



PRONÓSTICOS

GESTIÓN DE OPERACIONES
RUTH I. MURRUGARRA

Lecturas

- Capítulo 4 de Heizer y Render
- Capítulo 2 del Nahmias

Introducción a Pronósticos

- ¿Qué es un pronóstico?
 - *Su función principal es predecir el futuro.*
 - *...en términos de productos/recursos requeridos o vendidos.*
- ¿Por qué nos interesa?
 - *Afecta las decisiones que tomamos todos los días.*
 - *Tiene un alto impacto financiero.*
 - *Si se pronostica mucho, se queda con excesos de recursos o productos.*
 - *Si se pronostica muy bajo, se pierde clientes o ingresos.*

Características

- ¡Están casi siempre mal!
- Un buen pronóstico es más que un número, debería tener:
 - *Media y desviación estándar*
 - *Rango (alto bajo)*
- Los pronósticos agregados suelen ser más exactos.
- La exactitud se pierde con el tiempo (horizonte de tiempo).
- No debe reemplazar otra información disponible.

¿Qué Hace un Pronóstico Bueno?

- Debe ser oportuno.
- Debe ser lo más preciso posible.
- Debe ser confiable.
- Debe estar en unidades significativas.
- Debe presentarse por escrito.
- El método debe ser fácil de usar y comprender en la mayoría de los casos.
- Facilidad de actualización a medida que se disponga de nuevos datos.

Horizontes de Tiempo

- Corto plazo (Días, semanas)
 - *Usos: compras, programación de tareas, trabajadores, asignación de areas, niveles de producción.*
- Mediano plazo (semanas, meses)
 - *Usos: ventas, producción, presupuesto.*
- Largo plazo (meses, años)
 - *Usos: productos nuevos, localización de plantas, investigación y desarrollo.*

Importancia estratégica

- Recursos Humanos

- *Permite determinar niveles de contratación, formación y adelantar el despido/contratación de trabajadores*

- Capacidad

- *La escasez de capacidad pueden dar lugar a fallos y retrasos en entregas, pérdida de clientes y pérdida de cuota de mercado. El exceso puede implicar costos para la empresa.*

- Gestión de la Cadena de Suministro

- *Predicciones correctas ayudarán a tener buenas relaciones con los proveedores y contar con ventajas en los precios*

Métodos de Pronóstico

■ Métodos Subjetivos o Cualitativos

- *Basada en el juicio humano o en la experiencia (expertise).*
- *Mide la opinión individual o de grupos.*
- *Se usa cuando la situación no es clara, o existen pocos datos, o para recolectar información adicional experta.*

■ Métodos Objetivos o Cuantitativos

- *Basados en información histórica y en un modelo.*
- *Fácil de incorporar en modelos computacionales.*
- *Usan métodos analíticos (estadística y matemática).*

Métodos Subjetivos o Cualitativos

- Información de Vendedores
 - *Agregación de estimados hechos por vendedores.*
- Encuestas a clientes
 - *Para entender tendencias, cambios en puntos de vista de clientes.*
- Opinión de Expertos
 - *Si no hay registro pasado.*
- Método Delphi
 - *Las opiniones individuales se recopilan y se analizan. Se repite el proceso hasta que eventualmente se llega a un consenso.*

Métodos Objetivos o Cuantitativos

■ Tipos de métodos:

- *Causales: predicen una variable en función a otras:*

$$\text{Demanda} = f(\text{tasa de interés, PIB, ...})$$

- *Series de tiempo (univariadas): predicen una variables en función de sus valores pasados*

$$\text{Demanda}_t = f(\text{Demanda}_{t-1}, \text{Demanda}_{t-2}, ...)$$

Métodos Objetivos o Cuantitativos: Modelos Causales

- En general:

$$\hat{Y} = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

donde:

\hat{Y} = variable a pronosticar (ej.: demanda)

X_i = variables predictoras de Y ($i = 1, \dots, n$)

- El modelo más común es el modelo lineal conocido como regresión lineal:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Modelos causales – Regresión lineal simple

- Es el modelo más común y simple
- En general,

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

donde a y b son parámetros, que se estiman por mínimos cuadrados.

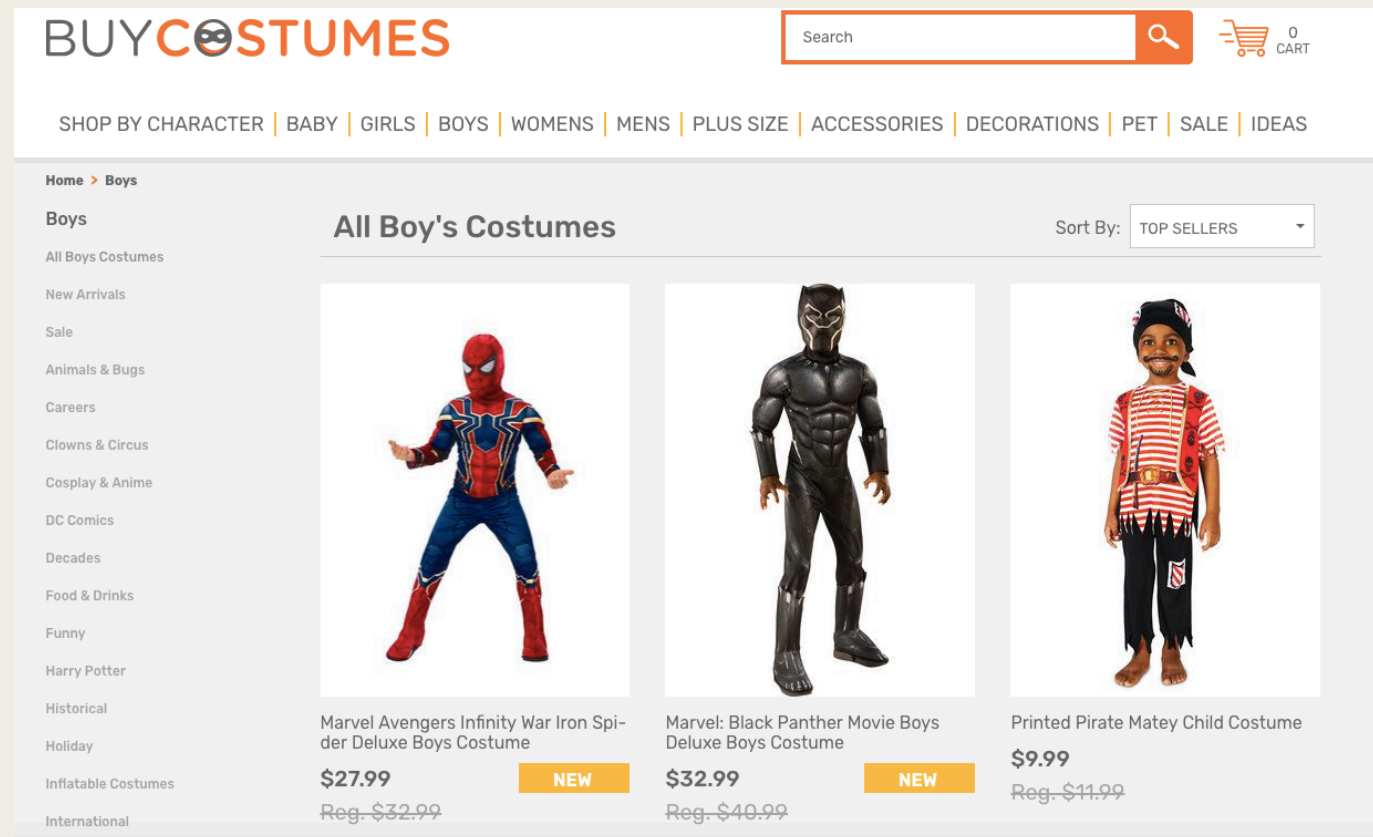
$$b_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

Ejemplo

- ¿Qué puede afectar la venta de disfraces?



Ejemplo

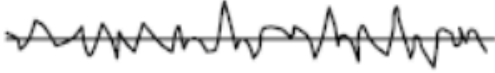
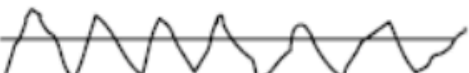

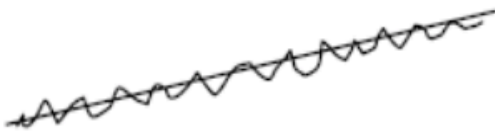


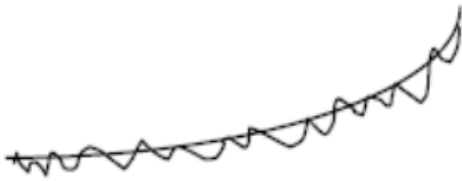


- La venta de disfraces puede estar afectada por la popularidad de un personaje.
- Un proxy para popularidad podría ser la venta de las taquillas de la semana de estreno de películas recientes.
- Suponga que se recolectaron datos de las taquillas y de la venta de disfraces.

Película	Ventas (en dólares x 1000)	Disfraces vendidos
Coco	50802	874
Emoji Movie	24531	234
Wonder Woman	103251	987
Guardians of the Galaxy	146510	1995
Logan	88411	1678
Lego Batman Movie	53003	1001
Star Wars: The Last Jedi	220009	2345
Ferdinand	13401	716
The Mummy (2017)	31688	762
The Beauty and the Beast	174750	1756

Métodos Objetivos o Cuantitativos: Series de Tiempo

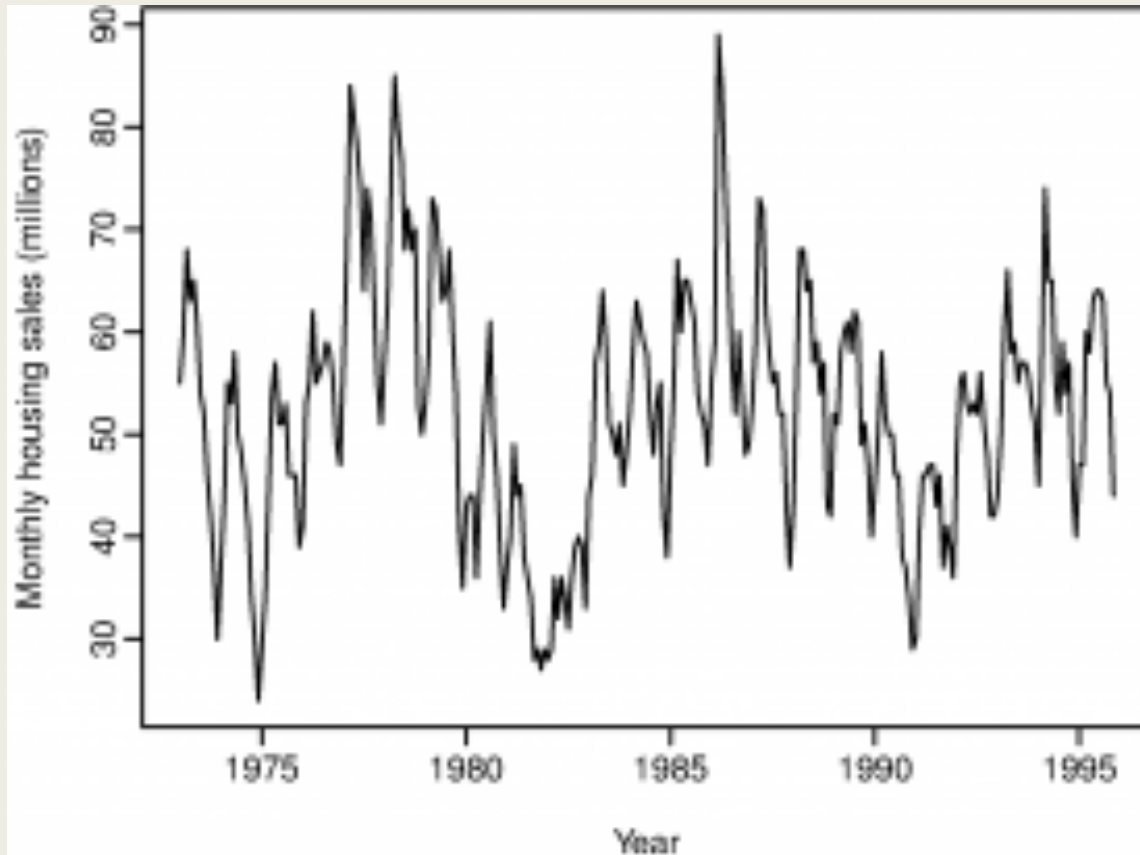
- Una serie de tiempo es una colección de valores pasados de una variable que se quiere predecir.
- El objetivo es poder identificar/aislar patrones en los datos:
 - *Tendencia*
 - *Estacionalidad*
 - *Ciclos*
 - *Aleatoriedad*

Patrones en Series de tiempo

	1 No efecto estacional	2 Estacionalidad Aditiva	3 Estacionalidad multiplicativa
A No efecto tendencia			
B Tendencia aditiva			
C Tendencia multiplicativa			

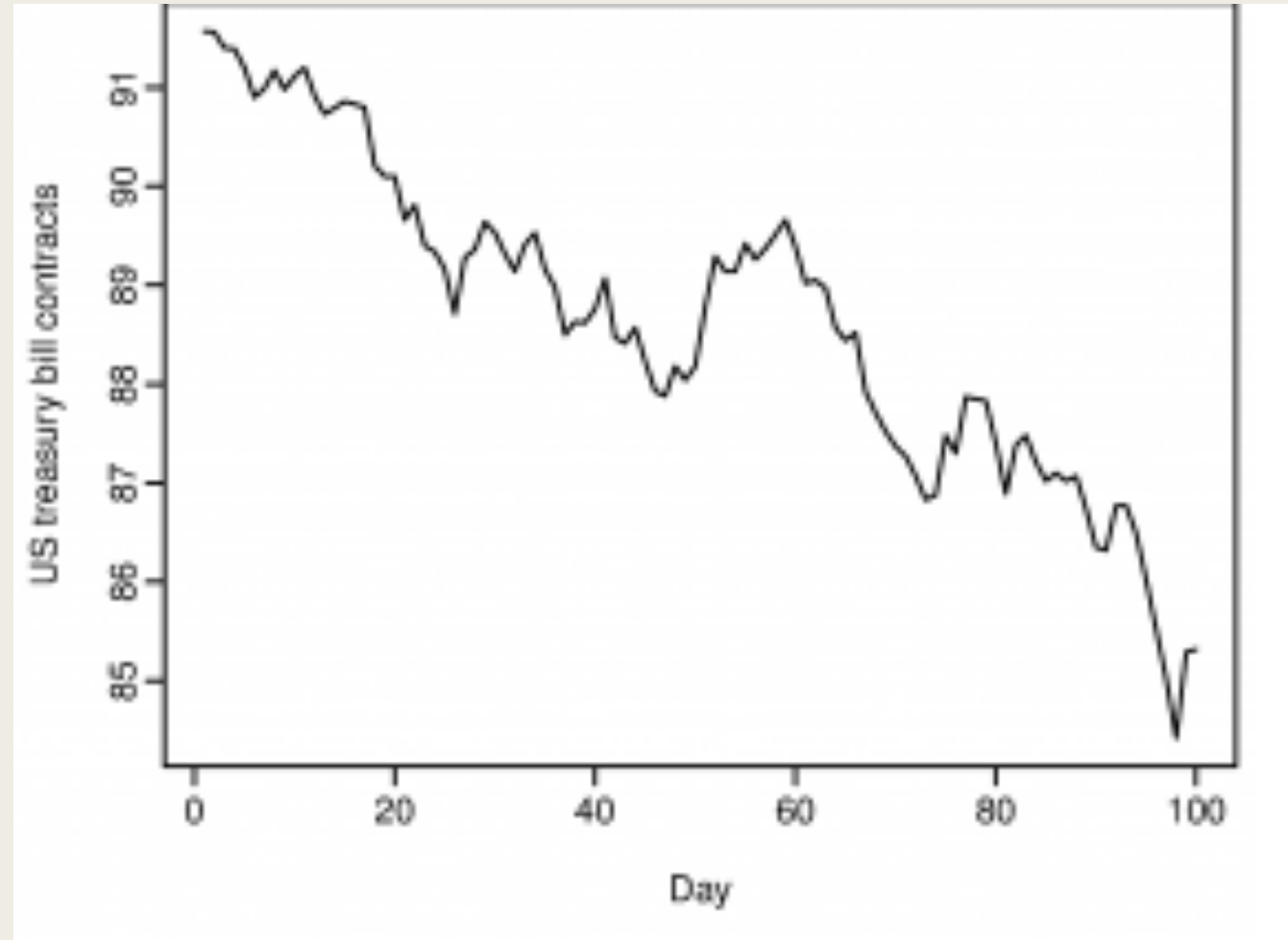
¿Qué patrones observas en esta serie?

- Ventas mensuales de casas



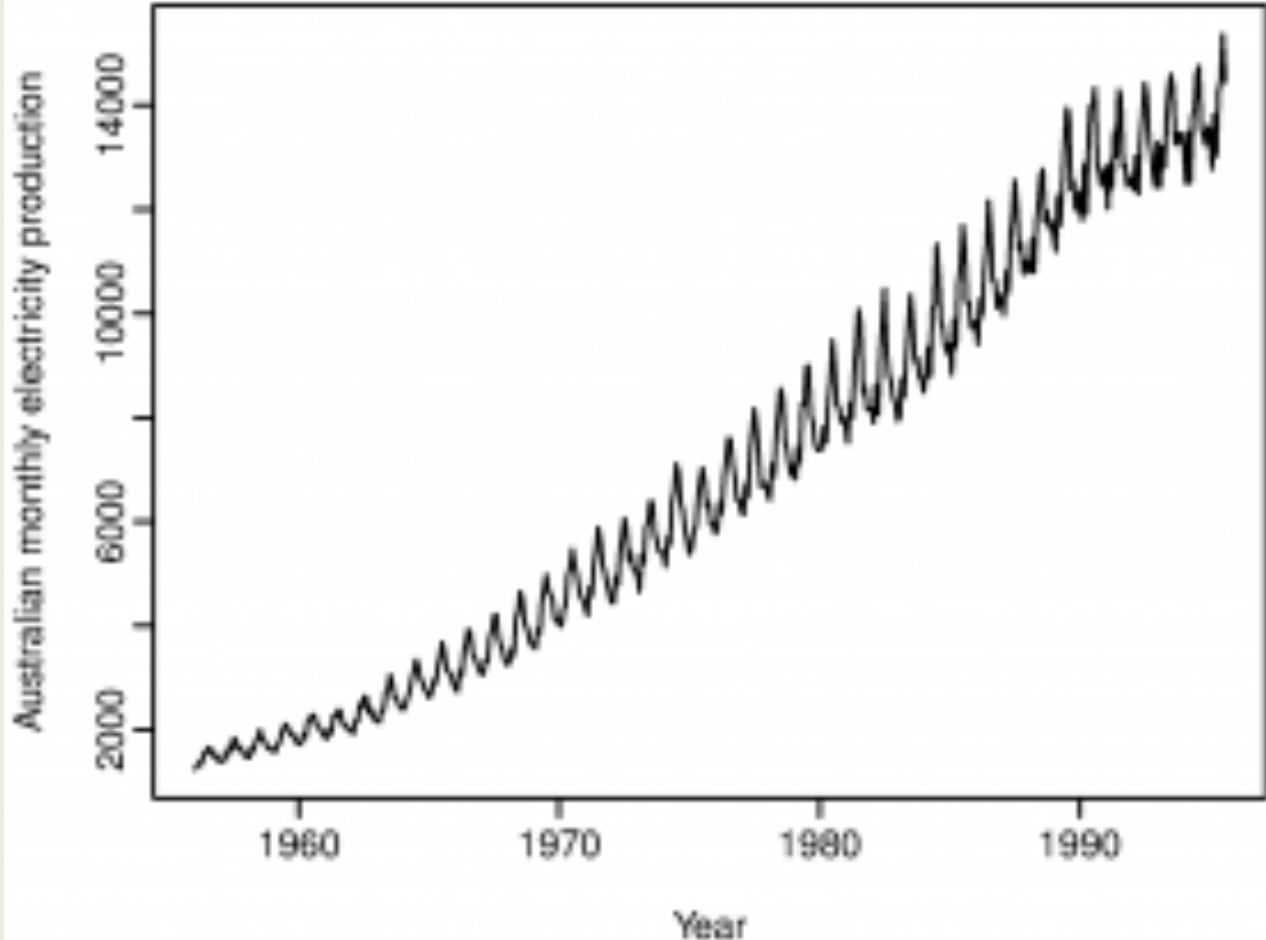
¿Qué patrones observas en esta serie?

- US treasury bills



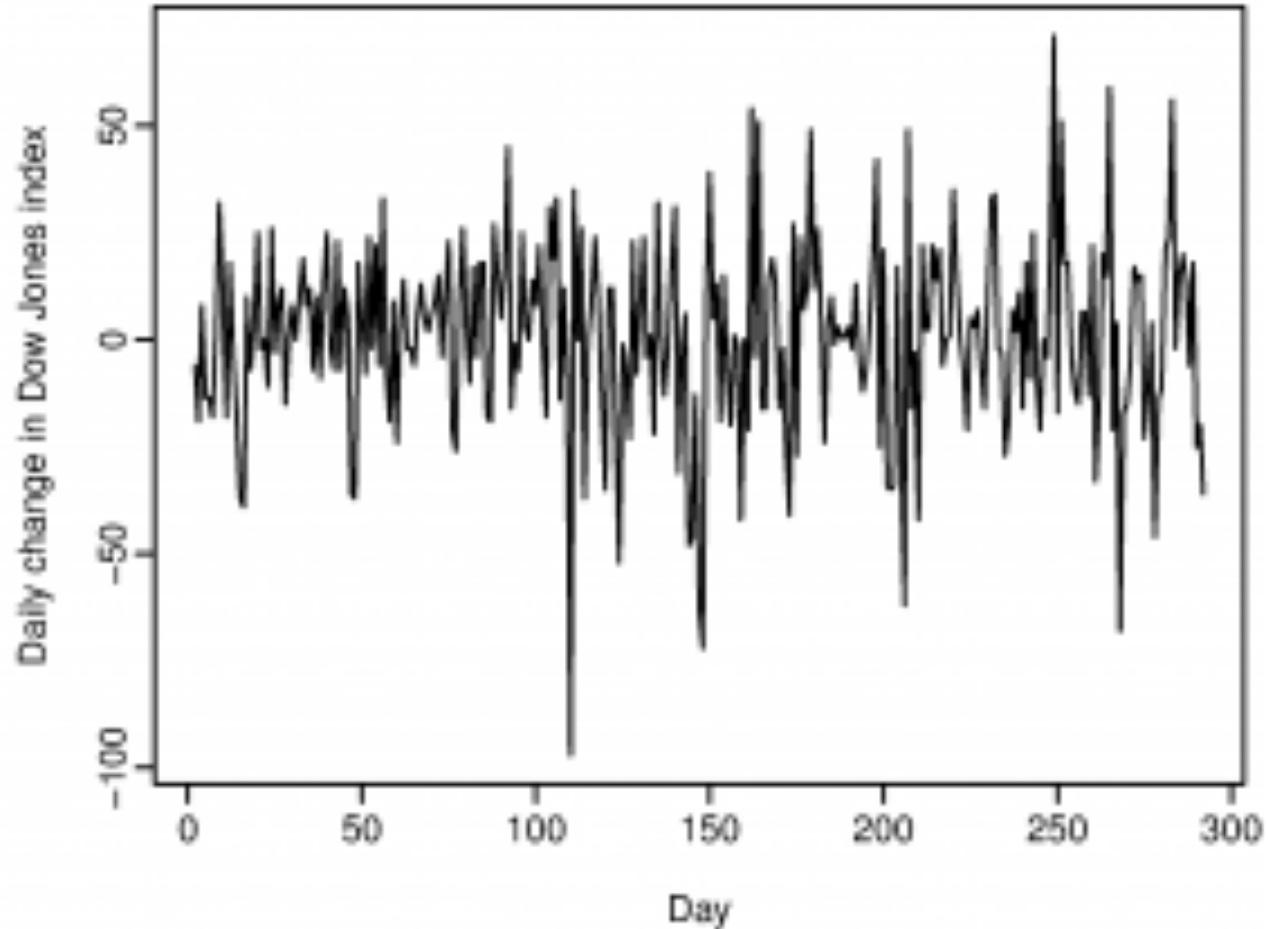
¿Qué patrones observas en esta serie?

- Producción de electricidad en Australia

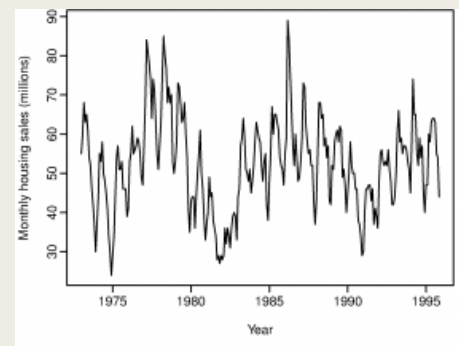
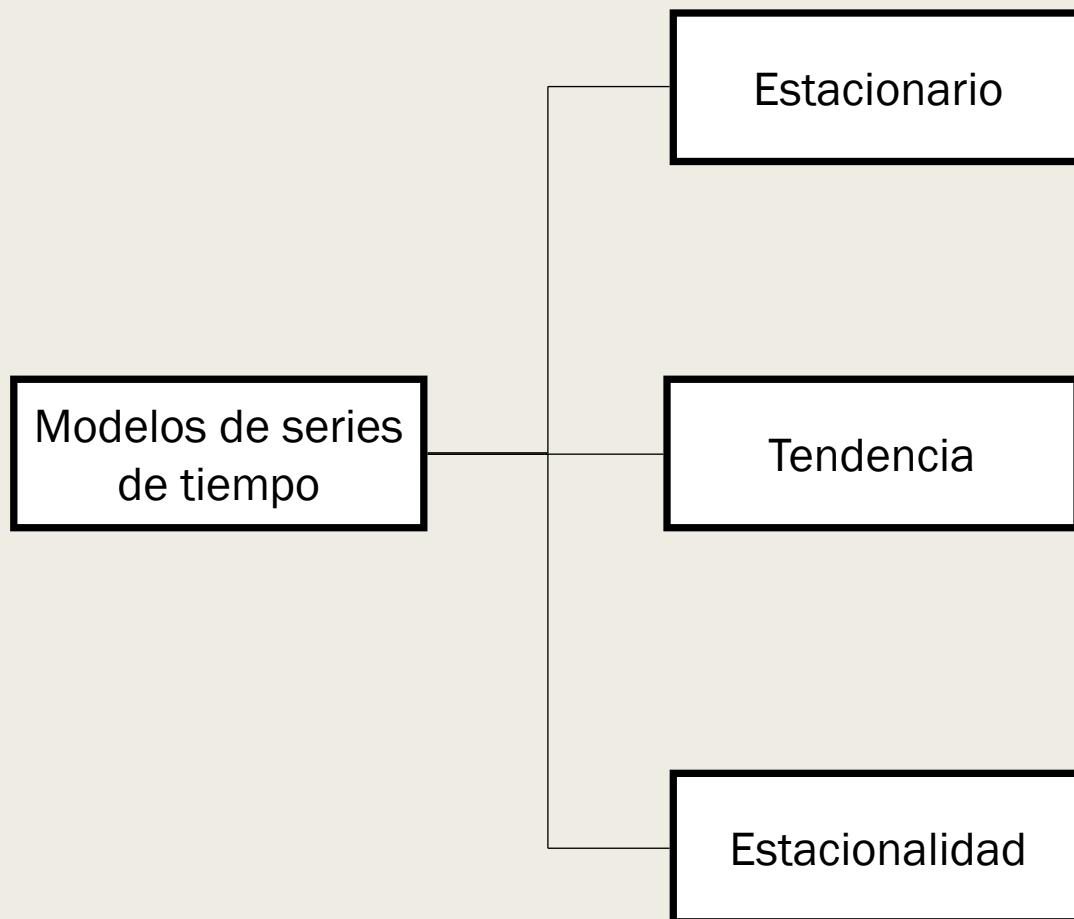


¿Qué patrones observas en esta serie?

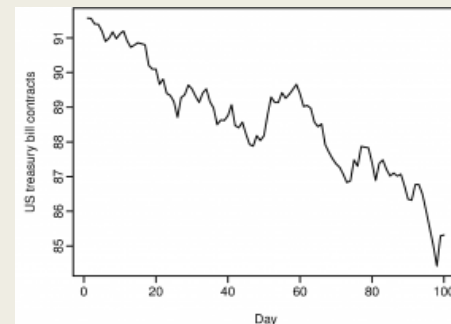
- Índice Dow Jones



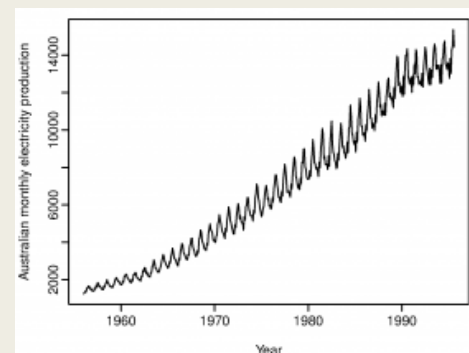
Tipos y Modelos de Series de Tiempo



- Promedios móviles
- Alisado exponencial simple



- Regresión lineal simple
- Alisado exponencial doble (Holt)



- Alisado exponencial triple (Holt-Winters)

Pronósticos de Series Estacionarias

- En general, una serie estacionaria es de la siguiente forma:

$$D_t = \mu + \varepsilon_t$$

donde:

μ es una constante (media de la serie) y

ε_t es una variable aleatoria con media 0 y var σ^2 .

Método de medias móviles

- Se toma un promedio de n observaciones pasadas
- Media móvil simple

$$F_t = (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n}) / n$$

- Media móvil ponderada

$$F_t = (w_{t-1} * D_{t-1} + w_{t-2} * D_{t-2} + \dots + w_{t-n} * D_{t-n}) / (w_{t-1} + w_{t-2} + \dots + w_{t-n})$$

- Media móvil exponencial (suavizamiento exponencial)

$$\begin{aligned} F_t &= D_{t-1} * \alpha + F_{t-1} * (1 - \alpha) \\ &= \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) (\alpha D_{t-2} + (1 - \alpha) F_{t-2}) \\ &= \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) (\alpha D_{t-2} + (1 - \alpha)^2 (\alpha D_{t-3} + \dots) \end{aligned}$$

Método de medias móviles

- Desventajas:
 - *Son sensibles a los valores de los parámetros N y α .*
 - *Se retrasan con respecto a la tendencia.*
 - *Para los promedios móviles se necesitan guardar los N datos pasados (con el suavizamiento exponencial solo se necesita guardar el último pronóstico).*

Ejemplo

- Datos: Financial Market index - Chile
- ¿Cuál es el efecto de N y α en las medias móviles?
- ¿Se puede utilizar medias móviles para pronosticar?

Pronósticos de Series con Tendencia

- En general, se tiene un modelo de la forma:

$$D_t = (\mu + G_t) + \epsilon_t$$

- Regresión lineal simple

$$Y = a + b X \rightarrow D_t = a + bt \quad t = 1, 2, 3, \dots, n.$$

- Alisado exponencial doble

- *Método de Holt:*
- *Se compone de dos ecuaciones de alisado exponencial: una para el promedio y otra para la tendencia.*

Pronósticos de Serie con Tendencia

Alisado Exponencial Doble: Método de Holt

- En general:

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

donde,

S_t es el valor de intercepto en el tiempo t

G_t es el valor de la pendiente en el tiempo t

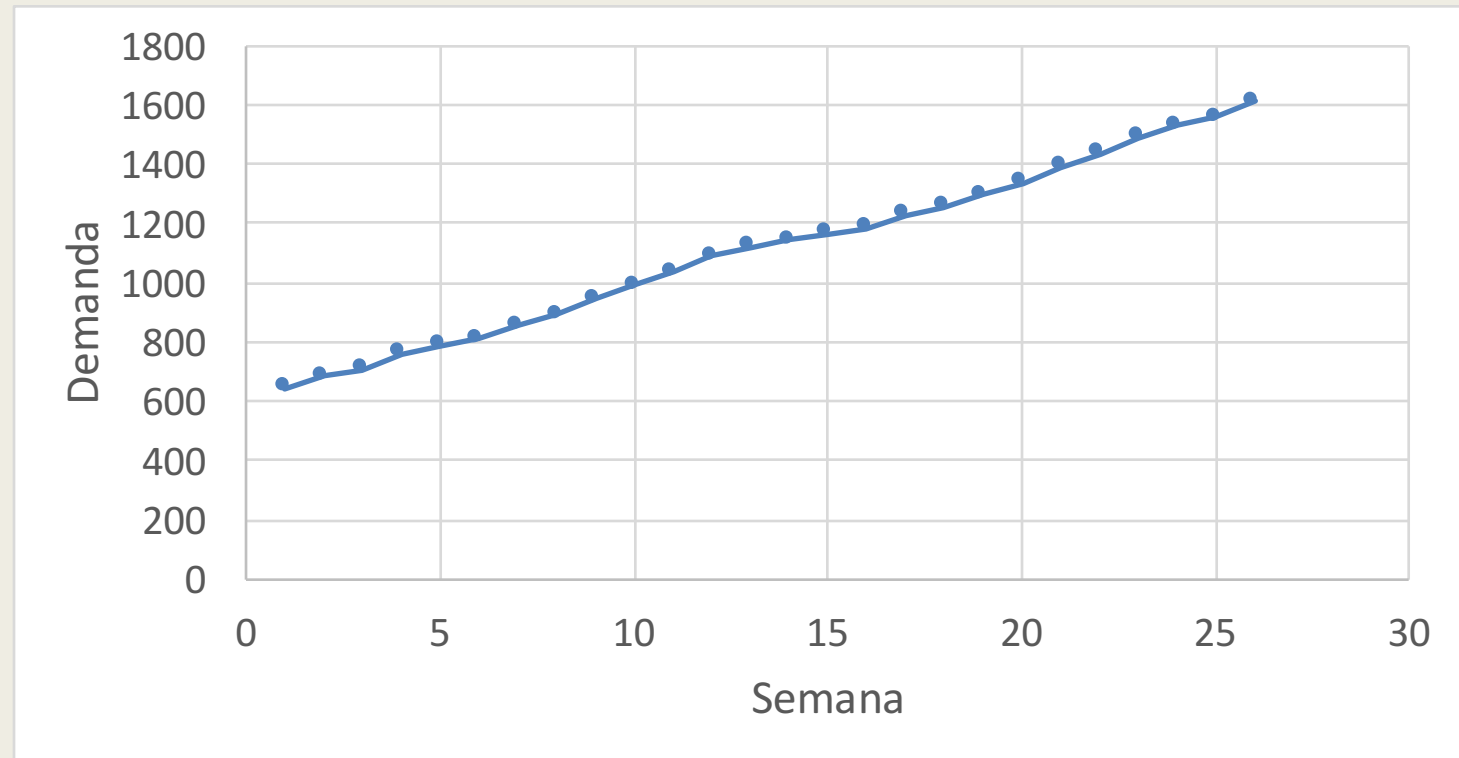
- El pronóstico de τ periodos hacia adelante, se calcula

$$F_{t+\tau} = S_t + \tau G_t$$

Ejemplo:

Venta de bolsas de comida de perro

Semana	Demanda
1	646
2	683
3	708
4	761
5	787
6	809
7	856
8	892
9	944
10	991
11	1034
12	1091
13	1123
14	1144
15	1164



Pronósticos de Series con Estacionalidad

- Estacionalidad se refiere a un patrón en el que los datos se repite en intervalos regulares.
- Se representa con factores estacionales : c_1, c_2, \dots, c_n donde
 - $i = 1$ es el primer periodo de la estación,
 - $i = 2$ es el segundo periodo de la estación, etc.
- Método de alisado exponencial triple:
 - *Aditivo*
 - *Multiplicativo*

Pronósticos con Estacionalidad

Alisado Exponencial Triple Aditivo

- En general, se tiene un modelo de la forma:

$$D_t = (\mu + G_t) + c_t + \epsilon_t$$

donde,

μ es base o intercepto cuando $t = 0$ (sin estacionalidad)

G_t es la componente de tendencia o pendiente,

c_t es la componente de estacionalidad

ϵ_t es el error.

Pronósticos con Estacionalidad

Método de Winters Aditivo

Se usan 3 ecuaciones de alisado exponencial:

- Base de la serie o serie

$$S_t = \alpha(D_t - c_{t-n}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

- Tendencia:

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

- Estacionalidad

$$c_t = \gamma(D_t - S_t) + (1 - \gamma)c_{t-n}$$

- El pronóstico realizado en t para un periodo futuro $t + \tau$ está dado por:

$$F_{t+\tau} = (S_t + \tau G_t) + c_{t+\tau-n}$$

Pronósticos con Estacionalidad

Alisado Exponencial Triple Multiplicativo

- En general, se tiene un modelo de la forma:

$$D_t = (\mu + G_t) * c_t + \epsilon_t$$

donde,

μ es base o intercepto cuando $t = 0$ (sin estacionalidad)

G_t es la componente de tendencia o pendiente,

c_t es la componente de estacionalidad

ϵ_t es el error.

Pronósticos con Estacionalidad

Método de Winters Multiplicativo

Se usan 3 ecuaciones de alisado exponencial:

- Base de la serie o serie

$$S_t = \alpha \left(\frac{D_t}{c_{t-n}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

- Tendencia:

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

- Estacionalidad

$$c_t = \gamma \left(\frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)c_{t-n}$$

- El pronóstico realizado en t para un periodo futuro $t + \tau$ está dado por:

$$F_{t+\tau} = (S_t + \tau G_t) c_{t+\tau-n}$$

Evaluación de un pronóstico

- El error de pronóstico en el periodo t se define como e_t . Es la diferencia entre el pronóstico de demanda en el periodo t y el valor actual de la demanda en t

$$e_t = F_t - D_t$$

- Las medidas de desempeño se calculan con los errores de pronóstico. Los tres más conocidos son:

$$\text{MAD (DAM)} = (1/n) \sum |e_i|$$

$$\text{MAPE (EPAM)} = [(1/n) \sum |e_i/D_i|] * 100$$

$$\text{MSE (ECM)} = (1/n) \sum e_i^2$$

Evaluación de un pronóstico

- Considere que se han realizado dos métodos para pronosticar los valores de una serie económica. Los pronósticos así como el valor real de la serie son los siguientes:

Pronóstico 1	225	312	275	610	510
Pronóstico 2	300	155	287	752	600
Valor real	275	300	350	800	585

- Analice, usando las medidas de errores, la comparación entre ambos métodos.