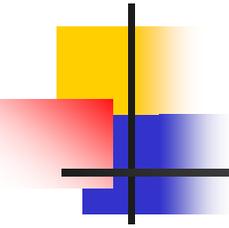


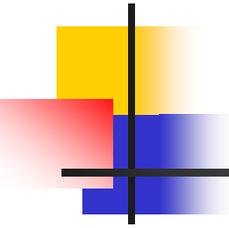
Gestión de Operaciones

Capítulo 2: Pronósticos de Demanda



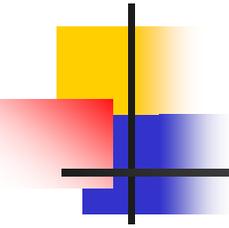
Introducción

- Permiten estudiar la demanda futura, acción importante en el diseño de un producto.
- Relaciones relevantes:
 - Pronóstico - Planeación.
 - Demanda - Ventas.



Introducción

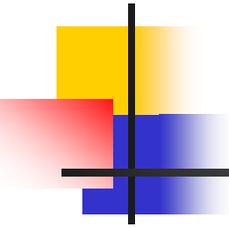
- Es importante ver el horizonte y nivel de agregación que se requiere para el pronóstico de demanda:
 - Nivel Estratégico:
 - Largo plazo.
 - Muy agregado.
 - Nivel Táctico:
 - Mediano plazo.
 - Menos agregado.



Introducción

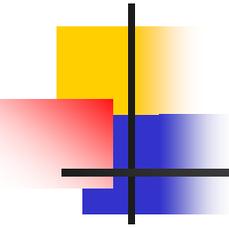
- Nivel Operativo:
 - Corto plazo.
 - Detallado.

- Ejemplo: Fábrica de Zapatos.
 - Nivel Estratégico: Demandas globales a 5 años.
 - Nivel Táctico: Demanda por línea para la próxima temporada.
 - Nivel Operativo: Demanda por modelo y número para la próxima semana.



Métodos de Pronóstico

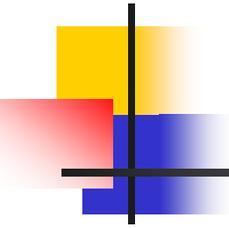
- Existen dos tipos:
 - Métodos Cualitativos: son aquellos que dependen de juicios.
 - Métodos Cuantitativos: son aquellos que poseen un modelo subyacente.
 - Los datos y patrones de datos se utilizan como indicadores confiables para predecir el futuro.
 - Incluyen Series de Tiempo y Modelos Causales.



Métodos de Pronóstico

- Usos:

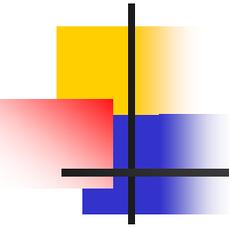
Uso	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Número de productos	Nivel gerencial	Método de pronóstico
Diseño del proceso	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación Agregada	mediano	alta	pocos	mediano	causales y series de tiempo
Programación	corto	la más alta	muchos	más bajo	series de tiempo
Administración de Inventarios	corto	la más alta	muchos	más bajo	series de tiempo



Métodos Cualitativos

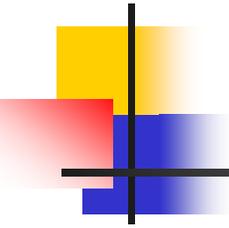
- Características Generales:
 - Se posee poca información.
 - Existe alta incertidumbre.
 - Se tiene escasa capacidad de proceso.
 - Horizonte de mediano o largo plazo.

- Uso típico:
 - Productos nuevos.



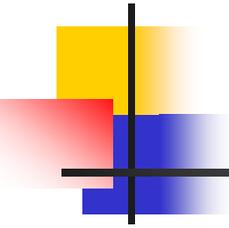
Métodos Cualitativos

- 1.- Método Delphi:
 - Grupo de expertos que se reúne durante varias sesiones de reconsideraciones en busca de consensos respecto a un grupo de preguntas adecuado a la situación que se enfrenta.
 - Características:
 - Se usa en la introducción de nuevos productos y cambios tecnológicos.
 - Es regular en exactitud y puntos de cambio.
 - Posee un costo mediano o alto.



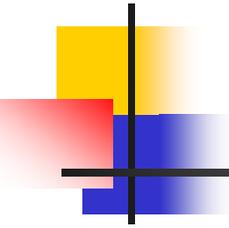
Métodos Cualitativos

- Ejemplo: Empresa que requiere pronóstico de ventas a 5 años y que posee una baja capacidad, lo que hace difícil usar ventas como información de demanda.
 - Participación de 23 administradores.
 - Datos: PGB, ventas del sector y ventas de la empresa por 5 años.
 - Varias preguntas para obligar a pensar en relaciones.
 - Resultado: Mucha dispersión al comienzo, pero se convergió a un buen pronóstico.



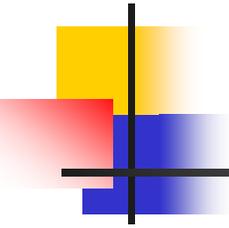
Métodos Cualitativos

- 2.- Encuestas de Mercado:
 - Corresponden básicamente a paneles, cuestionarios y pruebas de mercado.
 - Características:
 - Típicamente se usan para probar nuevos productos (yoghurt) o en test políticos (encuestas).
 - Son buenos a corto plazo.
 - Poseen un alto costo.
 - Permiten identificar puntos de cambio



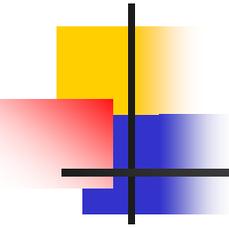
Métodos Cualitativos

- 3.- Analogía a los Ciclos de Vida:
 - Consiste en identificar en que fase de su vida se encuentra un producto, para esto se analizan las curvas de crecimiento de productos similares.
 - Fases:
 - Introducción.
 - Crecimiento.
 - Maduración.
 - Saturación.



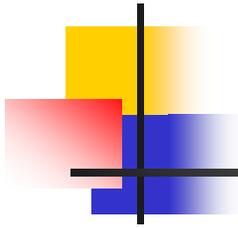
Métodos Cualitativos

- Características:
 - Son de largo plazo.
 - Poseen una exactitud regular.
 - No capta puntos de cambio.
 - Costo bajo a medio.
- Ejemplos:
 - Juguetes.
 - VHS.



Métodos Cualitativos

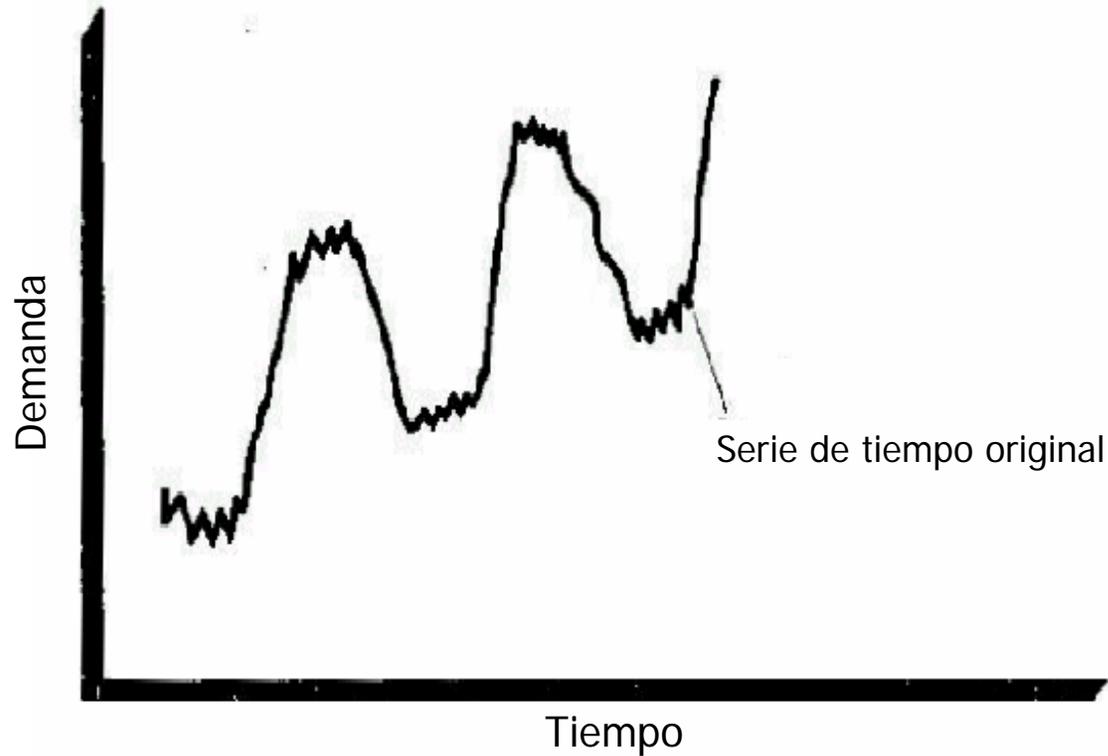
- 4.- Juicio Bien Informado:
 - Se basa sólo en la experiencia y en la intuición.
 - Características:
 - Tienen un gran uso.
 - Posee una exactitud baja.
 - Costo bajo.
 - Regular en la identificación de puntos de cambio.
 - Ejemplo:
 - Edificios de departamentos.



Series de Tiempo

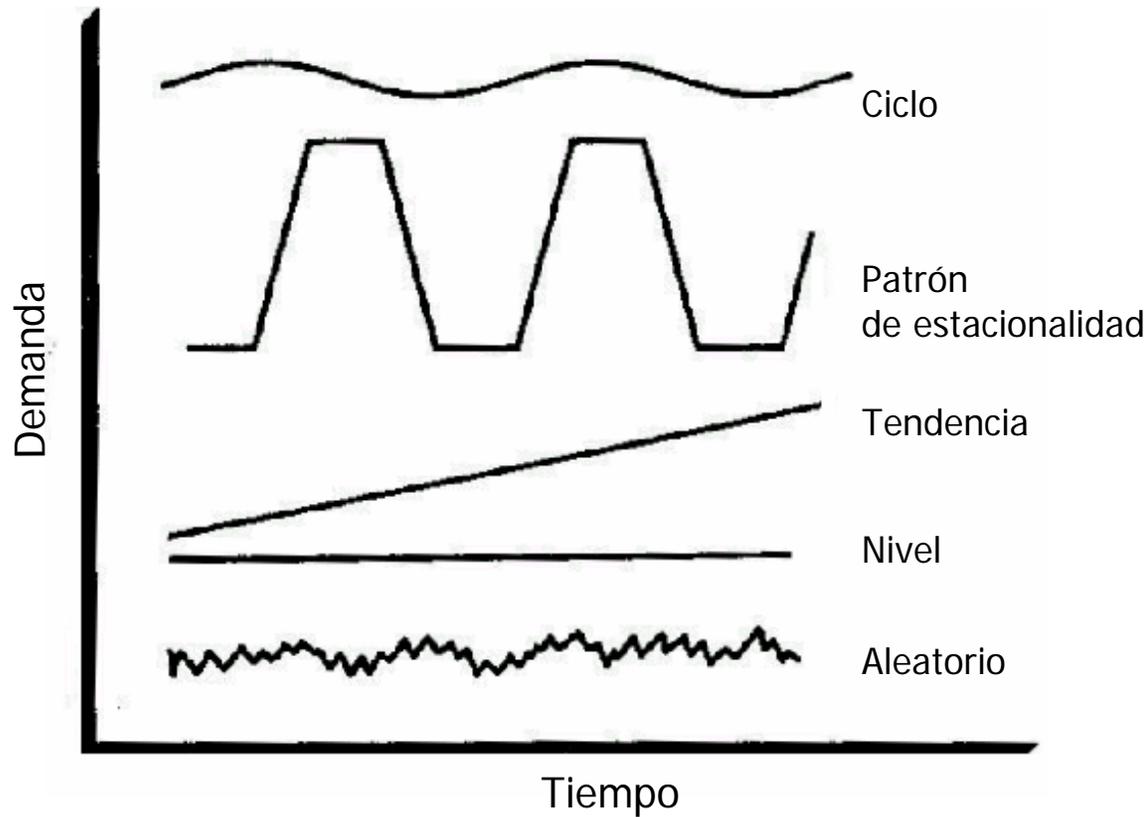
- Características:
 - Estos métodos utilizan datos históricos y los proyectan a futuro.
 - Son de corto plazo.
 - Es necesario contar con datos internos.
 - No captan patrones de cambio.

Series de Tiempo

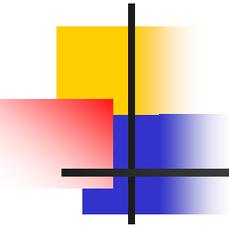


Serie de Tiempo Original

Series de Tiempo

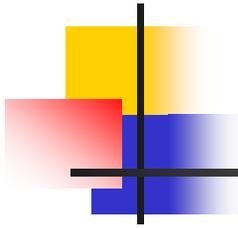


Serie de Tiempo Descompuesta



Series de Tiempo

- Componentes:
 - Ruido: parte aleatoria (si es muy alto es difícil hacer pronósticos).
 - Estacionalidad.
 - Tendencia.
 - Nivel (base).
- Ejemplos:
 - Zapatos.
 - Helados.
 - Entradas al estadio.

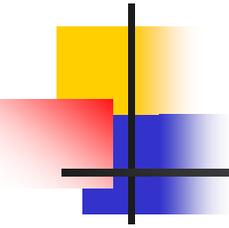


Series de Tiempo

- Notación:

- D_t : demanda observada en el período t .
- F_{t+1} : pronóstico para el período $t+1$.
- A_t : promedio calculado para el período t .
- $e_t = D_t - F_t$: error de pronóstico.

- Típicamente se conocen D_{t-k}, \dots, D_t y se busca F_{t+1}, F_{t+2}, \dots

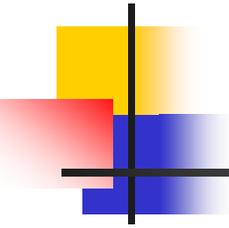


Series de Tiempo

- 1.- Promedios Móviles:
 - Se sugiere que la serie de tiempo tiene componentes de valor promedio.

$$A_t = \frac{D_t + D_{t+1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

- Se toma $F_{t+1} = A_t$.
- Si hay variabilidad en la demanda se pueden usar promedios móviles ponderados, asignando mayor ponderación a los últimos períodos.



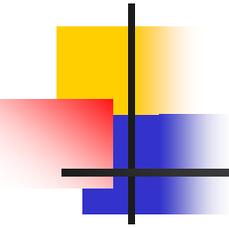
Series de Tiempo

- 2.- Promedios Móviles Ponderados:

$$F_{t+1} = A_t = W_t \cdot D_t + \dots + W_{t-N+1} \cdot D_{t-N+1}$$

$$\sum_{i=t-N+1}^t W_i = 1 \quad (\text{caso anterior, } W_i = \frac{1}{N})$$

- No es recomendable por:
 - Complejidad.
 - Se deben llevar los registros de demanda históricos.
 - Cálculo de las ponderaciones.



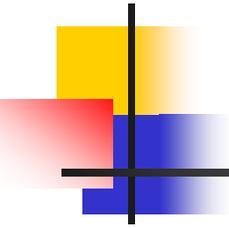
Series de Tiempo

- 3.- Alisamiento Exponencial Simple:

$$A_t = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1} \quad 0 < \alpha < 1$$

$$F_{t+1} = A_t$$

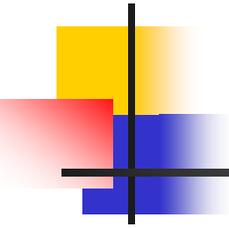
- A_{t-1} refleja la historia.
- Si se cree en la última demanda $\alpha \rightarrow 1$.
- Si se cree en la historia $\alpha \rightarrow 0$.



Series de Tiempo

- El efecto de los primeros períodos se va atenuando en forma exponencial:

$$\begin{aligned}F_{t+1} &= \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1} \\ &= \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot [\alpha \cdot D_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot A_{t-2}] \\ &= \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot \alpha \cdot D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \cdot \alpha \cdot D_{t-2} + \dots \\ &\quad \dots + (1 - \alpha)^t \cdot D_1\end{aligned}$$



Series de Tiempo

- Forma de Uso:

- Se requiere de las demandas históricas (D_t) y de un promedio inicial (A_0).

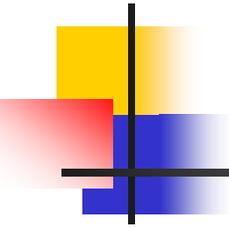
$$A_1 = \alpha \cdot D_1 + (1 - \alpha) \cdot A_0 \rightarrow F_2$$

$$A_2 = \alpha \cdot D_2 + (1 - \alpha) \cdot A_1 \rightarrow F_3$$

- Se va calibrando α .

- Ejemplos:

- Fábrica de Zapatos.
- Chilectra.



Series de Tiempo

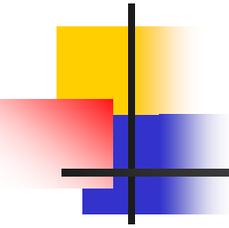
- 4.- Alisamiento Exponencial con Tendencia:

$$A_t = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot (A_{t-1} + T_{t-1}) \quad 0 < \alpha < 1$$

$$T_t = \beta \cdot (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1} \quad 0 < \beta < 1$$

$$F_{t+k} = A_t + k \cdot T_t$$

- Donde T_t es la tendencia.



Series de Tiempo

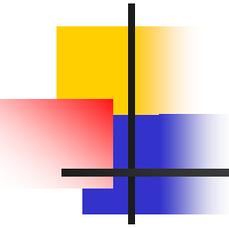
- 4.- Alisamiento Exponencial con Estacionalidad de Largo L :

$$A_t = \alpha \cdot \left(\frac{D_t}{R_{t-L}} \right) + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1} \quad 0 < \alpha < 1$$

$$R_t = \gamma \cdot \left(\frac{D_t}{A_t} \right) + (1 - \gamma) \cdot R_{t-L} \quad 0 < \gamma < 1$$

$$F_{t+k} = (A_t + k \cdot T_t) \cdot R_{t-L+k}$$

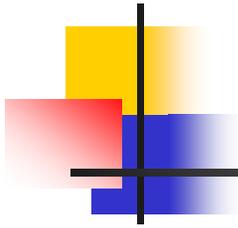
- Donde R_t es el factor de estacionalidad.



Series de Tiempo

- Errores de Pronóstico:
 - Los indicadores de error sirven para ver en qué momento el pronóstico falla o los datos no sirven.
- Indicadores:
 - Desviación media absoluta:

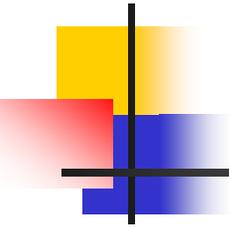
$$MAD = \frac{\sum_t |D_t - F_t|}{n}$$



Series de Tiempo

$$MAD_t = \alpha \cdot |F_t - D_t| + (1 - \alpha) \cdot MAD_{t-1}$$

- Se ajusta α .
- Si $|F_t - D_t| > 3,75 \times MAD_t$ (tres desviaciones standard), entonces existen sospechas de valor extremo.
- En un enfoque aproximado σ corresponde a $1,25 \times MAD$, para una función normal.

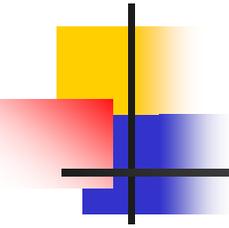


Series de Tiempo

- Señal de Rastreo:

$$T = \frac{\text{suma acumulada de la desviación del pronóstico}}{\text{MAD}}$$

- Donde el numerador corresponde al sesgo y el denominador al último MAD observado.
- Si $T \notin [-6, +6]$ (confiabilidad menor al 97%), entonces debe revisarse el modelo ya que está sesgado.



Métodos Causales

- 1.- Regresión:

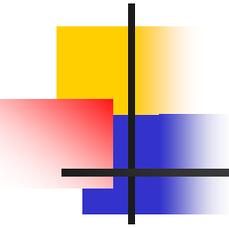
$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

- x : variable independiente.

- \hat{y} : variable dependiente.

- La idea es ajustar una curva a los puntos con que se cuenta.

$$\text{Min} \sum_i (\hat{y}_i - y_i)^2 = \text{Min} \sum_i (a_i + b \cdot x_i - y_i)^2$$

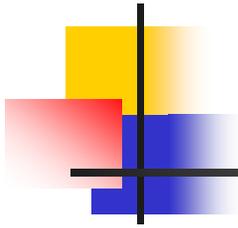


Métodos Causales

- Como resultado se obtiene:

$$a = \frac{\sum_i y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum_i x_i}{n}$$

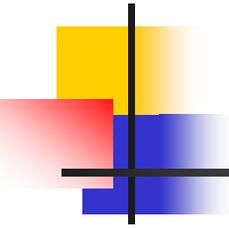
$$b = \frac{n \cdot \sum_i x_i \cdot y_i - \left[\left(\sum_i x_i \right) \cdot \left(\sum_i y_i \right) \right]}{n \cdot \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2}$$



Métodos Causales

$$R^2 = \frac{\left[n \cdot \sum_i x_i \cdot y_i - \left(\sum_i x_i \right) \cdot \left(\sum_i y_i \right) \right]^2}{\left[n \cdot \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_i y_i^2 - \left(\sum_i y_i \right)^2 \right]}$$

- Donde R^2 mide la proporción de la variación de y explicada por x .
- Valores sobre 0,95 se consideran buenos.

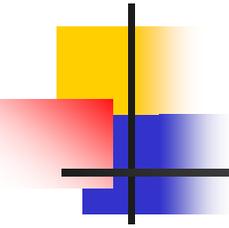


Métodos Causales

- Ejemplo:
 - y : Venta de periódicos.
 - x_1 : Número de habitantes.
 - x_2 : Ingreso per capita.
 - x_3 : Competencia.

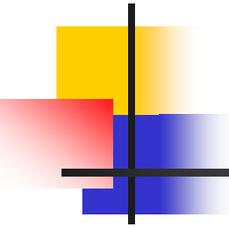
- Se puede extender a formulaciones complejas.

$$\hat{y} = f(x, z, w)$$



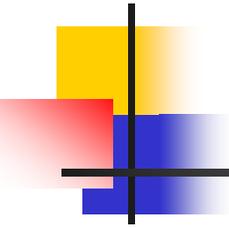
Métodos Causales

- Principales características:
 - Es útil cuando existen fuertes relaciones causales.
 - Uso típico para horizontes de corto y mediano plazo.
 - Permite identificar bien puntos de cambio.
 - Es un método caro.
 - Requiere sofisticación.
 - Es fácil cometer errores.



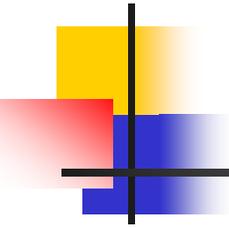
Métodos Causales

- 2.- Modelos Econométricos:
 - Sistema de ecuaciones de regresión interdependientes para describir un proceso complejo.
 - Características:
 - Complejidad alta.
 - Costo alto.
 - Son de largo plazo.
 - Buenos para identificar puntos de cambio.



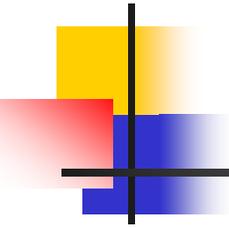
Métodos Causales

- Ejemplos:
 - Precio cobre.
 - Sectores de la economía.



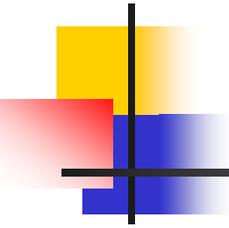
Métodos Causales

- 3.- Modelos de Insumo (Leontieff):
 - Describen el flujo de un sector de la economía a otro para predecir los insumos que se necesitan para producir los productos que requiere otro sector.
 - Características:
 - Poseen un costo muy alto.
 - Buena exactitud.
 - Son de corto plazo.
 - Débiles para identificar puntos de cambio.
 - Ejemplo:
 - Ventas de la construcción afectan las de cemento.



Métodos Causales

- 4.- Simulación:
 - Características:
 - La simulación de sistemas es complejo.
 - Cara de implementar.
 - Horizonte de corto a mediano plazo.
 - Puede identificar puntos de cambio.
 - Ejemplo:
 - Distribución en cadena, para ver demanda de distintos elementos.
 - Planos de producción, para conocer la demanda por insumos.
 - Transporte urbano, para ver equilibrio vehicular.



Criterios de Elección

- 1.- Sofisticación del usuario y del sistema.
 - No se deben dar saltos bruscos.
- 2.- Tiempo y recursos disponibles.
- 3.- Tipo de decisión.
 - Trade-off entre costo y calidad del pronóstico.
 - Ejemplo: Falabella vs Negocio chico.
- 4.- Disponibilidad de datos.
 - Box-Jenkins es una serie de tiempo autocorrelacionada que exige 60 datos (60 meses).
- 5.- Patrón de datos.
 - Si es causal no se pueden usar series de tiempo.