como cuando se elaboran o envasan artículos perecederos. Normalmente, cuando la materia prima (como la madera) es procesada para obtener productos diferentes, la localización tiende hacia la fuente de insumo; en cambio, cuando el proceso requiere varios materiales o piezas para ensamblar un producto final, la localización tiende hacia el mercado. La disponibilidad de los insumos, cualquiera sea su naturaleza, debe estudiarse en términos de la regularidad de su abastecimiento, carácter perecedero, calidad y costo.

Respecto a la mano de obra, la cercanía del mercado laboral adecuado se convierte generalmente en un factor predominante en la elección de la ubicación, y aún más cuando la tecnología que se emplee sea intensiva en mano de obra. Sin embargo, diferencias significativas en los niveles de remuneraciones entre alternativas de localización podrían hacer que la consideración de este factor sea puramente de carácter económico.

La tecnología del proceso también puede, en algunos casos, convertirse en un factor prioritario de análisis, si requiriera algún insumo en abundancia y a bajo costo, tal como el agua en una planta productora de bebidas alcohólicas o la electricidad en una planta de la industria metalmecánica.

Existen, además, una serie de factores no relacionados directamente con el proceso productivo, pero que condicionan en algún grado la localización del proyecto. Dervitsiotis³ señala, en este aspecto, tres factores que denomina genéricamente ambientales: a) la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo, en los cuales incluye los servicios públicos de electricidad y agua, protección contra incendios, comunicación rápida y segura y otros; b) las condiciones sociales y culturales, en las cuales se estudian no sólo las variables demográficas como tamaño, distribución, edad y cambios migratorios, entre otras, sino también aspectos como la actitud hacia la nueva industria, disponibilidad, calidad y confiabilidad en los trabajadores

³ Dervitsiotis, Kostas. *Operations Management*. New York: McGraw-Hill, 1981, p. 385.

en potencia, tradiciones y costumbres que pueden interferir con las modalidades conocidas de realizar negocios, entre otras, y c) las consideraciones legales y políticas que dan el marco de restricciones y oportunidades al análisis, tales como leyes sobre niveles de contaminación, especificaciones de construcción, franquicias tributarias o agilidad en la obtención de permisos para las nuevas instalaciones.

Otro factor importante en la decisión es el costo del transporte. La distancia entre las alternativas de localización con las fuentes de abastecimiento y el mercado consumidor debe considerarse, principalmente, en función de los costos que implica el transporte.

Al estudiar el transporte, no sólo deben analizarse las tarifas y las distancias. El acceso, en cuanto al tiempo y las demoras, a la cantidad de maniobras necesarias para llegar a destino, a la congestión del tránsito, al paso por calles centrales de una ciudad o la posibilidad de detenciones no controlables originadas por las características de cada ruta (nevazones en la cordillera, aludes, etcétera), condicionarán el costo del transporte.

Al estudiar la localización, muchas veces será el factor transporte el único determinante de la decisión. Es común, especialmente en el estudio de prefactibilidad, que se determine un costo tarifario, sea en volumen o en peso, por kilómetro recorrido. Si se emplea esta unidad de medida, su aplicación difiere según se compre la materia puesta en planta o no. Por ejemplo, si el proyecto fuese agroindustrial e implicase una recolección de la materia prima en varios predios, el costo de ésta puesta en planta dependerá de la distancia en la que se transporta, ya que el costo del flete deberá incorporarse a su precio.

Sopóngase el siguiente ejemplo para explicar lo anterior: una planta requiere 300 toneladas anuales de remolacha como insumo y las disponibilidades conocidas para una localización dada en función de las distancias son las indicadas en el cuadro 9.1.

Cuadro 9.1

Predio	Distancia a la planta	Producción disponible
A	30 km	150 ton
B	40 km	50 ton
C	60 km	100 ton

Si el precio de la remolacha puesta en el predio fuese de \$100 la tonelada y el flete se ha calculado en \$2 ton/km, resultan los costos comparativos que se muestran en el cuadro 9.2.

Cuadro 9.2

Predio	A	B	C
Distancia a la planta (km)	30	40	60
Producción disponible (ton)	150	50	100
Costo materia prima (\$)	15.000	5.000	10.000
Costo transporte (\$)	9.000	4.000	12.000
Costo total (\$)	24.000	9.000	22.000
Costo marginal (\$)	160	180	220
Costo medio ⁴ (\$)	160	165	183

Si la materia prima se adquiere en los predios y se transporta en vehículos (propios o ajenos) a la planta, obviamente el costo medio, \$183 la tonelada, es el costo real para el proyecto.

Pero si el producto se compra puesto en planta, deberá ofrecerse a un precio tal que satisfaga el interés del productor localizado en el predio C. Es decir, \$220 la tonelada. Podrá argumentarse que primero se ofrecerá un precio de \$160, hasta haber satisfecho las expectativas del productor situado en el predio A, que luego se subirá a \$180, hasta adquirir la producción de B, y luego a \$220, llegando también a un promedio de \$183. Sin embargo, esto podría resultar una vez. Al año siguiente, el productor del predio más cercano a la planta no responderá al precio inicial, a la espera del alza ocurrida el año anterior. El análisis, si bien debe responder a las características de cada proyecto, tiene que considerar este factor, que puede llegar a ser determinante en la elección de una localización.

La naturaleza, disponibilidad y ubicación de las fuentes de materia prima, las propiedades del producto terminado y la ubicación del mercado también son factores generalmente relevantes en la decisión de la localización del proyecto.

Muchas veces el volumen de la materia prima por transportar es superior al volumen del producto terminado como, por ejemplo, la leche para producir quesos y

⁴ El costo marginal se calcula dividiendo el costo total de abastecerse de cada predio (CT_p) por la producción disponible en cada uno:

9.1

$$CT_p / q_p$$

El costo medio corresponde al costo total de abastecer la cantidad requerida, dividido entre la producción total (qt) requerida:

9.2

$$\sum_{j=1}^n CTp_j / qt$$

mantequilla, las papas para elaborar puré deshidratado, los minerales en la industria siderúrgica, etcétera. En estos casos, la tendencia es situar la planta cerca de las fuentes de los recursos. Pero también puede suceder que el volumen de materia prima por transportar sea menor que el del producto terminado o que el costo del transporte de este último sea mayor, por su naturaleza, que el de la materia prima. En estas situaciones se tiende a localizar la planta cerca de los mercados.

Sin embargo, no siempre son tan evidentes las ventajas de una u otra localización. Los volúmenes, pesos, distancias, tarifas vigentes, carácter perecedero del producto transportado, etcétera, se deben evaluar conjuntamente para medir los efectos complementarios.

La disponibilidad y el costo de los terrenos en las dimensiones requeridas para servir las necesidades actuales y las expectativas de crecimiento futuro de la empresa creada por el proyecto es otro factor relevante que hay que considerar. De igual manera, pocos proyectos permiten excluir consideraciones acerca de la topografía y las condiciones de suelos o de la existencia de edificaciones útiles aprovechables o del costo de la construcción.

Muchos países utilizan la incentivación tributaria para el desarrollo de determinadas zonas geográficas de interés geopolítico. Por eso es necesario el estudio de las políticas de descentralización existentes y de las ventajas legales y tributarias de las localizaciones optativas, así como de las restricciones o prohibiciones que pudieran existir en la instalación de ciertas industrias en determinadas zonas.

9.3 Métodos de evaluación por factores no cuantificables

Las principales técnicas subjetivas utilizadas para emplazar la planta sólo tienen en cuenta factores cualitativos no cuantificados, que tienen mayor validez en la selección de la macrozona que en la ubicación específica. Los tres métodos que se destacan son los denominados como antecedentes industriales, factor preferencial y factor dominante.

El método de los antecedentes industriales supone que si en una zona se instala una planta de una industria similar, ésta será adecuada para el proyecto. Como escribe Reed: "Si el lugar era el mejor para empresas similares en el pasado, para nosotros también ha de ser el mejor ahora".⁵ Las limitaciones de este método son obvias, desde el momento que realiza un análisis estático cuando es requerido uno dinámico para aprovechar las oportunidades optativas entre las localidades posibles de elegir.

No más objetivo es el criterio del factor preferencial, que basa la selección en la preferencia personal de quien debe decidir (ni siquiera del analista). Así, el deseo

⁵ Reed, Ruddell. *Localización, layout y mantenimiento de planta*. Buenos Aires: El Ateneo, 1976, p. 20.

de vivir en un lugar determinado puede relegar en prioridad los factores económicos al adoptar la decisión final. Aunque no es un método basado en la racionalidad económica, es adecuado si se asigna un “costo” a las alternativas de localización no preferidas, evaluándose cuantitativamente por algunos de los métodos que se verán más adelante.

El criterio del factor dominante, más que una técnica, es un concepto, puesto que no otorga alternativas a la localización. Es el caso de la minería o el petróleo, donde la fuente de los minerales condiciona la ubicación. La alternativa de instalarse en la fuente es no instalarse.

9.4 Método cualitativo por puntos

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye. El peso relativo, sobre la base de una suma igual a 1, depende fuertemente del criterio y la experiencia del evaluador.

Al comparar dos o más localizaciones opcionales, se procede a asignar una calificación a cada factor en una localización de acuerdo con una escala predeterminada como, por ejemplo, de 0 a 10.

La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la localización que acumule el mayor puntaje.

Si se busca elegir entre las siguientes tres zonas, el modelo se aplica como muestra el cuadro 9.3.

Cuadro 9.3

Factor	Peso	Zona A		Zona B		Zona C	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
MP disponible	0,35	5	1,75	5	1,75	4	1,40
Cercanía mercado	0,10	8	0,80	3	0,30	3	0,30
Costo insumos	0,25	7	1,75	8	2,00	7	1,75
Clima	0,10	2	0,20	4	0,40	7	0,70
MO disponible	0,20	5	1,00	6	1,60	6	1,20
Total	1,00		5,50		6,05		5,35

De acuerdo con este método, se escogería la localización B por tener la mayor calificación total ponderada.

9.5 El método de Brown y Gibson

Una variación del método anterior es propuesto por Brown y Gibson,⁶ en el cual combinan factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que asignan valores ponderados de peso relativo. El método consta de cuatro etapas:

- Asignar un valor relativo a cada factor objetivo FO_i para cada localización optativa viable.
- Estimar un valor relativo de cada factor subjetivo FS_j para cada localización optativa viable.
- Combinar los factores objetivos y subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización MPL .
- Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

La aplicación del modelo en cada una de sus etapas lleva a desarrollar la siguiente secuencia de cálculo:

- a) Cálculo del valor relativo de los FO_i . Normalmente los factores objetivos son posibles de cuantificar en términos de costo, lo que permite calcular el costo total anual de cada localización C_i . Luego, el FO_i se determina multiplicando C_i por la suma de los recíprocos de los costos de cada lugar ($1/C_i$) y tomando el recíproco de su resultado. Vale decir:

9.3

$$FO_t = \frac{1/C_1}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}$$

Supóngase que en un proyecto se han identificado tres localizaciones que cumplan con todos los requisitos exigidos. En todas ellas, los costos de mano de obra, materias primas y transportes son diferentes y el resto de los costos iguales (energía, impuestos, distribución, etcétera).

Si los costos anuales fuesen los del cuadro 9.4, el FO_i se obtendría como se indica en el mismo cuadro.

⁶ Brown, P.A. y Gibson, D.F. *A Quantified Model for Facility Site Selection Application to a Multiplant Location Problem*. AIIE Transactions 4 (11), 1972.

Cuadro 9.4

Costos anuales (millones)						
Localización	Mano de obra	Materia prima	Transporte	Otros	Total (C_i)	Recíproco ($1/C_i$)
A	9,1	10,7	3,2	7,5	30,5	0,03279
B	9,7	10,3	3,8	7,5	31,3	0,03195
C	8,9	11,8	3,9	7,5	32,1	0,03115
Total						0,09589

El factor de calificación objetiva para cada localización se obtiene mediante la sustitución de los valores determinados en la ecuación 9.3.

De esta manera, los factores objetivos de calificación son:

$$FO_A = 0,03279/0,09589 = 0,34195$$

$$FO_B = 0,03195/0,09589 = 0,33319$$

$$FO_C = 0,03115/0,09589 = \underline{0,32485}$$

1

Al ser siempre la suma de los FO_i igual a 1, el valor que asume cada uno de ellos es siempre un término relativo entre las distintas alternativas de localización.

b) Cálculo del valor relativo de los FS_i . El carácter subjetivo de los factores de orden cualitativo hace necesario asignar una medida de comparación que valore los distintos factores en orden relativo, mediante tres subetapas:

- Determinar una calificación W_j para cada factor subjetivo ($j = 1, 2, \dots, n$) mediante comparación pareada de dos factores. Según esto, se escoge un factor sobre otro, o bien, ambos reciben igual calificación.
- Dar a cada localización una ordenación jerárquica en función de cada factor subjetivo R_{ij} .
- Para cada localización, combinar la calificación del factor W_j con su ordenación jerárquica R_{ij} , para determinar el factor subjetivo FS_i de la siguiente forma:

9.4

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} W_j$$

Supóngase que los factores subjetivos relevantes sean el clima, la vivienda y la educación, y que el resultado de las combinaciones pareadas sea el indicado en el cuadro 9.5, en el cual se asigna en las columnas de combinaciones pareadas en

valor 1 al factor más relevante y 0 al menos importante, mientras que cuando son equivalentes se asigna a ambos un factor 1.

Cuadro 9.5

Factor (<i>j</i>)	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	Índice W_j
	1	2	3		
Clima	1	1		2	$2/4 = 0,50$
Vivienda	0		1	1	$1/4 = 0,25$
Educación		0	1	1	$1/4 = 0,25$
Total				4	

El análisis que permitió la elaboración del índice de importancia relativa W_j se utiliza para determinar, además, la ordenación jerárquica R_{ij} de cada factor subjetivo, en la forma que se indica en el cuadro 9.6.

Cuadro 9.6

Factor Localización	Clima					Vivienda					Educación				
	comparaciones pareadas			suma de pref.	R_{i1}	comparaciones pareadas			suma de pref.	R_{i2}	comparaciones pareadas			suma de pref.	R_{i3}
	1	2	3			1	2	3			1	2	3		
A	1	1		2	$2/4 = 0.50$	0	0		1	$0/4 = 0.00$	0	0		0	$0/3 = 0.00$
B	1		1	2	$2/4 = 0.50$	1		1	2	$2/4 = 0.50$	1		0	1	$1/3 = 0.33$
C		0	0	0	$0/4 = 0.00$		1	1	2	$2/4 = 0.50$		1	1	2	$2/3 = 0.67$
Total				4	1,00				4	1,00				3	1,00

En el cuadro 9.7 se resumen los resultados de los factores subjetivos de evaluación obtenidos en los cuadros 9.5 y 9.6.

Cuadro 9.7

Factor (<i>j</i>)	Puntaje relativo R_{ij}			Índice W_j
	A	B	C	
Clima	0,50	0,50	0,00	0,50
Vivienda	0,00	0,50	0,50	0,25
Educación	0,00	0,33	0,67	0,25

Reemplazando en la ecuación 9.4 los valores del cuadro 9.7 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 de W_j de ese factor y se suman todos los factores subjetivos. De esta forma se tiene que:

9.5

$$FS_i = R_{i1}W_1 + R_{i2}W_2 \dots + R_{in}W_n$$

Al reemplazar por los valores del cuadro 9.7 se obtienen los siguientes factores de calificación subjetiva:

$$FS_A = (0,5) (0,50) + (0,00) (0,25) + (0,00) (0,25) = 0,2500$$

$$FS_B = (0,5) (0,50) + (0,50) (0,25) + (0,33) (0,25) = 0,4575$$

$$FS_C = (0,00) (0,50) + (0,50) (0,25) + (0,67) (0,25) = 0,2925$$

Como puede observarse, la suma de los tres resultados es igual a 1.

- c) Cálculo de la medida de preferencia de localización MPL . Una vez valorados en términos relativos los factores objetivos y subjetivos de localización, se procede a calcular la medida de preferencia de localización mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

9.6

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

La importancia relativa diferente que existe, a su vez, 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 tres veces más importantes que los subjetivos, se tiene que $K = 3(1-K)$. O sea, $K = 0,75$.

Reemplazando mediante los valores obtenidos para los FO_i y los FS_i en la fórmula 9.6, se determinan las siguientes medidas de preferencia de localización:

$$MPL_A = (0,75) (0,34195) + (0,25) (0,2500) = 0,31895$$

$$MPL_B = (0,75) (0,33319) + (0,25) (0,4575) = 0,36427$$

$$MPL_C = (0,75) (0,32485) + (0,25) (0,2925) = 0,31678$$

- d) Selección del lugar. De acuerdo con el método de Brown y Gibson, la alternativa elegida es la localización B, puesto que recibe el mayor valor de medida de ubicación. Si se hubiesen comparado exclusivamente los valores objetivos, esta opción no habría sido la más atractiva; sin embargo, la superioridad con que fueron calificados sus factores subjetivos la hace ser más relevante.

Es fácil apreciar, por otra parte, que un cambio en la ponderación entre factores objetivos y subjetivos podría llevar a un cambio en la decisión.

9.6 Maximización del valor actual neto

Al igual que para la selección de la mejor alternativa tecnológica o del tamaño óptimo, la decisión acerca de la mejor localización, sobre la base de un criterio económico, corresponde a la maximización del valor actual neto de los flujos de caja asociados con cada opción de ubicación del negocio.

En términos generales puede afirmarse que los factores que influyen en la determinación de la localización del proyecto son fundamentalmente de costos, puesto que las proyecciones calculadas de demanda se mantendrán casi siempre constantes, sea cual fuere la localización que se seleccione. El consumidor no consulta, antes de adquirir el bien, el lugar donde éste se elaboró; su decisión de compra se fundamenta en las características, la calidad y el precio del producto que está demandando.

De esta manera, también resulta ser válido el argumento que se señalaba para la elección de alternativas tecnológicas en orden a que se partirá del supuesto de que los ingresos son iguales para todos ellos.

La evaluación por este método puede ser más compleja si las posibles localizaciones involucran modificaciones entre sus variables significativas. Por ejemplo, si se determina que una planta reduce sus costos unitarios mientras se aleja del mercado, puede suceder que su mercado potencial también disminuya por el carácter perecedero que podría tener el producto o por las mayores dificultades para cumplir con los plazos de entrega exigidos por el mercado. Así, no sólo se ve afectada la variable ventas, sino probablemente también la variable tamaño o el monto de la inversión en capital de trabajo, entre otras, si se compensa la dificultad de cumplimiento de plazos con mayores ventajas crediticias para el cliente.

La posibilidad de que ocurra alguna de las situaciones señaladas en el párrafo anterior obliga al preparador del proyecto a considerar el impacto que ellas generarían en el flujo de caja, efectuando los cálculos correspondientes que permitan obtener expresiones cuantitativas para estos hechos. En el caso de que las distintas opciones de localización no involucren modificaciones entre sus variables significativas, este método puede ser utilizado sin mayor dificultad.

También es posible que se utilice una combinación de métodos en el evento de que, existiendo variables subjetivas que se identifican y valoran de acuerdo con los procedimientos ya señalados, se integra dicha valoración al resultado económico que cada una de las alternativas entrega al utilizar el criterio del valor actual de los flujos de caja.

De esta manera, se obtendrá un resultado que reconoce tanto los aspectos cuantitativos como los subjetivos, basándose el análisis en el criterio del valor actual de costos, cuando las opciones no hacen variar los beneficios esperados.

9.7 La demanda y las áreas de influencia

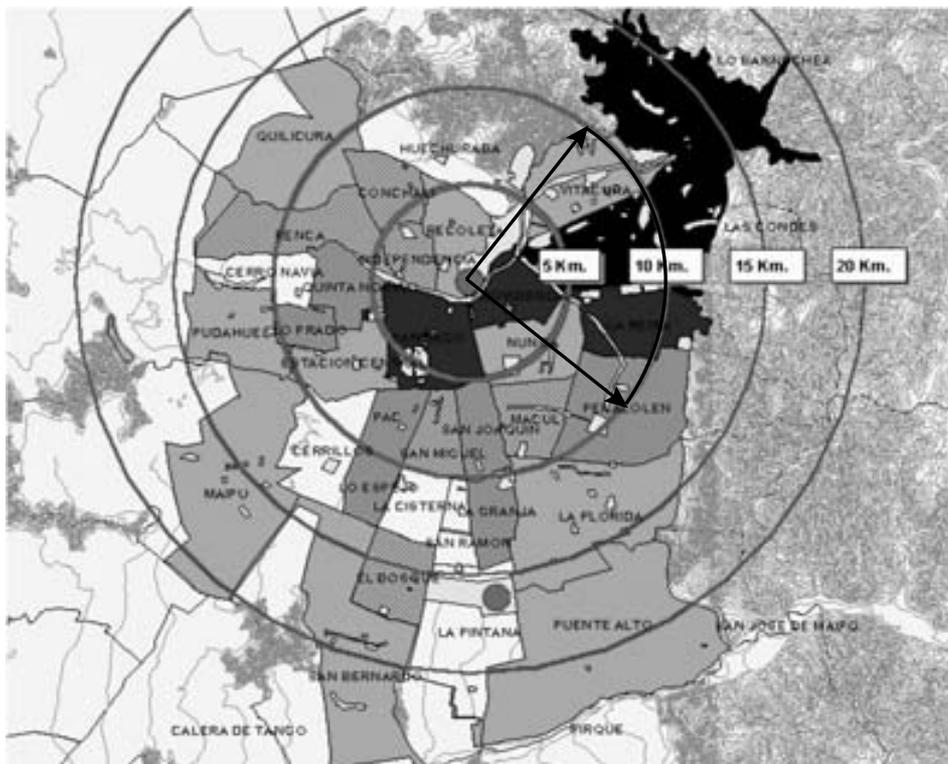
Muchas veces las decisiones de localización que forman parte de un análisis técnico económico, condicionan la demanda de un producto o servicio, en especial cuando se trata de un proyecto en el cual el consumidor es quien debe interactuar físicamente con la localización del proyecto, como es el caso de los supermercados, hoteles, cines, centros comerciales, hospitales y las estaciones de servicio, por mencionar algunos. Si bien los costos derivados de las distintas opciones son relevantes de ser analizadas, en la práctica el factor que más pesa al momento de determinar una localización para un proyecto de esa naturaleza es la demanda que ese lugar puede generar en el proyecto.

En este sentido, el análisis y estudio del área de influencia termina siendo fundamental para la cuantificación de la demanda. En efecto, el tamaño de la población de área de influencia inmediata, el estrato socioeconómico a que pertenece, el nivel de ingreso familiar, las edades y el estilo de vida, son variables tremendamente relevantes, ya que de ello dependerá el nivel de gasto en un determinado bien o servicio. Así, el grado de atracción de una determinada localización estará condicionado por el potencial de gasto que éste puede generar en el proyecto. Es justamente esta metodología la que hoy en día están utilizando la mayoría de las empresas ligadas al sector *retail*, detallista o minorista.

Básicamente el análisis consiste en determinar las áreas de influencia inmediata al terreno en estudio, separándolas por anillos, tal como se ilustra en la figura 9.1.

Cada uno de los anillos está delimitado por una distancia homogénea al terreno en estudio. Particularmente en la figura se establecieron los anillos cada 5 kilómetros. En la práctica cada proyecto debe analizar la envergadura de su área de influencia, pues no es lo mismo el análisis de localización de una farmacia que para el establecimiento de un zoológico, ya que cuanto mayor sea la envergadura del proyecto, mayor alcance en área tendrá. Sin perjuicio de lo anterior, es indudable que cuanto más alejado esté un grupo determinado de consumidores del punto de localización del proyecto, menor será la probabilidad de gasto en la localización de estudio. Por la misma razón, no existe un estándar que permita establecer qué porcentaje del área inmediata constituirá demanda potencial del proyecto. En la práctica, debe aplicarse una encuesta origen-destino en algún proyecto existente o de características similares a las del estudio, que permita establecer la providencia del cliente y así determinar su distribución porcentual al respecto del punto en estudio.

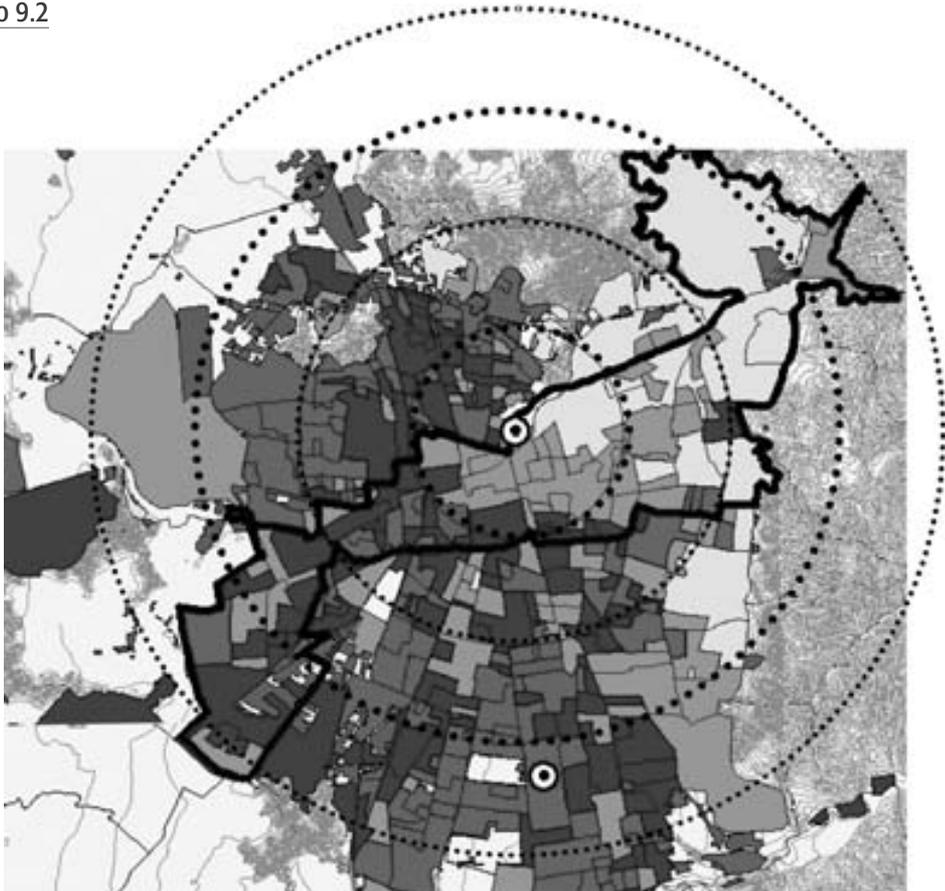
Gráfico 9.1 Áreas de influencia inmediata al terreno en estudio



Sin perjuicio de ello, algunos estudios de supermercados basados en experiencias han mostrado que cerca del 40% del área de influencia inmediata lo constituyen clientes regulares del establecimiento, un 20% para área siguiente, un 10% para el tercer anillo y un 5% para el último, siendo el área total de influencia no mayor a 5 kilómetros. Si existe oferta competitiva en el área de influencia, deberá repartirse el mercado correspondiente en función de las ventajas de localización específicas, como la conectividad y accesibilidad al lugar, pues aun cuando un competidor esté muy cerca de otro, en la medida en que no disponga conectividad, disponibilidad de sistemas de transporte público que apoyen y faciliten el ingreso del usuario y/o consumidor, la participación de mercado entre un actor y otro puede terminar siendo bastante menos equitativa.

Una vez cuantificado el mercado en términos de usuarios o familias, según sea el caso que corresponda, habrá que estratificar socioeconómicamente el área de influencia correspondiente con el fin de establecer un nivel de gasto promedio en el bien o servicio en estudio. La cuantificación del gasto anual, mensual o semanal, según corresponda, permitirá dimensionar la potencialidad de venta que podría tener el establecimiento en estudio (ver figura 9.2).

Gráfico 9.2



Supóngase que en un estudio de proyecto se está analizando la localización de instalar un centro de abastecimiento de productos para el hogar en un punto determinado. De acuerdo con el estudio realizado, el área de influencia del establecimiento es de 4 kilómetros a la redonda. El índice de captura de demanda es mayor cuanto más cerca estén las viviendas del establecimiento. El cuadro 9.8 indica la demanda potencial del establecimiento en términos de hogares:

Cuadro 9.8

Radio de influencia	Número de hogares	Índice de captura	Hogares potenciales
1 km	500	50%	250
2 km	450	30%	135
3 km	400	16%	64
4 km	480	10%	48
Total hogares			497

Por otra parte, un estudio de estratificación socioeconómica indicó los resultados por anillos, que se aprecian en el cuadro 9.9, siendo ABC1 el sector de más altos ingresos y E el de más bajos ingresos.

Cuadro 9.9

Estrato socioeconómico	Radio de influencia			
	1 km	2 km	3 km	4 km
ABC1	15%	12%	10%	16%
C2	35%	32%	38%	34%
C3	30%	35%	30%	28%
D	15%	12%	17%	20%
E	5%	9%	5%	2%
Total	100%	100%	100%	100%

De esta manera, la demanda potencial en términos de números de hogares clasificados socioeconómicamente sería la que se aprecia en el cuadro 9.10.

Cuadro 9.10

Estrato socioeconómico	Radio de influencia		Número de hogares potenciales	
	1 km	2 km	3 km	4 km
ABC1	38	16	6	8
C2	88	43	24	16
C3	75	47	19	13
D	38	16	11	10
E	13	12	3	1
Total	252	134	63	8

Si, por otra parte, se conoce que el gasto anual en productos de hogar por el estrato socioeconómico es de US\$500 para un ABC1, US\$450 para un C2, US\$300 para un C3, US\$220 para un D y US\$150 para un E, el gasto anual potencial en artículos de hogar que podría generarse en el establecimiento sería el que se observa en el cuadro 9.11.

Cuadro 9.11

Estrato socioeconómico	Gasto anual US\$	Radio de influencia		número de hogares potenciales	
		1 km	2 km	3 km	4 km
ABC1	500	19.000	8.000	3.000	4.000
C2	450	39.600	19.350	10.800	7.200
C3	300	22.500	14.100	5.700	3.900
D	220	8.360	3.520	2.420	2.200
E	150	1.950	1.800	450	150
Total		91.410	46.770	22.370	17.450
Ventas esperadas anuales					178.000

Resumen

En este capítulo se ha intentado dejar de manifiesto que la decisión de la localización de un proyecto es determinante en el desarrollo de su evaluación. Aun cuando hay múltiples influencias personales en su definición, las repercusiones económicas de cada alternativa hacen necesario un proceso más profundo de su análisis en la formulación misma del proyecto.

Los factores condicionantes de una ubicación dada son fáciles de enumerar. Sin embargo, será la habilidad del preparador del proyecto la que permitirá seleccionar las realmente relevantes para su análisis. Y ello porque cada proyecto posee particularidades propias que hacen adquirir a cada factor locacional una posición de priorización relativa diferente.

El análisis de la composición de los factores que será menester incluir en el análisis debe responder a un criterio economicista de búsqueda de una localización que dé al proyecto la máxima rentabilidad en su evolución. Muchos factores no pueden, al respecto, ser cuantificados en términos económicos. Para ellos existen diferentes criterios de medición, basados en factores no cuantificables, que dan una aproximación relativamente eficaz sólo en algunos casos.

En definitiva, la selección deberá basarse en lo posible sobre aquella opción que, en términos económicos, permitirá la mayor rentabilidad estimada para el proyecto integral. Para ello se plantean dos tipos de métodos: uno que se basa en la suma de costos y el otro en la valoración de los flujos económicos en el tiempo. El procedimiento para este último método se explicará en el capítulo 16, puesto que la lógica didáctica así lo recomienda.

Preguntas y problemas

1. ¿En qué caso recomendaría utilizar el método de los antecedentes industriales para determinar la localización de un proyecto?
2. ¿Cómo explicaría qué factores locacionales de una macrozona dejan de ser relevantes para decidir la microlocalización del proyecto?
3. Elabore un plan de acción detallado para determinar la localización de una planta conservera de productos del mar. Indique qué variables estudiaría y qué metodología de análisis seguiría.
4. Para determinar la localización de cierta planta se estudian tres alternativas, indicadas por las letras A, B y C. Se han definido cinco factores locacionales: costo del transporte del producto terminado, ventas esperadas, disponibilidad de mano de obra y disponibilidad de materias primas.

El costo del transporte que se obtuvo para cada alternativa es el siguiente:

Localizaciones	A	B	C
Materia prima	100.000	50.000	70.000
Producto terminado	80.000	120.000	20.000
Total	180.000	170.000	90.000

Según información del estudio de mercados realizado, se pudo prever que las ventas estimadas serían \$1.200.000, \$900.000 y \$500.000, en A, B y C, respectivamente.

La disponibilidad esperada de materias primas y mano de obra se calculó según una puntuación relativa en una escala entre 1 y 10. Sus resultados fueron:

Localizaciones	A	B	C
Materia prima	6	6	8
Producto terminado	10	6	4

Los factores locacionales fueron priorizados de acuerdo con la siguiente puntuación, en una escala independiente de 1 a 10:

- Transporte de materia prima 2
- Transporte de productos terminados 2
- Ventas esperadas 1
- Disponibilidad materias primas 6
- Disponibilidad mano de obra 7

¿Qué localización recomendaría y por qué?

5. En el estudio de tres localizaciones opcionales para un proyecto se dispone de la siguiente información:

Costo anual (millones de pesos)				
Localización	Mano de obra	Insumos	Transporte	Otros
A	31	38	15	25
B	35	36	18	26
C	28	41	20	25

Además, se estima que hay tres factores críticos de difícil cuantificación que deben tomarse en consideración:

Preguntas y problemas

el clima, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de servicios (comunicaciones, energía, etcétera).

Al comparar los tres factores, se estima que la disponibilidad de agua es el más relevante, seguido por la disponibilidad de servicios y, más atrás, por el clima.

Al analizar estos tres factores en cada localización, se concluye lo siguiente:

- a) La disponibilidad de agua es más crítica en A que en B y C. Entre estas dos últimas localizaciones se considera de igual grado de importancia a este factor.
- b) La disponibilidad de servicios tiene mucha mayor relevancia en la localización B que en A, aunque es similar entre B y C.
- c) El clima es más determinante para C que para A o B. Sin embargo, para B es más importante que para A.

Los factores objetivos tienen una importancia relativa de cuatro veces la de los factores subjetivos. ¿Qué localización recomienda usted y por qué?

6. Explique los distintos elementos que influyen en la determinación de la localización de un proyecto.
7. El directorio de una empresa está estudiando la posibilidad de cambiar la localización de la planta industrial.

Se ha recibido una propuesta concreta de adquisición de los terrenos que actualmente ocupan, la que aparece atractiva, por lo que uno de los directores propone que ella sea aprobada de inmediato.

Otro de los directores manifiesta su rechazo a la propuesta, aduciendo que la industria tiene un claro arraigo regional y que, por tanto, él se opone al cambio, aun cuando ello signifique alguna ventaja de carácter económico.

Un tercer director opina que existen aspectos importantes que deben tomarse en consideración, puesto que él aprecia que difícilmente los trabajadores con alto nivel de especialización estarían dispuestos a cambiarse a una localización distante de la actual. Además, señala, existen estacionalidades en las ventas, lo cual obliga a considerar este factor, para él, las ventajas económicas que reportaría el cambio deberían ser dimensionadas y debidamente consideradas. Se explaya en su exposición argumentando múltiples factores que deberían considerarse antes de tomar una decisión precipitada.

El presidente del directorio, quien había escuchado muy atentamente las argumentaciones de los directores, señala que como se estaba haciendo tarde y como se apreciaba que no existía acuerdo sobre el particular, él proponía

Preguntas y problemas

solicitar a un experto una metodología a fin de proceder posteriormente a la contratación del estudio pertinente. ¿Qué recomendaría usted y por qué?

8. Una empresa fabricante de cuadernos y artículos de oficina ya consolidada y con más de 60 años de presencia en el mercado, recibe una oferta de compra por los terrenos de su planta industrial. Con el objeto de adoptar la decisión más conveniente, decide contratar sus servicios con el fin de contar con un informe técnico que deberá ser llevado al director para su análisis. Dicho informe debe indicar la conveniencia de quedarse o trasladarse a otro sitio. Comente la manera técnica como usted enfocaría este encargo.
9. Un inversionista dispone de tres hectáreas de terreno en un lugar de apacible contacto con la naturaleza y en un extremo de la zona urbana de la localidad. El inversionista se encuentra francamente desorientado respecto de qué proyecto realizar para hacer rentable su inversión. Tomando en consideración esta restricción, establezca, desde el punto de vista metodológico, la manera como usted llevaría a cabo la investigación para asesorarlo.

Comente las siguientes afirmaciones:

- a. Si el factor locacional prioritario para un proyecto es el transporte y si el volumen de materia prima por movilizar es superior al del producto terminado, la localización tenderá hacia las fuentes de materia prima.
- b. El problema locacional no existe cuando quien encarga el estudio del proyecto dispone de la infraestructura física para su implementación.
- c. Para establecer una decisión de localización óptima en un proyecto nuevo, deben compararse los costos de operación y de inversión relevantes asociados a cada alternativa de localización.
- d. Al estudiarse localizaciones alternativas para un proyecto, el estudio de mercado proporciona información relevante en cuanto a la demanda, indicando el lugar en el cual el consumidor desea que se le entregue el producto final. De esta manera, la localización óptima será aquella que entregue el producto al consumidor al más bajo costo de transporte resultante.
- e. El estudio de localización sólo es gravitante en un proyecto nuevo. Una empresa en marcha sólo requerirá efectuar estudios de localización administrativa, puesto que la localización productiva, al estar ya establecida en el lugar previamente definido, no requerirá cambios de localización en el futuro.
- f. Para todo proyecto es susceptible de estudiar la localización óptima, pues

Preguntas y problemas

to que el inversionista dispondrá de la posibilidad de definir cuál es la mejor localización que le permitirá maximizar sus ingresos operacionales.

- g.* Aun cuando en el estudio de localización prime el criterio del Valor Actual de Costos (VAC), su resultado no puede ser confiable en consideración a que existen muchos aspectos cualitativos que inciden en la localización, y que no son susceptibles de ser incorporados en un flujo.
- h.* En el evento del estudio de un cambio de localización para un proyecto en funcionamiento, no será necesario cuantificar y considerar la inversión en capital de trabajo.

Material complementario

Ejercicios recomendados del texto complementario *Evaluación de proyectos, guía de ejercicios, problemas y soluciones*, de José Manuel Sapag, McGraw-Hill, tercera edición, 2007:

- 14. Supermercado
- 34. Traslado de planta
- 35. Centro turístico
- 37. Centro virtual

Bibliografía

- Brown, P. A. y Gibson D.E. A quantified Model for Facility Site Selection Application to a Multiplant Location Problem. En: *AIEE Transactions*. 4(1), 1982.
- Buffa, Elwood. *Administración técnica de la producción*. México: Limusa-Wiley, 1982.
- Dervitsiotis, Kostas N. *Operations Management*. New York: McGraw-Hill, 1981.
- Duncan, D.J. y otros. *Venta minorista*. Buenos Aires: El Ateneo, 1972.
- Escobar, Juan. Localización industrial. En: *Temas administrativos*. No. 16, 1970.
- Hoover, Edgar M. *Localización de la actividad económica*. McGraw-Hill, 1951.
- Ilpes. *Guía para la presentación de proyectos*. Santiago: Siglo Veintiuno-Editorial Universitaria, 1977.
- Moore, Franklin G. *Manufacturing Management*. Homewood, ILL.: Richard D. Irwin, 1961.
- Munier, Nolberto. *Preparación técnica, evaluación económica y presentación de proyectos*. Buenos Aires: ASTREA, 1979.
- Muther, Richard. *Planificación y proyección de la empresa industrial*. Editores Técnicos Asociados, 1968.
- REED, Rudell. *Plant Layout; Factors, Principles and Techniques*. Homewood, ILL. Richard D. Irwin, 1961.
- Localización, Layout y mantenimiento de planta*. Buenos Aires: El Ateneo, 1976.
- Solana, Ricardo. Metodología para las decisiones de localización de plantas industriales. En: *Revista de Ciencias Económicas*. Serie V. 8, 1970, pp. 251-274.
- Tanzer, Pablo. Localización de plantas industriales: tema de alta política empresarial. En: *Administración de empresas*. (116):715-722, 1979.
- Wild, Ray. *The Techniques of Production Management*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1971.