



Gestión de Operaciones

Capítulo 6: Decisiones sobre Instalaciones



Introducción

- Características de las decisiones sobre instalaciones:
 - Horizonte de 1 a 30 años.
 - Pueden ser de nivel táctico, pero generalmente son de nivel estratégico.
- Preguntas importantes (generalmente entrelazadas):
 - ¿Cuánta capacidad se necesita?
 - ¿Cuándo se necesita?
 - ¿Dónde localizarla?



Introducción

- Factores a considerar:
 - Demanda.
 - Costo.
 - Competencia.
 - Estrategia de la empresa:
 - Calidad de servicio.
 - Flexibilidad.
 - Entorno del país:
 - Costo de mano de obra.
 - Leyes Sociales.



Introducción

- Ejemplos:
 - Ampliar fábrica textil.
 - Aserraderos.
 - Restaurant.
 - Universidad privada.
 - Hospital.
 - Líneas telefónicas.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 1.- Definir una Unidad de Medida:
 - ¿Cómo se va a definir la capacidad?
 - Generalmente corresponde a una tasa de producción máxima por unidad de tiempo.
 - Ejemplos:
 - Planta de acero \Rightarrow toneladas acero/año.
 - Restaurant \Rightarrow clientes atendidos, platos servidos.
Si. No Número de mesas.
 - Línea aérea \Rightarrow km-pasajero/año.
No Número de aviones.
 - Aserraderos \Rightarrow m³/año.
 - Mc Donald \Rightarrow hamburguesas/día.
 - Camino \Rightarrow vehículos equivalentes/año.
 - Universidad privada \Rightarrow flujo de alumnos.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Conceptos importantes:
 - Capacidad Real versus Capacidad Teórica.
 - Capacidad Agregada:
 - Zapatos en fábrica.
 - Km-pasajero en línea aérea.
 - Hospital
 - Banco.
 - Capacidad de Punta versus Capacidad Sostenida.
 - Caso Endesa.
 - Caso negocio antes de Navidad.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Impacto de gestión:
 - Número de turnos.
 - Horas extraordinarias.
 - Mejoras administrativas.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 2.- Pronósticos de la Demanda:
 - Una vez definida la unidad de medida se debe predecir la demanda en el horizonte de interés.
 - Se pueden utilizar escenarios o probabilidades.
 - Ejemplos:
 - Requerimientos de energía para los próximos 6 años.
 - Demandas textiles para los próximos 6 años.
 - Disponibilidad de madera para los aserraderos.
 - Universidad privada.
 - Hospital regional.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 3.- Determinación de las Necesidades de Instalaciones:
 - Se basa en los pronósticos y en el grado de riesgo que se toma para cumplir con la estimación.
 - Ejemplo:

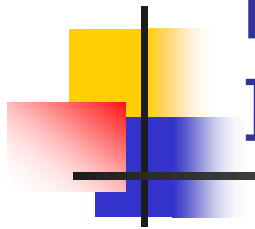
Demanda [unid/año]	Probabilidad acumulada
10000	0,1
12000	0,3
14000	0,5
16000	0,7
18000	0,9

- Si se acepta una probabilidad de fallar de 0.3, entonces definir una capacidad de 16.000.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Se debe hacer un análisis dinámico que considere el crecimiento futuro de la demanda y las posibilidades de expansión de las capacidades.
- Puede requerir del uso de modelos matemáticos.
- Ejemplos:
 - Concesiones de caminos (MOP).
 - Electricidad.
 - Teléfonos.
 - Aeropuerto.
 - Forestales (bosques, plantas y aserraderos).



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 4.- Generación de Alternativas:
 - Consiste en la elaboración de distintas posibilidades de cuánto, cuándo y dónde construir o colocar.
 - Los modelos matemáticos, herramientas computacionales y sistemas de información geográficos dan un importante apoyo a la generación de buenas alternativas.



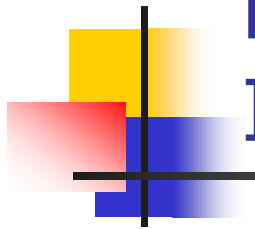
Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 5.- Evaluación de Alternativas:
 - Criterios:
 - Costo-beneficio.
 - BNA.
 - Múltiples objetivos.
 - Caso nuevo aeropuerto (México y Pudahuel):
 - Múltiples objetivos:
 - Satisfacer necesidades de vuelos.
 - Costo,
 - Riesgo de accidentes.
 - Imagen.
 - Viaje aeropuerto-ciudad (hotel en Pudahuel).
 - Clima.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 6.- La Decisión sobre Instalaciones:
 - Características:
 - Alto nivel.
 - Afecta a toda la empresa.
 - Es parte de la estrategia corporativa.
 - Alto uso de capital.



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Típicamente los aumentos de capacidad se definen por:
 - Aumento de la demanda, (mercado)
 - Necesidad de mejoramiento del servicio.
 - Economías de escala.
 - Típicamente las plantas más grandes son más eficientes y aprovechan mejor la curva de experiencia.
 - Pasar a mejor tecnología.
 - Ejemplos:
 - Empresa forestal (aserraderos).
 - Cadenas de restaurantes (Mc Donald).
 - Planta de automóviles



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Teléfonos.
- Para tener en cuenta:
 - Se debe mantener un equilibrio al momento de expandir en distintas etapas:
 - Ejemplo:
 - Aeropuerto: ampliar terminal aéreo, pistas, estacionamientos, accesos...
 - Se debe evaluar bien la dimensión de los incrementos de capacidad:
 - ¿Varios chicos o uno grande?



Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

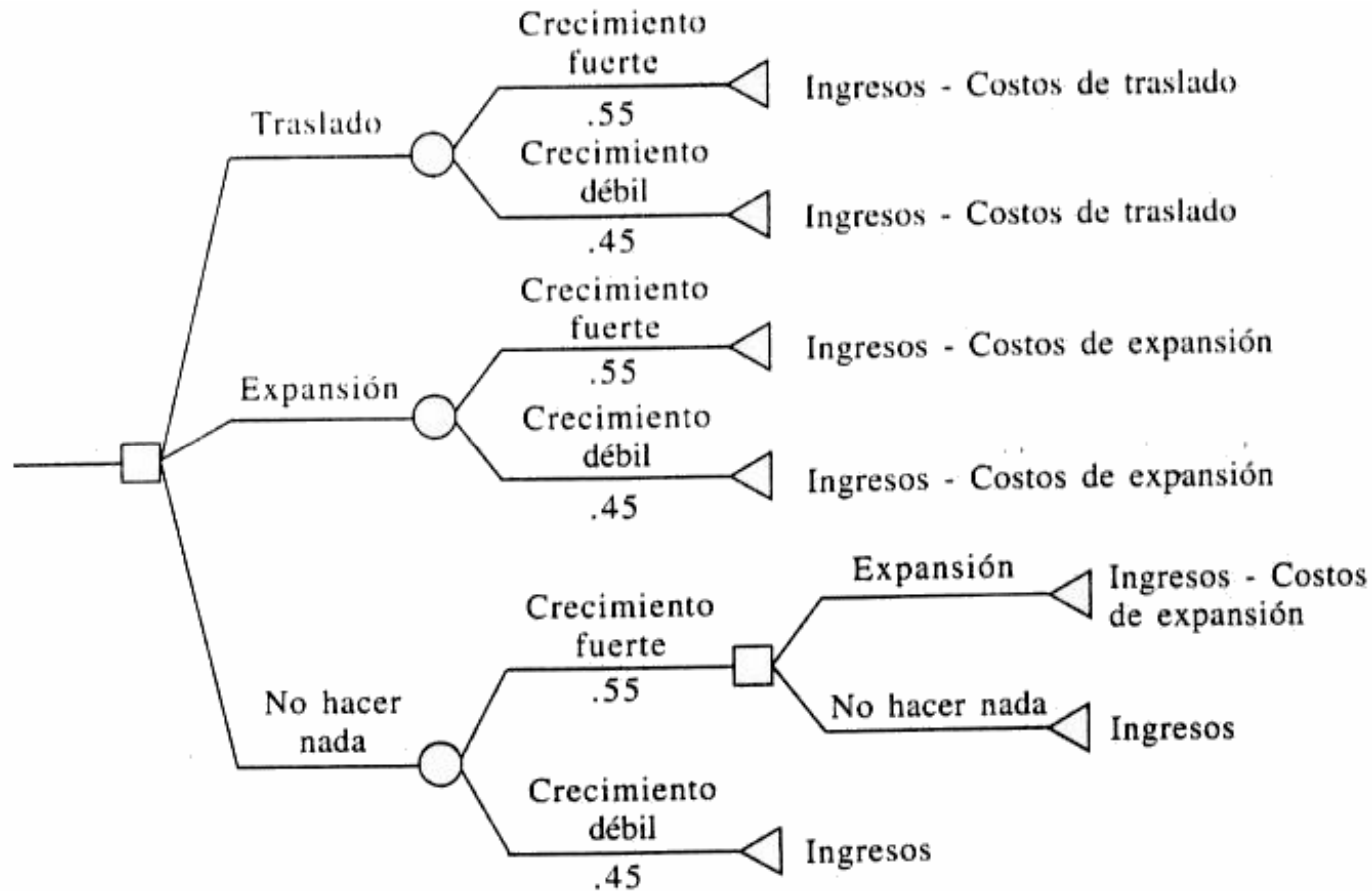
- Se deben considerar fuentes externas de capacidad:
 - Subcontratar.
 - Compras externas: electricidad.
 - Alianzas: líneas aéreas.
- En caso de Incertidumbre:
 - Se pueden usar árboles de decisión.
 - Ejemplo:
 - Demanda es una variable aleatoria que crece fuertemente con probabilidad 0.55 y débilmente con probabilidad 0.45.



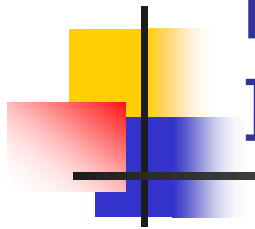
Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- El negocio maneja tres alternativas:
 - Expandir la capacidad a un costo de \$87.000 el primer o segundo año.
 - Traslado el primer año a un nuevo local más grande a un costo de \$210.000.
 - No hacer nada a costo 0.
- Se evalúa a cinco años.
- Ventas netas (costos operacionales iguales en cada alternativa):
 - Si aumento la capacidad y las ventas son altas: \$190.000.
 - Si aumento la capacidad y las ventas son bajas: \$100.000.
 - Traslado con ventas altas: 195.000.
 - Traslado con ventas bajas: 115.000.
 - No hacer nada con ventas altas: 170.000.
 - No hacer nada con ventas bajas: 105.000.

Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones



Árbol de Decisión

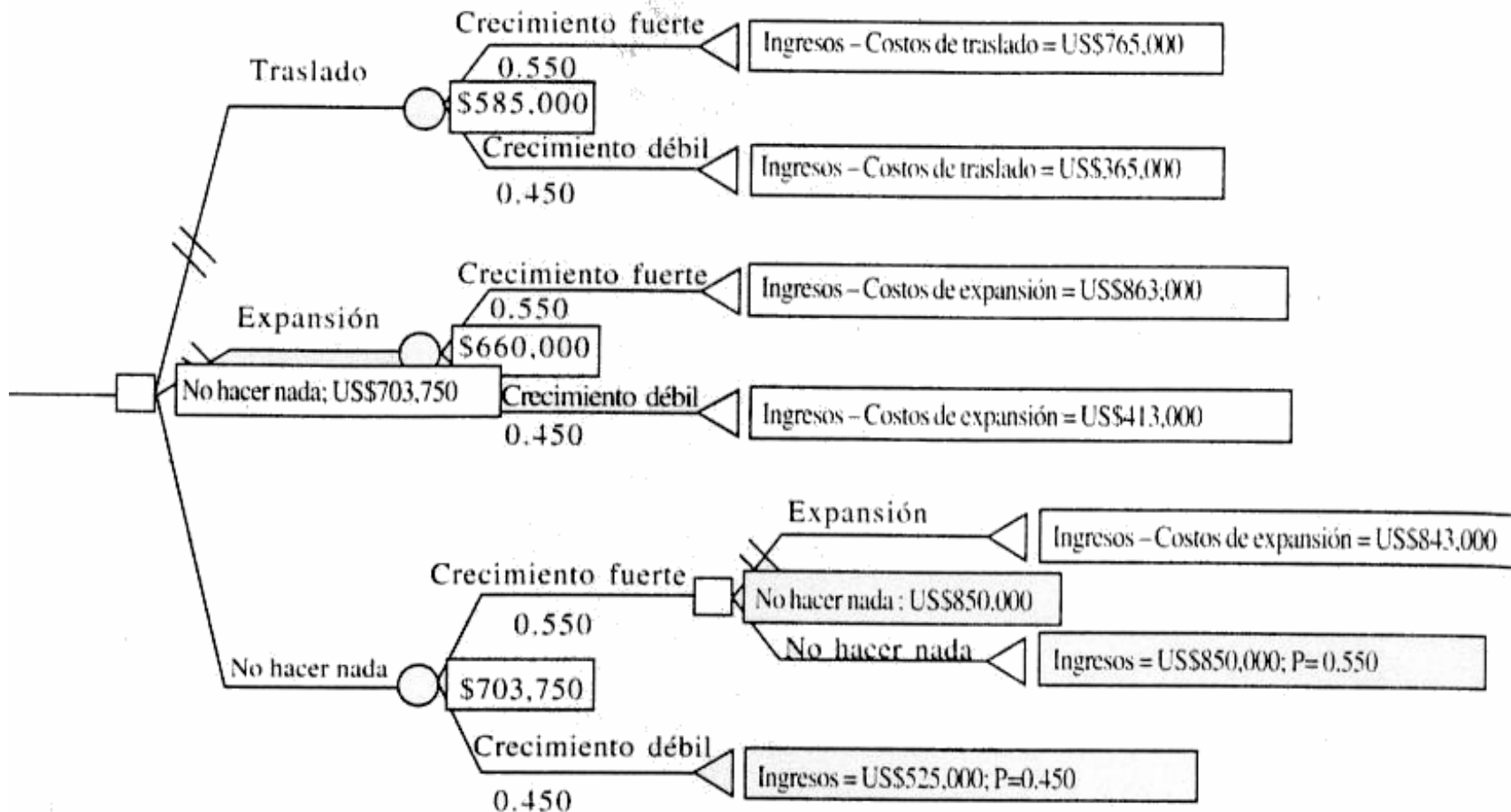


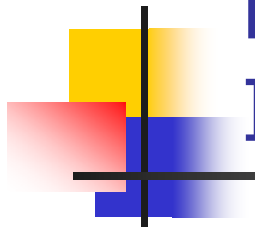
Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Análisis utilizando DATA:

Alternativa	Ingresos	Costo	Valor
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento fuerte	\$195,000 x 5 años	\$210,000	\$765,000
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento débil	\$115,000 x 5 años	\$210,000	\$365,000
Expansión del almacén, crecimiento fuerte	\$190,000 x 5 años	\$87,000	\$863,000
Expansión del almacén, crecimiento débil	\$100,000 x 5 años	\$87,000	\$413,000
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, expansión para el año próximo	\$170,000 x 1 años + \$190,000 x 4 años	\$87,000	\$843,000
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, no expansión para el año próximo	\$170,000 x 5 años	\$0	\$850,000
No hacer nada ahora, crecimiento débil	\$105,000 x 5 años	\$0	\$525,000

Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones



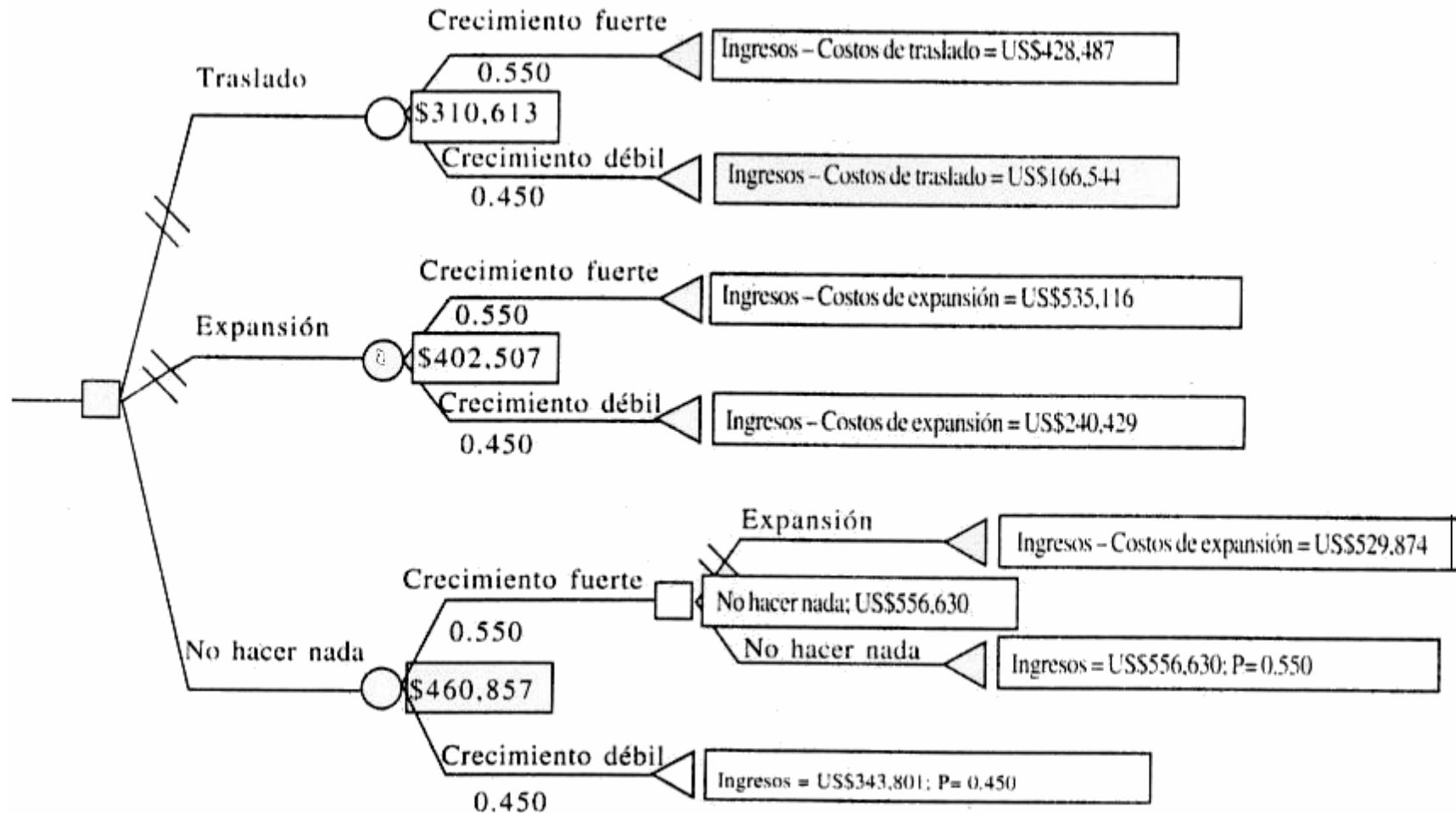


Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Análisis utilizando VAN (tasa 16%):

Alternativa	Ingresos	Costo	Valor
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento fuerte	$\$195,000 \times 3,274293654$	\$210,000	\$428,487
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento débil	$\$115,000 \times 3,274293654$	\$210,000	\$166,544
Expansión del almacén, crecimiento fuerte	$\$190,000 \times 3,274293654$	\$87,000	\$535,116
Expansión del almacén, crecimiento débil	$\$100,000 \times 3,274293654$	\$87,000	\$240,429
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, expansión para el año próximo	$\$170,000 \times 0,862068966$ $\$190,000 \times 2,798180638 \times 0,862068966$	$\$87,000 \times 0,862069$	\$529,874
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, no expansión para el año próximo	$\$195,000 \times 3,274293654$	\$0	\$556,630
No hacer nada ahora, crecimiento débil	$\$195,000 \times 3,274293654$	\$0	\$343,801

Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones





Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

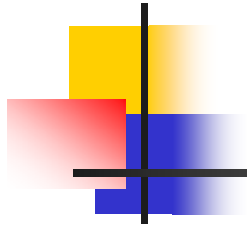
- ¿Cómo crecer en capacidad?
 - ¿Añadir locales o añadir servicios?

	Servicio único	Multiservicios
Multilocales	Restaurantes de cadena Hoteles Alquiler de autos y camiones Aerolíneas Almacenes especializados	Almacenes por departamentos Bancos Organizaciones especializadas en servicios de salud
Local único	Lavanderías Restaurantes Almacenes familiares	Hospitales Hoteles tipo resort Universidades



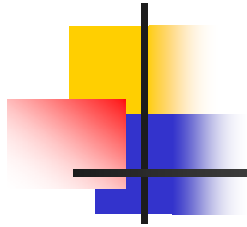
Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Ver en que casos hay economías de escala, complicaciones administrativas (deseconomías de escala).
 - Ejemplo : cadena de jardines infantiles puede ser complicado.
- Se puede producir un problema de salto de complejidad operacional al crecer una empresa.
 - Ejemplo: cuando se pasa de una empresa familiar a profesional.



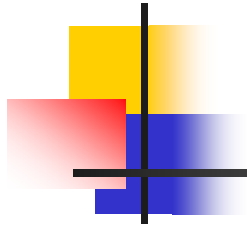
Problemas de Localización

- Tipos de problemas de localización:
 - Una instalación que no interactúa con otras.
 - Ejemplo: Sedes de Gobierno.
 - Localización de fábricas y almacenes múltiples que comparten costos y manejos de producción y distribución.
 - Ejemplo: Cadenas de Supermercados.
 - Localización de comercios competitivos.
 - Ejemplo: Tiendas, restaurantes, etc.
 - Localización de servicios de emergencia.
 - Ejemplo: Hospital.



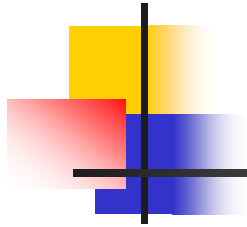
Problemas de Localización

- 1.- Localización de una instalación que no interactúa con otras:
 - Factores:
 - Tangibles:
 - Costo del terreno, edificio y equipos.
 - Costo de transporte.
 - Costo de producción.
 - Costo de mano de obra.
 - Impuestos y seguros.
 - No fácilmente cuantificables:
 - Oferta de mano de obra.
 - Relaciones laborales sindicales.



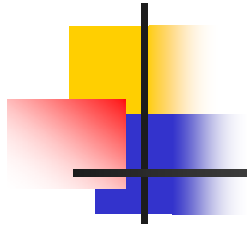
Problemas de Localización

- Actitudes de la comunidad (ejemplo: estadio UC).
 - Reglamentos (ejemplo: San Francisco).
 - Calidad de vida (ejemplo: Pesquera Quellón, Colegio Arauco...).
 - Impactos y normas ambientales.
 - Reacción de la competencia.
-
- Una metodología rudimentaria en estos casos es la asignación de notas a los factores no tangibles, los cuales se ponderan.
 - Métodos más sofisticados son interactivos.



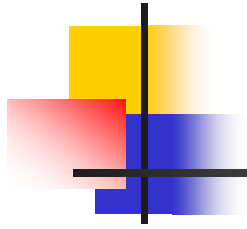
Problemas de Localización

- 2.- Múltiples instalaciones (plantas, bodegas o centros de distribución):
 - Decisiones típicas:
 - ¿Dónde localizar una planta o bodega adicional?
 - ¿De qué capacidad debe ser la nueva instalación?
 - Datos:
 - Costos de instalación y operación.
 - Costos de transporte.
 - Localización de la demanda.
 - Política de servicio a los clientes.
 - Ubicaciones potenciales.



Problemas de Localización

- Si se conocen las localizaciones el problema corresponde a uno de producción y transporte a costo mínimo.
- Si las ubicaciones no se conocen:
 - Se deben considerar como alternativas: arrendar, construir o comparar locales.
 - Habitualmente se hace necesaria la utilización de modelos matemáticos, simulación o métodos heurísticos.



Problemas de Localización

- Variables de decisión:

z_i = producción en planta i.

x_{ij} = flujo entre planta i y cliente j.

w_j = venta a cliente j.

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{si se construye planta i.} \\ 0 & \sim. \end{cases}$$



Problemas de Localización

- Parámetros:

M_i = costo de construcción de la planta i.

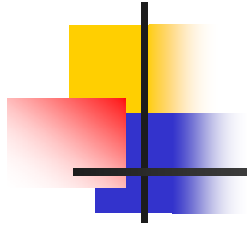
d_j = demanda mínima del cliente j.

c_i = costo unitario de producción de la planta i.

r_j = precio de venta al cliente j.

f_{ij} = costo unitario de transporte entre la planta i y el cliente j.

u_i = capacidad de la planta i.



Problemas de Localización

- Función objetivo:

$$\text{Min } z = \sum_i M_i \delta_i + \sum_i c_i z_i + \sum_i \sum_j f_{ij} x_{ij} - \sum_j r_j w_j$$



Problemas de Localización

■ Restricciones:

$$z_i \leq u_i \delta_i \quad \forall i \text{ (se puede producir hasta capacidad } u_i \text{ si se construye).}$$

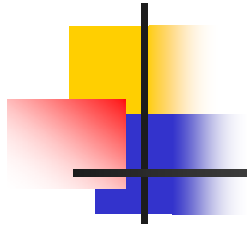
$$z_i = \sum_j x_{ij} \quad \forall i \text{ (lo que se produce se despacha).}$$

$$w_j = \sum_i x_{ij} \quad \forall j \text{ (se vende lo que llega).}$$

$$w_j \geq d_j \quad \forall j \text{ (satisfacción de la demanda mínima).}$$

$$z_i, x_{ij}, w_j \geq 0$$

$$\delta_i \in \{0,1\}$$



Problemas de Localización

- Formas de solución:
 - Usar paquetes de programación lineal con variables binarias (ejemplo: CPLEX).
 - Puede demorar mucho para problemas complejos.
 - Heurísticas:
 - Redondeos inteligentes.
 - Búsqueda local.
 - Trabajar con escenarios:
 - Fijar algunas variables y correr el problema que queda haciendo varias iteraciones (el caso extremo es fijar todas las ubicaciones quedando un problema lineal).
 - Probar con distintas configuraciones.



Problemas de Localización

- Variantes:

- Múltiples productos:

z_{ik} = producción del producto k en la planta i .

$$\sum_k z_{ik} \leq u_i \delta_i$$

- Múltiples períodos:

$$z_i^t \leq u_i \sum_{\theta \leq t} \delta_i^\theta \quad \forall i.$$

- Se construyen en un período para la producción futura.



Problemas de Localización

- Inventario:

- Está permitido guardar productos en bodega para venderlos o distribuirlos en otro período.

I_i^t = inventario en i de t a $t + 1$.

$$z_i^t + I_i^{t-1} = \sum_j x_{ij}^t + I_i^t \quad \forall i, t.$$

- Cada cliente asociado a una planta

$v_{ij}: 1$ si es cliente j asociado a planta i

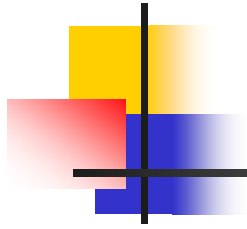
$$\sum_i v_{ij} = 1$$

$$X_{ij} \leq \text{Demanda máxima } j \bullet v_{ij}$$

$$v_{ij} = 0,1$$

- Ejemplos:

- Localización de bodegas para cadena de supermercados.



Problemas de Localización

- 3.- Localización de Comercios Competitivos:
 - Modelos Gravitacionales:
 - Relacionan los deseos de ir a un lugar (atracción) versus la dificultad para llegar a éste (impedancia).
 - Comparable a la fórmula de Newton.
 - Se divide la ciudad en I sectores.

N_{ij} = número de clientes en sector i que viajarán a local j.

P_{ij} = probabilidad que cliente en sector i vaya a local j.

C_i = número total de clientes en sector i.



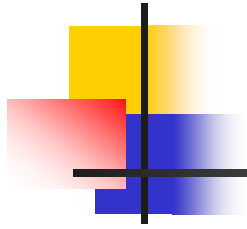
Problemas de Localización

S_j = atractivo del local j (m^2 del local, índice, etc.).

T_{ij} = tiempo de viaje del sector i al local j .

A = parámetro para calibrar efecto tiempo.

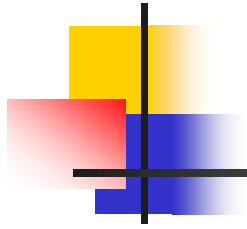
$$N_{ir} = P_{ir} C_i = \left[\frac{\frac{S_r}{T_{ir}^A}}{\sum_j \frac{S_j}{T_{ij}^A}} \right] C_i$$



Problemas de Localización

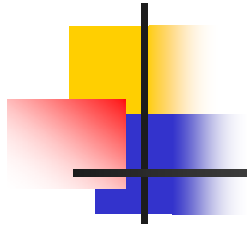
- Caso atracción-competencia:
 - Ejemplos:
 - Tiendas en Parque Arauco - Alto Las Condes.
 - Restaurantes calle El Bosque.
 - Mueblerías calle Arturo Prat, Los Leones.

- Caso competencia casi pura:
 - ¿Cuántos clientes pasan por mi puerta y que porcentaje puedo atraer?
 - Fuente de Soda en la Alameda.



Problemas de Localización

- 4.- Localización de Servicios de Emergencia:
 - El objetivo primordial es minimizar el tiempo de respuesta.
 - Casos:
 - Simple: no llegar a paciente en más de 5 minutos.
 - Complicado: llamados múltiples con flota limitada.
 - Ejemplos:
 - Compañías de Bomberos.
 - Ambulancias, Help.
 - Chilectra.
 - Carabineros.



Problemas de Localización

- Emplea modelos matemáticos, simulación y heurísticas.
 - Caso: Central que desea minimizar la distancia (tiempo) máxima de llegada a los clientes (Modelo MinMax).

c_{kj} = tiempo de viaje de central en k a cliente en j.

t_j = tiempo final en llegar a cliente j (conocida la solución).

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{si se ubica la central en k.} \\ 0 & \sim \end{cases}$$



Problemas de Localización

$$\text{Min } S$$

$$\text{sa}$$

$$S \geq t_j \quad \forall j.$$

$$t_j = \sum_k c_{kj} y_k \quad \forall j.$$

$$\sum_k y_k = 1$$

$$S \geq 0, \quad y_k \in \{0,1\} \quad \forall k.$$