

# GESTIÓN DE LA CALIDAD INDUSTRIAL

## Control Estadístico de la Calidad

Úrsula Torres Parejo  
Inmaculada Espejo Miranda

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## Temario:

- ❑ Tema 0. Introducción al Control Estadístico de Calidad
- ❑ Tema 1. Fundamentos de Estadística
  - 1.1. Estadística Descriptiva
  - 1.2. Distribuciones de Probabilidad
  - 1.3. Inferencia. Contrastes
- ❑ Tema 2. Control de Procesos por Atributos
  - 2.1. Gráficos basados en la Distribución Binomial (P y NP)
  - 2.2. Gráficos basados en la Distribución de Poisson (C y U)
- ❑ Tema 3. Control de Procesos por Variables
  - 4.1. Gráficos de control para la media (X)
  - 4.2. Gráficos de control para la dispersión (S y R)

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

### **1ª ETAPA. Inspección del Producto Acabado (1900-1930).**

El Control de la Calidad comienza con la actividad industrial.

**Calidad = Inspección**

La inviabilidad de la inspección total de la producción, hace indispensable el uso de la estadística.

*Calidad es cumplir las especificaciones.*

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

### **2ª ETAPA. Control de la Producción Intermedia (1930-1960).**

Cuando un producto es muy complejo resulta muy costoso esperar hasta que esté terminado para comprobar si es o no aceptable.

**Objetivo = Minimizar costes**

La inspección a lo largo del proceso es lo que se conoce como “Control Estadístico de Procesos”.

*Calidad es reducir variabilidad.*



# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

### **3ª ETAPA. Diseño del Producto (1960-1980).**

Las mejoras no se obtienen sólo por el avance tecnológico, si no como consecuencia de realizar pruebas sistemáticas y comparar resultados.

**La calidad no sólo se controla, si no que se diseña y se crea.**

El diseño de experimentos y la extracción de conclusiones se conoce como “Diseño Estadístico de Experimentos”.

*Calidad es mejora.*

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

1. Inspección.
2. Control Estadístico de Procesos.
3. Diseño Estadístico de Experimentos.

El **Control Estadístico de Procesos** es la única técnica estadística aplicable durante la fabricación.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen **imposible fabricar dos productos exactamente iguales.**

*Ej. Oscilaciones de las características del material utilizado, variaciones de temperatura y humedad ambiental, variabilidad introducida por el operario, repetición propia de la maquinaria utilizada, etc.*

Las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una **variabilidad.**

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

Variables Controlables: fijados por los responsables del funcionamiento del proceso de fabricación (se fija la temperatura de fusión del plástico, la velocidad de trabajo, la presión del pistón, la materia prima que se utiliza , etc).

Variables no Controlables: pequeñas variaciones de calidad del plástico, pequeños cambios en la velocidad del pistón, ligeras fluctuaciones de la corriente eléctrica que alimenta la máquina, etc.

- Los efectos que producen las variables no controlables son aleatorios.
- Son las responsables de la variabilidad de las características de calidad del producto.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

- Esta **variabilidad** es claramente indeseable y **el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites.**

*El Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para alcanzar este objetivo.*

- Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la **mejora de la calidad de la fabricación.**
- Permite también aumentar el conocimiento del proceso, lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora del mismo.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

**Causas Asignables**: Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar. Por ejemplo, un fallo de la máquina por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del plástico, etc.

Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa, y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.

**Causas No Asignables**: Son causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total.

Son inherentes al proceso mismo, y no pueden ser reducidas o eliminadas a menos que se modifique el proceso.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está funcionando bajo **Control Estadístico**.

Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está **fuera de control**.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Introducción

**El Control Estadístico de Procesos** se basa en analizar la información aportada por el proceso para descubrir cuándo están actuando causas asignables para así eliminarlas del proceso. Habitualmente se realiza mediante **Gráficos de Control**.

Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada.



# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos

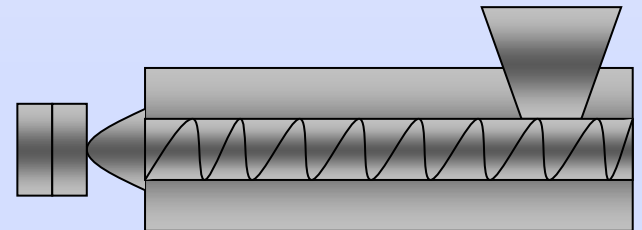
Básicamente, una **Carta de Control** es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.



# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo

- Supongamos que tenemos una máquina inyectora que produce piezas de plástico, por ejemplo, de PVC.
- Una característica de calidad importante es el peso de la pieza de plástico, porque indica la cantidad de PVC que la máquina inyectó en la matriz.

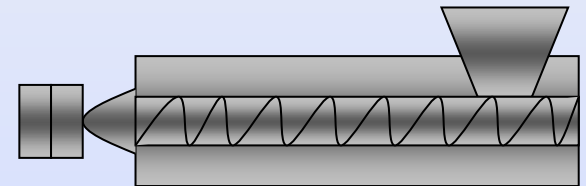







- Si la cantidad de PVC es poca la pieza de plástico será deficiente.
- Si la cantidad es excesiva, la producción se encarece, porque consume más materia prima.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo

Un operario toma una pieza cada 30 minutos, la pesa en una balanza y registra la observación.



Pieza	1	2	3	4	5	...
						...etc
	55,2 gr.	57,2 gr.	53,4 gr.	53,8 gr.	55,7 gr.	

Supongamos que estos datos se registran en un gráfico de líneas en función del tiempo

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo



Observamos una línea quebrada irregular, que nos muestra las fluctuaciones del peso de las piezas a lo largo del tiempo.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo



Esta es la fluctuación **esperable y natural** del proceso. Los valores se mueven alrededor de un valor central (El promedio de los datos), la mayor parte del tiempo cerca del mismo.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo



En algún momento puede ocurrir que aparezca uno o más valores demasiado alejados del promedio

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo



¿Cómo podemos distinguir si esto se produce por la fluctuación natural del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien?

**GRÁFICOS DE CONTROL**

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control. Ejemplo





# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control.

Los gráficos de control se clasifican en dos tipos:

1. Gráficos de control de Variables (la característica de calidad puede medirse y expresarse como un número).
  - La característica de calidad se describe con una medida de tendencia central y una medida de dispersión.
  - Es necesario mantener el control sobre ambas medidas.
2. Gráficos de control de Atributos. Juzgaremos si una unidad de producto es o no conforme si posee ciertos atributos o contando el número de defectos que aparecen en cada unidad de producto.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

## ➤ Gráficos de Control.

Los gráficos de control se clasifican en dos tipos:

### 1. Gráficos de control de Variables

- Control sobre la Media: gráfico de control para medias, o gráfico X.
- Control de la dispersión: gráfico de control de la desviación típica (gráfico S) o con el gráfico de control de rangos (gráfico R).

### 2. Gráficos de control de Atributos.

- Gráficos basados en la distribución Binomial
- Gráficos basados en la distribución Poisson

Será necesario asumir Normalidad, Binomial, Poisson, dependiendo del caso....

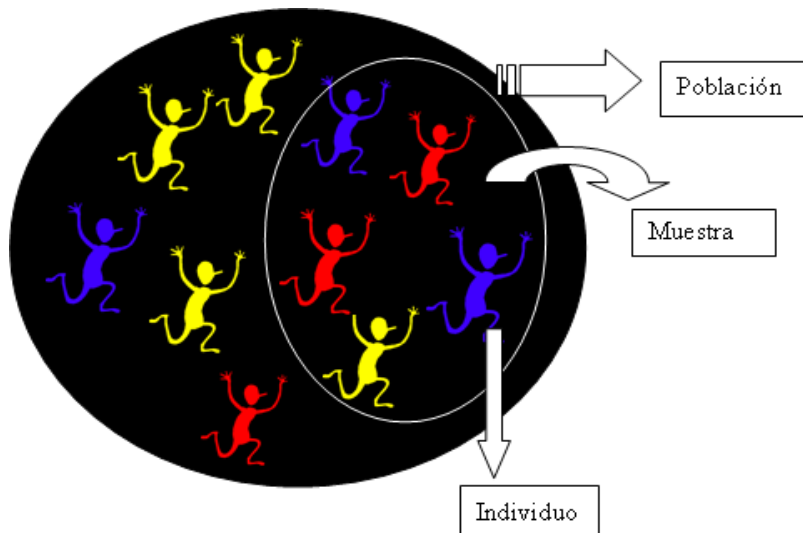
➤ Fundamentos de Estadística

# Estadística Descriptiva

Representaciones Gráficas  
Medidas de síntesis

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

La **población** o colectivo estudiado: conjunto de personas u objetos que se desea investigar.



Razones para tomar muestras:  
tiempo, dinero, accesibilidad, ...

La **muestra**: subconjunto representativo de la población  
(*muestra aleatoria simple*)

Dependiendo del tamaño de la población y del tipo de estudio se trabajará con una muestra o con toda la población

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Tipos de Variables

### Cualitativas

- Nacionalidad
- Raza
- Sexo

### Cuantitativas

- Altura
- Peso
- Edad

## Cuantitativas: DISCRETAS Y CONTINUAS

**Variable discreta** Entre dos valores consecutivos no toma valores intermedios

- Número hermanos
- Número de aciertos en un tipo test
- Número de personas que acuden a un evento

**Variable continua** Toma cualquier valor en un intervalo

- Estatura
- Tiempo conectado a Internet

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Ejemplo

- Un estudio sobre la eficacia de los aerogeneradores, requiere analizar el efecto que tiene la elección de la compañía fabricante del material de las aspas en la potencia generada.  
Se mide la potencia generada en parques donde las características del viento son distintas.

Los datos de los que se dispone responden a:

- Material (A ,B y C)
- Potencia generada (escala 1 al 10)
- Viento (N,S)
- Velocidad del viento (km/h)

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Ejemplo

Material	Potencia	Viento	Velocidad
A	5	N	65
A	6	N	76
C	4	N	112
B	6	S	45
C	7	S	75
A	5	S	54
B	4	N	66
B	5	S	78
...	...	...	...

Cualitativa

Cuantitativa  
Discreta

Cualitativa

Cuantitativa  
Continua

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables cualitativas

### Tablas de Frecuencias

Viento	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas	Porcentaje
N	14	0.47	47%
S	16	0.53	53%
Total	30	1	100%

$X_i$	F.A. $n_i$	F.R. $f_i = n_i/n$	%
$x_1$	$n_1$	$f_1$	$100 * f_1$
$x_2$	$n_2$	$f_2$	$100 * f_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$x_k$	$n_k$	$f_k$	$100 * f_k$

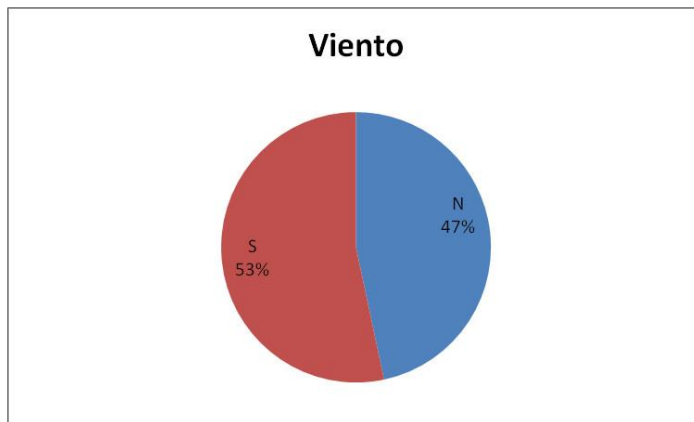
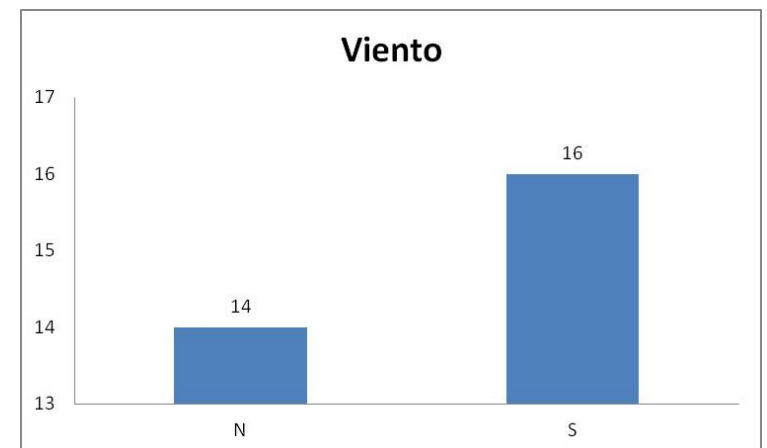


Gráfico de sectores

### Gráfico de barras





# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

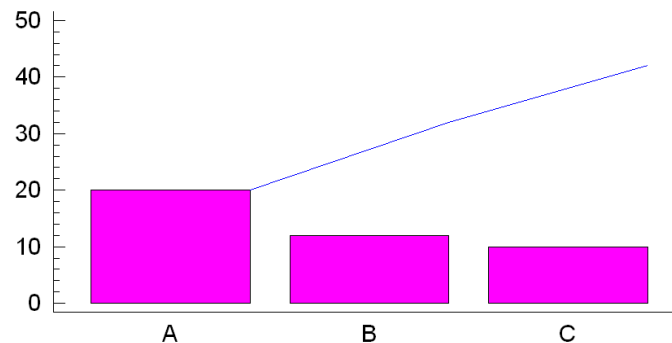
## ➤ Trabajando con variables cualitativas

### Tablas de Frecuencias

Viento	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas	Frecuencias relativas acumuladas
A	20	0.48	0.48
B	12	0.28	0.76
C	10	0.24	1
Total	30	1	1

Si se ordenan las categorías en orden descendiente de frecuencia y se dibuja un diagrama de barras de frecuencias absolutas, añadiendo una línea para mostrar las frecuencias relativas acumuladas, se tiene un **diagrama de Pareto**.

### Diagrama de Pareto



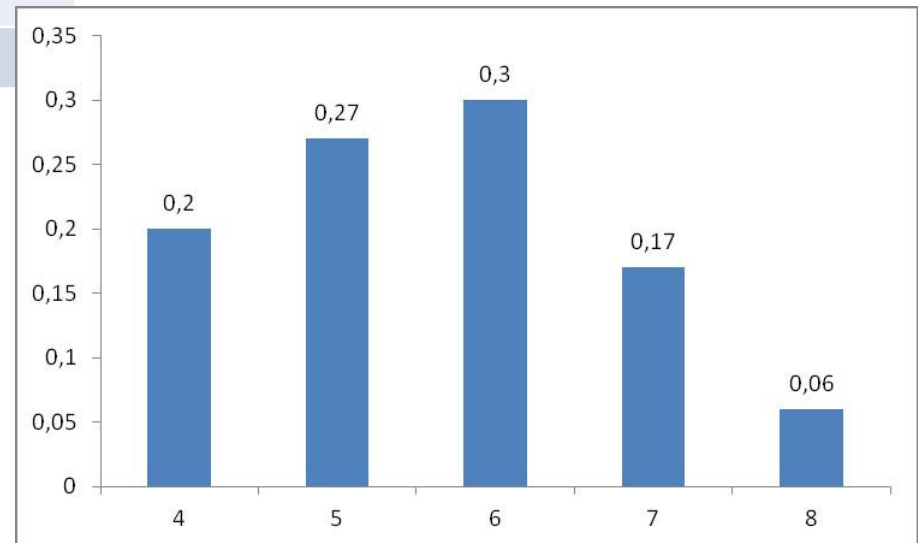
# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables cuantitativas DISCRETAS

### Tablas de Frecuencias

Potencia	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas	Frecuencias absolutas acumuladas	Frecuencias relativas acumuladas
4	6	0.2	6	<b>0.2</b>
5	8	0.27	14	<b>0.47</b>
6	9	0.3	23	<b>0.77</b>
7	5	0.17	28	<b>0.94</b>
8	2	0.06	30	<b>1</b>

Gráfico de barras, sectores, Pareto...

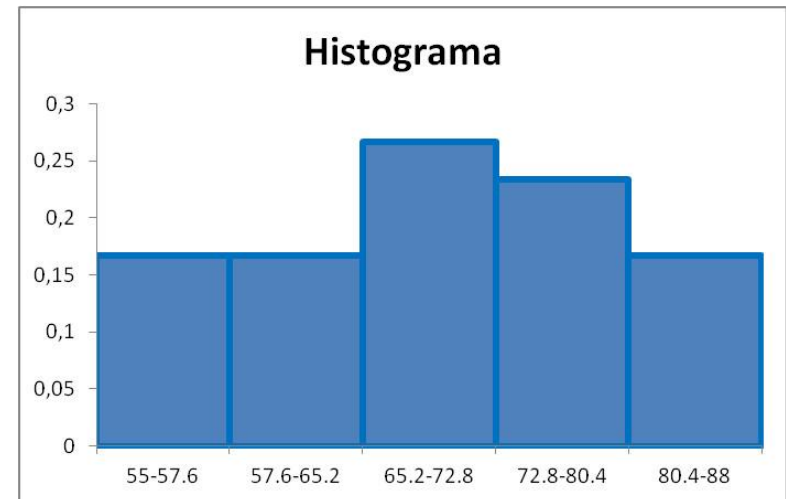


# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables cuantitativas CONTINUAS

### Tablas de Frecuencias

Velocidad	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas
[50,57.6)	5	0.17
[57.6,65.2)	5	0.17
[65.2,72.8)	8	0.26
[72.8,80.4)	7	0.23
[80.4,88)	5	0.17



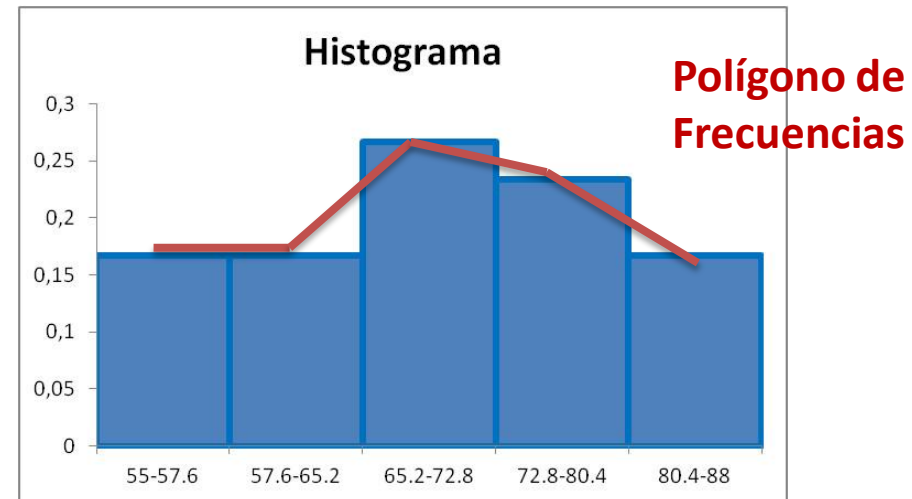
El histograma es un diagrama de barras donde en el eje X se colocan los intervalos y sobre ellos se construyen barras cuya altura sea la frecuencia o la frecuencia relativa del intervalo (las barras se dibujan sin espacio entre ellas).

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables cuantitativas CONTINUAS

### Tablas de Frecuencias

Velocidad	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas
[50,57.6)	5	0.17
[57.6,65.2)	5	0.17
[65.2,72.8)	8	0.26
[72.8,80.4)	7	0.23
[80.4,88)	5	0.17



- En ocasiones, en vez de tomar la frecuencia relativa como altura de las barras, se toma dicha frecuencia relativa como área de las barras.
- El porcentaje de datos que cae dentro de un intervalo es proporcional al área de la barra que se construye sobre ese intervalo.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. Principales Medidas

- Medidas de tendencia central:** Indican valores con respecto a los cuales parecen agruparse los datos.
- Medidas de Posición:** Se trata de valorar de forma relativa cómo es un dato respecto del conjunto global de todos los datos.
- Medidas de Dispersión:** Indican la concentración de los datos con respecto a las medidas de centralización.
- Medidas de Forma:** Muestran la forma de la distribución

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de T. Central**

### Media(aritmética)

$$\bar{x} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_k n_k}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{n} = \sum_{i=1}^k x_i f_i$$

- Para obtenerla es necesario utilizar todos los valores.  $\min(x_i) \leq \bar{x} \leq \max(x_i)$
- Es sensible a valores extremos, por ello no se suele utilizar como medida central de distribuciones muy asimétricas.
- Se expresa en la misma unidad que los datos.

• Linealidad de la media:  $y_i = a + bx_i \Rightarrow \bar{y} = a + b\bar{x}$

En función del tipo de problema se pueden considerar otras generalizaciones de la media: geométrica, armónica...

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de T. Central**

### **Mediana**

- La mediana es el dato que ocupa el lugar central respecto a los datos ordenados (primer valor de la variable que deja por debajo de sí al 50% de las observaciones.)
- En el caso de variables continuas, como las clases vienen dadas por intervalos, la mediana se calcula a partir de las frecuencias absolutas acumuladas, mediante interpolación lineal.
- No se ve afectada por observaciones extremas, ya que no depende de los valores que toma la variable sino del orden de los mismos.
- La media y la mediana tendrán valores similares, salvo cuando existan valores atípicos o cuando el histograma de los datos sea muy asimétrico.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de T. Central**

### Moda

- Es el valor más frecuente de los datos.
- Puede no ser única (*distribución multimodal*)
- Si la variable es continua o discreta con muchos valores, puede que los datos apenas se repitan. En ese caso, se debe agrupar por intervalos y se habla de *intervalo modal*: aquél con mayor frecuencia asociada.



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

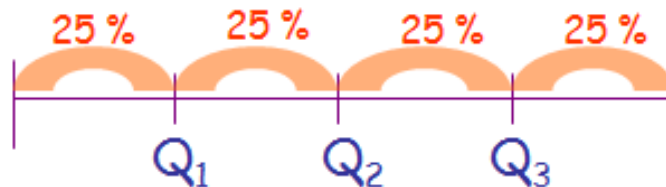
## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Posición**

### Cuantiles: Cuartiles y Percentiles

Se trata de valorar de forma relativa cómo es un dato respecto del conjunto global de todos los datos.

#### Cuartiles.

Son tres valores que, una vez ordenada de menor a mayor la distribución, la dividen en cuatro partes iguales. Es decir, en cuatro intervalos dentro de cada uno de los cuales está contenido un 25% de los valores. Los representaremos por  $Q_r$  con  $r = 1, 2, 3$ .



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Posición**

### Cuantiles: Cuartiles y Percentiles

Se trata de valorar de forma relativa cómo es un dato respecto del conjunto global de todos los datos.

#### Percentiles.

se llama **percentil de orden  $k$  ( $P_k$ )** a la observación que deja por debajo de sí al  **$k\%$**  de la población. Los percentiles dividen a los datos ordenados en 100 partes.

$$Q_1 = P_{25}$$

$$Q_2 = P_{50} = \text{Me}$$

$$Q_3 = P_{75}$$

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Dispersión**

### Rango

Se define como la diferencia entre el mayor y el menor de los valores de la distribución.

$$Rango = \max_{i=1..k}(x_i) - \min_{i=1..k}(x_i)$$

#### Características:

- Es fácil de calcular.
- Tiene la misma unidad de medida que la variable.
- No utiliza todas las observaciones.
- Se puede ver afectado por observaciones extremas.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Dispersión**

### **Varianza**

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i^2 n_i \right) - \bar{x}^2$$

- Cuanto mayor sea la varianza de unos datos, más dispersos, heterogéneos o variables son esos datos.
- Cuanto más pequeña sea una varianza de unos datos, más agrupados u homogéneos son dichos datos.

$$S_c^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i = \left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k x_i^2 n_i \right) - \bar{x}^2$$

**Cuasivarianza**

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Dispersión**

### **Varianza**

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i^2 n_i \right) - \bar{x}^2$$

El principal problema de la varianza es su unidad de medida (la medida de los datos al cuadrado), siendo difícil valorar si una varianza es muy elevada o muy pequeña.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Dispersión**

### **Desviación típica**

Se define como la raíz cuadrada de la varianza (unidad de medida la misma de los datos).

$$S = \sqrt{S^2}$$
$$S_c = \sqrt{S_c^2}$$

**Desviación típica**

**Cuasidesviación típica**

No es recomendable el uso de varianza ni desviación típica, cuando tampoco lo sea el de la media como medida de tendencia central.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Dispersión**

### Coeficiente de variación

Una forma de valorar en términos relativos cómo es de dispersa una variable es proporcionar el cociente entre la desviación típica y la media (en valor absoluto).

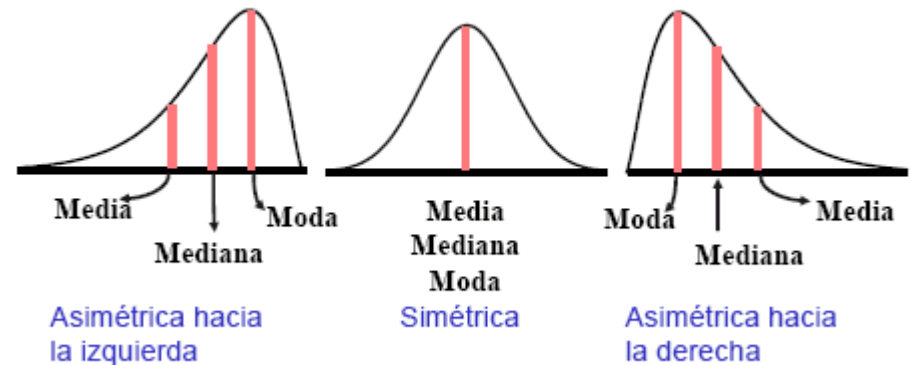
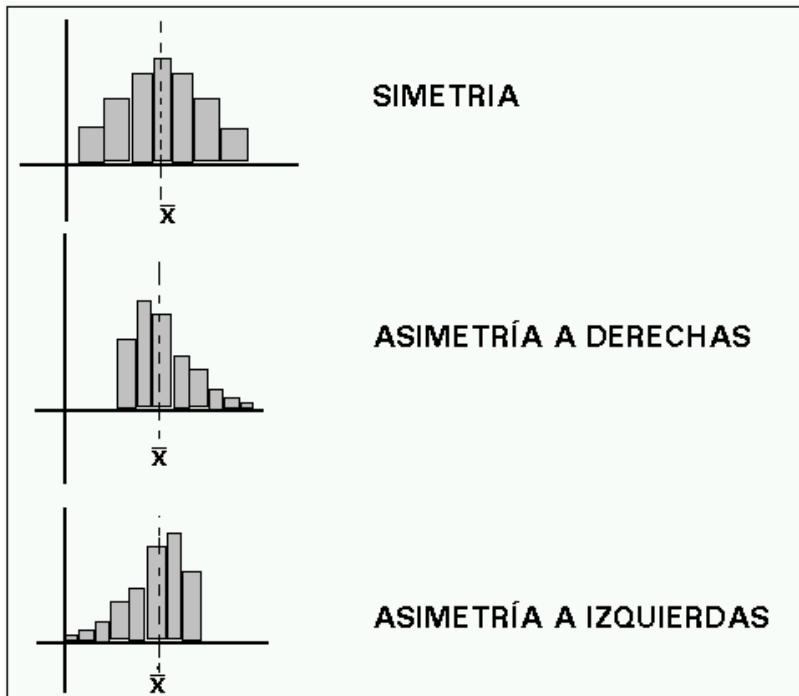
$$C.V. = \frac{S}{|\bar{x}|}$$

- Es una medida adimensional.
- Da información sobre la representatividad de la media. Cuanto más próximo a 0, más representativa será la media.
- Es invariante frente a cambios de escala.
- El C.V. pierde significado cuando la media se aproxima a 0.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. Medidas de Forma

### Coeficientes de Asimetría



$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{S^3} = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^3 n_i}{S^3} = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^3 f_i}{S^3}$$

- Si el coeficiente es igual a 0, la distribución es simétrica.
- Si es  $< 0$ , la distribución es asimétrica por la izquierda.
- Si es  $> 0$ , la distribución es asimétrica por la derecha.



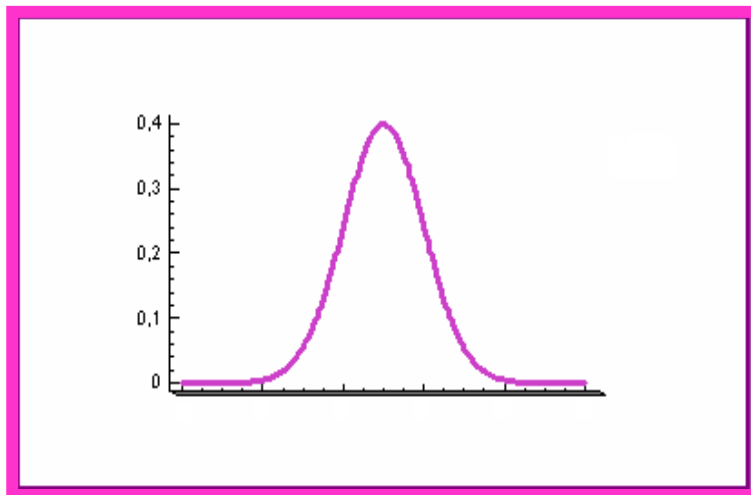
# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Forma**

### **Coeficientes de Curtosis**

Estudia el grado de concentración de frecuencias alrededor de la media.

Es necesario tener una distribución de referencia, la distribución Normal.



- Tiene forma de campana.
- Es simétrica respecto a la media.
- Media, Mediana y Moda coinciden.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Medidas de Forma**

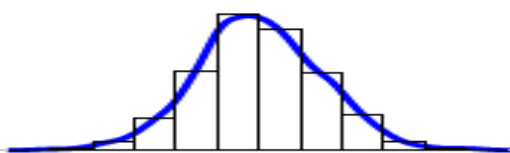
### Coeficientes de Curtosis

$$\gamma_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4}{S^4} - 3 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^4 n_i}{S^4} - 3 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^4 f_i}{S^4} - 3$$

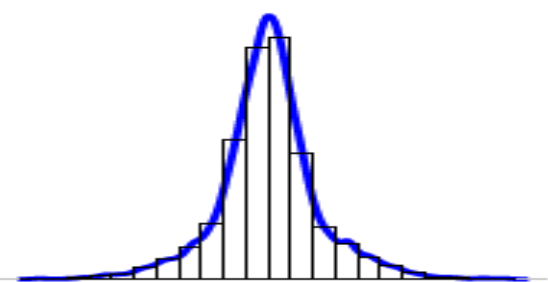
Curtosis < 0



Curtosis = 0



Curtosis > 0



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Análisis exploratorio**

Hay ocasiones en que un conjunto de datos contiene una o más observaciones inconsistentes en algún sentido.

En general, una observación que es inusualmente grande o pequeña en relación con los demás valores de un conjunto de datos se denomina **dato atípico o fuera de rango**.

Estos valores son atribuibles, por lo general, a una de las siguientes causas:

- El valor ha sido introducido en la base de datos incorrectamente.
- El valor proviene de una población distinta a la que estamos estudiando.
- El valor es correcto pero representa un suceso muy poco común.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Análisis exploratorio**

Método 1. Si el histograma tiene forma de campana:

Se considerarán datos atípicos los  $x_i$  que no pertenezcan al intervalo

$$[\bar{x} - 3S_c, \bar{x} + 3S_c]$$

Método 2. Cuartiles

Se consideran datos atípicos:

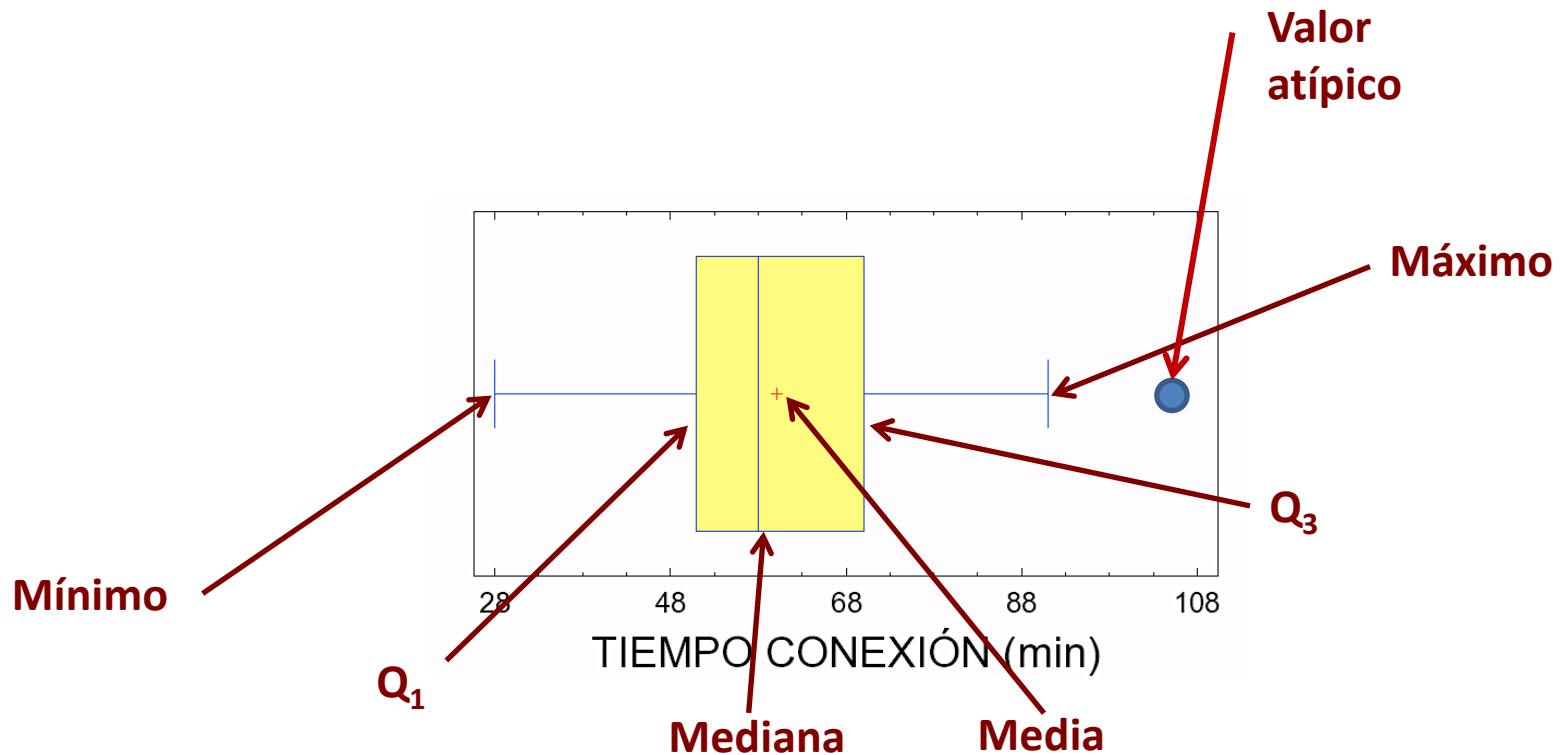
inferiores a  $Q_1 - 1.5 * RI$  o superiores a  $Q_3 + 1.5 * RI$ ,

donde  $RI$  es el rango intercuartílico, definido como  $RI = Q_3 - Q_1$  siendo  $Q_1$  y  $Q_3$  los cuartiles primero y tercero, respectivamente

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

➤ Trabajando con variables CUANTITATIVAS. **Análisis exploratorio**

## Diagrama de caja y bigotes



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 1.

En procesos de llenado de envases es importante controlar el nivel de llenado, ya que la ley exige respetar los contenidos mínimos y por otra parte, el sobrellenado es motivo de altos costes que pueden comprometer la rentabilidad económica de la producción.

Los procesos de llenado de envases suelen estar automatizados. Se coloca un transmisor de dosificación o llenado que envía la señal a una válvula para que esta se abra y cierre.

Los datos a utilizar corresponden al nivel de llenado de botellas de agua mineral de 100 cl.

99.3, 99.5, 99.8, 100.1, 99.7, 99.4, 99.5, 100.0, 100.8, 99.8, 99.5, 99.6

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Libro de Datos  
StatAdvisor  
StatGallery  
StatReporter  
Comentarios del Sta  
StatLog  
Análisis Pareto - Lle

Tamaño del Texto: 4 Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z  
Etiqueta: Fila: Reiniciar

**<sin título>**

	Llenado	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	99,3										
2	99,5										
3	99,8										
4	100,1										
5	99,7										
6	99,4										
7	99,5										
8	100,0										
9	100,8										
10	99,8										
11	99,5										
12	99,6										
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

A B C

s.. s.. s.. s.. s.. A..

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window displays a data table with columns labeled Col\_6 through Col\_11 and rows numbered 1 to 23. The status bar at the bottom indicates "Analiza una columna numérica."

The 'Describir' menu is open, showing options for 'Datos Numéricos' and 'Análisis de Una Variable...'. The 'Análisis de Una Variable...' option is selected, and its sub-menu is visible, listing various statistical analysis options:

- Análisis de Una Variable...
- Análisis Multivariado...
- Análisis de Subgrupos...
- Estadísticas por Filas...
- Transformación de Potencia...
- Límites de Tolerancia Estadística
- Identificación de Valores Atípicos...
- Pruebas de Hipótesis...
- Muestreo Secuencial...

	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	99,3					
2	99,5					
3	99,8					
4	100,1					
5	99,7					
6	99,4					
7	99,5					
8	100,0					
9	100,8					
10	99,8					
11	99,5					
12	99,6					
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window shows a data table with the following values:

	Llenado	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	99,3										
2	99,5										
3	99,8										
4	100,1										
5	99,7										
6	99,4										
7	99,5										
8	100,0										
9	100,8										
10	99,8										
11	99,5										
12	99,6										
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

A dialog box titled "Análisis de Una Variable" is open, showing the variable "Llenado" selected in the "Datos:" field. The "Selección:" field is empty. The dialog box includes a checkbox for "Ordenar nombres de columna" (unchecked) and buttons for "Aceptar", "Cancelar", "Borrar", "Transformar...", and "Ayuda".

The Windows taskbar at the bottom shows the following open applications: Inicio, WebMerlin - C..., STATGRAPHI..., prácticas con ..., INMA, Microsoft Pow..., and Prac\_calidad1... The system clock indicates the time is 12:24.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window displays a data table with the following values in the 'Llenado' column:

	Llenado	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	99,3										
2	99,5										
3	99,8										
4	100,1										
5	99,7										
6	99,4										
7	99,5										
8	100,0										
9	100,8										
10	99,8										
11	99,5										
12	99,6										
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

A dialog box titled 'Tablas y Gráficos' is open, showing the following options:

- TABLAS**
  - Resumen del Análisis
  - Resumen Estadístico
  - Tabla de Frecuencias
  - Percentiles
  - Diagrama de Tallo y Hoja
  - Intervalos de Confianza
  - Prueba de Hipótesis
- GRÁFICOS**
  - Gráfico de Dispersión
  - Gráfico de Caja y Bigotes
  - Histograma
  - Gráfico de Cuantiles
  - Gráfico de Probabilidad Normal
  - Gráfico de Densidad Suavizada
  - Gráfico de Simetría

Buttons: Aceptar, Cancelar, Todos, Almacén, Ayuda.

A callout box on the right lists the following options:

- Resumen Estadístico
- Tabla de Frecuencia
- Gráfico de Caja y bigotes
- Histograma

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z Etiqueta: Fila: Reiniciar

**Análisis de Una Variable - Llenado**

Análisis de Una Variable - Llenado  
 Datos/Variable: Llenado  
 12 valores con rango desde 99,3 a 100,8

**El StatÁdvisor**  
 Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluye procedimientos para intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis. Use los botones de Opciones Tabulares y de Opciones de Ventana para acceder a estos diferentes procedimientos.

**Resumen Estadístico para Llenado**

Recuento	12
Promedio	99,75
Desviación Estándar	0,407877
Coefficiente de Variación	0,408899%
Mínimo	99,3
Máximo	100,8
Rango	1,5
Sesgo Estandarizado	2,34637
Curtosis Estandarizada	2,39238

**El StatÁdvisor**  
 Este tablo muestra los estadísticos de resumen para Llenado. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y...

**Tabla de Frecuencias para Llenado**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acu.
menor o igual	99	99		0	0,0000	0	0,0000
1	99	99,1818	99,0909	0	0,0000	0	0,0000
2	99,1818	99,3636	99,2727	1	0,0833	1	0,0833
3	99,3636	99,5455	99,4545	4	0,3333	5	0,4167
4	99,5455	99,7273	99,6364	2	0,1667	7	0,5833
5	99,7273	99,9091	99,8182	2	0,1667	9	0,7500
6	99,9091	100,091	100,0	1	0,0833	10	0,8333
7	100,091	100,273	100,182	1	0,0833	11	0,9167
8	100,273	100,455	100,364	0	0,0000	11	0,9167
9	100,455	100,636	100,545	0	0,0000	11	0,9167

**Gráfico de Caja y Bigotes**

**Histograma**

**Añadir medidas: Botón derecho/Opciones de Ventana**

**Pulsando dos veces en una ventana, ésta se maximiza o minimiza**

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje X Eje Y Eje Z

Etiqueta: Fila: Reiniciar

### Análisis de Una Variable - Llenado

**Análisis de Una Variable - Llenado**  
 Datos/Variable: Llenado  
 12 valores con rango desde 99,3 a 100,8

**El StatAdvisor**  
 Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluye los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis. Use los botones de Opciones Tabular y de Opciones Gráficas de la barra de herramientas para acceder a estos diferentes procedimientos.

**Media, Mediana, Moda, CV...**

**Opciones Resumen Estadístico**

Promedio  Desviación Estándar  Sbi  5/6 Sextil

Mediana  Coef. de Variación  Mínimo  Rango Intersextil

Moda  Coeficiente de Gini  Máximo  Sesgo

Media Geométrica  Error Estándar  Rango  Sesgo Estd.

Media Armónica  Desviación Estándar Geométrica  Cuartil Inferior  Curtosis

Media Recortada 5 %  Sigma Winsorizada  Cuartil Superior  Curtosis Estd.

Media Winsorizada  Desviación Media Absoluta  Rango Intercuartil  Suma

Varianza  DAM  1/6 Sextil  Suma de Cuadrados

Aceptar Cancelar Todos Ayuda

Resumen	Valor
Recuento	12
Promedio	99,75
Desviación Estándar	0,407877
Coefficiente de Variación	0,408899%
Mínimo	99,3
Máximo	100,8
Rango	1,5
Sesgo Estandarizado	2,34637
Curtosis Estandarizada	2,39238

**El StatAdvisor**  
 Esta tabla muestra los estadísticos de resumen para Llenado. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y:

**Tabla de Frecuencias para Llenado**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acu.
menor o igual		99		0	0,0000	0	0,0000
1	99	99,1818	99,0909	0	0,0000	0	0,0000
2	99,1818	99,3636	99,2727	1	0,0833	1	0,0833
3	99,3636	99,5455	99,4545	4	0,3333	5	0,4167
4	99,5455	99,7273	99,6364	2	0,1667	7	0,5833
5	99,7273	99,9091	99,8182	2	0,1667	9	0,7500
6	99,9091	100,091	100,0	1	0,0833	10	0,8333
7	100,091	100,273	100,182	1	0,0833	11	0,9167
8	100,273	100,455	100,364	0	0,0000	11	0,9167
9	100,455	100,636	100,545	0	0,0000	11	0,9167

Gráfico de Caja y Bigotes

Gráfico de Frecuencia

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z Etiqueta: Fila: Reiniciar

**Análisis de Una Variable - Llenado**

Análisis de Una Variable - Llenado  
Datos/Variable: Llenado  
12 valores con rango desde 99,3 a 100,8

**El StatAdvisor**  
Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incl...  
Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incl...  
Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incl...

**Resumen Estadístico para Llenado**

Recuento	12
Promedio	99,75
Desviación Estándar	0,407877
Coefficiente de Variación	0,408899%
Mínimo	99,3
Máximo	100,8
Rango	1,5
Sesgo Estandarizado	2,34637
Curtosis Estandarizada	2,39238

**El StatAdvisor**  
Este tabla muestra los estadísticos de resumen para Llenado. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad...

**Tabla de Frecuencias para Llenado**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia
1	menor o igual a 99	99	1
2	99	99,1818	4
3	99,1818	99,3636	2
4	99,3636	99,5455	2
5	99,5455	99,7273	1
6	99,7273	99,9091	1
7	99,9091	100,091	1
8	100,091	100,273	0
9	100,273	100,455	0
10	100,455	100,636	1

**Gráfico de Caja y Bigotes**

**Histograma**

**Pulsando dos veces en una ventana, ésta se maximiza o minimiza**

**Cambiar tabla Frecuencias: Botón derecho/Opciones de Ventana**

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: 1 Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z

Etiqueta: Fila: Reiniciar

### Análisis de Una Variable - Llenado

**Análisis de Una Variable - Llenado**  
Datos/Variable: Llenado  
12 valores con rango desde 99,3 a 100,8

**El StatAdvisor**  
Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficos. También incl. procedimiento están los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis. Use los botones de Opciones Tabulares y de Opcion la barra de herramientas para análisis, para acceder a estos diferentes procedimientos.

**Resumen Estadístico para Llenado**

Recuento	12
Promedio	99,75
Desviación Estándar	0,407877
Coefficiente de Variación	0,408399%
Mínimo	99,3
Máximo	100,8
Rango	1,5
Sesgo Estandarizado	2,34637
Curtosis Estandarizada	2,39238

**El StatAdvisor**  
Esta tabla muestra los estadísticos de resumen para Llenado. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y...

**Tabla de Frecuencias para Llenado**

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Rel. Acu.
	menor o igual	99		0	0,0000	0	0,0000
1	99	99,3333	99,1667	1	0,0833	1	0,0833
2	99,3333	99,6667	99,5	5	0,4167	6	0,5000
3	99,6667	100,0	99,8333	4	0,3333	10	0,8333
4	100	100,333	100,167	1	0,0833	11	0,9167
5	100,333	100,667	100,5	0	0,0000	11	0,9167
6	100,667	101,0	100,833	1	0,0833	12	1,0000
	mayor de	101		0	0,0000	12	1,0000

Media = 99,75 Desviación Estándar = 0,407877

**Gráfico de Caja y Bigotes**

**Opciones Tabla...**

Número de Clases: 5 (Aceptar, Cancelar)  
Límite Inferior: 99 (Ayuda)  
Límite Superior: 101 (Mantener)

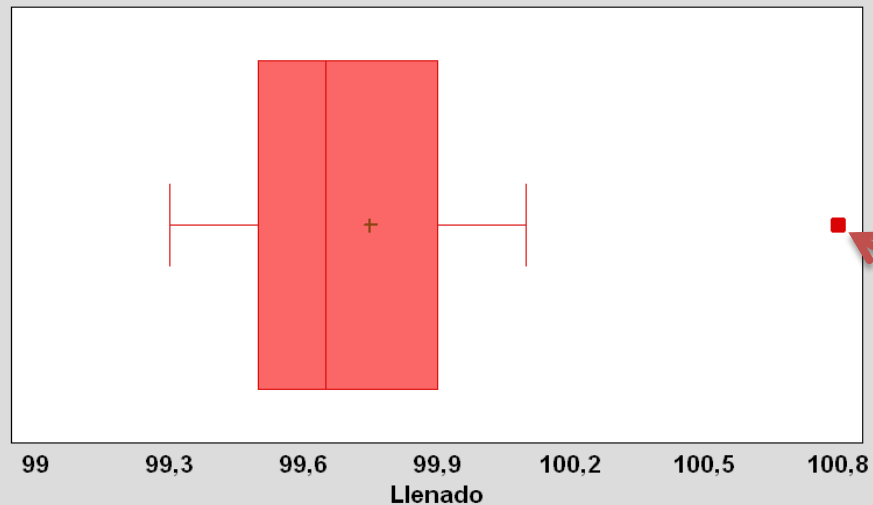
**Histograma**

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 1. Solución

99.3, 99.5, 99.8, 100.1, 99.7, 99.4, 99.5, 100.0, 100.8, 99.8, 99.5, 99.6

Gráfico de Caja y Bigotes



$$\bar{x} = 99.75$$

$$S^2 = 0.166; S = 0.41$$

$$CV = \frac{S}{|\bar{x}|} = 0.41$$

$$Me = 99.65$$

$$Mo = 99.5$$

Valor atípico

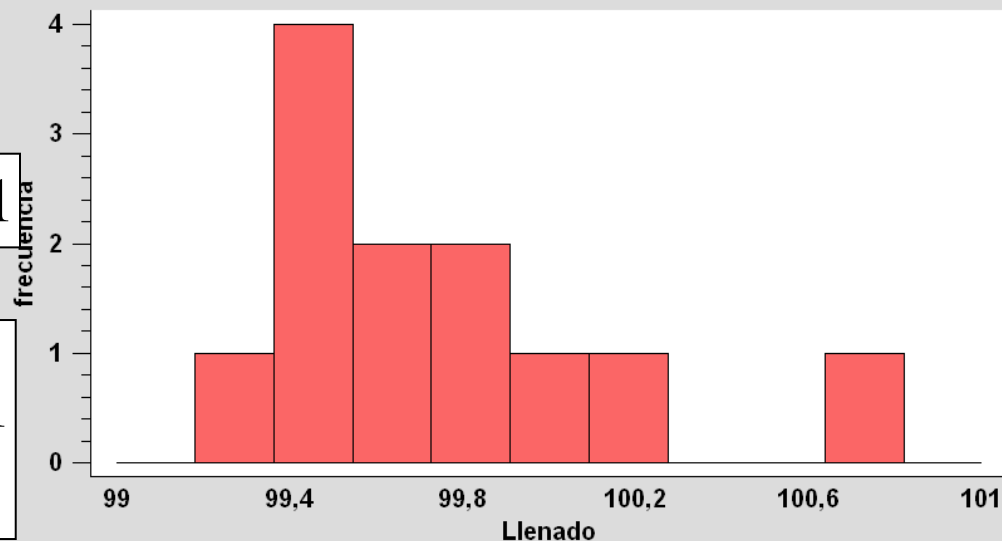
$$x_{\min} = 99.3; x_{\max} = 100.8; Rango = 1.5$$

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 1. Solución

99.3, 99.5, 99.8, 100.1, 99.7, 99.4, 99.5, 100.0, 100.8, 99.8, 99.5, 99.6

Histograma



$$\bar{x} = 99.75$$

$$S^2 = 0.166; S = 0.41$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} = 0.41$$

$$Me = 99.65$$

$$Mo = 99.5$$

$$x_{\min} = 99.3; x_{\max} = 100.8; Rango = 1.5$$



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 2.

Se han examinado una gran cantidad de condensadores, algunos de ellos han resultado defectuosos con relación a 4 tipos de defectos: 1) tener las puntas rotas, 2) tener manchas, 3) tener rallas, 4) otros.

Tipo defecto	recuento
1	18
2	32
3	15
4	20

- Representa el diagrama Pareto
- Construye la tabla Pareto
- ¿Qué tipo de defectos convendría rectificar primordialmente atendiendo a los apartados anteriores? Razona tu respuesta

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Diagrama de Pareto: CEP/Evaluación de Calidad/Análisis de Pareto

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window displays a data table with the following content:

	defecto	recuento	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	1	18									
2	2	32									
3	3	15									
4	4	20									
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

Overlaid on the table is the 'Análisis de Pareto' dialog box. The 'Datos' section has 'Observaciones - Sin Tabular' selected. The 'Etiquetas' field is empty. The 'Ordenar nombres de columna' checkbox is unchecked. Buttons at the bottom include 'Aceptar', 'Cancelar', 'Borrar', 'Transformar...', and 'Ayuda'.

Si los datos vienen dados en  
tablas de frecuencias:  
Recuentos-Tabulados  
(recuento)  
Etiquetas (defecto)

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Diagrama de Pareto: CEP/Evaluación de Calidad/Análisis de Pareto

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window shows a data table with the following content:

	Tipo defecto	recuento	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	1	18									
2	2	32									
3	3	15									
4	4	20									
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

An "Opciones Análisis de Pa..." dialog box is open, showing the "Combinar Clases" section with the following options:

- Ninguna
- Recuentos Menores Que: 2
- Porcentajes Menores Que: 5.0
- Clases Más Pequeñas: 3

Buttons for "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda" are visible. A red box highlights the text "Combinar clases: ninguna" on the right side of the screen.

Windows taskbar at the bottom shows the Start button, taskbar icons for Master, www.est.uc3..., Microsoft Pow..., and STATGRAPHI..., and the system tray with the time 21:14.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Diagrama de Pareto: CEP/Evaluación de Calidad/Análisis de Pareto

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window displays a data table with the following content:

	Tipo defecto	recuento	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1	1	18									
2	2	32									
3	3	15									
4	4	20									
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

A dialog box titled "Tablas y Gráficos" is open, showing options for generating a Pareto chart. The "GRÁFICOS" section has "Diagrama de Pareto" checked and "Diagrama de Pareto Acumulado" unchecked. The "TABLAS" section has "Resumen del Análisis" and "Tabla de Frecuencias" checked. Buttons for "Aceptar", "Cancelar", "Todos", "Almacén", and "Ayuda" are visible.

Tabla de Frecuencias  
Diagrama de Pareto

Inicio Master www.est.uc3... Microsoft Pow... STATGRAPHI... ES 21:16

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Diagrama de Pareto: CEP/Evaluación de Calidad/Análisis de Pareto

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window shows a Pareto chart titled "Gráfica de Pareto para recuento". The y-axis is labeled "frecuencia" and ranges from 0 to 100. The x-axis shows categories 2, 4, 1, and 3. The bars represent frequencies of 32, 20, 18, and 15 respectively. An accumulated curve is overlaid, with cumulative percentages labeled: 37,65% for the first bar, 61,18% for the first two bars, 82,35% for the first three bars, and 100,00% for all bars.

An "Opciones Gráfico..." dialog box is open on the right side of the chart. It contains the following options:

- Dirección:
  - Vertical
  - Horizontal
- Dibuja curva acumulativa
- Mostrar:
  - Porcentaje acumulado
  - Puntuación acumulada
  - Porcentaje de clase
  - Puntuación de clase
  - Ninguno
- Lugares decimales:

Buttons: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

A red-bordered box highlights the "Aceptar" button in the dialog box, with the text "Opciones del Diagrama de Pareto: Botón derecho/opciones de Ventana".

The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, several open applications (prácticas con..., www.mcgraw..., Microsoft Pow..., STATGRAPHI...), and the system tray with the time 9:31.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 3.

Se quiere realizar un control de calidad a los diámetros de las arandelas que salen de una línea de fabricación. Se ha tomado una muestra de 20 arandelas.

Realiza un estudio descriptivo para estudiar si los datos siguen una distribución Normal.

- Histograma
- Media, Mediana, Moda, Varianza
- Simetría y Curtosis
- Estudio de los Cuantiles (Statgraphics)

### Diámetro (cm)

5,01  
5,35  
4,89  
5,72  
5,37  
5,11  
5,22  
4,99  
5,27  
5,25  
5,47  
5,5  
5,01  
5,08  
5,83  
4,68  
4,69  
5,13  
5,69  
5,44

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

Recuento 20

**Promedio 5,235**

**Mediana 5,235**

**Moda 5,01**

Desviación Estándar 0,318954

CV 6,09272%

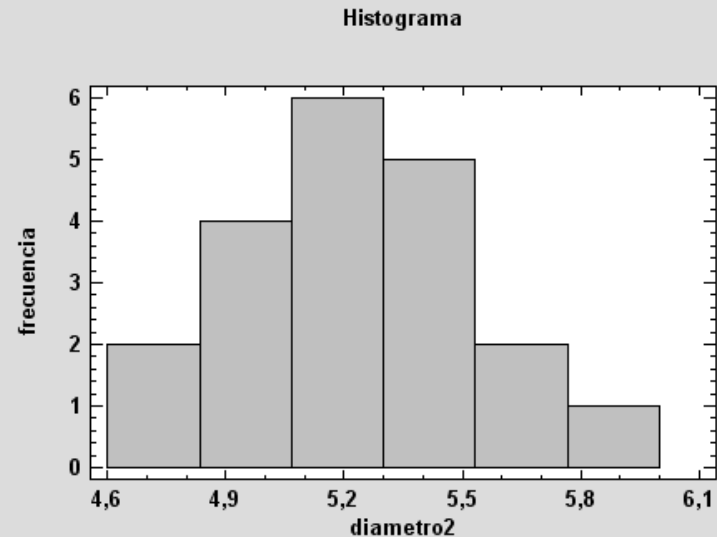
Mínimo 4,68

Máximo 5,83

Rango 1,15

**Sesgo Estandarizado 0,147855**

**Curtosis Estandarizada -0,422592**



Sesgo Estandarizado: coef. Asimetría

Curtosis Estandarizada: Coef. De Curtosis

Si ambos coeficientes están fuera del rango -2 y 2, indicaría desviaciones significativas de la Normal

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## ➤ Y si no hay Normalidad... Transformación de datos

Entre las hipótesis necesarias para realizar los controles de variables se encuentra la Normalidad. ¿Qué podemos hacer si tras realizar un análisis detectamos que los datos no son normales?

### Transformación de Box Cox

Si nuestra variable X no sigue una Distribución Normal, se propone realizar la siguiente transformación:

$$Y = 1 + \frac{(X + \lambda_2)^{\lambda_1} - 1}{\lambda_1 g^{\lambda_1 - 1}}, \quad \lambda_1 \neq 0$$

$$Y = 1 + g \ln(X + \lambda_2), \quad \lambda_1 = 0$$

$$g = \left( \prod (X_i + \lambda_2) \right)^{1/n}$$

Donde g es la media geométrica después de añadirle a los datos  $\lambda_2$

El parámetro  $\lambda_2$  se suele fijar a cero siempre.

Se busca  $\lambda_1$  de modo que se minimice el cuadrado medio del error:

$$ECM = \sum \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejemplo 4.

Se quiere realizar un control de calidad a los diámetros de las arandelas que salen de una línea de fabricación. Se ha tomado una muestra de 17 arandelas.

Realiza un estudio descriptivo para estudiar si los datos siguen una distribución Normal. En caso contrario, realiza una transformación de los datos

Diámetro  
(cm)

1,6  
6,5  
4,5  
0,11  
0,5  
0,14  
0,7  
0,73  
9,10  
9,89  
0,27  
1,59  
1,22  
3,04  
3,33  
0,50  
0,87

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Estadística Descriptiva 1V. Describir/Datos Numéricos/Análisis de Una Variable

Recuento 17

**Promedio 2,62294**

**Mediana 1,22**

**Moda 0,5**

Desviación Estándar 3,11706

CV 118,838%

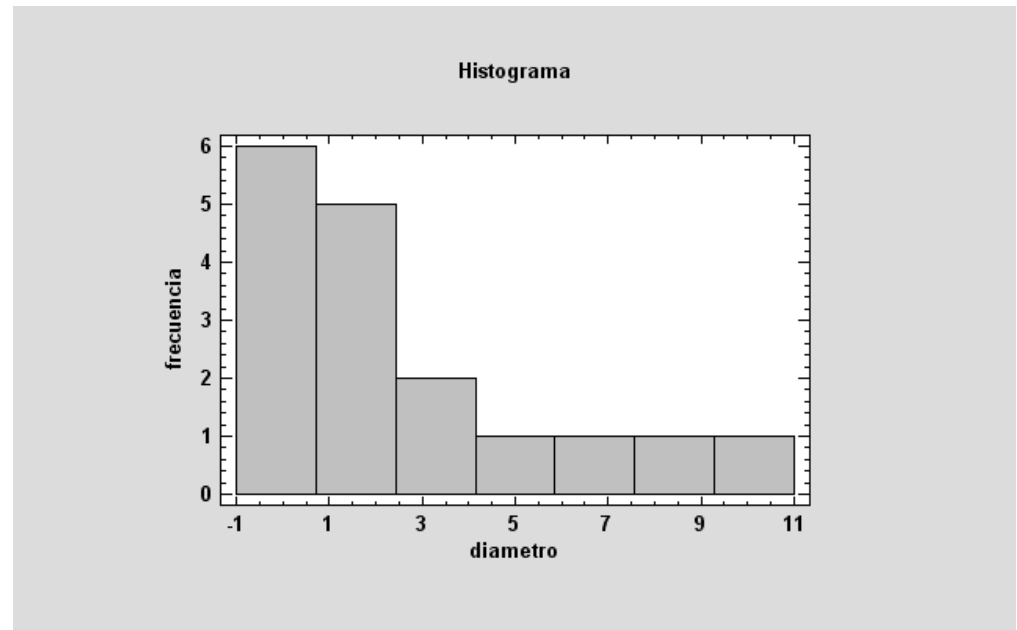
Mínimo 0,11

Máximo 9,89

Rango 9,78

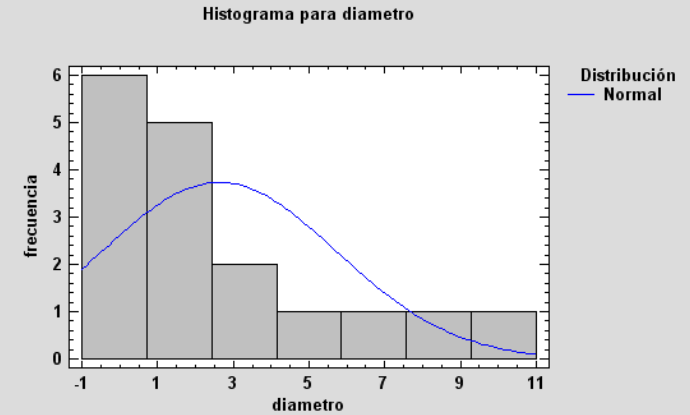
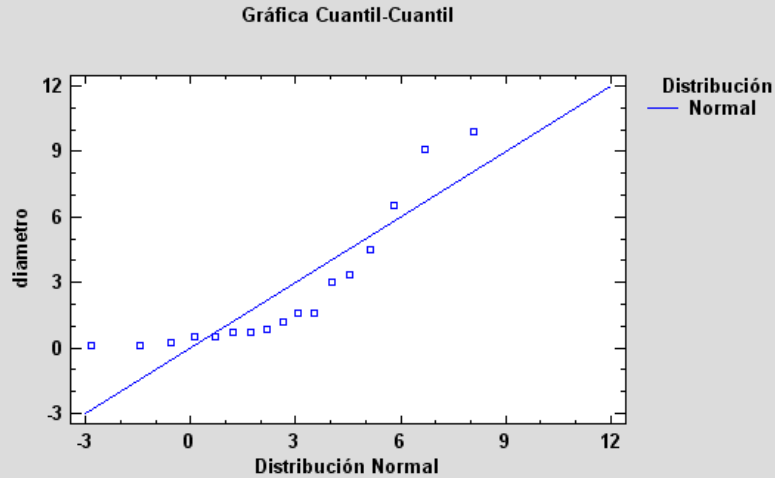
**Sesgo Estandarizado 2,4931**

Curtosis Estandarizada 0,964509



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Describir/Ajuste de Distribuciones/Ajuste de Datos no Censurados



**Vamos a realizar Transformación de Box Cox**

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## TRANSFORMACIÓN DE BOX COX: Describir/Datos Numéricos/Transformación de Potencia

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window displays a data table with the following columns: 'diametro', 'Col\_2', 'Col\_3', 'Col\_4', 'Col\_5', 'Col\_6', 'Col\_7', and 'Col\_8'. The 'diametro' column contains numerical values ranging from 0.60 to 3.04. A dialog box titled 'Opciones Transfo...' is open, showing the following settings:

- Potencia (Lambda1): 1.0
- Cambio (Lambda2): 0.0
- Optimizar

The dialog box also includes buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Ayuda'.

### Para transformación de Box Cox:

- $\lambda_2 = 0$
- Optimizar (busca el mejor  $\lambda_1$ )

Si no marcamos optimizar, debemos poner un valor fijado para  $\lambda_1$

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## TRANSFORMACIÓN DE BOX COX: Describir/Datos Numéricos/Transformación de Potencia

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window shows a data table with the following content:

	dianetro	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5
	Números Aleatorios para Dist. 1				
1	1,60				
2	6,50				
3	4,50				
4	0,11				
5	0,50				
6	0,14				
7	0,70				
8	0,73				
9	9,10				
10	9,89				
11	0,27				
12	1,59				
13	1,22				
14	3,04				
15	3,33				
16	0,50				
17	0,87				
18					
19					
20					
21					

A dialog box titled "Tablas y Gráficos" is open, showing the following options:

- TABLAS
  - Resumen del Análisis
  - Tabla Comparativa CME
  - Pruebas de Normalidad
- GRÁFICOS
  - Gráfico de Probabilidad Normal
  - Gráfico Comparativa CME
  - Gráfico de Sesgo y Curtosis

Buttons: Aceptar, Cancelar, Todos, Almacén, Ayuda.

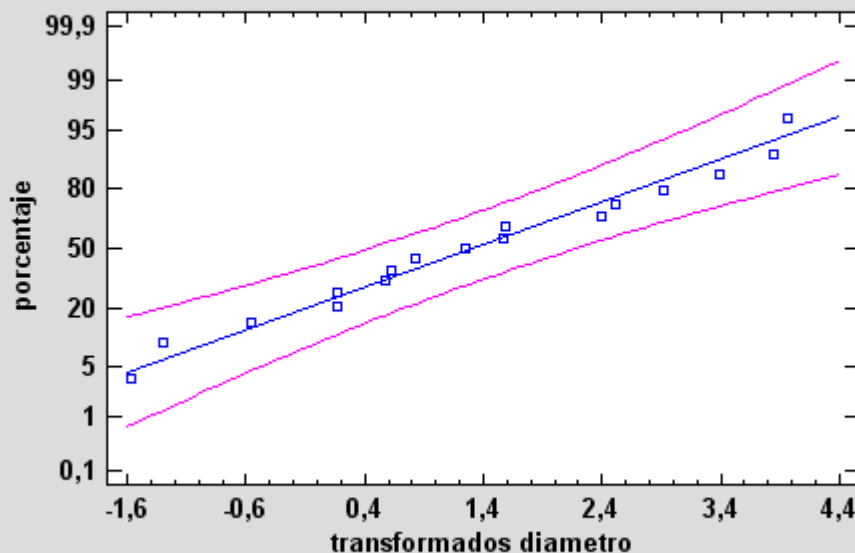
At the bottom of the screen, the Windows taskbar shows the following open applications: Inicio, Master, ppt, www.statgrap..., Master.pptx, STATGRAPHI..., and DISTR\_NORM... The system clock shows 13:06.

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## TRANSFORMACIÓN DE BOX COX:

Describir/Datos Numéricos/Transformación de Potencia

Gráfica Probabilística Normal para transformados diametro  
 $\lambda_1 = 0,046$ ,  $\lambda_2 = 0,0$



### Gráfico de Probabilidad Normal

Si todos los puntos caen en el interior de los límites de confianza del gráfico, es que existe al menos un valor de  $\lambda_1$  que hace que los datos transformados sean Normales.

El valor de  $\lambda_1$  se indica en el gráfico: 0,046

# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

## Ejercicio propuesto 1.

El archivo “checksheet.sgd” contiene información de 166 defectos descubiertos en un proceso de manufactura. Mediante un análisis de Pareto, identifique el 80% de las causas principales de estos defectos.

## Ejercicio propuesto 2.

El archivo “bottles.sgd” contiene la resistencia de explosión de 100 botellas de vidrio medida en libras por pulgadas cuadráticas. Estudiar la normalidad de dicha variable y realizar un análisis estadístico que incluya la identificación de valores atípicos.

## ➤ Fundamentos de Estadística

# Distribuciones de Probabilidad

Distribución Binomial y Poisson  
Distribución Normal



# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## Gráficos de control por atributos:

- Gráficos P y NP: Basados en Distribución **Binomial**
- Gráficos C y U: Basados en Distribución de **Poisson**

## Gráficos de control por variables:

- Gráficos X, S y R: Basados en Distribución **Normal**

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución BINOMIAL. Experimento Bernoulli

A los experimentos aleatorios en los que sólo se pueden dar dos resultados posibles (éxito - fracaso) se denominan experimentos o pruebas de Bernoulli.

### Ejemplos de pruebas de Bernoulli:

- Lanzar un dado y observar si el resultado es par.
- Lanzar una moneda y observar si el resultado es cruz.
- Observar si una pieza fabricada por una determinada máquina es defectuosa.
- Observar si un recién nacido es varón.
- Observar si un accidente de tráfico tiene resultado de muerte.

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución BINOMIAL

Si una prueba de Bernoulli, se realiza consecutivamente  $n$  veces, de forma independiente y siempre en las mismas condiciones que la primera vez puede interesarnos conocer el número total de éxitos conseguidos.

En una prueba de Bernoulli, la variable aleatoria:

$X =$  N° de éxitos aparecidos en  $n$  pruebas.

decimos que sigue una distribución Binomial de parámetros  $n$  y  $p$ .

$$X \rightarrow B(n, p)$$

$p$  : probabilidad de obtener éxito en cada prueba.

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución BINOMIAL

La función de probabilidad de la distribución Binomial viene dada por:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

**n** : número de veces que se realiza el experimento.

**p** : probabilidad de éxito en cada prueba.

**1-p** : probabilidad de fracaso en cada prueba.

**k** : N<sup>o</sup>de éxitos al que queremos calcular la probabilidad.

**¡Atención!** → Rango de k: 0, 1,...,n

La media y la varianza de la distribución Binomial son:

$$E(X) = n p$$

$$\text{Var}(X) = n p(1-p)$$

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución POISSON.

La distribución de Poisson constituye una familia de distribuciones de probabilidad que tienen un papel muy importante en la estadística.

### Situaciones empíricas que se rigen por un comportamiento de tipo Poisson:

- n° de llamadas telefónicas que recibimos en una hora.
- n° de faltas de ortografía que se producen en un texto.
- n° de nacimientos en un día.
- n° de averías de una máquina en un año.

Estas variables describen el número de veces que ocurre un suceso “raro” o “poco frecuente” por unidad de tiempo, longitud, etc.

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución POISSON.

Si llamamos  $\lambda = n^\circ$  medio de ocurrencias del suceso “raro”, por unidad de tiempo, longitud, etc., entonces la variable aleatoria:

$X = N^\circ$  de veces que ocurre un suceso “raro” por unidad de tiempo, longitud, etc.

decimos que sigue una distribución de Poisson de parámetro  $\lambda$ .

$$X \rightarrow P(\lambda)$$
$$\lambda > 0$$

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución POISSON.

La función de probabilidad de la distribución de Poisson viene dada por:

$$P[X = k] = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!}$$

¡Atención! → Rango de k: 0, 1, ...

La media y la varianza de la distribución de Poisson son:

$$E(X) = \lambda$$

$$\text{Var}(X) = \lambda$$

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL

Es el modelo de distribución de probabilidad continua más importante. Son muchos los experimentos y fenómenos que pueden ser modelizados por esta distribución:

- Comportamientos biológicos
- Errores de medida
- Medidas biológicas: alturas, pesos, etc.

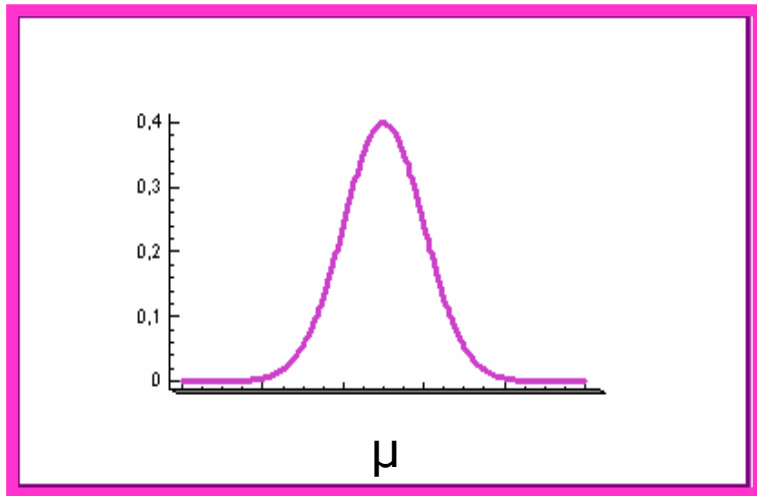
Aplicaciones al Control del Calidad, Marketing y gestión de la producción, entre otros.



# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL

Decimos que una variable aleatoria  $X$  se distribuye según una Normal de media  $\mu$  y de desviación típica  $\sigma > 0$ , si su función de densidad es de la forma:



- Tiene forma de campana.
- Es simétrica respecto la media.
- Toma valores de  $-\infty$  a  $+\infty$ .

Es decir, los valores centrales de la variable se presentan con más frecuencia que los valores extremos

Así por ejemplo, en el caso de los errores de medida, los errores por defecto o por exceso pequeños en valor absoluto se presentan frecuentemente, mientras que los errores grandes, tanto los positivos como los negativos, se observan menos veces.

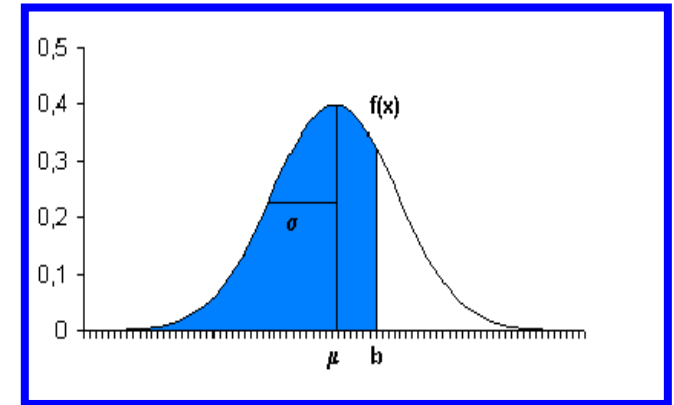
# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL

$$X \rightarrow N(\mu, \sigma)$$

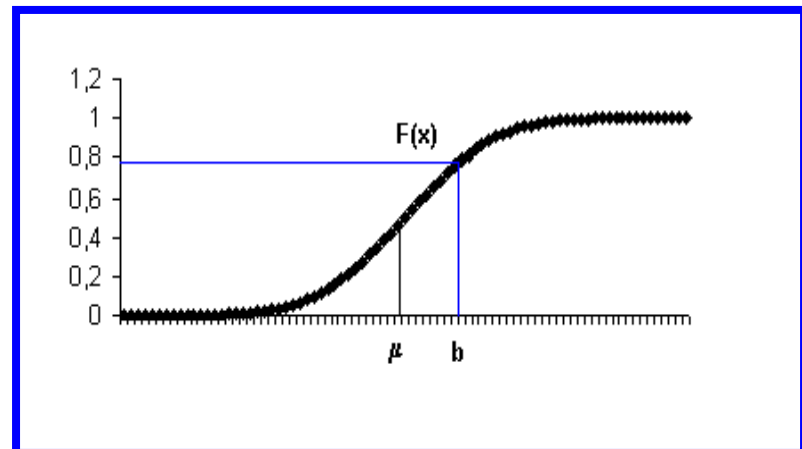
- Tiene dos parámetros:  $\mu$  y  $\sigma$
- La expresión de su función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



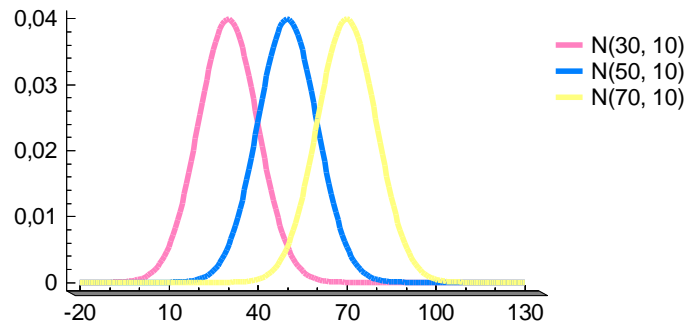
- La media, la moda y la mediana coinciden.

- La función de distribución acumulada se define como  $F(a) = P[X < a]$ .



# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

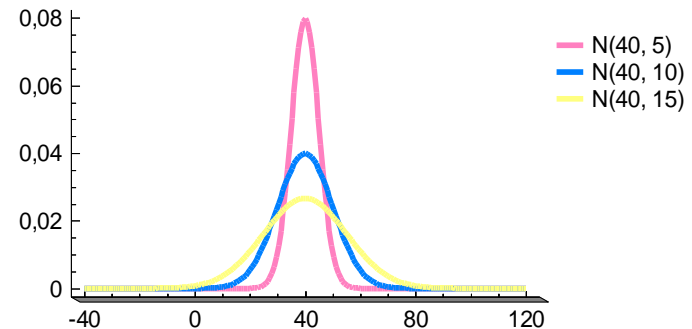
## ➤ Distribución NORMAL



- Si cambiamos el valor medio  $\mu$  la curva se traslada.

- Si  $\sigma$  aumenta, mayor dispersión y la curva se aplatana, menor concentración alrededor de  $\mu$ .

- Si  $\sigma$  disminuye, menor dispersión, más concentración alrededor de  $\mu$ .

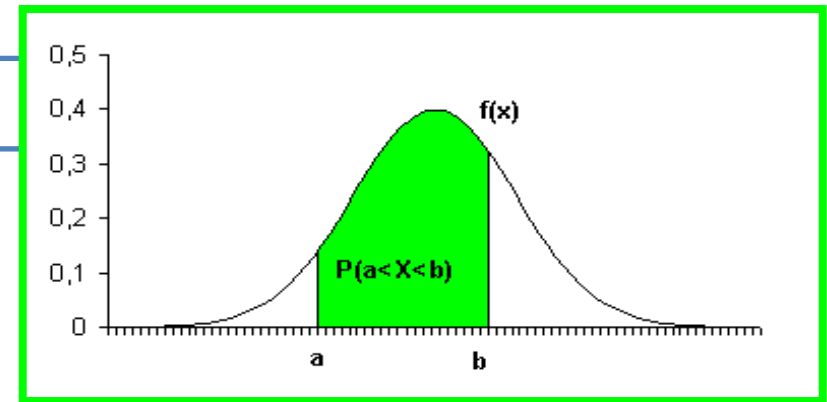


# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL

Para calcular probabilidades:

- Tipificar ó
- Software estadístico



Para calcular probabilidades con la Normal, utilizaremos unas Tablas Estadísticas, donde vienen los valores de la Función de Distribución de la  $N(0, 1)$ .

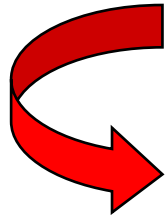
Previamente, habrá que **tipificar** la variable  $N(\mu, \sigma)$  que estemos tratando, es decir, pasar a una  $N(0, 1)$

$$X \rightarrow N(\mu, \sigma) \Rightarrow Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \rightarrow N(0,1)$$

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL. Teorema Central del límite

Sean,  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , una sucesión de  $n$  variables aleatorias independientes



*Hipótesis:* todas las variables están idénticamente distribuidas, es decir, todas tienen la misma función de distribución, la misma ley de probabilidad.

En particular tienen la misma esperanza,  $\mu$ , y la misma desviación,  $\sigma$ .

Bajo estas condiciones:

$$\text{Suma} = \sum_{i=1}^n X_i \xrightarrow[\text{Aprox.}]{n=\infty} N(n\mu, \sqrt{n}\sigma)$$

$$\text{Promedio} = \sum_{i=1}^n X_i / n \xrightarrow[\text{Aprox.}]{n=\infty} N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

Para  $n \geq 30$  la aproximación es mejor

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución NORMAL. Teorema Central del Límite. Aproximaciones

Aproximación de una Binomial por una Normal

Si  $n$  es suficientemente grande y  $np(1-p) > 5$ , entonces:

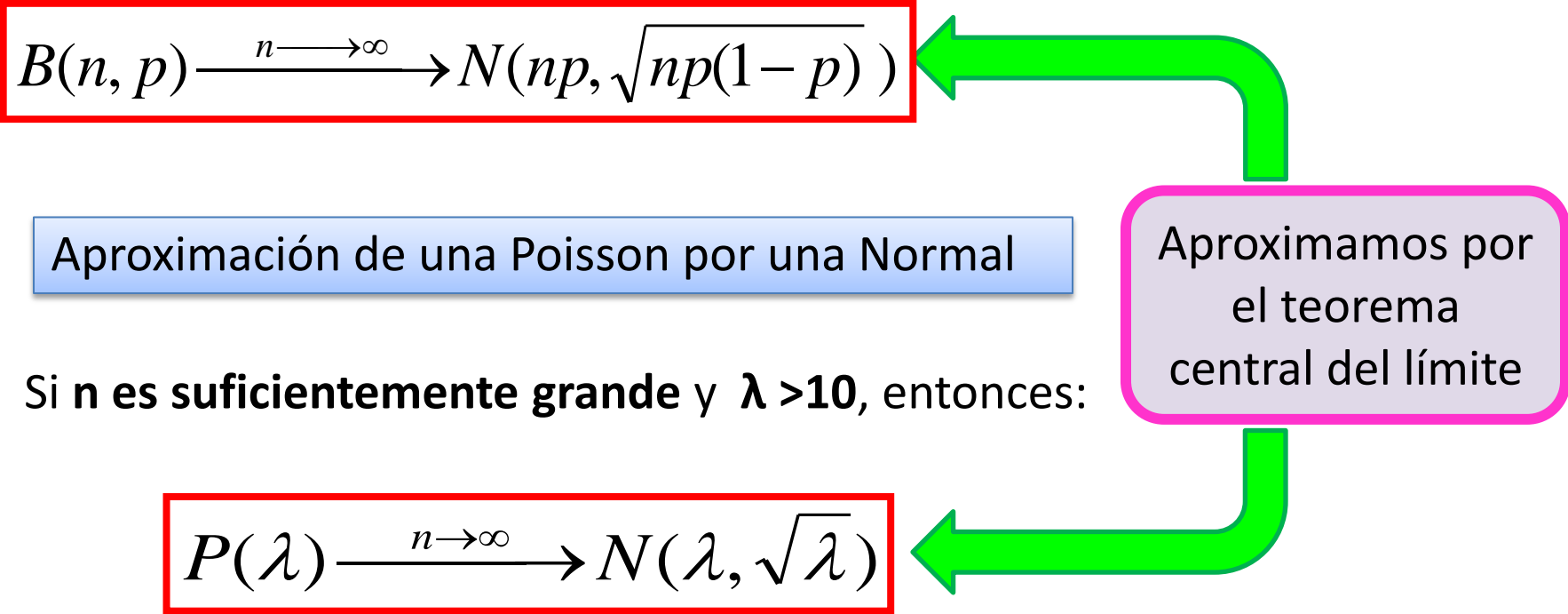
$$B(n, p) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} N(np, \sqrt{np(1-p)})$$

Aproximación de una Poisson por una Normal

Si  $n$  es suficientemente grande y  $\lambda > 10$ , entonces:

$$P(\lambda) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} N(\lambda, \sqrt{\lambda})$$

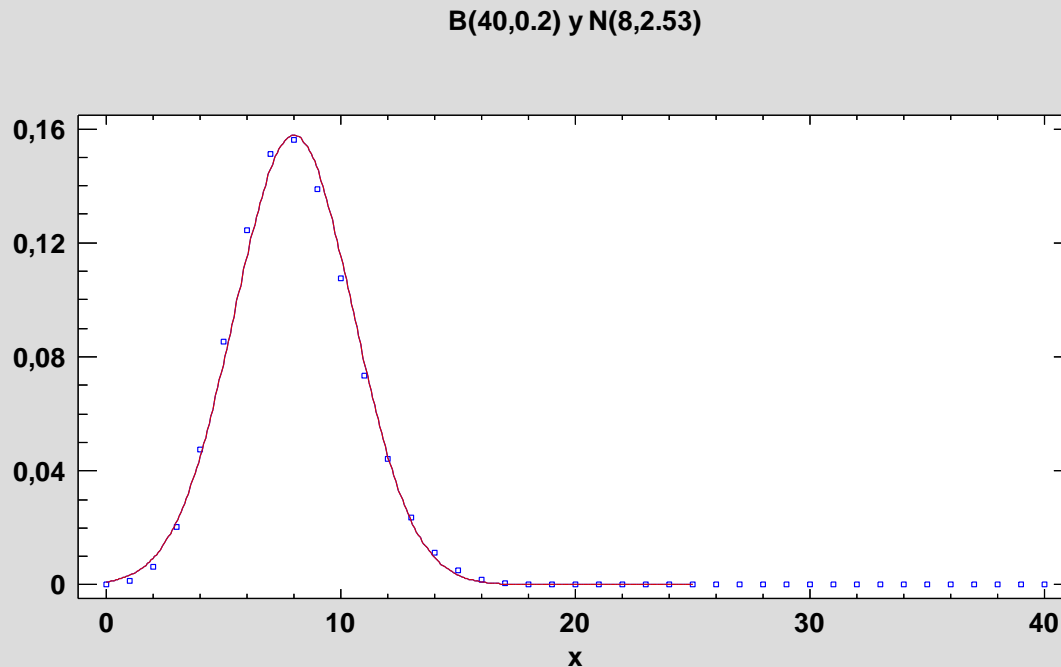
Aproximamos por el teorema central del límite



# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Teorema central del Límite. Ejemplo

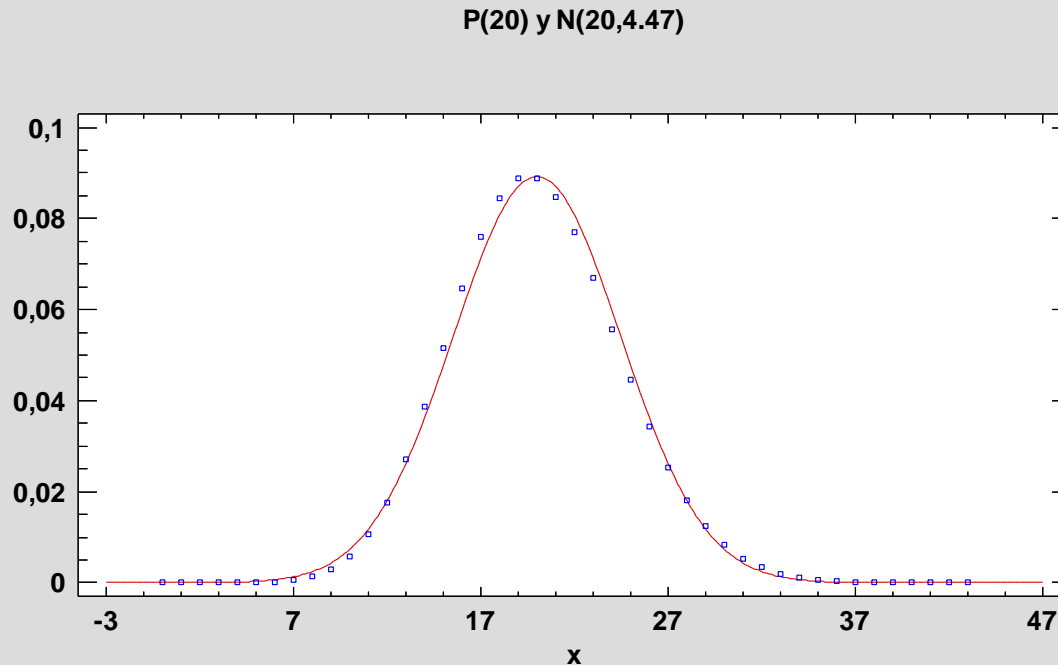
Sea  $X$  una v.a. con distribución Binomial  $B(40, 0.2)$ . Representa la función de masa o probabilidad y compárala con una Normal  $N(8, 2.53)$ .



# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Teorema central del Límite. Ejemplo

Sea  $X$  una v.a. con distribución Poisson  $P(20)$ . Representa la función de masa o probabilidad y compárala con una Normal  $N(20,4.47)$ .





# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución BINOMIAL. Ejemplo

En un proceso de fabricación industrial se producen un 12% de piezas defectuosas. ¿Cuál es la probabilidad de que de un lote de 20 piezas resulten defectuosas 3?

Definimos la variable :  $X = \text{N}^\circ$  de piezas defectuosas en un lote de 20"

$$X \rightarrow B(20;0.12)$$

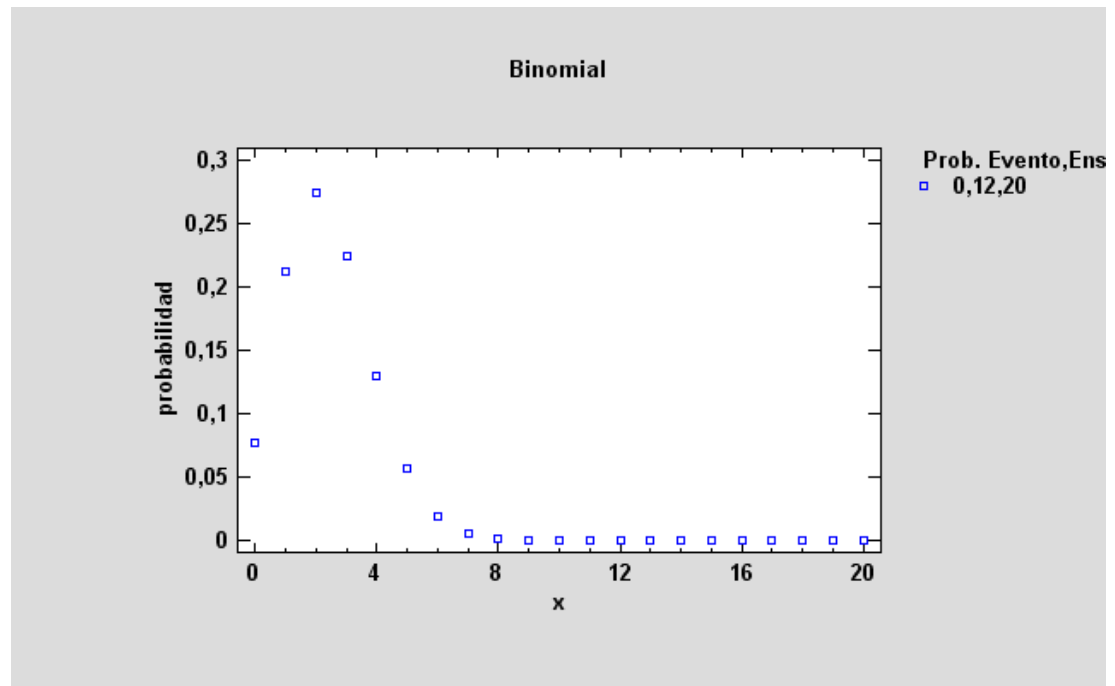
$n : 20$

$p : 0.12$

**Rango:** 0,1,2,3...,20

$k : 3$

Queremos calcular  $P[X=3]$



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window displays a spreadsheet with columns labeled Col\_1 through Col\_11 and rows numbered 1 through 23. A dialog box titled "Distribuciones de Probabilidad" is open, listing various probability distributions. The "Normal" distribution is selected. A callout box with the text "Seleccionamos Distribución" points to the dialog.

**Distribuciones de Probabilidad**

Distribución:

- Bernoulli
- Binomial
- Uniforme Discreta
- Geométrica
- Hypergeométrica
- Binomial Negativa
- Poisson
- Beta
- Beta (4 parámetros)
- Birnbaum-Saunders
- Cauchy
- Chi-Cuadrada
- Erlang
- Exponencial
- Exponencial (2 parámetros)
- Potenciación Exponencial
- F (Razón de Varianzas)
- Normal Plegada
- Gamma
- Gamma (3 parámetros)
- Gamma Generalizada
- Logística Generalizada
- Mitad Normal (2 parámetros)
- Gaussiana Inversa
- Laplace
- Valor Extremo Más Grande
- Logística
- Loglogística
- Loglogística (3 parámetros)
- Lognormal
- Lognormal (3 parámetros)
- Maxwell (2 parámetros)
- Chi-Cuadrada No-Central
- F No-Central
- t No-Central
- Normal
- Pareto
- Pareto (2 parámetros)
- Rayleigh (2 parámetros)
- Valor Extremo Más Chico
- t de Student
- Triangular
- U
- Uniforme
- Weibull
- Weibull (3 parámetros)

Botones: Aceptar, Cancelar, Ayuda

Seleccionamos Distribución

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The title bar reads "STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Graficar", "Describir", "Comparar", "Relacionar", "Pronósticos", "CEP", "DDE", "SnapStats!!", "Statlets", "Herramientas", "Ver", "Ventana", and "Ayuda". The toolbar contains various icons for file operations, editing, and visualization. The main workspace is currently empty. A dialog box titled "Opciones Binomiales" is open, showing input fields for "Prob. Evento" (0,12) and "Ensayos" (20). The dialog also includes "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda" buttons. A white text box on the right side of the workspace contains the text "Introducimos parámetros". The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, several open application windows, and the system tray with the time 13:53.

Introducimos parámetros

**Opciones Binomiales**

Prob. Evento	Ensayos	
0,12	20	Aceptar
		Cancelar
		Ayuda

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStatsII Statlets Herramientas

Tamaño del Texto:  Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z Etiqueta:  Fila:  Reiniciar

### Distribuciones de Probabilidad

**Distribuciones de Probabilidad**

Distribución: Binomial

Parámetros:	Prob. Evento	Ensayos
Dist. 1	0,12	20
Dist. 2		
Dist. 3		
Dist. 4		
Dist. 5		

**El StatAdvisor**

Este procedimiento permite analizar cualquiera de 46 distribuciones de probabilidad. Binomial. Puede crear varias gráficas, calcular áreas de colas y valores críticos. Pueden especificarse hasta cinco pares de parámetros pulsando el botón seguro.

**Distribución Acumulada**

Distribución: Binomial

Área Cola Inferior ( $\leq$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,0				

Probabilidad de Masa ( $=$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,0775628				

Área Cola Superior ( $\geq$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,922437				

**El StatAdvisor**

Esta ventana evalúa la distribución acumulada de la Distribución Binomial. Calculará las áreas de colas para hasta 5 valores críticos de la distribución. También calculará la probabilidad de densidad ó la función de masa. Por ejemplo, el resultado indica que, para la distribución especificada, la probabilidad de obtener un valor menor que 0,0 es 0,0. También, la probabilidad de obtener un valor exactamente igual a 0,0 es 0,0775628.

Use el botón derecho del mouse para seleccionar opciones

**Tablas y Gráficos**

TABLAS

- Resumen del Análisis
- Distribuciones Acumuladas
- Distribuciones Acumuladas Inversas
- Números Aleatorios

GRÁFICOS

- Función de Masa/Densidad
- Distribuciones Acumuladas
- Función de Supervivencia
- Función Logarítmica de Supervivencia
- Función de Riesgo

**Tablas**

- Distribuciones Acumuladas:** Calcular probabilidades.
- Distribuciones Acumuladas Inversas:** Conozco probabilidades. ¿Valor de la variable?

**Gráficos**

- Función de Masa**
- Distribuciones Acumuladas:** Función de distribución

### Tablas

#### 1. Distribuciones Acumuladas:

Calcular probabilidades.

#### 2. Distribuciones Acumuladas

#### Inversas:

Conozco probabilidades. ¿Valor de la variable?

### Gráficos

#### 1. Función de Masa

#### 2. Distribuciones Acumuladas:

Función de distribución

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z Etiqueta: Fila: Reiniciar

### Distribuciones de Probabilidad

**Distribuciones de Probabilidad**  
Distribución: Binomial

Parámetros:	Prob. Evento	Ensayos
Dist. 1	0,12	20
Dist. 2		
Dist. 3		
Dist. 4		
Dist. 5		

**El StatÁdvisor**  
Este procedimiento permite analizar cualquiera de 46 distribuciones de probabilidad. Actualmente, se ha seleccionado la distribución Binomial. Puede crear varias gráficas, calcular áreas de colas y valores críticos, así como generar números aleatorios de la distribución. Pueden especificarse hasta cinco pares de parámetros pulsando el botón secundario del ratón y seleccionando Opciones de Análisis.

**Distribución Acumulada**  
Distribución: Binomial

Área Cola Inferior ( $\leq$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,0				

Probabilidad de Masa ( $=$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,0775628				

Área Cola Superior ( $\geq$ )

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
0	0,922437				

**El StatÁdvisor**  
Esta ventana evalúa la distribución acumulada de la Distribución Binomial. Calculará las áreas de colas para hasta 5 valores críticos de la distribución. También calculará la probabilidad de densidad ó la función de masa. Por ejemplo, el resultado indica que, para la distribución especificada, la probabilidad de obtener un valor menor que 0,0 es 0,0. También, la probabilidad de obtener un valor exactamente igual a 0,0 es 0,0775628.

**Introducir valor de la variable para calcular probabilidad: botón derecho/ opciones de ventana**

Inicio Master ppt www.statgrap... Master.ppbx STATGRAPHI... DISTR\_NORM... ES 13:57

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje X Eje Y Eje Z

Etiqueta: File: Reiniciar

### Distribuciones de Probabilidad

**Distribución Acumulada**  
Distribución: Binomial

Área Cola Inferior (<=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
3	0,563132				

Probabilidad de Masa (=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
3	0,22421				

Área Cola Superior (>=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
3	0,212659				

**El StatAdvisor**  
Esta ventana evalúa la distribución acumulada de la Distribución Binomial. Calculará las áreas de colas para hasta 5 valores críticos de la distribución. También calculará la probabilidad de densidad ó la función de masa. Por ejemplo, el resultado indica que, para la primera distribución especificada, la probabilidad de obtener un valor menor que 3,0 es 0,563132. También, la probabilidad de obtener un valor mayor que 3,0 es 0,212659. La probabilidad de obtener un valor exactamente igual a 3,0 es 0,22421.

Cola Inferior:  $P[X < 3]$   
Cola Superior:  $P[X > 3]$   
Probabilidad de Masa:  $P[X = 3]$

$P[X=3]=0,22421$

Use el botón derecho del mouse para seleccionar opciones

Inicio Master www.statgrap... Master.ppbx STATGRAPHI... DISTR\_NORM... ES 14:00

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución POISSON. Ejemplo

El promedio de llamadas telefónicas atendidas en la centralita de una cierta Facultad es de 36 llamadas por hora. Calcular la probabilidad de que en un periodo de 5 minutos:

- a) Se atiendan 5 llamadas
- b) Se atiendan más de 2 llamadas

**¡Ojo!**

Una variable Poisson queda definida por una determinada unidad de medida y por el término medio de ocurrencias en la misma.



$\lambda = 36$  llamadas / hora  
Llegadas en una hora  $P(36)$



$\lambda = 3$  llamadas / 5 Minutos  
Llegadas en 5 minutos  $P(3)$

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## ➤ Distribución POISSON. Ejemplo

$X$  = "Nº de llamadas atendidas en 5 minutos"

$\lambda$  = nº medio de llamadas atendidas en 5 minutos = 3

a) Probabilidad de que se atiendan 5 llamadas

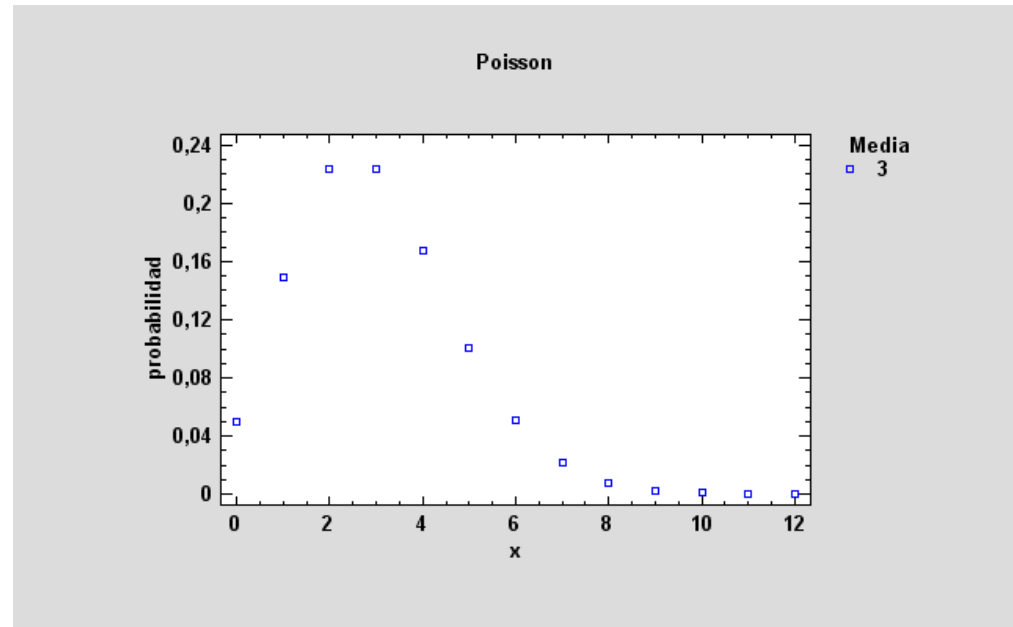
$$X \rightarrow P(3)$$

$$P[X = 5]$$

b) Probabilidad de que se atiendan más de 2 llamadas

$$P[X > 2]$$

Lo resolveremos con Statgraphics





# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. The main window displays a spreadsheet with columns labeled Col\_1 through Col\_11 and rows numbered 1 through 23. A dialog box titled "Distribuciones de Probabilidad" is open, listing various probability distributions. The "Normal" distribution is selected with a radio button. The dialog box has "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda" buttons at the bottom.

**Distribuciones de Probabilidad**

Distribución:

- Bernoulli
- Binomial
- Uniforme Discreta
- Geométrica
- Hypergeométrica
- Binomial Negativa
- Poisson
- Beta
- Beta (4 parámetros)
- Birnbaum-Saunders
- Cauchy
- Chi-Cuadrada
- Erlang
- Exponencial
- Exponencial (2 parámetros)
- Potenciación Exponencial
- F (Razón de Varianzas)
- Normal Plegada
- Gamma
- Gamma (3 parámetros)
- Gamma Generalizada
- Logística Generalizada
- Mitad Normal (2 parámetros)
- Gaussiana Inversa
- Laplace
- Valor Extremo Más Grande
- Logística
- Loglogística
- Loglogística (3 parámetros)
- Lognormal
- Lognormal (3 parámetros)
- Maxwell (2 parámetros)
- Chi-Cuadrada No-Central
- F No-Central
- t No-Central
- Normal
- Pareto
- Pareto (2 parámetros)
- Rayleigh (2 parámetros)
- Valor Extremo Más Chico
- t de Student
- Triangular
- U
- Uniforme
- Weibull
- Weibull (3 parámetros)

Seleccionamos Distribución: Poisson. Media=3

Mismos pasos que con la Binomial

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: [ ] Marcas eje X: Horizontal Eje-X Eje-Y Eje-Z

Etiqueta: [ ] Fila: [ ] Reiniciar

### Distribuciones de Probabilidad

**Distribución Acumulada**  
Distribución: Poisson

Área Cola Inferior (<=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
5	0,815263				
2	0,199148				

Probabilidad de Masa (=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
5	0,100819				
2	0,224042				

Área Cola Superior (>=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
5	0,0839177				
2	0,57681				

**El StatAdvisor**  
Esta ventana evalúa la distribución acumulada de la Distribución Poisson. Calculará las áreas de colas para hasta 5 valores críticos de la distribución. También calculará la probabilidad de densidad ó la función de masa. Por ejemplo, el resultado indica que, para la primera distribución especificada, la probabilidad de obtener un valor menor que 5,0 es 0,815263. También, la probabilidad de obtener un valor mayor que 5,0 es 0,0839177. La probabilidad de obtener un valor exactamente igual a 5,0 es 0,100819.

$P[X=5]=0,100819$   
 $P[X>2]=0,57681$

Use el botón derecho del mouse para seleccionar opciones

Inicio Master ppt www.statgrap... Master.ppbx STATGRAPHI... DISTR\_NORM... ES 14:03

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Distribución NORMAL. Ejemplo

Suponga que un proceso tiene una distribución normal dada tiene una media de 20 y una desviación estándar de 4. Calcule:

$P(X \geq 24)$  y  $P[19 < X < 24]$

$$X \rightarrow N(20,4)$$

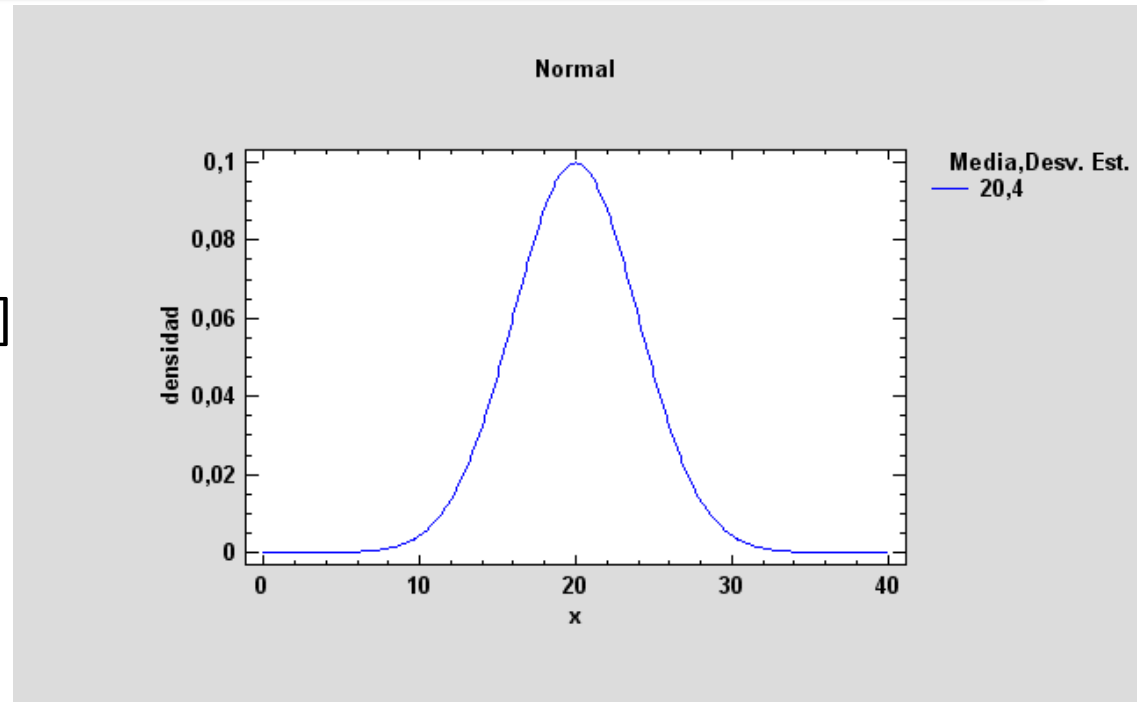
Recuerda que

$$P[19 < X < 24] = P[X < 24] - P[X < 19]$$

Y que

$$P[X = 24] = 0$$

Por ser continua



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Eje-X Eje-Y Eje-Z

Etiqueta: Fila:

<sin título>

Col\_1 Col\_2 Col\_3 Col\_4 Col\_5 Col\_6 Col\_7 Col\_8 Col\_9 Col\_10 Col\_11

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23

**Distribuciones de Probabilidad**

Distribución:

- Bernoulli
- Binomial
- Uniforme Discreta
- Geométrica
- Hypergeométrica
- Binomial Negativa
- Poisson
- Beta
- Beta (4 parámetros)
- Birnbaum-Saunders
- Cauchy
- Chi-Cuadrada
- Erlang
- Exponencial
- Exponencial (2 parámetros)
- Potenciación Exponencial
- F (Razón de Varianzas)
- Normal Plegada
- Gamma
- Gamma (3 parámetros)
- Gamma Generalizada
- Logística Generalizada
- Mitad Normal (2 parámetros)
- Gaussiana Inversa
- Laplace
- Valor Extremo Más Grande
- Logística
- Loglogística
- Loglogística (3 parámetros)
- Lognormal
- Lognormal (3 parámetros)
- Maxwell (2 parámetros)
- Chi-Cuadrada No-Central
- F No-Central
- t No-Central
- Normal
- Pareto
- Pareto (2 parámetros)
- Rayleigh (2 parámetros)
- Valor Extremo Más Chico
- t de Student
- Triangular
- U
- Uniforme
- Weibull
- Weibull (3 parámetros)

Aceptar Cancelar Ayuda

Seleccionamos Distribución: Normal.  
Media=20  
Desviación Estándar=4

Mismos pasos que con la Binomial y Poisson

Inicio Master Master.ppbx Problemas.do... STATGRAPHI... ES 21:20

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Distribuciones. Describir/Ajuste de Distribuciones/Distribuciones de probabilidad

**Distribuciones de Probabilidad**

**Distribución Acumulada**  
Distribución: Normal

Área Cola Inferior (<=)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
19	0,401292				
24	0,841345				

Probabilidad de Densidad

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
19	0,096667				
24	0,0604927				

Área Cola Superior (>)

Variable	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Dist. 4	Dist. 5
19	0,598708				
24	0,158655				

**El StatAdvisor**  
Esta ventana evalúa la distribución acumulada de la Distribución Normal. Calculará las áreas de colas para hasta 5 valores críticos de la distribución. También calculará la probabilidad de densidad ó la función de masa. Por ejemplo, el resultado indica que, para la primera distribución especificada, la probabilidad de obtener un valor menor que 19,0 es 0,401292. También, la probabilidad de obtener un valor mayor que 19,0 es 0,598708. La altura de la función de densidad de probabilidad en 19,0 es 0,096667.

$P[X \geq 24] = 0,158655$   
 $P[19 < X < 24] = 0,841345 - 0,401292$

Use el botón derecho del mouse para seleccionar opciones

Inicio Master www.statgrap... Master.pptx STATGRAPHI... DISTR\_NORM... ES 14:13

# DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

## Ejercicio propuesto 3.

La concentración de plomo de un determinado material sigue una Ley Normal de media 0,22 partes por millón y desviación típica 0,12. Si la concentración en una pieza es de 0.6 o más, se considera muy alta y la pieza se desecha.

- a) ¿Cuál es la probabilidad de que este material tenga una concentración muy alta de plomo?
- b) ¿Entre qué límites se encuentra en 80% central de la concentración de plomo?
- c) ¿De entre 100 piezas seleccionadas independientemente, ¿cuál es la probabilidad de que se desechen más de 10?

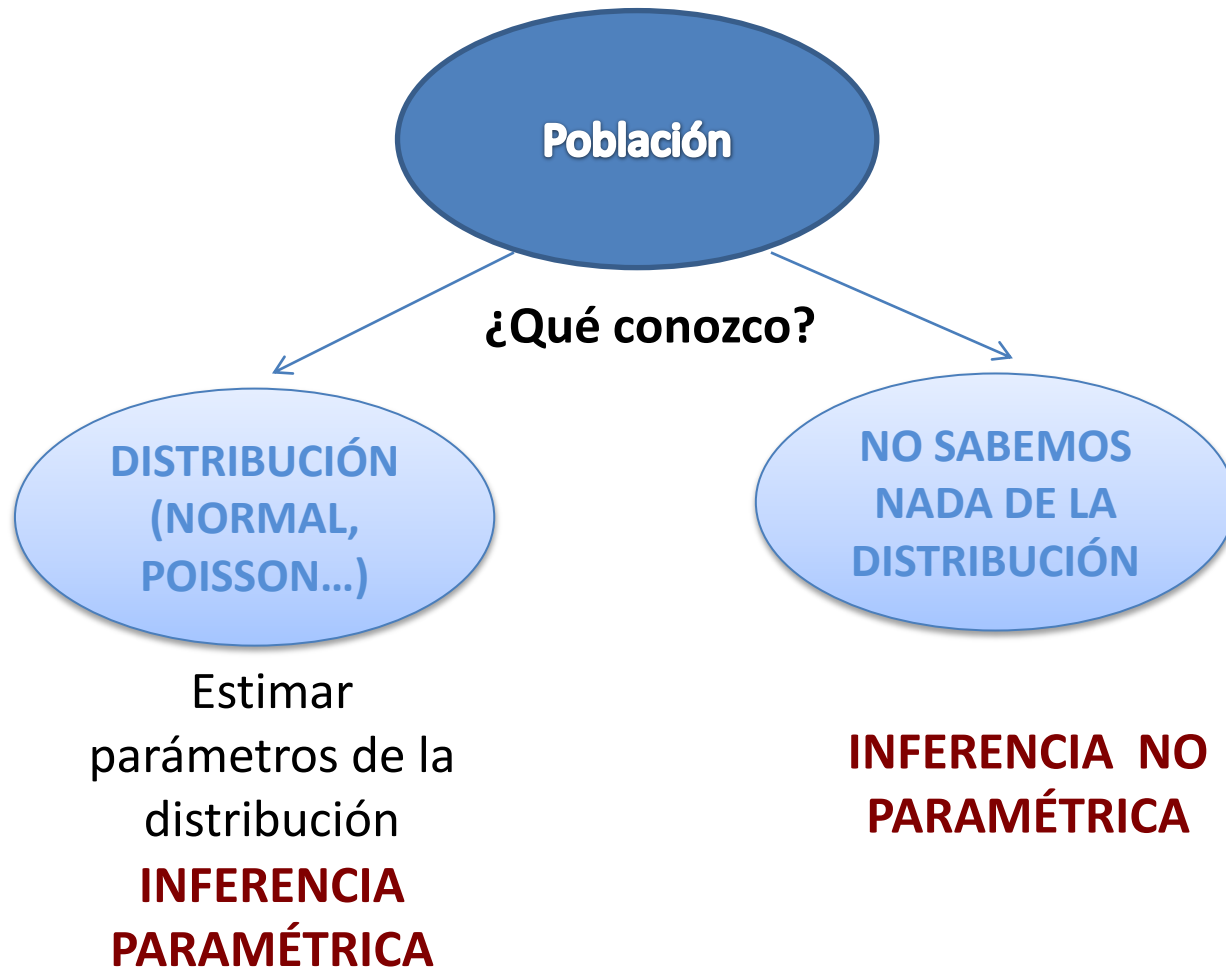
➤ Fundamentos de Estadística

## Inferencia Estadística

Intervalos de Confianza  
Contraste de Hipótesis

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Introducción. Tipos de Inferencia.





# INFERENCIA ESTADÍSTICA

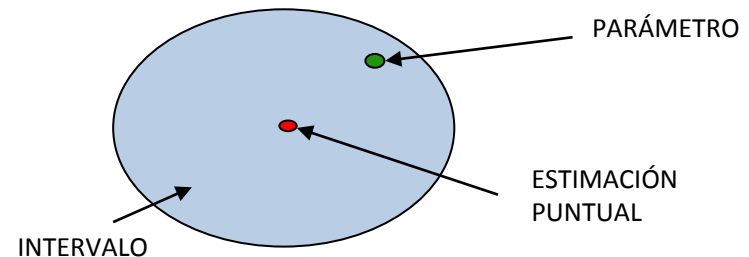
## ➤ Introducción. Técnicas de Inferencia.

La **Inferencia** es el Proceso mediante el cual se utiliza la información de una muestra para extraer conclusiones de la población:

**1. Estimación:** Utiliza la muestra para estimar las características de la población.

a. **Estimación Puntual**

b. **Estimación por Intervalos**



**1. Contraste de Hipótesis:** Emite hipótesis sobre las características de la población y comprueba su veracidad.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Introducción. Técnicas de Inferencia. Ejemplo.

Un ingeniero está interesado en conocer la velocidad media de transmisión de datos a través de un nuevo sistema óptico.

Mide la tasa de transferencia de datos en 20 ocasiones, obteniendo una tasa media de 148 Mbps.

### ESTIMACIÓN PUNTUAL

- 148 Mbps es un **estimador puntual** de la verdadera tasa de transmisión.

### ESTIMACIÓN POR INTERVALOS

- $IC_{95\%}=[145,150]$ : tenemos una **confianza** del 95 % de que el verdadero valor de la velocidad media esté entre 145 y 150 Mbps.

### CONTRASTE DE HIPÓTESIS

- ¿La tasa media de transmisión es como mucho 150 Mbps?

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Introducción. Notación.

El objetivo de la **estimación** de parámetros es proveer de métodos que permitan determinar, con cierta precisión, el valor de los parámetros de un modelo a partir de una muestra extraída de la población.

### En la población

Media poblacional:  $\mu$   
Varianza poblacional:  $\sigma^2$   
Proporción poblacional:  $\pi$

Su  
equivalente



### En la muestra

Media muestral:  $\bar{X}$   
Varianza muestral:  $S^2$   
Proporción muestral:  $p$

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Intervalos de Confianza

En el contexto de estimar un parámetro poblacional, un **intervalo de confianza** es un rango de valores (calculado a partir de una muestra) entre los cuales se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.

$$IC_{1-\alpha}(\mu) = [a, b]$$

$$P(a \leq \mu \leq b) = 1 - \alpha$$

Intervalo de confianza al  $100(1-\alpha)\%$  de confianza para el parámetro  $\mu$ :

Nivel de confianza  $1 - \alpha$

Nivel de significación:  $\alpha$

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Intervalos de Confianza

### Ejemplo

Expresado en términos de probabilidad,

Si el **Intervalo de Confianza al 95%** para la media es I.C.=[ 100, 140],

$$P(100 \leq \mu \leq 140)=0'95 \quad \text{Nivel de confianza: } 0'95$$

En tal caso, la probabilidad de que  $\mu$  no pertenezca a dicho intervalo será de 0'05; ése será por lo tanto el riesgo asumido con esa estimación (**nivel de significación**).

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis. Definiciones.

Una **hipótesis estadística** es una proposición referente a una o varias poblaciones. *Ejemplos: la probabilidad de que salga cara es 0.5, la media poblacional es menor que 9, la varianza poblacional ha aumentado, etc.*

Un **contraste** o **test de hipótesis** es un procedimiento inferencial para decidir cuál de las dos hipótesis debe aceptarse o rechazarse en base a la información obtenida a partir de una muestra.

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Es la hipótesis de partida: generalmente, la que se viene admitiendo como cierta hasta el momento, la más estable o intuitiva.

**Hipótesis que debemos refutar sólo si tenemos una alta evidencia en contra.**

**Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** Es una alternativa a la hipótesis nula que dependerá del contexto.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis. Pasos a seguir en un Contraste

- 1. Hipótesis:** Concretar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y formular una hipótesis alternativa ( $H_1$ )
- 2. Estadístico de Contraste:** Calcular el estadístico de contraste que corresponda a partir de los valores de la muestra.
- 3. Regiones de aceptación y de rechazo.** Construir las regiones de aceptación y de rechazo para una nivel de significación establecido.
- 4. Decisión:** Si el valor del estadístico pertenece a la región de rechazo, habría que rechazar  $H_0$ . Si el estadístico de contraste pertenece a la región de aceptación, habría que aceptar  $H_0$ .
- 5. Conclusión:** Dar respuesta al problema planteado.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis. Tipos.

### Paramétricos

**Promedio de una población:** ¿El consumo medio es menor de 140?

**Proporción poblacional:** ¿El porcentaje de horas con averías es mayor del 10%?

**Desviación típica:** ¿La variabilidad del consumo es menor de 50?

**Comparación de promedios:** ¿El consumo medio es mayor cuando hubo averías?

**Comparación de proporciones:** ¿El porcentaje de horas con averías es mayor cuando estaba encendido el sistema que cuando no?

**Comparación de desviaciones típicas:** ¿La variabilidad del consumo es la misma durante las horas que hubo averías y durante las que no?

### No Paramétricos

**Homogeneidad:** ¿La producción de piezas en diferentes turnos es homogénea?

**Independencia:** ¿Existe relación entre la edad de los empleados y el rendimiento profesional?

**Bondad de ajuste:** ¿Podemos afirmar que el número de defectos en una pieza sigue una distribución Normal?

**Y muchos más...**



# INFERENCIA ESTADÍSTICA

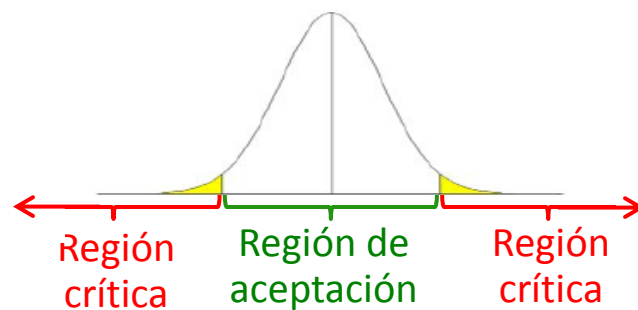
## ➤ Contrastes de Hipótesis **Paramétricos**.

Tipos de Contrastes

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$



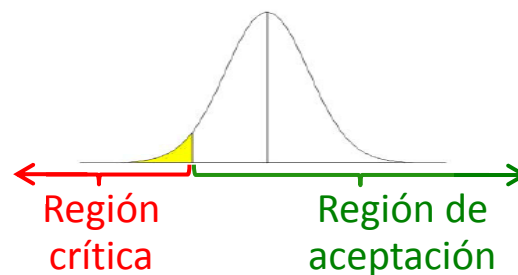
**BILATERALES**



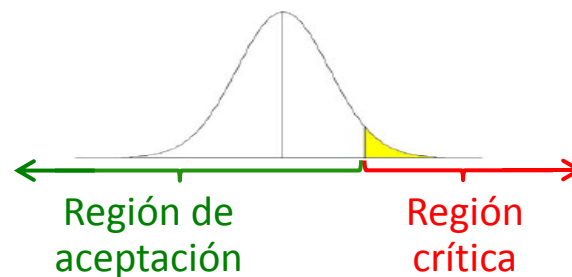
$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu < \mu_0 \end{cases}$$



**UNILATERALES**



$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu > \mu_0 \end{cases}$$



# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis para una población Normal. Ejemplo

Contraste de Hipótesis para **la media**, con **desviación típica conocida**.

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

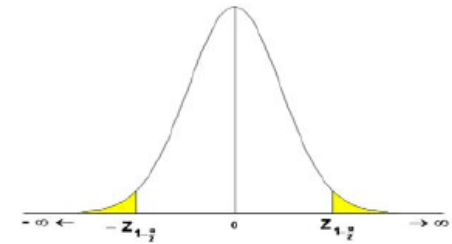
Estadístico de Contraste

$$z_{\text{exp}} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \rightarrow N(0,1)$$

Contrastes Bilaterales:

$$H_1 : \mu \neq \mu_0 \Rightarrow \text{R.C} = \left\{ |z_{\text{exp}}| > z_{1-\alpha/2} \right\}$$

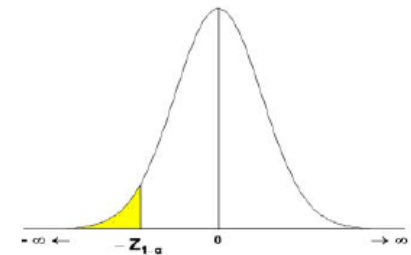
$$\text{P-valor} = 2 * P[Z > |Z_{\text{exp}}|]$$



Contrastes Unilaterales:

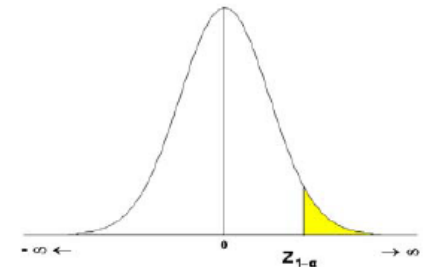
$$H_1 : \mu < \mu_0 \Rightarrow \text{R.C} = \left\{ z_{\text{exp}} < -z_{1-\alpha} \right\}$$

$$\text{P-valor} = P[Z < Z_{\text{exp}}]$$



$$H_1 : \mu > \mu_0 \Rightarrow \text{R.C} = \left\{ z_{\text{exp}} > z_{1-\alpha} \right\}$$

$$\text{P-valor} = P[Z > Z_{\text{exp}}]$$



# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis.

Se denomina **p-valor** o **valor p** a la probabilidad de encontrar un valor más extremo que el obtenido para el estadístico de contraste.

Para un nivel de significación  $\alpha$ :

**Si  $p\text{-valor} \leq \alpha$  , rechazamos  $H_0$**

**Si  $p\text{-valor} > \alpha$  , aceptamos  $H_0$**

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Contrastes de Hipótesis. Errores

	DECISIÓN	
	Acepto $H_0$	Acepto $H_1$
Cierto $H_0$	✓	Error I
Cierto $H_1$	Error II	✓

$\text{Prob}(\text{Error I}) = P(\text{Rechazar } H_0 \mid H_0 \text{ cierta}) = \alpha$   
( $\alpha =$  **nivel de significación** del test)

$\text{Prob}(\text{Error II}) = P(\text{Aceptar } H_0 \mid H_0 \text{ falsa}) = \beta$   
( $1 - \beta =$  **potencia** del test)

# INFERENCIA ESTADÍSTICA.

## ➤ Ejemplo. Intervalos de Confianza.

Se sabe que la tasa de transmisión de datos de un medio óptico es una v.a. que se distribuye según una Normal. Se toma una muestra de tamaño 25 y se obtiene que la velocidad de transmisión media de esa muestra es 151'3 y una varianza de 16 Mbps. Se fija un nivel de significación de 0'02. Obtener un IC para la velocidad de transmisión media. ¿Podemos afirmar que la velocidad de transmisión media es de 150 Mbps al 98% de confianza?

$n=25$ ; Media: 151,3; Varianza: 16; Desviación típica: 4; Nivel de confianza: 98%

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. A dialog box titled "Pruebas de Hipótesis" is open, displaying the following settings:

- Parámetro:  Media Normal
- Hipótesis Nula:
- Media Muestral:  Sigma Muestral:
- Proporción de la Muestra:  Tasa de la Muestra:
- Correlación de la Muestra:
- Tamaño de Muestra:

Buttons: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Summary of test parameters:

- Media Normal.
- Media Muestral: 151,3
- Sigma Muestral: 4
- Tamaño de Muestras: 25
- Hipótesis Nula: 150

The background shows a spreadsheet with columns labeled Col\_1 through Col\_11 and rows numbered 1 through 23. The bottom taskbar shows the Windows Start button and several open applications, including "Master.pptx" and "GIE\_14\_15...". The system clock shows 16:20.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window shows a data table with columns labeled Col\_1 through Col\_11 and rows numbered 1 through 23. A dialog box titled "Opciones Prueba d..." is open, showing the "Hipótesis Alternativa" (Alternative Hypothesis) section with three radio buttons: "No Igual" (selected), "Menor que", and "Mayor que". Below this, the "Alpha" value is set to 5.0% and the "Usar Prueba Z" checkbox is unchecked. A callout box on the right side of the screen contains the text: "Hipótesis Alternativa: No igual" and "Alpha: 2,0".

	Col_1	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											

Opciones Prueba d...  
Hipótesis Alternativa  
 No Igual  
 Menor que  
 Mayor que  
Alpha: 5.0%  Usar Prueba Z  
Aceptar  
Cancelar  
Ayuda

Hipótesis Alternativa: No igual  
Alpha: 2,0

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Eje-X Eje-Y Eje-Z  
Etiqueta: Fil:

### Pruebas de Hipótesis

**Pruebas de Hipótesis**  
Media muestral = 151,3  
Desviación estándar muestral = 4,0  
Tamaño de muestra = 25

Intervalos de confianza del 98,0% para la media:  $151,3 \pm 1,99373$  [149,306;153,294]

Hipótesis Nula: media = 150,0  
Alternativa: no igual  
Estadístico t calculado = 1,625  
Valor-P = 0,117224  
No rechazar la hipótesis nula para  $\alpha = 0,02$ .

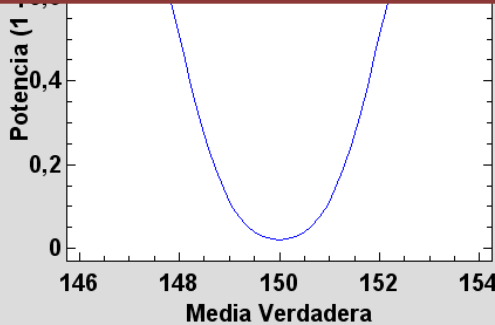
**El StatAdvisor**  
Este análisis muestra los resultados de realizar una prueba de hipótesis relativa a la media ( $\mu$ ) de una distribución normal a ser evaluadas aquí son:

Hipótesis nula:  $\mu = 150,0$   
Hipótesis alterna:  $\mu \neq 150,0$

Dada una muestra de 25 observaciones con una media de 151,3 y una desviación estándar de 4,0, el estadístico t calculado es igual a 1,625. Puesto que el valor-P para la prueba es mayor o igual que 0,02, no puede rechazarse la hipótesis nula con un 98,0% de nivel de confianza. El intervalo de confianza muestra que los valores de  $\mu$  soportados por los datos caen entre 149,306 y 153,294.

**IC (98%)=[149,306;153,294]**

Como 150 pertenece al intervalo, podemos afirmar que la velocidad media es de 150 al 98% de confianza



Inicio Master ppt Clases Master.ppbx GIE\_14\_15... WebMerlin... STATGRAP... ES 16:28



# INFERENCIA ESTADÍSTICA.

## ➤ Ejemplo. Intervalos de Confianza.

Si de un total de 100 piezas han resultado 36 defectuosas, hallar un intervalo de confianza al 95% para la proporción real de piezas defectuosas.

Nivel de confianza:  $1-\alpha = 0'95$ ;  $\alpha=0'05$ ;  $\hat{p} = 0'36$ ;

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window is titled "STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Graficar", "Describir", "Comparar", "Relacionar", "Pronósticos", "CEP", "DDE", "SnapStats!!", "Statlets", "Herramientas", "Ver", "Ventana", and "Ayuda". The toolbar contains various icons for file operations, editing, and visualization. The main workspace is a grid with columns labeled "Col\_1" through "Col\_11" and rows numbered 1 through 23. A dialog box titled "Pruebas de Hipótesis" is open, showing the following settings:

- Parámetro:
  - Media Normal
  - Sigma Normal
  - Proporción Binomial
  - Tasa de Poisson
  - Coeficiente de Correlación
- Hipótesis Nula:
- Media Muestral:  Sigma Muestral:
- Proporción de la Muestra:  Tasa de la Muestra:
- Correlación de la Muestra:
- Tamaño de Muestra:

Buttons: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Text box on the right:

Proporción Binomial.  
Proporción de la Muestra: 0,36  
Tamaño de Muestra: 100  
  
Hipótesis Nula (no es necesaria, dejar 0,5)



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Eje-X Eje-Y Eje-Z  
Etiqueta: Fila: Reiniciar

### Pruebas de Hipótesis

**Pruebas de Hipótesis**  
Proporción de muestra = 0,36  
Tamaño de muestra = 100

Intervalo aproximado del intervalos de confianza del 95,0% para p: [0,266408;0,462122]

Hipótesis Nula: proporción = 0,5  
Alternativa: no igual  
Valor-P = 0,00663712  
Rechazar la hipótesis nula para alfa = 0,05.

**El StatAdvisor**  
Este análisis muestra los resultados de realizar una prueba de hipótesis relativa a la proporción (teta) de una distribución binomial hipótesis a ser evaluadas aquí son:

Hipótesis nula: teta = 0,5  
Hipótesis alterna: teta <> 0,5

En esta muestra de 100 observaciones, la proporción muestral es igual a 0,36. Puesto que el valor-P para la prueba es menor que rechazarse la hipótesis nula con un 95,0% de nivel de confianza. El intervalo de confianza muestra que los valores de teta soportados caen entre 0,266408 y 0,462122.

**IC (95%)=[0,266408;0,462122]**  
alfa = 0,05

Potencia (1 - beta)

Proporción Verdadera

Inicio Master ppt Master.pptx GIE\_14\_15\_T... STATGRAPHI... 10:43

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Ejemplo. Contraste de Hipótesis.

Se admite que un determinado proceso es correcto siempre que la variabilidad, medida por la desviación típica, no supere las 3 unidades. Se dispone de una muestra de tamaño 15, con los siguientes valores: 27, 17, 18, 30, 17, 22, 16, 23, 26, 20, 22, 16, 23, 21, 17

Contrastar la hipótesis de que el funcionamiento es correcto indicando el p-valor, suponiendo que la población está distribuida normalmente y considerando un nivel de significación del 5%.

$$\begin{cases} H_0 : \sigma \leq 3 \\ H_1 : \sigma > 3 \end{cases} \quad \text{A efectos prácticos equivale a contrastar} \quad \begin{cases} H_0 : \sigma = 3 \\ H_1 : \sigma > 3 \end{cases}$$

$$\text{Varianza Muestral} = 18.5714; \quad S = 4.31$$

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Contrastes. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window displays a data table with 13 columns (Col\_1 to Col\_13) and 32 rows. The data in Col\_1 is as follows:

	Col_1	Col_2	Col_3	Col_4	Col_5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10	Col_11	Col_12	Col_13
1	27												
2	17												
3	18												
4	30												
5	17												
6	22												
7	16												
8	23												
9	26												
10	20												
11	22												
12	16												
13	23												
14	21												
15	17												
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

The 'Pruebas de Hipótesis' dialog box is open, showing the following settings:

- Parámetro:  Sigma Normal
- Hipótesis Nula: 3
- Media Muestral: 0,0
- Sigma Muestral: 4,31
- Proporción de la Muestra: 0,5
- Tasa de la Muestra: 1,0
- Correlación de la Muestra: 0,0
- Tamaño de Muestra: 15

Buttons: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Annotations:

- Sigma Normal.
- Sigma Muestral: 4,31
- Tamaño de Muestras: 15
- Hipótesis Nula: 3
- Hipótesis Alternativa: Mayor que
- Alpha: 5,0

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Intervalos. Describir/Datos Numéricos/Pruebas de Hipótesis

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Eje-X Eje-Y Eje-Z

Etiqueta: Fila:

### Pruebas de Hipótesis

**Pruebas de Hipótesis**  
Desviación estándar muestral = 4,31  
Tamaño de muestra = 15  
Límite inferior de confianza del 95,0% para sigma: [3,31365]  
Hipótesis Nula: desviación estándar = 3,0  
Alternativa: mayor que  
Estadístico chi-cuadrado calculado: 28,8102  
Valor-P = 0,0107936  
Rechazamos la hipótesis nula para alfa = 0,05.

**El StatAdvisor**  
Este análisis muestra los resultados de realizar una prueba de hipótesis relativa a la desviación estándar. Las dos hipótesis a ser evaluadas aquí son:  
Hipótesis nula: sigma = 3,0  
Hipótesis alterna: sigma > 3,0  
Dada una muestra de 15 observaciones con una desviación estándar de 4,31, el estadístico chi-cuadrado que el valor-P para la prueba es menor que 0,05, puede rechazarse la hipótesis nula con un 95,0% de confianza. Dado que los valores de sigma soportados por los datos son mayores o iguales que 3,31365.

Use el botón derecho del mouse para seleccionar opciones

Inicio Master ppt Master.pptx GIE\_14\_15\_T... STATGRAPHI... ES 12:13

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## ➤ Ejemplo. Contraste de Hipótesis.

Se quiere realizar un control de calidad a los diámetros de las arandelas que salen de una línea de fabricación. Se ha tomado una muestra de 20 arandelas.

Comprobar mediante un contraste si se trata de una distribución Normal.

### Diámetro (cm)

5,01  
5,35  
4,89  
5,72  
5,37  
5,11  
5,22  
4,99  
5,27  
5,25  
5,47  
5,5  
5,01  
5,08  
5,83  
4,68  
4,69  
5,13  
5,69  
5,44



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Describir/Ajuste de Distribuciones/Ajuste de Datos no Censurados

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window title is "STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Graficar", "Describir", "Comparar", "Relacionar", "Pronósticos", "CEP", "DDE", "SnapStatsII", "Statlets", "Herramientas", "Ver", "Ventana", and "Ayuda". The toolbar contains various icons for file operations, editing, and visualization. The main workspace is currently empty.

A dialog box titled "Opciones Ajuste de Distribuciones" is open, showing a list of probability distributions. The "Normal" distribution is selected, indicated by a red circle around its checkbox. The dialog box is divided into several sections:

- Distribución:** A grid of checkboxes for various distributions. The "Normal" checkbox is checked and circled in red.
- Ensayos Binomiales:** Includes a "Tamaño de Muestra n:" field with the value "100" and buttons for "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".
- Ensayos Hipergeométricos:** Includes a "Tamaño de Muestra n:" field with the value "100" and radio buttons for "Estimar N" (selected) and "Especificar N".
- Ensayos Binomiales Negativos:** Includes a "Tamaño de Muestra n:" field with the value "10" and radio buttons for "Estimar k" (selected) and "Especificar k".
- Parámetros de Umbral Extendido:** Includes radio buttons for "Estimar" (selected) and "Especificar inferior/superior", with input fields for "0.0" and "1.0".

The Windows taskbar at the bottom shows the "Inicio" button, several open application windows, and the system tray with the date "ES" and time "10:36".

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Describir/Ajuste de Distribuciones/Ajuste de Datos no Censurados

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje X Eje Y Eje Z

Etiqueta: Fila: Reiniciar

**Tablas y Gráficos**

TABLAS	GRÁFICOS
<input checked="" type="checkbox"/> Resumen del Análisis	<input checked="" type="checkbox"/> Trazas de Densidad
<input type="checkbox"/> Pruebas de Normalidad	<input type="checkbox"/> Gráfico de Simetría
<input checked="" type="checkbox"/> Pruebas de Bondad de Ajuste	<input checked="" type="checkbox"/> Histograma
<input type="checkbox"/> Áreas de Cola	<input type="checkbox"/> Gráfico de Cuantiles
<input type="checkbox"/> Valores Críticos	<input type="checkbox"/> Gráfico Cuantil-Cuantil
<input type="checkbox"/> Límites de Tolerancia Normales	<input type="checkbox"/> Funciones de Distribución 1
<input type="checkbox"/> Límites de Distribución Libre	<input type="checkbox"/> Funciones de Distribución 2
<input type="checkbox"/> Comparación de Distribuciones Alternas	

Aceptar  
Cancelar  
Todos  
Almacén  
Ayuda

- Resumen de Análisis
- Pruebas de Bondad de Ajuste
- Pruebas de Normalidad
- Histograma
- Gráfico Cuantil-Cuantil

Inicio Master www.mcgraw... Master.ppbx Adobe Acroba... STATGRAPHI... ES 10:37

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## Describir/Ajuste de Distribuciones/Ajuste de Datos no Censurados

**STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título**

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats!! Statlets Herramientas Ver

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Eje X Eje Y Eje Z  
Etiqueta: Fila: Reiniciar

### Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados) - Col\_1

**Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk**  
Pruebas realizada para determinar si la variable puede modelarse con una Normal.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,976685	0,857692

**Pruebas de Bondad de Ajuste para Col\_1**  
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

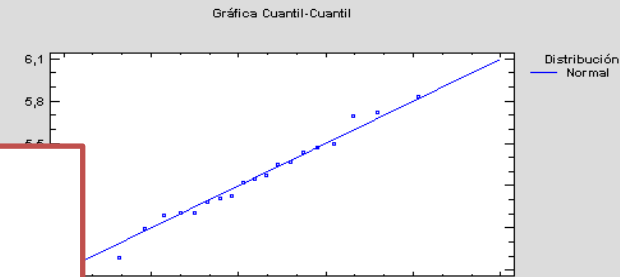
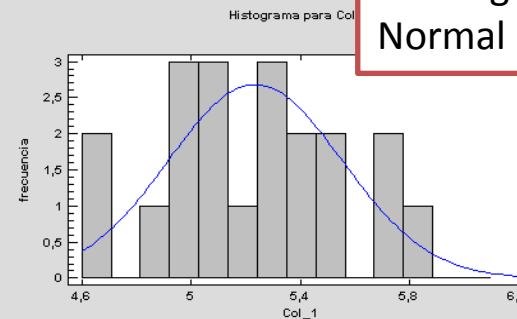
	Normal
DMAS	0,0790001
DMRMS	0,0751433
DN	0,0790001
Valor-P	0,999638

**Como Valor P > 0.05, NO se rechaza que los datos sigan una distribución Normal**

**Prueba de Bondad de Ajuste: Kolmogorov o Chi cuadrado**  
Con el botón derecho/opciones de ventana puedes elegir uno u otro.

### Histograma:

Podemos cambiar el número de intervalos con el botón derecho. Se representa conjuntamente con el gráfico de densidad de la Normal



### Gráfico Cuantil-Cuantil:

Si los puntos se aproximan a la recta, la variable se puede modelar como una Normal.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## Ejercicio propuesto 1.

Una fábrica de pilas y baterías sospecha en su control de calidad que hubo defectos en la producción de un modelo de batería para teléfonos móviles, lo que disminuía su tiempo de duración. Hasta ahora, el tiempo de duración en conversación era de 300 minutos. Sin embargo, en la inspección del último lote producido, antes de enviarlo al mercado, se obtuvo que de una muestra de 60 baterías, el tiempo medio de duración en conversación fue 290 minutos con una desviación típica igual a 10 minutos. Suponiendo que ese tiempo sigue siendo Normal, ¿se puede concluir, a través de un contraste de hipótesis, que las sospechas del control de calidad son ciertas a un nivel de significación del 3%?

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## Ejercicio propuesto 2.

Un fabricante de detergente líquido está interesado en la uniformidad de la máquina que utiliza para llenar las botellas. De manera específica, es deseable que la desviación típica del proceso de llenado sea menor que 0.01, de otro modo existe un porcentaje de botellas mayor que el deseable con un contenido menor de detergente. Supóngase que la distribución del volumen de llenado es aproximadamente Normal. Al tomar una muestra aleatoria de 20 botellas se obtiene una desviación muestral de 0.0153. ¿Tiene el fabricante problemas en el proceso de llenado de las botellas? Realizar un contraste de hipótesis con un nivel de significación del 5%.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## Ejercicio propuesto 3.

La proporción de defectos en un proceso de fabricación antes del ajuste a una de las máquinas que intervienen en el proceso era de un 20% de piezas defectuosas. Tras el ajuste, se ha tomado una muestra de 500 piezas, de las cuales 75 eran defectuosas. A partir de un contraste de hipótesis adecuado, decida si después del ajuste de la máquina se ha disminuido la proporción de piezas defectuosas, con un nivel de significación del 5%.

# INFERENCIA ESTADÍSTICA

## Ejercicio propuesto 4.

Ciertas piezas de una máquina tienen una duración media de 1940 horas. Variando uno de los materiales componentes, una muestra de 100 piezas ha dado una vida media de 2000 horas con desviación típica de 150 horas. A través de un intervalo de confianza del 90%, ¿podemos decir que se ha producido un cambio significativo en la vida media de las piezas?

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Control de Procesos por Atributos

### Gráficos basados en la Distribución Binomial

Gráfico P  
Gráfico NP

### Gráficos basados en la Distribución de Poisson

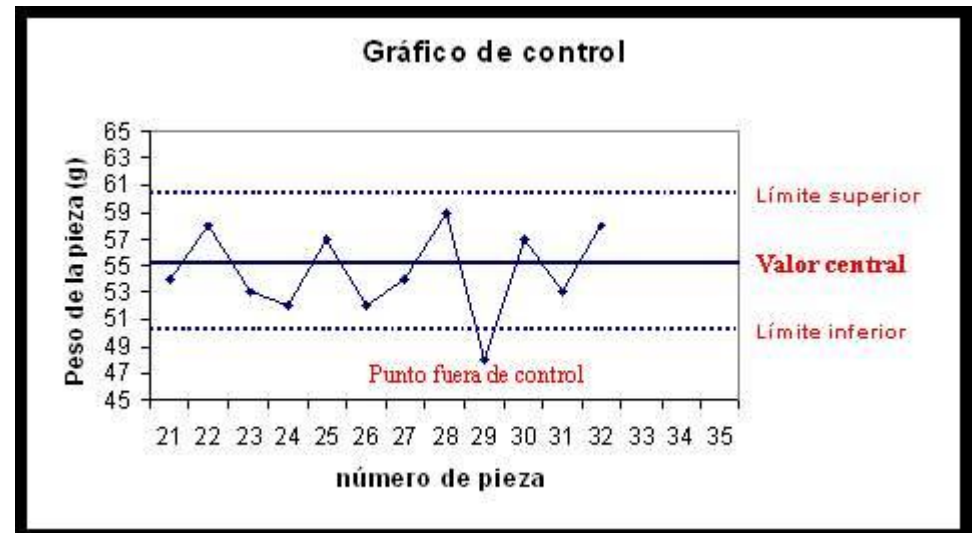
Gráfico C  
Gráfico U



# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control

En un gráfico de control se representa gráficamente una característica de calidad  $T$ , medida o calculada a partir de muestras del producto, en función de las diferentes muestras.



- La gráfica tiene una línea central que simboliza el **valor medio** de la característica de calidad.
- Otras dos líneas son **los límites superior e inferior de control**, que flanquean a la anterior a una distancia determinada.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control

Un punto que se encuentra fuera de los límites de control se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control.



La determinación de los límites de control se basa en conceptos y resultados estadísticos.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control. Relación con contrastes

El gráfico de control no es más que un contraste de hipótesis en el que podemos considerar como hipótesis nula  $H_0$  el hecho de que el proceso está bajo control estadístico.



- Si un punto está entre los límites de control equivale a no poder rechazar la hipótesis nula  $H_0$ .
- Si un punto está fuera de los límites de control equivale al rechazo de la hipótesis del control estadístico.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control. Relación con Contrastes

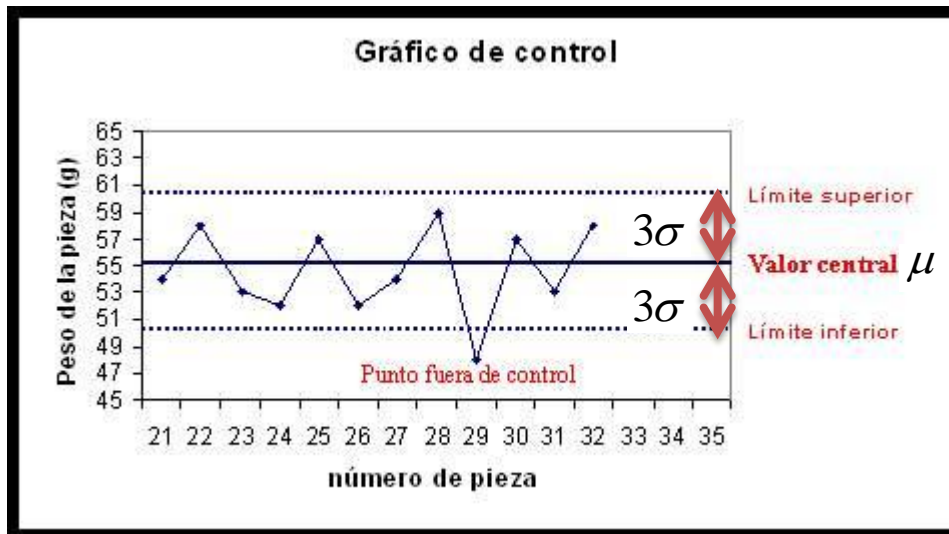
La selección de los límites de control equivale pues a determinar la **región crítica** para probar la hipótesis nula  $H_0$  de que el proceso está bajo control estadístico



- Alejando dichos límites de la línea central se reduce  $\alpha$  (o probabilidad de cometer un error de tipo I: que un punto caiga fuera de los límites de control sin que haya una causa especial), si bien también se eleva con ello  $\beta$  (o riesgo de cometer un error tipo II: que un punto caiga entre dichos límites cuando el proceso se encuentra en realidad fuera de control)

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control



Suele utilizarse:

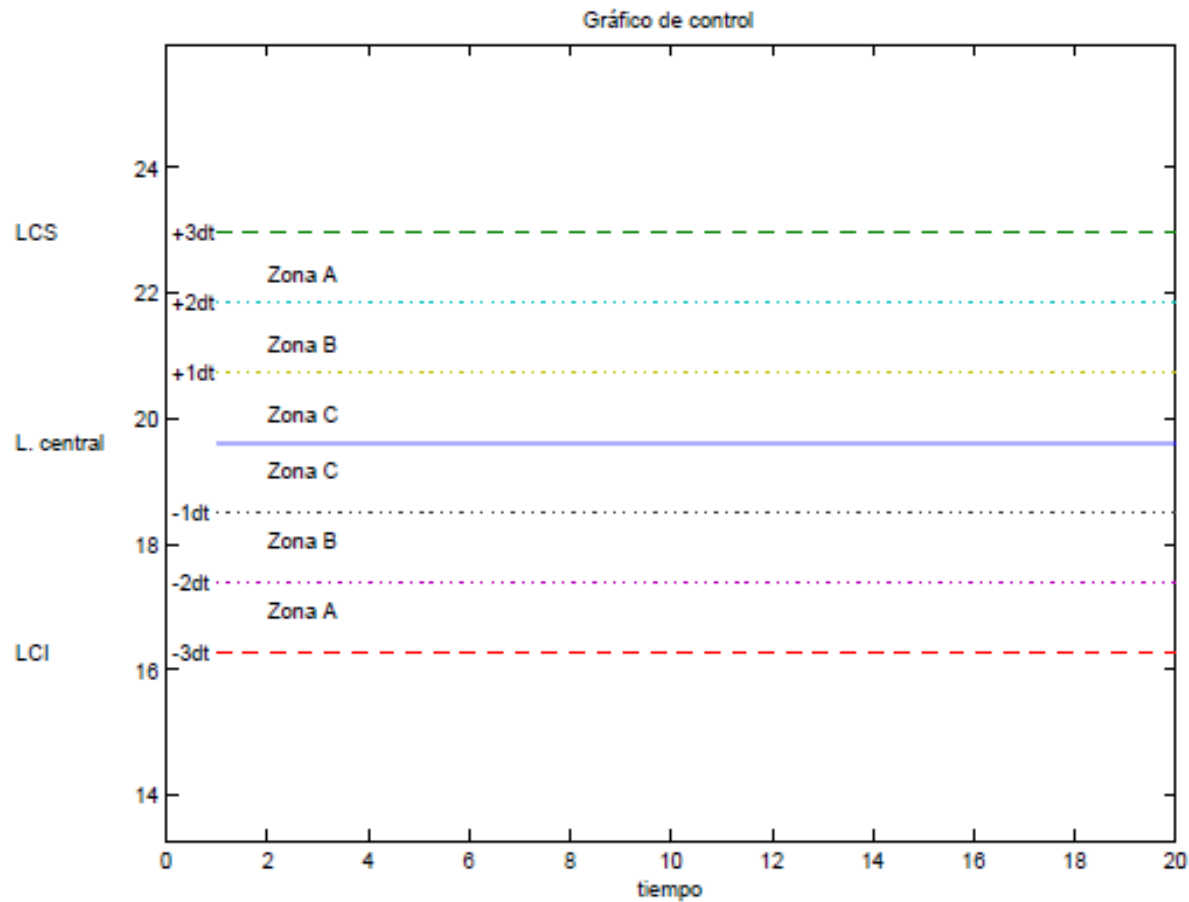
- **Línea central**: valor medio  $\mu$  de la característica de calidad.
- **Los límites superior e inferior de control**: abarca  $3\sigma$  por encima y por debajo de la línea central:

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma$$

El uso de límites de control más estrechos hacen que el diagrama de control sea más sensible a pequeños cambios en  $p$ , pero ello también hace aumentar la probabilidad de que se produzcan falsas alarmas de proceso fuera de control (error de tipo II).

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Interpretación de los Gráficos de Control.



# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Interpretación de los Gráficos de Control.

El proceso está fuera de control cuando existen:

1. **Puntos fuera de los límites.**
2. **Tendencias o rachas:** (Regla del 7): 7 puntos sucesivos a un lado u otro de la línea central del gráfico (racha).
3. **Patrones no aleatorios:** (Periodicidades, inestabilidad, sobrestabilidad):
  1. **Patrón 1:** Un punto fuera de las líneas de control.
  2. **Patrón 2:** 2 de 3 puntos consecutivos dentro de la zona A.
  3. **Patrón 3:** 4 de 5 puntos consecutivos en la zona A o B.
  4. **Patrón 4:** 7 puntos consecutivos en la misma mitad del gráfico.
  5. **Patrón 5:** 15 puntos consecutivos en las zonas C.
  6. **Patrón 6:** 8 puntos seguidos sin caer en la zona C.
  7. **Patrón 7:** 14 puntos seguidos alternativos.
  8. **Patrón 8:** 7 puntos seguidos creciendo o decreciendo.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control

Podemos distinguir dos grandes clases de gráficos de control:

- **Gráficos de control por variables:** hacen uso de estadísticos obtenidos a partir de datos tales como la longitud o grosor de un elemento.
- **Gráficos de control por atributos:** se basan en frecuencias tales como el número de unidades defectuosas.

- Los gráficos de control por variables son más “sensibles”.
- Los gráficos de control por variables permiten medir la característica de calidad a estudiar. En estos casos conviene describir la característica de calidad mediante una medida de tendencia central (usualmente la media muestral) y una medida de su variabilidad (usualmente el rango o la desviación estándar).



# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Gráficos de Control

Podemos distinguir dos grandes clases de gráficos de control:

- **Gráficos de control por variables:** hacen uso de estadísticos obtenidos a partir de datos tales como la longitud o grosor de un elemento.
- **Gráficos de control por atributos:** se basan en frecuencias tales como el número de unidades defectuosas.

Los gráficos de control por atributos tienen la ventaja de sintetizar de forma rápida toda la información referida a diferentes aspectos de calidad de un producto, ya que permiten clasificar éste como aceptable o inaceptable; además, no suelen necesitar de sistemas de medición muy complejos y son más fácilmente entendibles por los no especialistas.

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

- 1. Gráficos de Control de Atributos**
2. Gráficos de Control de Variables

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**

- Porcentaje de unidades defectuosas en la producción (**Gráfico P**).
- Número de unidades defectuosas en la producción (**Gráfico NP**).
- Número de defectos por unidad producida (**Gráfico U**).
- Número de defectos de todas las unidades producidas (**Gráfico C**).

### ▪ Gráficos P y NP

Comparar un producto con un estándar y clasificarlo como defectuoso o no.

### ▪ Gráficos C y U

En el caso de productos complejos, la existencia de un defecto no necesariamente conlleva a que el producto sea defectuoso. En tales casos, puede resultar conveniente clasificar un producto según el número de defectos que presenta.

Los **gráficos P, NP, y U** permiten trabajar con muestras de tamaños diferentes.

Los **gráficos C** están diseñados para muestras de igual tamaño.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos P y NP

- ❑ Un **gráfico NP** es un gráfico de control del número de unidades defectuosas.
- ❑ Un **gráfico P** es un gráfico de control del porcentaje o fracción de unidades defectuosas (cociente entre el número de artículos defectuosos en una población y el número total de artículos de dicha población).

Se basan en el modelo probabilístico **binomial**.

- El proceso de producción funciona de manera estable.
- La probabilidad de que cualquier artículo no esté conforme con las especificaciones es  $p$ .
- Los artículos producidos sucesivamente son independientes.
- Seleccionamos  $k$  muestras aleatorias de  $n$  artículos del producto cada una.

Se llama **capacidad del proceso** a  $1 - p$ , siendo  $p$  la proporción de defectuosos fabricados con el proceso bajo control.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos P y NP

❑ Si consideramos  $X_i$  al número de artículos defectuosos en la muestra  $i$ -ésima, tendremos que  $X_i \approx B(n, p)$ , con media  $\mu = np$  y desviación típica

$$\sigma = \sqrt{np(1-p)}$$

Recordamos: estamos tomando

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma$$

Los **límites de control** son por tanto:

$$LI = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LS = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

GRAFICO NP

❑ Si consideramos  $\hat{p}_i$  al porcentaje de artículos defectuosos en la muestra  $i$ -ésima,

$$\hat{p}_i = \frac{X_i}{n}$$

$$\hat{p}_i \approx \text{Binomial} \quad \mu = p; \quad \sigma = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

No se conoce p!!!!

Los **límites de control** son por tanto:

$$LI = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LS = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

GRAFICO P

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos P y NP

Si  $p$  es desconocida, la podemos estimar (a partir de las  $k$  muestras obtenidas, tomadas cuando se considera que el proceso está bajo control):

- Tamaños muestrales iguales: 
$$\bar{p} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{p}_i$$

- Tamaños muestrales diferentes: 
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \hat{p}_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

*Cuando los límites varían con el tamaño muestral, una opción es representar el gráfico normalizado (media 0 y desviación típica 1), para que sea más fácil identificar tendencias y rachas.*

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con StatGraphics. Estudio Inicial o Control a Estándar.**

Los gráficos pueden construirse en dos modos:

1. **Estudio Inicial** (Fase 1), donde los datos mismos determinan los límites de control.
2. **Control a Estándar** (Fase 2), donde los límites provienen de un estándar conocido o de datos previos.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos C y U

A veces, el interés no reside en el nº de artículos defectuosos sino en el nº de defectos en un artículo o unidad de medida o, en general, el nº de sucesos o atributos observados por unidad de medida.

*Ej. En una película fotográfica interesa controlar el nº de defectos por centímetro cuadrado; en un cable de fibra óptica interesa el nº de defectos por metro o kilómetro, o el nº de averías detectadas por kilómetro una vez enterrado.*

- Un **gráfico C** es un gráfico de control del número total de defectos.
- Un **gráfico U** es un gráfico de control del número de defectos por unidad de inspección producida.

El gráfico U se utiliza cuando no es posible tener siempre la misma unidad de medida para contar el número de defectos (o no-conformidades, o clientes, etc...). Entonces, se controla el número medio de defectos por unidad de medida.



# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos C y U

Esta variable que se quiere controlar puede definirse como: número de sucesos en un intervalo de longitud fija. Si el proceso es estable y los sucesos ocurren de forma independiente, entonces el número de sucesos en un intervalo de longitud fija seguirá una distribución de Poisson.

Se basan en el modelo probabilístico **Poisson**.

- Seleccionamos  $k$  muestras aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_k$  de  $n_i$  unidades cada una, es decir,  $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in_i})$ .
- $n_i$ : nº de unidades de medida analizadas.
- $c_i$ : nº de defectos totales en la muestra  $i$ -ésima.
- $u_i$ : nº de defectos por unidad de medida.

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráficos C y U

❑ Si consideramos  $X_i$  al número de defectos en un intervalo de longitud fija en la muestra  $i$ -ésima, tendremos que  $X_i \approx P(\lambda)$ , con media  $\mu = \lambda$  y desviación típica  $\sigma = \sqrt{\lambda}$

Recordamos: estamos tomando

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma$$

Los **límites de control** son por tanto:

$$LI = \lambda - 3\sqrt{\lambda}$$

$$LS = \lambda + 3\sqrt{\lambda}$$

GRAFICO C

❑ Si consideramos  $c_i$  al número de defectos en la muestra  $i$ -ésima y  $n_i$  el número de unidades de medida analizadas, el número de defectos por unidad de medida será

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

$$c_i \approx \text{Poisson} \quad \mu = \lambda_i = \lambda \cdot n_i; \quad \sigma = \sqrt{\lambda \cdot n_i}$$
$$u_i \approx \text{Poisson} \quad \mu = \frac{\lambda \cdot n_i}{n_i} = \lambda; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\lambda \cdot n_i}{n_i}} = \sqrt{\lambda}$$

Los **límites de control** son por tanto:

$$LI = \lambda - 3\sqrt{\lambda}$$

$$LS = \lambda + 3\sqrt{\lambda}$$

GRAFICO U

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráfico C

Si  $\lambda$  es desconocida, la podemos estimar (a partir de las  $k$  muestras obtenidas, tomadas cuando se considera que el proceso está bajo control):

- Estimar  $\lambda$  como número medio de ocurrencias observadas:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{k}$$

- La capacidad de un proceso se define como número medio estimado de defectos:  $\bar{\lambda}$

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos**. Gráfico U

Si  $\lambda$  es desconocida, la podemos estimar (a partir de las  $k$  muestras obtenidas, tomadas cuando se considera que el proceso está bajo control) con valores preliminares de  $u_i$ :

- La media de la distribución del número medio de defectos será:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- La capacidad de un proceso se define como número medio estimado de defectos:  $\bar{u}$

*Cuando los límites varían con el tamaño muestral, una opción es representar el gráfico normalizado.*

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

### Ejemplo

El archivo cans.sgd contiene resultados de la inspección de  $m = 94$  muestras tomadas de un proceso de manufactura, cada una corresponde a  $n = 50$  envases de cartón de jugo de naranja.

Los datos son presentados por Montgomery (2005). Se inspeccionó cada envase y se tabuló el número de envases defectuosos. La tabla a continuación muestra una lista parcial de los datos en ese archivo.

Sample	n	defects
1	50	12
2	50	15
3	50	8
4	50	10
5	50	4
...	...	...

Las primeras  $m = 30$  muestras se tomaron antes de un ajuste a la máquina. Las siguientes 24 muestras se emplearon para establecer los límites de control para el proceso. Las 40 muestral finales se graficaron usando los límites de control establecidos.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con STATGRAPHICS**

### CEP/Gráficos de control/Gráfico por atributos

The screenshot displays the STATGRAPHICS Centurion software interface. The main window is titled "STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Graficar", "Describir", "Comparar", "Relacionar", "Pronósticos", "CEP", "DDE", "SnapStats!!", "Statlets", "Herramientas", "Ver", "Ventana", and "Ayuda". The "CEP" menu is open, showing options: "Evaluación de Calidad", "Análisis de Capacidad", "Gráficos de Control", "Estudios de Calibración", and "Muestreo de Aceptación". The "Gráficos de Control" menu is further expanded to show: "Gráficos por Variables", "Gráficos por Atributos", "Gráficos Ponderados por el Tiempo", "Gráficos de Control Multivariados", "Gráficos de Propósitos Especiales", and "Gráficas Control de Eventos Excepcionales". The "Gráficos por Atributos" menu is also expanded, listing: "Gráfico p...", "Gráfico np...", "Gráfico u...", "Gráfico c...", "Gráfico p'...", and "Gráfico u'...". The main workspace shows a grid with columns labeled "Col\_1" through "Col\_7" and rows numbered 1 through 23. The bottom taskbar shows the Windows taskbar with the "Inicio" button and several open applications, including "prácticas con ...", "Masterv2.ppbx", "Practica3 (1)...", "WebMerlin - ...", and "STATGRAPHI...". The system tray shows the time as 9:48.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

The screenshot shows the Statgraphics Centurion interface. A data table is visible with columns for 'sample', 'n', 'defects', and others. A dialog box titled 'Gráfico p' is open, showing the configuration for a p-chart. The 'Proporciones' field is set to 'defects/n', 'Tamaños de Muestra' is 'n', and 'Selección' is 'first(30)'. The background data table is as follows:

sample	n	defects	Col_4	Col_5	Col_6
1	50	12			
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22	50	18			
23	50	24			

**Proporciones:** variable que contiene la proporción de defectos (en este caso, introducimos defects/n porque la variable es el nº de defectos y no la proporción).

**Tamaños:** variable que contiene el tamaño de la muestras. En el caso de que todas las muestras tengan el mismo tamaño se puede teclear ese número directamente.

**Selección:** tomamos first(30) porque son los datos tomados antes del ajuste de la máquina (esto es sólo para este ejemplo)

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

	sample	n	defects	Col_4	Col_5	Col_6
1	1	50	12			
2	2	50	15			
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19	19	50	13			
20	20	50	11			
21	21	50	20			
22	22	50	18			
23	23	50	24			

**Opciones de Gráfico p**

Tipo de Estudio

- Estudio Inicial
- Control a Estándar

Normalizar

Tam. Promedio de Subgrupo

Usar Formato de Zona

Recalcular en: [ ] [ ] [ ] [ ]

Límites de Control para la Gráfico p

- Superior: 3.0 Sigma
- Inferior: -3.0 Sigma

Control a Estándar

- Especificar Parámetro
- Especificar Límites de Control

Superior: [ ]

Línea Central: [ ]

Inferior: [ ]

Aceptar Cancelar Excluir... Ayuda

**Tipo de Estudio:** inicial.

**Límites de control:** Por defecto, sigma=3.

**Tamaño promedio de subgrupo:** si los tamaños de muestra no son iguales, n es reemplazado por lo que se indique, por defecto, tamaño promedio de subgrupo.

**Excluir:** permite que el programa excluya los puntos fuera de control. Por defecto está desactivado y es manualmente como se excluyen.

**Hay iconos sin usar en su escritorio**

El Asistente para limpieza de escritorio puede ayudarlo a limpiar su escritorio. Haga clic en este globo de texto para iniciar el asistente.

Inicio WebMerlin - C... prácticas con ... Microsoft Pow... STATGRAPHI... Grafico P.pdf Prac\_calidad2... 11:34



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

The screenshot displays the Statgraphics software interface. The main window shows a data table with columns for sample number, sample size (n), and defects. A dialog box titled "Tablas y Gráficos" is open, allowing the user to select which tables and charts to generate. The "Resumen del Análisis" table is selected under the "TABLAS" section, and the "Gráfico p" is selected under the "GRÁFICOS" section. The "Aceptar" button is highlighted.

**Resumen del Análisis:** detalles del gráfico p: límites, estimación de p...

**Gráfico p**

	sample	n	defects	Col_4	Col_5	Col_6
1	1	50	12			
2	2	50	15			
3	3	50	8			
4	4	50	10			
15	15	50	22			
16	16	50	8			
17	17	50	10			
18	18	50	5			
19	19	50	13			
20	20	50	11			
21	21	50	20			
22	22	50	18			
23	23	50	24			

**Tablas y Gráficos**

**TABLAS**

- Resumen del Análisis
- Reporte del Gráfico p
- Pruebas de Rachas

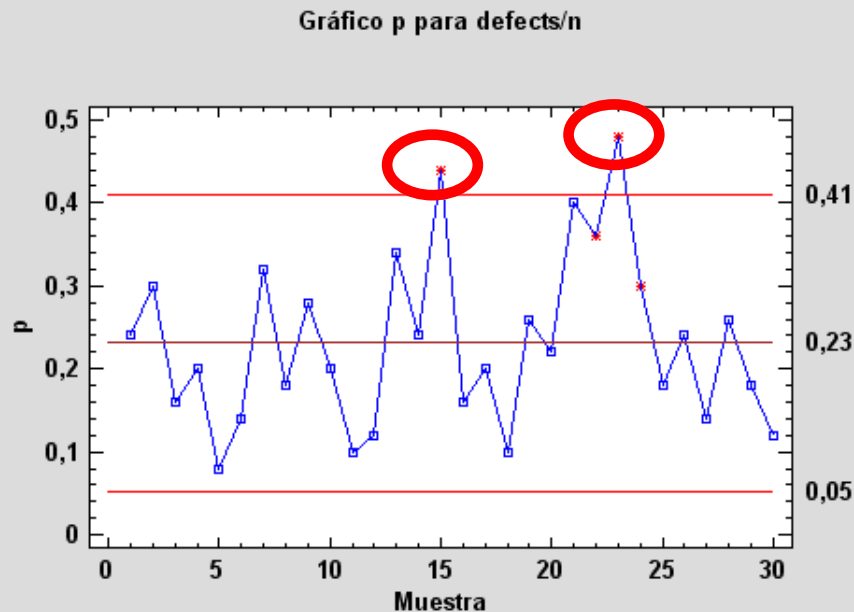
**GRÁFICOS**

- Gráfico p
- Gráfico de Tolerancia
- Curva OC
- Curva ARL
- Gráfico de Diagnóstico

Aceptar  
Cancelar  
Todos  
Almacén  
Ayuda

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**



### Gráfico p

LSC: +3,0 sigma 0,410239  
Línea Central 0,231333  
LIC: -3,0 sigma 0,0524275

2 fuera de límites

### Estimados

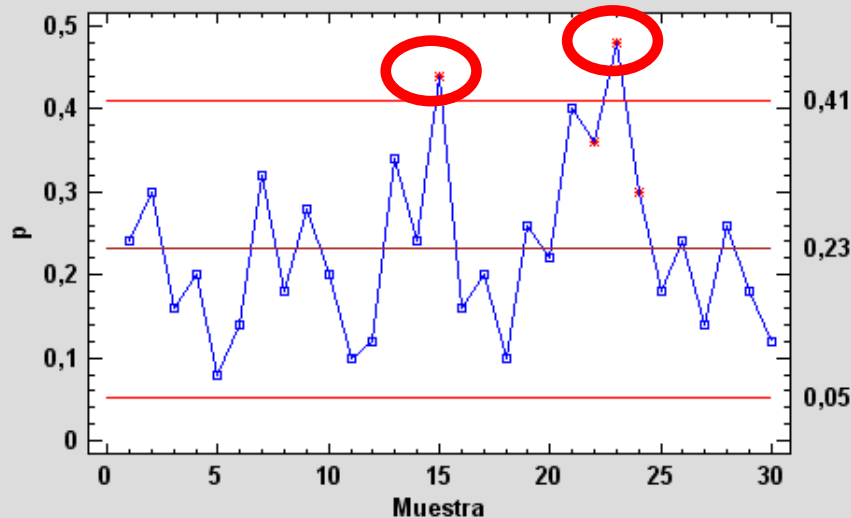
p Media 0,231333  
Sigma 0,0596353

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución binomial con una proporción igual a 0,231333. Este parámetro fue estimado a partir de los datos. De los 30 puntos, 2 se encuentran fuera de los límites de control

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

Gráfico p para defects/n



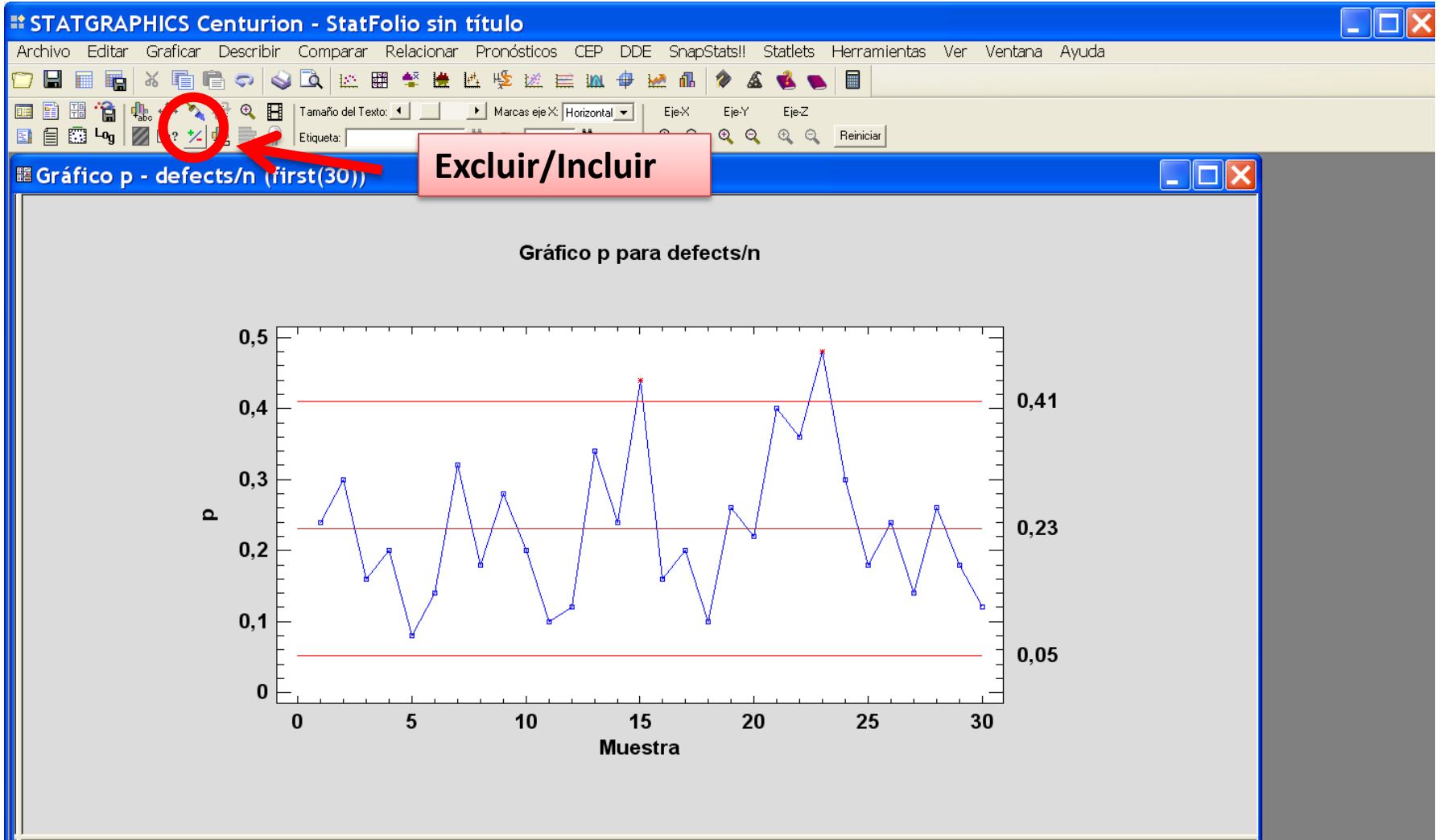
Montgomery (2005) reporta que análisis complementarios de los dos puntos fuera de los límites de control en el gráfico p mostrado anteriormente revelaron las siguientes causas imputables para esas grandes proporciones:

Muestra #15: nuevo material.  
Muestra #23: nuevo operador.

Para determinar cuánto cambiaría el gráfico de control sin esas 2 muestras, haga clic en cada una con su ratón y presione el botón de *Excluir/Incluir en la barra de herramientas del análisis*.

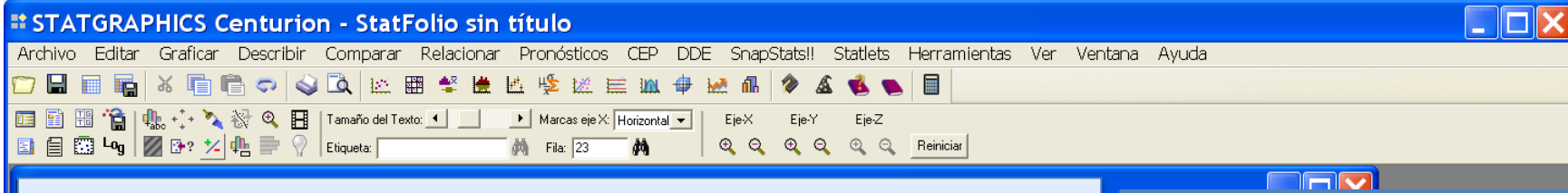
# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

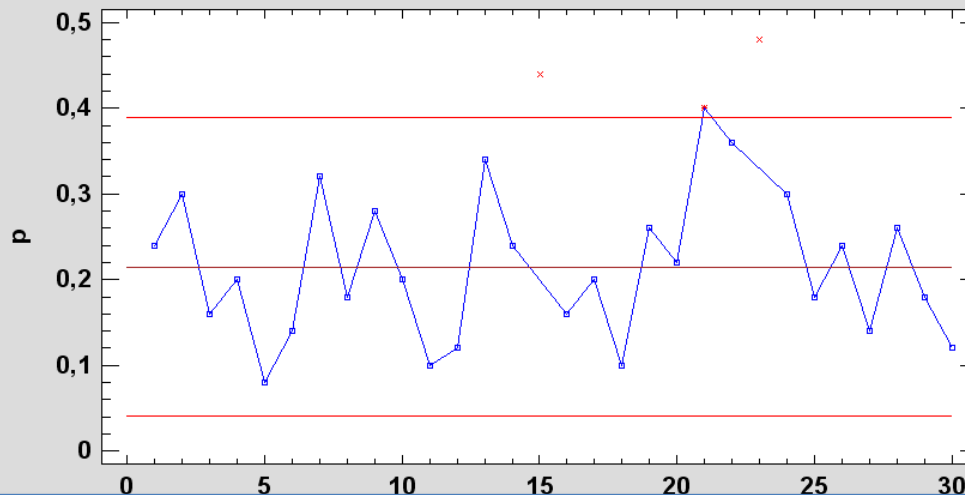


# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**



Este es el nuevo gráfico de control al excluir los dos puntos. Se observa que aparece un nuevo punto fuera de control



### Gráfico p

LSC: +3,0 sigma	0,389297
Línea Central	0,215
LIC: -3,0 sigma	0,0407028

1 fuera de límites

### Estimados

p Media	0,215
Sigma	0,0580991

El proceso de exclusión se repite hasta que no haya ningún punto fuera de los límites

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

Statgraphics puede automáticamente eliminar estos puntos: botón derecho/opciones de Análisis/Excluir

### Opciones de Gráfico p

Tipo de Estudio:  
 Estudio Inicial  
 Control a Estándar

Recalcular en:

Límites de Control para la Gráfico p

Superior:  
3.0 Sigma

Inferior:  
-3.0 Sigma

Control a Estándar:  
 Especificar Parámetro  
p: 0,215

Especificar Límites de Control

Superior:   
Línea Central:   
Inferior:

Aceptar

Cancelar

Excluir...

Ayuda



Para saber los puntos eliminados, opciones tabulares/Reporte del gráfico p

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Para saber los puntos eliminados, opciones tabulares (3º icono) / Reporte del gráfico p

Gráfico p - defect/n (first(30))

Selección de la Variable: defect(30)  
Número de muestras = 28  
Tamaño de muestra = 50,0  
2 muestras excluidas

Gráfico p

Periodo  
LSC: +3,0 sigma  
Linea Central  
LIC: -3,0 sigma  
1 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1
p Media	0,2
Sigma	0,0

El StatAdvisor

Este procedimiento crea un gráfico p para defect/n. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un pr...

Reporte del Gráfico p

Todas las Muestras  
X = Excluida \* = Fuera de Límites

Muestra	Tamaño	p
1	50	0,24
2	50	0,3
3	50	0,16
4	50	0,2
5	50	0,08
6	50	0,14
7	50	0,32
8	50	0,18
9	50	0,28
10	50	0,2
11	50	0,1
12	50	0,12
13	50	0,34
14	50	0,24
15	50	X 0,44

Gráfico p para defect/n

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5

Muestra

0 5 10 15 20 25 30

0,04 0,22 0,39

El StatAdvisor

Este procedimiento crea un gráfico p para defect/n. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un pr...

Reporte del Gráfico p

Todas las Muestras  
X = Excluida \* = Fuera de Límites

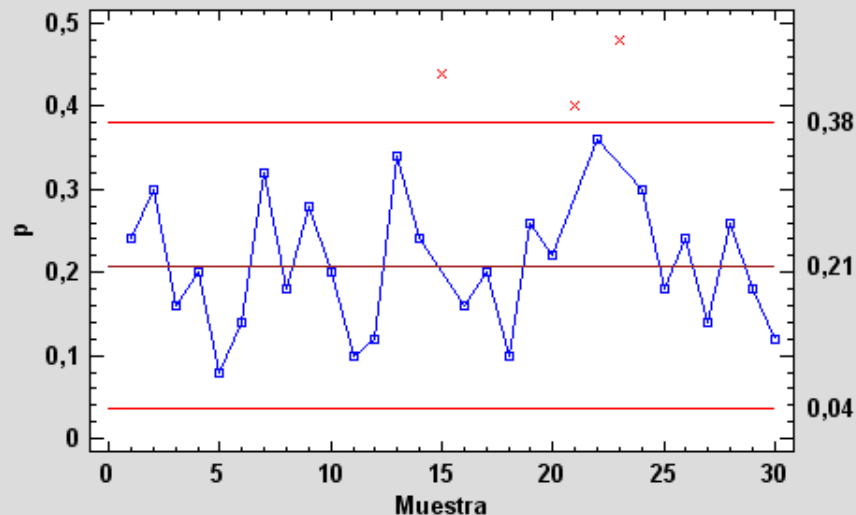
Muestra	Tamaño	p
1	50	0,24
2	50	0,3
3	50	0,16
4	50	0,2
5	50	0,08
6	50	0,14
7	50	0,32
8	50	0,18
9	50	0,28
10	50	0,2
11	50	0,1
12	50	0,12
13	50	0,34
14	50	0,24
15	50	X 0,44

Inicio WebMerlin - ... prácticas con ... Microsoft Pow... STATGRAPHI... Grafico P.pdf Prac\_calidad2... ES 12:23

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

Este es el nuevo gráfico de control al excluir todos los puntos fuera de control.



### Gráfico p

LSC: +3,0 sigma 0,380392

Línea Central 0,208148

LIC: -3,0 sigma 0,035904

0 fuera de límites

### Estimados

p Media 0,208148

Sigma 0,0574147

Conclusión: se han examinado 30 muestras , 3 se han eliminado por suponer que fueron tomadas cuando el proceso estaba fuera de control. Con las 27 restantes se ha estimado la proporción de defectuosos: 0,208.

Así, **la capacidad del proceso**, cuando el proceso está bajo control, definida como  $1-p$ , se estima como: 0,792.



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

### **Ejemplo**

En la discusión que hace Montgomery (2005) de estos datos, establece que se hizo un ajuste a la máquina después de revisar los resultados anteriores y luego se tomaron unas 24 muestras adicionales.

Examinaremos las 54 muestras combinadas.

Sample	n	defects
1	50	12
2	50	15
3	50	8
4	50	10
5	50	4
...	...	...

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

**Proporciones:** variable que contiene la proporción de defectos (en este caso, introducimos defects/n porque la variable es el nº de defectos y no la proporción).

**Tamaños:** variable que contiene el tamaño de la muestras. En el caso de que todas las muestras tengan el mismo tamaño se puede teclear ese número directamente.

**Selección:** tomamos **first(54)**.

sample	n	defects	Col_4	Col_5	Col_6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21	21	50	20		
22	22	50	18		
23	23	50	24		

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

**Tipo de Estudio:** inicial.

**Límites de control:** Por defecto,  $\sigma=3$ .

**Tamaño promedio de subgrupo:** si los tamaños de muestra no son iguales,  $n$  es reemplazado por lo que se indique, por defecto, tamaño promedio de subgrupo.

**Recalcular en:** calcula nuevos límites comenzando en la muestra 31.

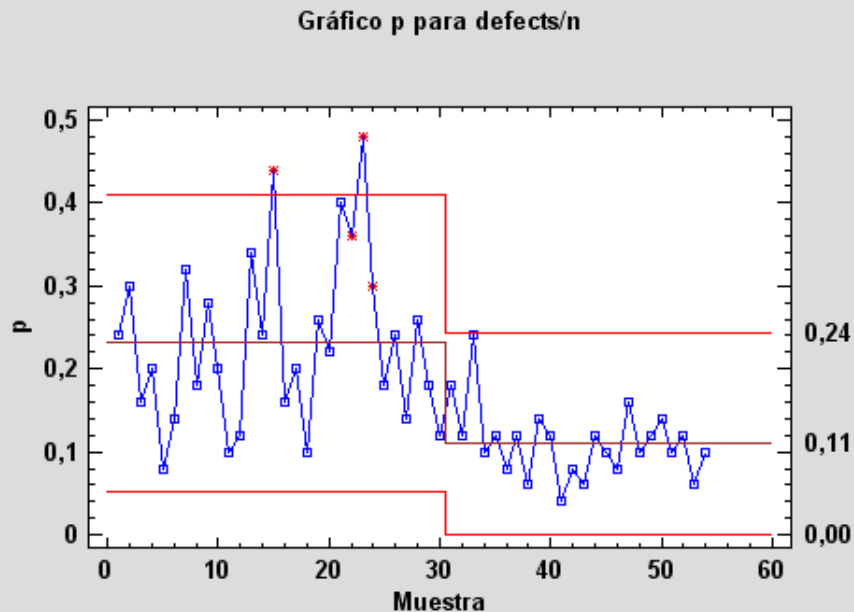
Entonces se calcularán diferentes límites de control para las muestras 1-30 y 31-54.

sample	n	defects	Col_4	Col_5	Col_6
1	50	12			
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18	50	5			
19	50	13			
20	50	11			
21	50	20			
22	50	18			
23	50	24			

31

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**



### Gráfico p

Período	#1-30	#31-54
LSC: +3,0 sigma	0,410239	0,244021
Línea Central	0,231333	0,110833
LIC: -3,0 sigma	0,0524275	0,0

2 fuera de límites

### Estimados

Período	#1-30	#31-54
p Media	0,231333	0,110833
Sigma	0,0596353	0,0443958

Se observa que el ajuste a la máquina produjo una mejora.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

En la Fase 1, el objetivo fue llevar al proceso a un estado de control estadístico y estimar un valor estándar para la proporción media de elementos defectuosos.

Después del ajuste a la máquina, el proceso pareció estabilizarse alrededor de una proporción de  $p = 0.1108$ .

En un estudio Fase 2 (**control estándar o en línea**), se colectan datos adicionales y se grafican con límites de control basados en aquel estándar. Las filas 55-94 del archivo de datos de ejemplo representan tal caso.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

**Proporciones:** variable que contiene la proporción de defectos (en este caso, introducimos defects/n porque la variable es el nº de defectos y no la proporción).

**Tamaños:** variable que contiene el tamaño de la muestras. En el caso de que todas las muestras tengan el mismo tamaño se puede teclear ese número directamente.

**Selección:** **en blanco. Tomamos todos.**

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

STATGRAPHICS Centurion - StatFolio sin título

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Tamaño del Texto: Marcas eje X: Horizontal Eje X

Etiqueta: Fila:

### Gráfico p - defects/n

Gráfico p - defects/n  
Número de muestras = 94  
Tamaño de muestra = 50,0  
0 muestras excluidas

**Opciones de Gráfico p**

Tipo de Estudio:  Estudio Inicial  **Control a Estándar**  Normalizar

Tam. Promedio de Subgrupo Usar Formato de Zona

Control a Estándar:  Especificar Parámetro p: **0,1108**  Especificar Límites de Control

Recalcular en: **31**

Límites de Control para la Gráfico p:  
 Superior: 3,0 Sigma  
 Inferior: -3,0 Sigma

31

proviene de un proces  
a de una distribución bi  
n fuera de los límites d  
os provienen de la dist

**Tipo de Estudio: Control a Estándar.**  
**Límites de control:** Por defecto,  $\sigma=3$ .  
**Tamaño promedio de subgrupo:** si los tamaños de muestra no son iguales, n es reemplazado por lo que se indique, por defecto, tamaño promedio de subgrupo.  
**Recalcular en:** calcula nuevos límites comenzando en la muestra 31.  
**Especificar parámetro: 0,1108**

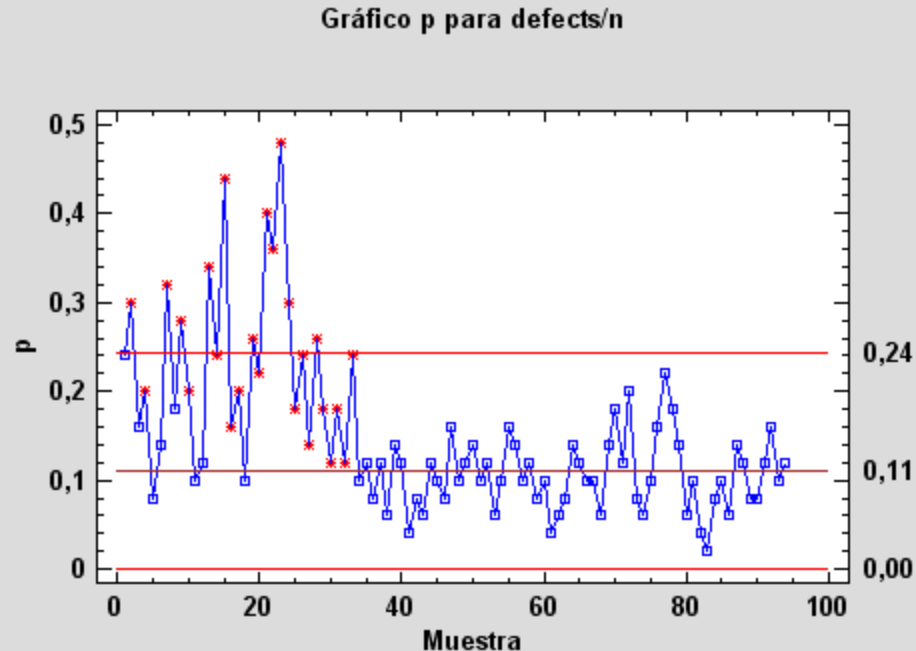
0,2  
0,1  
0  
0 20 40 60 80 100  
Muestra

0,21  
0,04

Inicio WebMerlin - C... prácticas con ... Microsoft Pow... STATGRAPHI... Grafico P.pdf Prac\_calidad2... ES 13:46

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**



El gráfico resultante tiene la misma línea central y mismos límites que antes. Parece que el proceso ha permanecido bajo control durante el periodo en que se colectaron los datos adicionales.



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Atributos con Statgraphics. GRAFICO P**

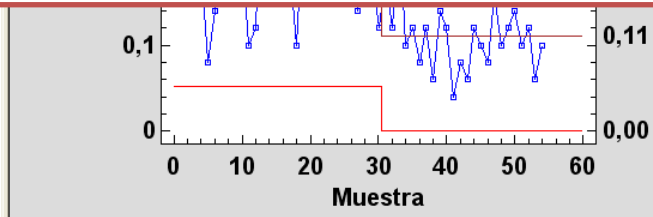
The screenshot shows the Statgraphics Centurion interface. A red circle highlights the 'Save' icon in the toolbar, with a red arrow pointing to the 'Opciones para Guardar Resultados' dialog box. The dialog box has the following settings:

- Guardar:**  Proporciones,  Tamaños,  Etiquetas,  P Media,  Sigma
- Variables Destino:** PROPS, TAMAÑOS, ETIQS, MEANP, SIGMAP
- Hoja de Datos:** A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z
- Autoguardar:**
- Guardar comentarios:**

The control chart below shows 'Muestra' (Sample) on the x-axis (0 to 60) and 'p' (proportion) on the y-axis (0 to 0,1). A horizontal line is drawn at 0,11. The data points are blue circles connected by a blue line, showing fluctuations around the 0,11 level.

Se pueden salvar los siguientes resultados en la hoja de datos:

1. *Proporciones – las proporciones muestrales.*
2. *Tamaños – los tamaños muestrales.*
3. *Etiquetas – las etiquetas muestrales.*
4. *P media – la proporción media estimada de elementos no aceptables.*
5. *Sigma – la desviación estándar estimada de las proporciones.*



# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## Ejercicio propuesto 1.

Los diodos para un circuito impreso son producidos de forma continua en cierto proceso industrial. Un operario va tomando aleatoriamente diodos de la cadena de producción y va comprobando si son defectuosos o aceptables. Como la cadena no tiene un ritmo de producción constante (sigue un ritmo de producción denominado just – in – time, donde el ritmo de la cadena se va determinando según el nivel de stock final e intermedio), el ritmo de inspección no es tampoco constante. El operario, por tanto, no toma siempre la misma cantidad de diodos para realizar la inspección. En el fichero de datos Atributos.sf3 se muestra el tamaño de las muestras recogidas y el número de diodos que resultaron defectuosos.

- A. Construir un gráfico de control para la proporción de diodos defectuosos. Indicar cuáles son los límites de control y si el proceso está bajo control.

## GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

- B. En caso de que no estuviera bajo control, eliminar las observaciones correspondientes hasta que se encuentre bajo control y especificar los nuevos límites.
- C. Se sabe por la información histórica del proceso, que si sólo actúan causas no asignables (azar), se espera que el 8 % de los diodos sean defectuosos. Construir de nuevo un gráfico de control para la proporción de diodos defectuosos y comentarlo.

*Pista: Gráfico  $p$  con distintos tamaños muestrales. Para el C, usar control estándar con el valor  $p=0.08$ .*

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## Ejercicio propuesto 2.

Se desea construir un gráfico de control para controlar un proceso que fabrica un chip que se insertará en una tarjeta de telefonía. Se tienen 25 muestras, cada una formada por 50 chips. El número de chips defectuosos en cada una de las muestras se recoge en el archivo Atributos.sf3.

- A. Construir un gráfico de control para el número de chips defectuosos. Indicar cuáles son los límites de control y si el proceso está bajo control.
- B. En caso de que no estuviera bajo control, eliminar las observaciones correspondientes hasta que se encuentre bajo control y especificar los nuevos límites.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## Ejercicio propuesto 3.

Un fabricante de cable de fibra óptica desea controlar la calidad del cable mediante un gráfico de control. Para ello toma como unidad de medida los 100 metros e inspecciona el número de defectos que encuentra: microfisuras, arañazos externos, poros, etc. La inspección está altamente automatizada, inspeccionándose el 100 % del cable. Los datos (archivo Atributos.sf3) muestran el resultado de 12 unidades (1200 metros).

- A. Construir el gráfico de control adecuado en este caso, indicando cuáles son los límites de control y si el proceso está bajo control.
- B. En caso de que no estuviera bajo control, eliminar las observaciones correspondientes hasta que se encuentre bajo control y especificar los nuevos límites.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

## Ejercicio propuesto 4.

Un operario inspecciona la calidad de unos circuitos impresos (arañazos, bandas incorrectas, grosor no uniforme, etc.). Los circuitos que inspecciona son muy diversos. Según el tipo de circuito se apunta su superficie y el número de defectos. Tras inspeccionar 12 placas obtiene los datos que se recogen en el archivo Atributos.sf3.

Realizar el gráfico de control adecuado para controlar el número de defectos considerando los distintos tamaños muestrales. ¿Está el proceso bajo control?

# CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

## ➤ Control de Procesos por Variables

# Gráficos basados en la Distribución Normal.

Gráfico de Control para la Media (Gráfico X)

Gráficos de Control para la Dispersión (Gráfico S y Gráfico R)

Capacidad de un Proceso. Índice de Capacidad

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráfico de Control para la Media o Gráfico X

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma$$

1. Se parte de k muestras
2. Se calcula la media y la varianza de cada muestra:  $\bar{x}_i, s_i^2, s_{ci}^2$

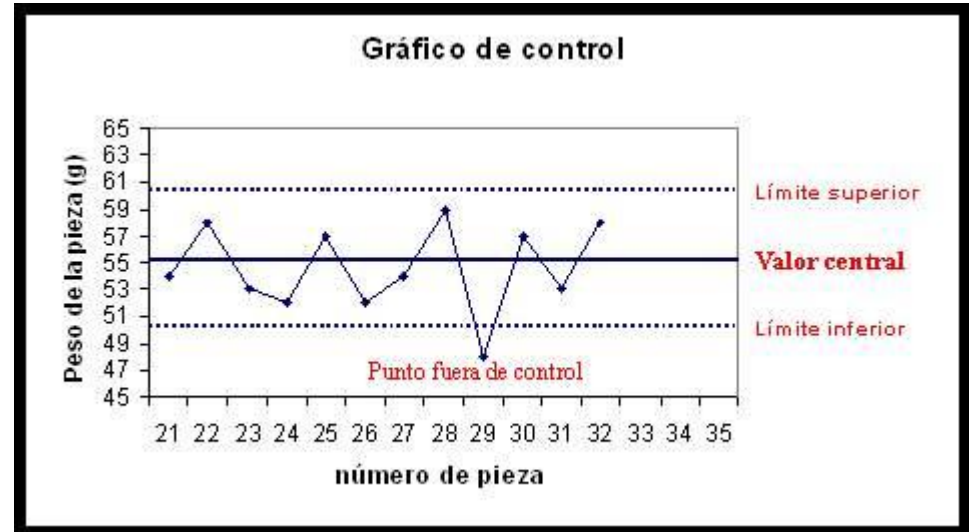
3. Se calcula la media total:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$

(que es un estimador insesgado de la media poblacional:  $\hat{\mu} = \bar{x}$ )

4. Se calcula un estimador insesgado de la desviación típica poblacional:  $\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_2} = \frac{\sum_{i=1}^k s_i}{c_2}$

$$\text{O bien: } \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}_c}{c_4} = \frac{\sum_{i=1}^k s_{ci}}{c_4}$$

(donde  $c_2$  y  $c_4$  están tabulados para distintos tamaños muestrales)





# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráfico de Control para la Media o Gráfico X

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma \quad \bar{x} \rightarrow N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \quad \longrightarrow \quad LS = \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad LI = \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

El gráfico de control teórico y el estimado para la media será respectivamente:

**Límites  
Teóricos**



$$LCS = \hat{\mu} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$
$$LCI = \hat{\mu} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

**Límites  
Estimados**



$$LCS = \bar{x} + 3\frac{\bar{s}}{c_2\sqrt{n}}$$
$$LCI = \bar{x} - 3\frac{\bar{s}}{c_2\sqrt{n}}$$

**Límites  
Teóricos**



$$LCS = \hat{\mu} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$
$$LCI = \hat{\mu} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

**Límites  
Estimados**



$$LCS = \bar{x} + 3\frac{\bar{s}_c}{c_4\sqrt{n}}$$
$$LCI = \bar{x} - 3\frac{\bar{s}_c}{c_4\sqrt{n}}$$

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráfico de Control para la Media o Gráfico X

$$LS = \mu + 3\sigma; \quad LI = \mu - 3\sigma \quad \bar{x} \rightarrow N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \quad \longrightarrow \quad LS = \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad LI = \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

★ Otra opción es utilizar el **rango** como media de variabilidad:

1. Se calcula el Rango ( $R_i = \text{Max} - \text{Min}$ ) de las  $k$  muestras.
2. Se calcula un estimador insesgado de la desviación típica estimada a partir del

$$\text{rango: } \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} \quad (\text{donde } d_2 \text{ está tabulado para distintos tamaños muestrales})$$

Límites  
Teóricos



$$LCS = \hat{\mu} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$
$$LCI = \hat{\mu} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

Límites  
Estimados



$$LCS = \bar{x} + 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$$
$$LCI = \bar{x} - 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$$

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráficos de Control para la Dispersión

En una variable Normal, la distribución no depende sólo de la media, si no también de la varianza, por lo que no basta con probar que la media permanece estable, si no que también hay que probarlo para la varianza.

## ➤ Gráfico de Control para la Desviación Típica o Gráfico S

El gráfico de control teórico para la desviación típica es:

$$LCS = E(s) + 3\sqrt{Var(s)} = c_4\sigma + 3\sqrt{1-c_4}\sigma = B_6\sigma$$

$$\text{Línea Central} = E(s) = c_4\sigma$$

$$LCI = E(s) - 3\sqrt{Var(s)} = c_4\sigma - 3\sqrt{1-c_4}\sigma = B_5\sigma$$

No se conoce  $\sigma$ !!!!

donde:  $B_6 = c_4 + 3\sqrt{1-c_4}$ ,  $B_5 = c_4 - 3\sqrt{1-c_4}$  están tabulados en función del tamaño muestral.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráfico de Control para la Desviación Típica o Gráfico S

Límites  
Teóricos



$$\begin{aligned} LCS &= B_6 \sigma \\ \text{Línea Central} &= c_4 \sigma \\ LCI &= B_5 \sigma \end{aligned}$$



Límites  
Estimados

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}_c}{c_4}$$

$$\begin{aligned} LCS &= B_6 \frac{\bar{s}_c}{c_4} = B_4 \bar{s}_c \\ \text{Línea Central} &= c_4 \frac{\bar{s}_c}{c_4} = \bar{s}_c \\ LCI &= B_5 \frac{\bar{s}_c}{c_4} = B_3 \bar{s}_c \end{aligned}$$

donde  $B_3$  y  $B_4$  están tabulados.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Gráfico de Control para el Rango o Gráfico R

El gráfico de control teórico para el rango es:

$$LCS = E(R) + 3\sqrt{\text{Var}(R)} = d_2\sigma + 3d_3\sigma = D_2\sigma$$

$$\text{Línea Central} = E(R) = d_2\sigma$$

$$LCI = E(R) - 3\sqrt{\text{Var}(R)} = d_2\sigma - 3d_3\sigma = D_1\sigma$$

No se conoce  $\sigma$ !!!!

donde:  $D_1 = d_2 - 3d_3$ ,  $D_2 = d_2 + 3d_3$  están tabulados en función del tamaño muestral.

**Límites  
Teóricos**



$$\begin{aligned} LCS &= D_2\sigma \\ \text{Línea Central} &= d_2\sigma \\ LCI &= D_1\sigma \end{aligned}$$



**Límites  
Estimados**

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\begin{aligned} LCS &= d_2 \frac{\bar{R}}{d_2} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = D_4\bar{R} \\ \text{Línea Central} &= d_2 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R} \\ LCI &= d_2 \frac{\bar{R}}{d_2} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = D_3\bar{R} \end{aligned}$$

donde:  $D_3 = (1 - 3d_3 / d_2)$ ,  $D_4 = (1 + 3d_3 / d_2)$  están tabulados.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Resumiendo:

- Gráficos para la media

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{s}}{c_2 \sqrt{n}} \\ \text{Línea central} &= \bar{\bar{x}} \\ \text{LCI} &= \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{s}}{c_2 \sqrt{n}} \\ \text{LCS} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\hat{s}_T}{c_4 \sqrt{n}} \\ \text{Línea central} &= \bar{\bar{x}} \\ \text{LCI} &= \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\hat{s}_T}{c_4 \sqrt{n}} \\ \text{LCS} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \\ \text{Línea central} &= \bar{\bar{x}} \\ \text{LCI} &= \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \end{aligned}$$

- Gráficos para la dispersión

$$\begin{array}{l|l} \text{LCS} & = B_4 \hat{s}_T \\ \text{Línea central} & = \hat{s}_T \\ \text{LCI} & = B_3 \hat{s}_T \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{LCS} & = D_4 \bar{R} \\ \text{Línea central} & = \bar{R} \\ \text{LCI} & = D_3 \bar{R} \end{array}$$

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

Observaciones en la muestra, n	Gráficos de medias con dispersión basada en			Gráficos para Rangos				Gráficos para desviaciones típicas (corregidas)			
	$\bar{s} :$ $c_2$	$\hat{s}_T :$ $c_4$	$\bar{R} :$ $d_2$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
2	0.5642	0.7979	1.128	0	3.686	0	3.267	0	3.267	0	2.606
3	0.7236	0.8862	1.693	0	4.358	0	2.575	0	2.568	0	2.276
4	0.7979	0.9213	2.059	0	4.698	0	2.282	0	2.266	0	2.088
5	0.8407	0.9400	2.326	0	4.918	0	2.115	0	2.089	0	1.964
6	0.8686	0.9515	2.534	0	5.078	0	2.004	0.030	1.970	0.029	1.874
7	0.8882	0.9594	2.704	0.204	5.204	0.076	1.924	0.118	1.882	0.113	1.806
8	0.9027	0.9650	2.847	0.388	5.306	0.136	1.864	0.185	1.815	0.179	1.751
9	0.9139	0.9693	2.970	0.547	5.393	0.184	1.816	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.9227	0.9727	3.078	0.687	5.469	0.223	1.777	0.284	1.716	0.276	1.669
11	0.9300	0.9754	3.173	0.811	5.535	0.256	1.744	0.321	1.679	0.313	1.637
12	0.9359	0.9776	3.258	0.922	5.594	0.283	1.717	0.354	1.646	0.346	1.610
13	0.9410	0.9794	3.336	1.025	5.647	0.307	1.693	0.382	1.618	0.374	1.585
14	0.9453	0.9810	3.407	1.118	5.696	0.328	1.672	0.406	1.594	0.399	1.563
15	0.9490	0.9823	3.472	1.203	5.741	0.347	1.653	0.428	1.572	0.421	1.544
16	0.9523	0.9835	3.532	1.282	5.782	0.363	1.637	0.448	1.552	0.440	1.526
17	0.9551	0.9845	3.588	1.356	5.820	0.378	1.622	0.466	1.534	0.458	1.511
18	0.9576	0.9854	3.640	1.424	5.856	0.391	1.608	0.482	1.518	0.475	1.496
19	0.9599	0.9862	3.689	1.487	5.891	0.403	1.597	0.497	1.503	0.490	1.483
20	0.9619	0.9869	3.735	1.549	5.921	0.415	1.585	0.510	1.490	0.504	1.470
21	0.9638	0.9876	3.778	1.605	5.951	0.425	1.575	0.523	1.477	0.516	1.459
22	0.9655	0.9882	3.819	1.659	5.979	0.434	1.566	0.534	1.466	0.528	1.448
23	0.9670	0.9887	3.858	1.710	6.006	0.443	1.557	0.545	1.455	0.539	1.438
24	0.9684	0.9892	3.895	1.759	6.031	0.451	1.548	0.555	1.445	0.549	1.429
25	0.9696	0.9896	3.931	1.806	6.056	0.459	1.541	0.565	1.435	0.559	1.420

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Capacidad de un proceso. Índice de capacidad.

La capacidad de un proceso es una **medida de la calidad** de un proceso muy utilizada en la práctica.

La capacidad es una cualidad negativa. A más capacidad, más variabilidad.

La capacidad se estima en función de la desviación típica como:

$$\text{Capacidad} = 6\sigma$$

Pasos para estimar la capacidad de un proceso:

1. Se comprueba que los datos proceden de un proceso en estado de control.
2. Se verifica la hipótesis de normalidad (test de normalidad, gráfico probabilístico-normal...)
3. La estimación de la capacidad será (con desviación, cuasidesviación y rango):

$$6\hat{\sigma} = 6 \frac{\bar{s}}{c_2}$$

$$6\hat{\sigma} = 6 \frac{\bar{s}_c}{c_4}$$

$$6\hat{\sigma} = 6 \frac{\bar{R}}{d_2}$$



# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## ➤ Capacidad de un proceso. Índice de capacidad.

El índice de capacidad  $C_p$  de un proceso se calcula como:

$$C_p = \frac{\text{Intervalo de tolerancia}}{\text{Capacidad}} = \frac{LTS - LTI}{6\sigma}$$

donde LTS es el límite de tolerancia superior y LTI el límite de tolerancia inferior.

El **intervalo de tolerancia** es el intervalo que comprende las especificaciones de calidad.

- Si  $C_p > 1$  → El proceso es capaz (prácticamente todos los artículos que produzca estarán dentro de las tolerancias requeridas).
- Si  $C_p < 1$  → El proceso no es capaz.
- Si  $C_p \approx 1$  → Habrá que vigilar muy de cerca el proceso, pues cualquier pequeño desajuste hará que los artículos no sean aceptables.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R**

### **Ejemplo**

El archivo *wafers.sgd* contiene mediciones hechas del peso en gramos de galletas, tomadas de Montgomery (2005). Los datos consisten en  $m = 45$  muestras de 5 galletas cada una.

STATGRAPHICS se refiere a cada fila del archivo como un *subgrupo*. El tamaño del subgrupo es  $n = 5$ .

Las primeras 25 filas del archivo se usan en un estudio Fase 1 para establecer los límites de control para el proceso. Las filas 26-45 se representan en los límites obtenidos en un análisis Fase 2.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

### CEP/Gráficos de control/Gráficos por Variables

The screenshot displays the Statgraphics Centurion software interface. The main window shows a data table with 20 rows and 5 columns (X1 to X4). The menu path is: **CEP** > **Gráficos de Control** > **Gráficos por Variables** > **X-bar y R...**

	X1	X2	X3	X4
	Wafer #1	Wafer #2	Wafer #3	Wafer #4
1	1,3235	1,4128	1,6744	1,4573
2	1,4314	1,3592	1,6075	1,4666
3	1,4284	1,4871	1,4932	1,4324
4	1,5028	1,6352	1,3841	1,2831
5	1,5604	1,2735	1,5265	1,4363
6	1,5955	1,5451	1,3574	1,3281
7	1,6274	1,5064	1,8366	1,4177
8	1,419	1,4303	1,6637	1,6067
9	1,3884	1,7277	1,5355	1,5176
10	1,4039	1,6697	1,5089	1,4627
11	1,4158	1,7667	1,4278	1,5928
12	1,5821	1,3355	1,5777	1,3908
13	1,2856	1,1406	1,4447	1,6398
14	1,4951	1,4036	1,5893	1,6458
15	1,3589	1,2863	1,5996	1,2497
16	1,5747	1,5301	1,5171	1,1839
17	1,368	1,7269	1,3957	1,5014
18	1,4163	1,3864	1,3057	1,621
19	1,5796	1,4185	1,6541	1,5116
20	1,7106	1,4412	1,2361	1,382

Gráficos de Control de Proceso para medias y rangos.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

**Observaciones:** variables que contienen las medidas tomadas, en este caso, el peso de las 5 galletas de cada muestra.

**Selección:** tomamos first(25) porque son los datos tomados en la Fase 1 para construir el gráfico de control

Wafer #	X4	X5	Col_6	Col_7	Col_8	Col_9
,4573						
,4666						
,4324						
,2831						
,4363						
,3281						
,4177						
,6067						
,5176						
,4627						
,5928						
,3908						
,6398						
,6458						
,2497						
,1839		1,8662				
,5014		1,4449				
,621		1,5573				
,5116		1,7247				
,382		1,7601				

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R**

The screenshot shows the STATGRAPHICS Centurion interface. A data table is open with columns X1, X2, X3, and X4, and rows labeled 'Wafer #1' through 'Wafer #4'. A dialog box titled 'Opciones de Gráficos X-bar y R' is overlaid on the data. The dialog has the following settings:

- Tipo de Estudio:  Estudio Inicial,  Control a Estándar
- Normalizar:
- Tam. Promedio de Subgrupo:
- Usar Formato de Zona:
- Recalcular en: [ ] [ ] [ ] [ ]
- Límites de Control para X-bar: Superior:  3.0 Sigma, Inferior:  -3.0 Sigma
- Límites de Control para Rango: Superior:  3.0 Sigma, Inferior:  -3.0 Sigma

Buttons at the bottom of the dialog: Aceptar, Cancelar, Excluir..., Transformar..., Ayuda.

	X1	X2	X3	X4	
	Wafer #1	Wafer #2	Wafer #3	Wafer #4	
1	1,3235	1,4128	1,6744	1,4573	
2	1,4314				
3	1,4284				
4	1,5028				
5	1,5604				
6	1,5955				
7	1,6274				
8	1,419				
9	1,3884				
10	1,4039				
11	1,4158				
12	1,5821				
13	1,2856				
14	1,4951				
15	1,3589				
16	1,5747				
17	1,368	1,7269	1,3957	1,3014	1,4449
18	1,4163	1,3864	1,3057	1,621	1,5573
19	1,5796	1,4185	1,6541	1,5116	1,7247
20	1,7106	1,4412	1,2361	1,382	1,7601

**Tipo de Estudio:** inicial.

**Límites de control:** Por defecto,  $\sigma=3$ .

**Tamaño promedio de subgrupo:** si los tamaños de muestra no son iguales, n es reemplazado por lo que se indique, por defecto, tamaño promedio de subgrupo.

**Excluir:** permite que el programa excluya los puntos fuera de control. Por defecto está desactivado y es manualmente como se excluyen.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

The screenshot displays the Statgraphics Centurion software interface. The main window shows a data table with columns X1, X2, and X3, and rows labeled 'Wafer #1', 'Wafer #2', and 'Wafer #3'. A dialog box titled 'Tablas y Gráficos' is open, allowing users to select which tables and graphs to generate. The dialog box has two sections: 'TABLAS' and 'GRÁFICOS'. In the 'TABLAS' section, the following options are checked: 'Resumen del Análisis', 'Reporte por Subgrupo', 'Pruebas de Rachas', and 'Índices de Capacidad'. In the 'GRÁFICOS' section, the following options are checked: 'Gráfico X-bar' and 'Gráfico de Rango'. The 'Aceptar' (Accept) button is highlighted.

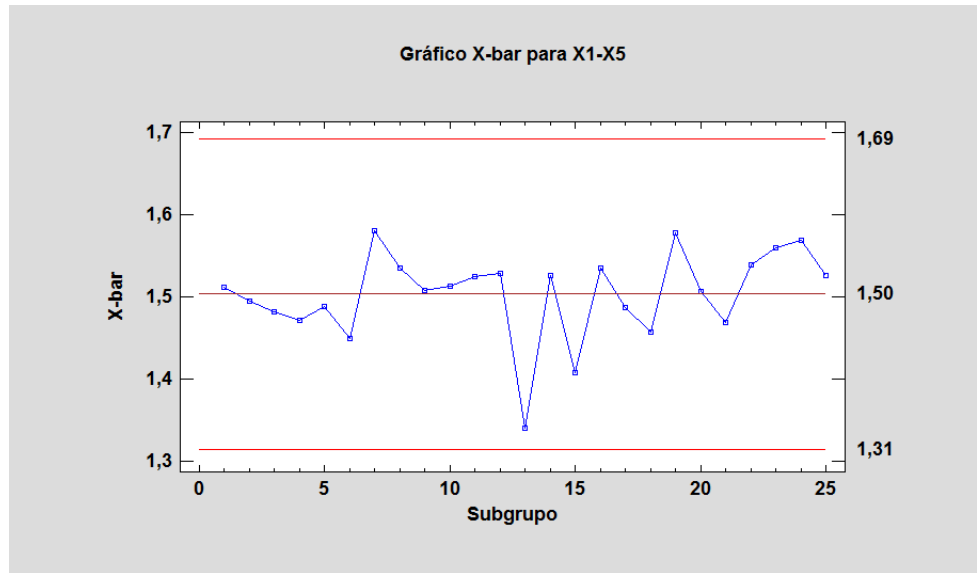
**Tablas:** Resumen del análisis, Reporte por subgrupo, Pruebas de rachas, Índices de capacidad

**Gráficos:** Gráfico X-bar, Gráfico de Rango

	X1	X2	X3		
	Wafer #1	Wafer #2	Wafer #3		
1	1,3235	1,4128	1,6744		
2	1,4314	1,3592	1,6075		
3	1,4284	1,4871	1,4932	1,4324	1,5674
4	1,5028	1,6352	1,3841	1,2831	1,5507
				5441	
				1198	
				5144	
				5519	
				8688	
				522	
				1181	
				7559	
				1928	
14	1,4951	1,4036	1,5893	1,6458	1,4969
15	1,3589	1,2863	1,5996	1,2497	1,5471
16	1,5747	1,5301	1,5171	1,1839	1,8662
17	1,368	1,7269	1,3957	1,5014	1,4449
18	1,4163	1,3864	1,3057	1,621	1,5573
19	1,5796	1,4185	1,6541	1,5116	1,7247
20	1,7106	1,4412	1,2361	1,382	1,7601

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R



### Gráfico X-bar

LSC: +3,0 sigma      1,69224  
Línea Central      1,50345  
LIC: -3,0 sigma      1,31467  
0 fuera de límites

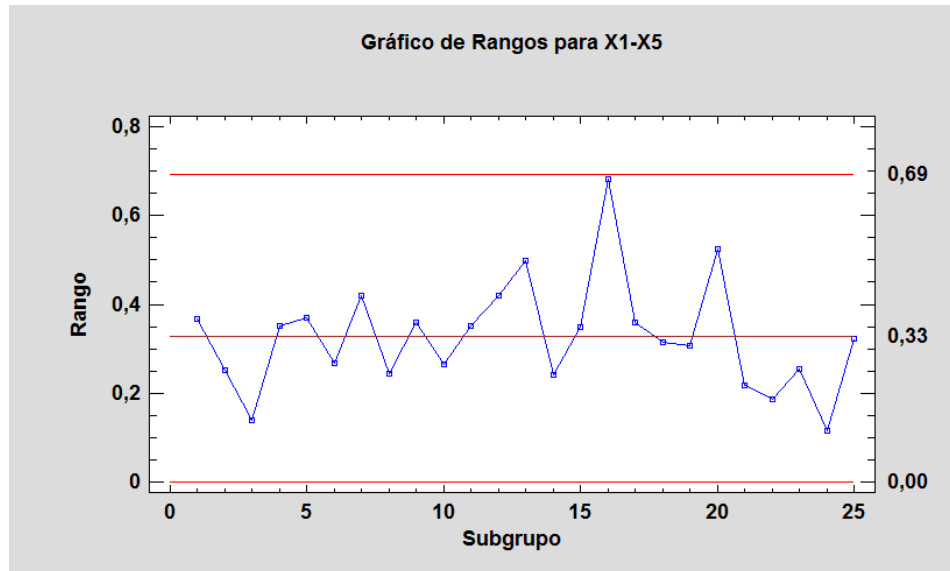
### Estimados

Media      1,50345  
Sigma      0,140712  
Rango      0,327296

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 1,50345 y una desviación típica igual a 0,140712. Estos parámetros se estimaron a partir de los datos. Como todos los puntos están dentro de los límites, el proceso está bajo control.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R



### Gráfico R

LSC: +3,0 sigma 0,692064  
Línea Central 0,327296  
LIC: -3,0 sigma 0,0  
0 fuera de límites

### Estimados

Media 1,50345  
Sigma 0,140712  
Rango 0,327296

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 1,50345 y una desviación típica igual a 0,140712. Estos parámetros se estimaron a partir de los datos. Como todos los puntos están dentro de los límites, el proceso está bajo control.



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R**

### **Ejemplo**

El estudio anterior trata con 25 muestras de 5 galletas cada una. Basado en ese estudio, parece que el proceso está en un estado de control estadístico.

En un estudio Fase 2, se recaban datos adicionales son recabados que son graficados con los límites de control basados en ese estándar. Las filas 26-45 del archivo de los datos de las galletas representan ese caso.

Para realizar un estudio Fase 2 con las galletas, el cuadro de diálogo de captura de datos se modificará para eliminar la selección.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

The screenshot shows the Statgraphics Centurion interface. The 'Gráficos X-bar y R' dialog box is open, displaying the following settings:

- Datos:** Observaciones (selected), with variables X1, X2, X3, X4, and X5 listed.
- Estadísticas por Subgrupo:** Medias, Rangos, and Tamaño are all set to empty fields.
- Fecha/Tiempo/Etiquetas o Tamaño:** Empty field.
- (LIE):** (Nominal): (LSE): All empty fields.
- (Selección):** A dropdown menu with a red arrow pointing to it and a text box containing 'Tomamos todos'.
- Ordering:**  Ordenar nombres de columna.

Below the dialog box, a control chart titled 'Gráfico de Rangos para X1-X5' is visible. The chart shows a blue line representing the range for 25 subgroups. The y-axis is labeled 'Rango' and ranges from 0 to 0.8. The x-axis is labeled 'Subgrupo' and ranges from 0 to 25. Two horizontal red lines are drawn at approximately 0.33 and 0.69.

**Observaciones:** variables que contienen las medidas tomadas, en este caso, el peso de las 5 galletas de cada muestra.

**Selección:** en blanco. Tomamos todos.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

**Tipo de Estudio: Control a Estándar.**

**Límites de control:** Por defecto,  $\sigma=3$ .

**Especificar parámetros:**

**Media = 1,50345**

**Desviación Est = 0.140712**

The screenshot displays the Statgraphics Centurion interface. The main window shows the 'Gráficos X-bar y R - X1-X5' setup. A dialog box titled 'Opciones de Gráficos X-bar y R' is open, with 'Control a Estándar' selected under 'Tipo de Estudio' and 'Especificar Parámetros' selected under 'Especificar Límites de Control'. The 'Media' field is set to 1,50345 and 'Desv. Est.' to 0,140712. The 'Límites de Control para X-bar' section shows 'Superior' at 3,0 and 'Inferior' at -3,0, both in terms of Sigma. The 'Especificaciones' table at the bottom provides capacity and performance data.

	Capacidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0,135692	0,145671

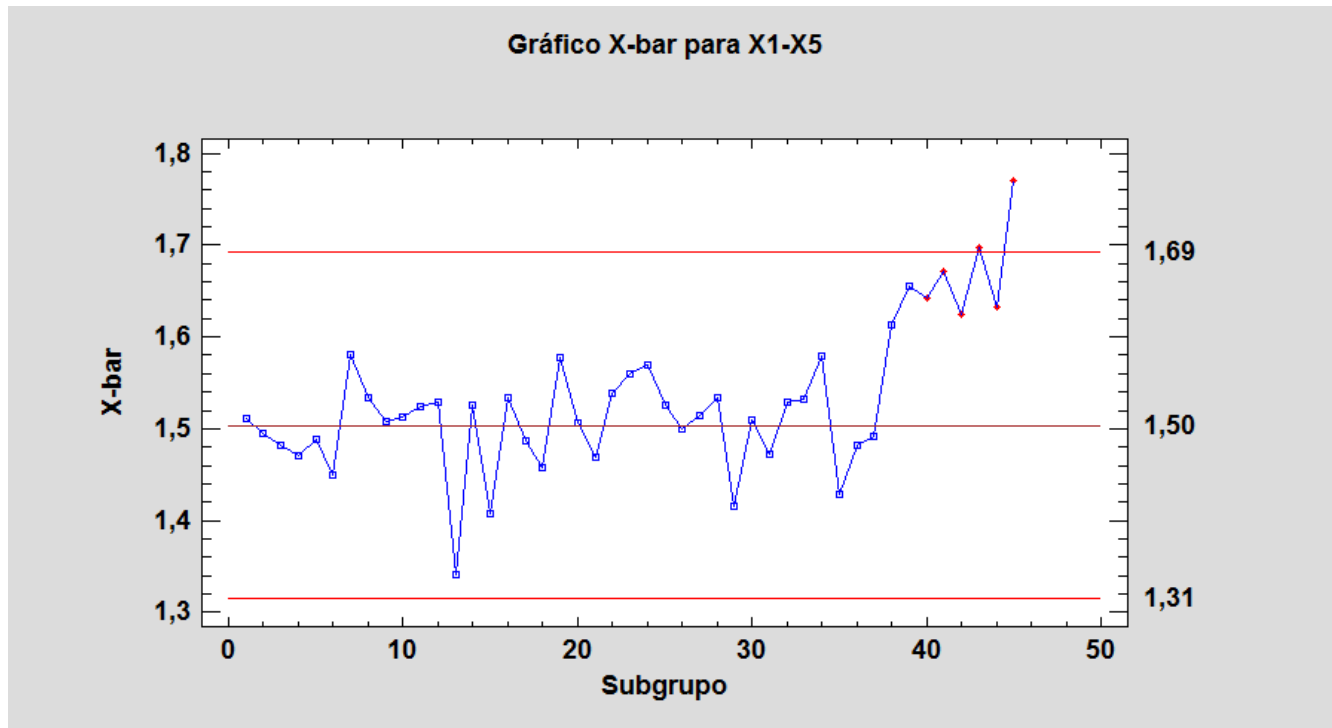
Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango promedio.

El StatAdvisor

Two control charts are displayed on the right. The top chart is an X-bar chart with a central line at 1,50345 and control limits at 1,35 and 1,65. The bottom chart is a Range chart with a central line at 0,32 and control limits at 0,00 and 0,67.

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

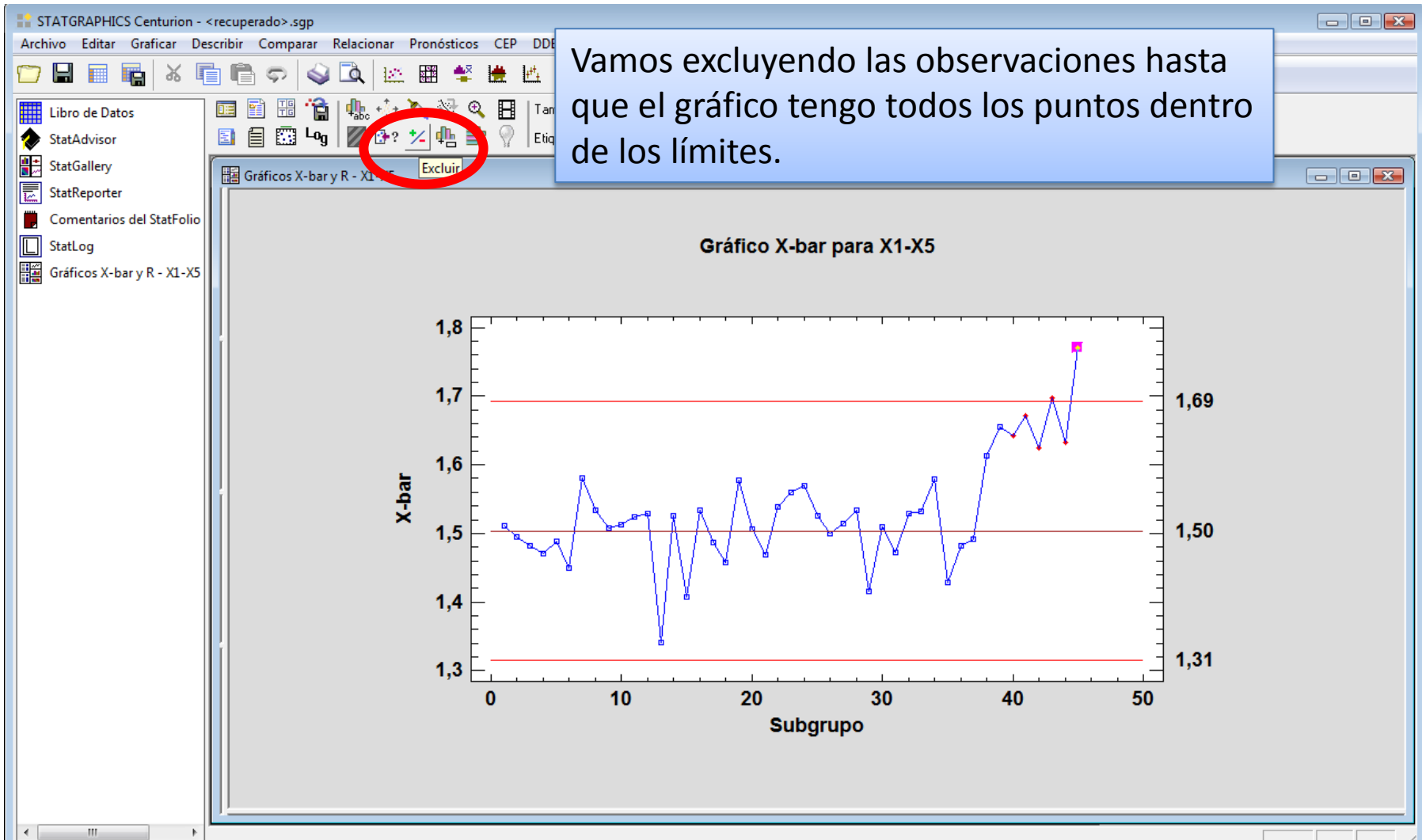
## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R



El gráfico resultante tiene la misma línea central y mismos límites que antes. Los últimos datos hacen que el proceso esté fuera de control.

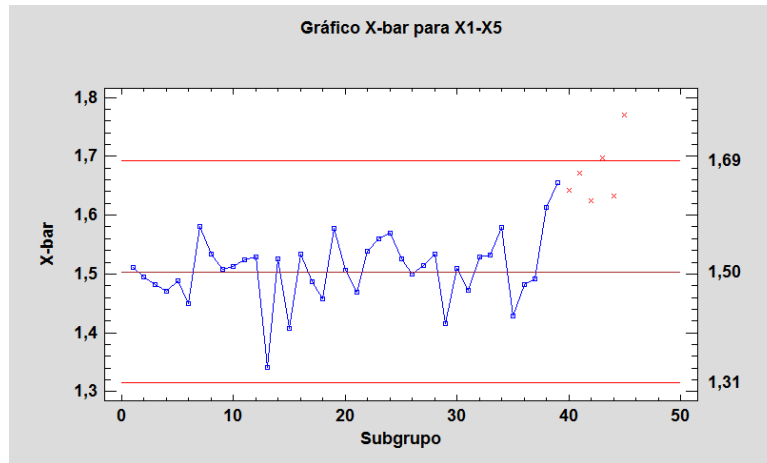
# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R



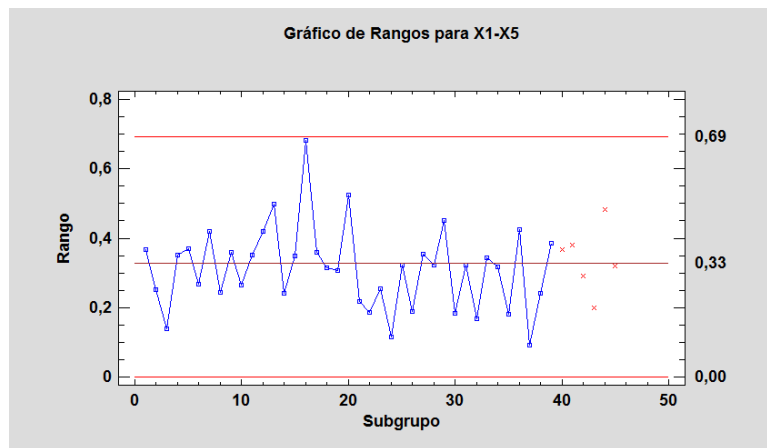
# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R



### Gráfico X-bar

LSC: +3,0 sigma	1,69224
Línea Central	1,50345
LIC: -3,0 sigma	1,31467



### Gráfico R

LSC: +3,0 sigma	0,692064
Línea Central	0,327296
LIC: -3,0 sigma	0,0

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de **Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R**

### **Ejemplo**

Por último, se quiere estudiar el índice de capacidad, cuando el intervalo deseado de tolerancia o intervalo en que se desea que esté comprendida la medida es  $[1,4 - 1,7]$ .

# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

Especificamos los límites de tolerancia en la ventana inicial de edición de datos.

**LIE = 1,4**  
**LSE = 1,7**

Gráfico de Rangos para X1-X5

Subgrupo	Rango
1	0,33
2	0,33
3	0,33
4	0,33
5	0,33
6	0,33
7	0,33
8	0,33
9	0,33
10	0,33
11	0,33
12	0,33
13	0,33
14	0,33
15	0,33
16	0,33
17	0,33
18	0,33
19	0,33
20	0,33
21	0,33
22	0,33
23	0,33
24	0,33
25	0,33
26	0,33
27	0,33
28	0,33
29	0,33
30	0,33
31	0,33
32	0,33
33	0,33
34	0,33
35	0,33
36	0,33
37	0,33
38	0,33
39	0,33
40	0,33
41	0,33
42	0,33
43	0,33
44	0,33
45	0,33
46	0,33
47	0,33
48	0,33
49	0,33
50	0,33

STATGRAPHICS Centurion - <recuperado>.sgp

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Statlets Herramientas Ver Ventana Ayuda

Libro de Datos

Gráficos X-bar y R

Datos: Observaciones

X1  
X2  
X3  
X4  
X5

Estadísticas por Subgrupo

Medias:

Rangos:

Tamaño:

Fecha/Tiempo/Etiquetas o Tamaño:

(LIE:) 1,4 (Nominal:) (LSE:) 1,7

(Selección:)

Ordenar nombres de columna

Aceptar Cancelar Borrar Transformar... Ayuda

Cp:Pp 0,372916 0,373427

tutorial\_graficos... Control de Proc... Tutoriales - Stat... Dibujo - Paint STATGRAPHICS ... 2 SGWIN ES Escritorio 16:57



# TRABAJANDO CON STATGRAPHICS

## ➤ Gráficos de Control de Variables con Statgraphics. GRAFICOS X y R

### Índices de Capacidad para XI-X5

Especificaciones

LSE = 1,7

LIE = 1,4

	Capacidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0,134079	0,133895
Cp/Pp	0,372916	0,373427
Nivel de Calidad Sigma	2,07	2,07

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango promedio

### El StatAdvisor

Se han calculado varios índices de capacidad para resumir la comparación de los datos con las especificaciones. Un índice común es el Cp, que es igual a la distancia entre los límites de especificación, dividida entre 6 veces la desviación estándar. En este caso, el Cp es igual a 0,372916, el cual generalmente no se considera bueno.

**El valor de Cp = 0,372916  
Como es menor que 1, se dice que  
el proceso no es capaz.  
Este índice no se considera bueno.**

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## Ejercicio propuesto 1.

El archivo *pistonrings.sf3* contiene las mediciones hechas sobre el diámetro de los anillos de los pistones de los motores de automóviles tomados de Montgomery (2005). Los datos consisten en  $m = 25$  muestras de 5 anillos cada una. Las 10 primeras mediciones se hicieron para construir los gráficos de control y las 15 siguientes se tomaron una vez construidos los gráficos para estudiar si el proceso estaba bajo control.

- A. Construya el gráfico X para la media y el gráfico S para la desviación típica. Hágalo para el estudio inicial y posteriormente para el control a estándar. Comente los resultados.
- B. Calcule el índice de capacidad si las especificaciones son que el diámetro tenga una medida entre 73 y 74 mm. ¿El proceso es capaz?

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## Ejercicio propuesto 2.

Un sensor de presión ha de trabajar en condiciones de alta temperatura. Para controlar la calidad en su fabricación, se realiza un control sobre el efecto de la temperatura en la resistividad del circuito impreso de dicho sensor. Los datos obtenidos están en valores adimensionales (valores beta). Las tolerancias técnicas son: Límite de Tolerancia Inferior: 19.7 unidades. Límite de Tolerancia Superior: 39.8 unidades. Idealmente, los circuitos deberían proporcionar un valor nominal de 29 unidades (fichero Sensorpresion.sgd).

La cadena de producción produce una media de 150 circuitos en media hora. La obtención de los valores beta de la prueba tiene, para cada circuito, una duración media de 2 minutos, por lo que se podrían analizar, aproximadamente, 15 en media hora (un 10 % de la producción). Criterios organizativos y económicos aconsejaron finalmente reducir a 5 el número de circuitos que se analizarían cada media hora (de esta forma, el técnico que realiza las pruebas puede realizar otras tareas relacionadas con la inspección del material en curso).

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## Ejercicio propuesto 2.

El procedimiento de control es entonces el siguiente. El técnico recoge 5 circuitos producidos consecutivamente, los inspecciona y anota los resultados de la inspección (los 5 respectivos valores beta) junto con otros datos relacionados con el proceso (personal, incidencias, cambios en herramientas o materiales, etc.). A la media hora de la recogida vuelve a recoger otros 5 circuitos, etc. Por tanto, el control estadístico se realiza con subgrupos de tamaño 5. Para la elaboración del gráfico de control se obtienen un total de 100 mediciones (20 grupos de 5). Los datos se encuentran en la variable Sensor del fichero Sensorpresion.sgd .

- A. Se desea diseñar un gráfico de control  $\bar{X} - R$  para monitorizar esta característica de los circuitos. Indique si el proceso está bajo control y en caso de no estarlo, elimine las causas necesarias hasta que esté bajo control.
- B. Calcule además el índice de capacidad y coméntelo.

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## Ejercicio propuesto 2.

Una vez que tenemos el gráfico construido (es decir, sus límites de control y línea central) lo aplicaremos a un nuevo conjunto de datos, que se encuentra en la variable Newsensor.

C. ¿Ha continuado el proceso bajo control?

# GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

## Ejercicio propuesto 3.

En procesos de llenado de envases es importante controlar el nivel de llenado, ya que la ley exige respetar los contenidos mínimos y por otra parte, el sobrellenado es motivo de altos costes que pueden comprometer la rentabilidad económica de la producción.

Los procesos de llenado de envases suelen estar automatizados. Se coloca un transmisor de dosificación o llenado que envía la señal a una válvula para que esta se abra y cierre.

Los datos a utilizar corresponden al nivel de llenado de botellas de agua mineral de 250 cl. Se encuentran en el archivo fill.sgd., que contiene el nivel de llenado de 100 botellas, organizadas en lotes de 5.

- A. Diseñe un gráfico de control X – S para monitorizar el llenado.
- B. Calcule el índice de capacidad si, según las especificaciones, el llenado no debe ser inferior a 240 cl. y coméntelo.