



Universidad Autónoma de Baja California



Tijuana campus

## **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC)**

---

**Ingeniería Industrial**

# **Manual de prácticas de Control Estadístico de Procesos con MINITAB**

Edgar Armando Chávez Moreno  
Francisco Javier Ramírez Arias  
Mariana Mendez Flores

Diciembre 2019

Este manual pertenece a:

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**ORGANIZACIÓN:** \_\_\_\_\_



# Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC)

Ingeniería Industrial  
Control Estadístico de Procesos

## Programa

### Descripción

Conocer el gráfico de rachas, gráfico de Pareto, diagrama de causa-efecto, gráfico de varianza y gráfico de simetría como herramientas de calidad a través del programa MINITAB para generar información significativa y caracterización de los procesos productivos, procesos industriales y/o sistemas, a fin de evaluarlos objetivamente y contar con información para la toma de decisiones como herramientas de apoyo de la unidad de aprendizaje de Control Estadístico de Procesos del Programa Educativo de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California.

### Resultados del aprendizaje:

1. Introducción a MINITAB
  - 1.1 Reglamento del laboratorio de cómputo
  - 1.2 Sitio web <http://www.minitab.com/es-US/products/minitab/>
  - 1.3 Lista de características
    - 1.3.1 Facilidad de uso
    - 1.3.2 Administración de datos y archivos
    - 1.3.3 Asistente
    - 1.3.4 Estadísticas básicas
    - 1.3.5 Gráficos
    - 1.3.6 Análisis de regresión
    - 1.3.7 Análisis de varianza
    - 1.3.8 Diseño de experimentos
    - 1.3.9 Control estadístico de procesos**
    - 1.3.10 Análisis de sistemas de medición
    - 1.3.11 Análisis de confiabilidad/supervivencia
    - 1.3.12 Análisis multivariado
    - 1.3.13 Series de tiempo y pronósticos

- 1.3.14 No paramétrico
- 1.3.15 Tablas
- 1.3.16 Potencia y tamaño de la muestra
- 1.3.17 Simulación y distribuciones
- 1.3.18 Macros y capacidad para personalizar
- 2. Videos MINITAB

Al finalizar con éxito este curso de MINITAB, será capaz de:

1. Elaborar gráfico de rachas.
2. Elaborar gráfico de Pareto.
3. Elaborar diagrama de causa-efecto.
4. Elaborar gráfico de varianza.
5. Elaborar gráfico de simetría.

## Introducción

El programa de MINITAB es la herramienta por excelencia para la planificación de la calidad.

1. **Gráfico de rachas:** permiten detectar patrones no aleatorios en los datos.
2. **Gráfico de Pareto:** nos ayudan a identificar los problemas más relevantes.
3. **Diagrama de causa-efecto:** permiten organizar gráficamente las posibles causas de un problema.
4. **Gráfico de varianza:** suponen una alternativa a los métodos ANOVA.
5. **Gráfico de simetría:** nos ayudan a determinar el grado de simetría de la distribución de datos.

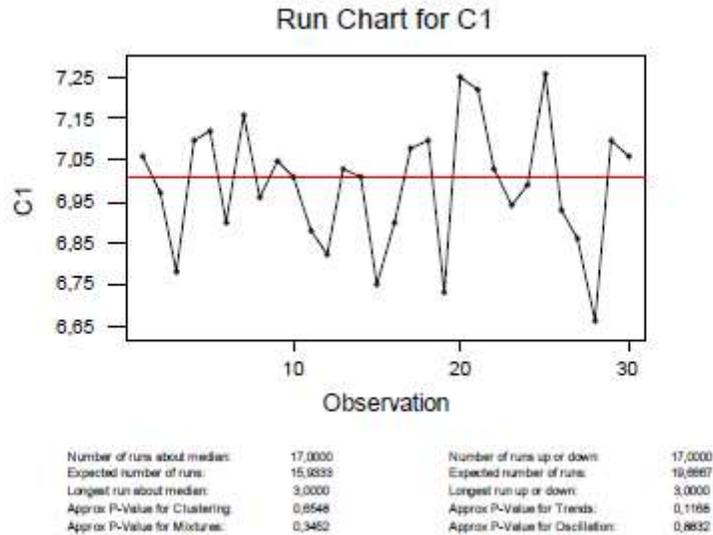
### 1. Gráfico de rachas

Un gráfico de rachas nos permite identificar patrones no aleatorios en los datos. En él se representan las medias (o las medianas) vs el número del subgrupo al que pertenecen. El gráfico contiene además una línea horizontal de referencia que representa la mediana de las observaciones.

Por otra parte, también se realizan dos pares de pruebas para contrastar la hipótesis nula de que el comportamiento de las observaciones sigue una secuencia aleatoria. Estas pruebas nos ayudarán a identificar tendencias, oscilaciones, mezclas, y estratificaciones en los datos.

La existencia de tales patrones de comportamiento sugeriría que la variación observada es debida a causas especiales, causas externas al sistema y que deben ser corregidas. Consideraremos que un proceso se encuentra bajo control cuando éste se vea afectado únicamente por causas comunes o naturales (inherentes al propio proceso).

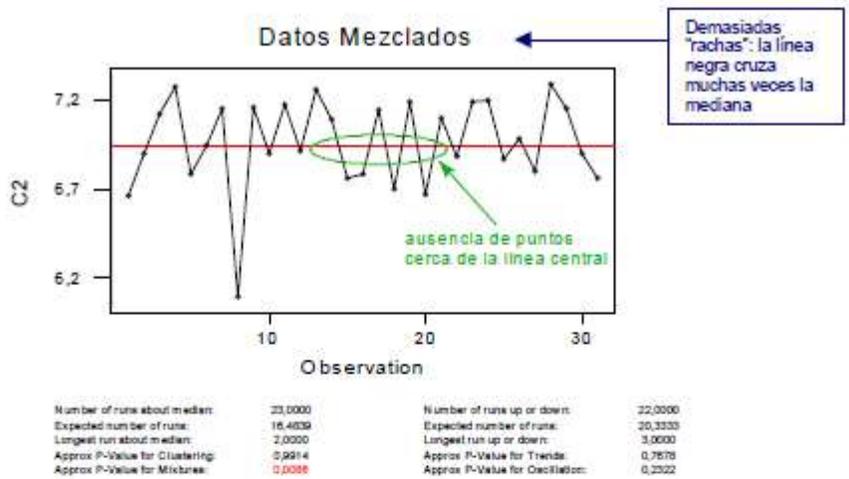
Los datos de un proceso que se encuentre bajo control (es decir, cuya variabilidad se deba sólo a causas comunes) deberían seguir un patrón aleatorio, como ocurre en el siguiente gráfico:



Las dos primeras pruebas de aleatoriedad que se muestran en el gráfico anterior se basan en el número de rachas localizadas a cada lado de la línea que representa la mediana. En este contexto, una racha es un conjunto de puntos consecutivos situados a un lado de la mediana. Si los puntos están unidos por una línea, una racha termina y otra empieza cuando dicha línea cruza la mediana.

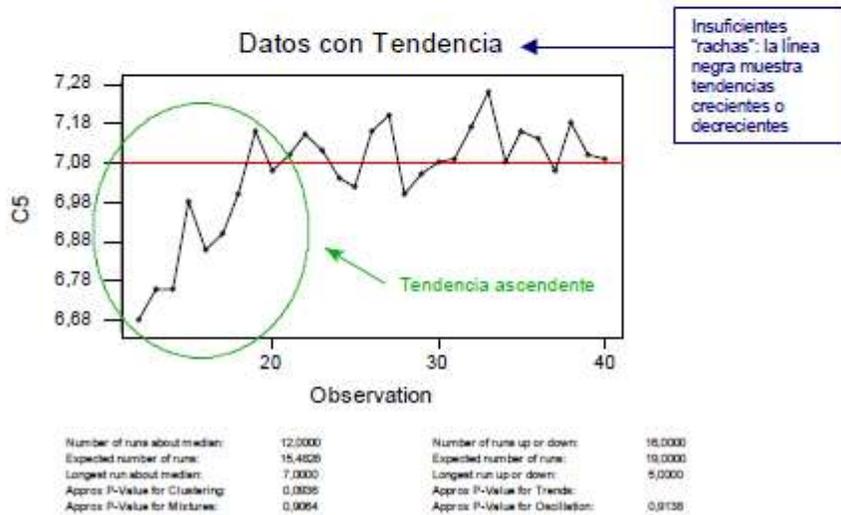
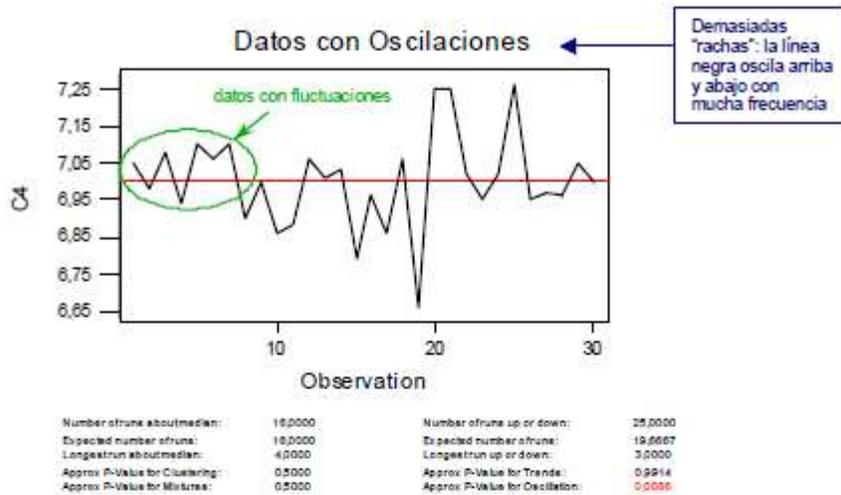
Estos contrastes son sensibles a dos tipos de comportamientos no aleatorios: las mezclas y las estratificaciones. Así, si el número de rachas es significativamente superior al esperado bajo la hipótesis nula, tendremos indicios de que las observaciones están mezcladas (proviene de poblaciones diferentes), mientras que si el número de rachas es significativamente inferior al esperado tendremos indicios de estratificación (o agrupamiento) en los datos.

Los p-valores que nos muestra el gráfico anterior son mayores de 0,05 para ambas pruebas, por lo que no hay motivos para pensar que los datos están mezclados o estratificados. A continuación se muestran dos gráficos característicos de datos con problemas de mezclas y estratificaciones respectivamente:



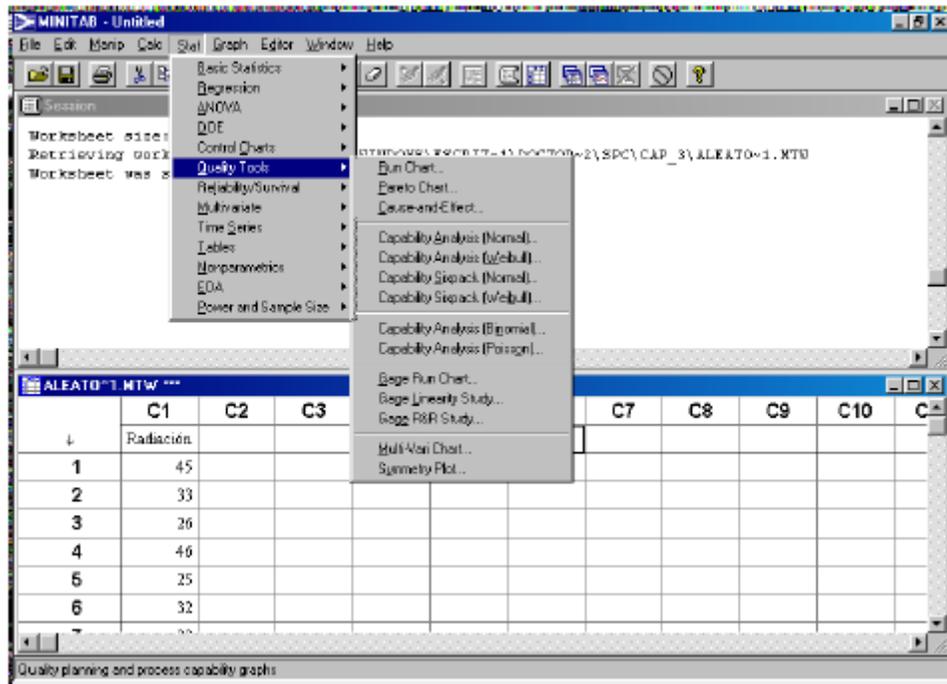
Las dos pruebas restantes se basan en el número de rachas crecientes y decrecientes. En este caso, una racha es un conjunto de puntos consecutivos situados en la misma dirección (formando un tramo creciente o decreciente). Así, una nueva racha comenzará cada vez que la línea que une los puntos pase de ser creciente a decreciente o viceversa. Estos contrastes son sensibles a dos tipos de comportamientos no aleatorios: las oscilaciones y las tendencias. Si el número de rachas observadas es significativamente mayor que las esperadas (bajo la hipótesis nula), entonces habrá indicios de la existencia de oscilaciones en los datos.

Si el número de rachas observadas es significativamente menor que el esperado, habrá indicios de tendencias. Ninguno de los gráficos anteriores presentaba indicios de que los datos sufriesen oscilaciones ni que siguiesen tendencias determinadas. A continuación se muestran dos casos típicos de datos con problemas de oscilaciones y tendencias:

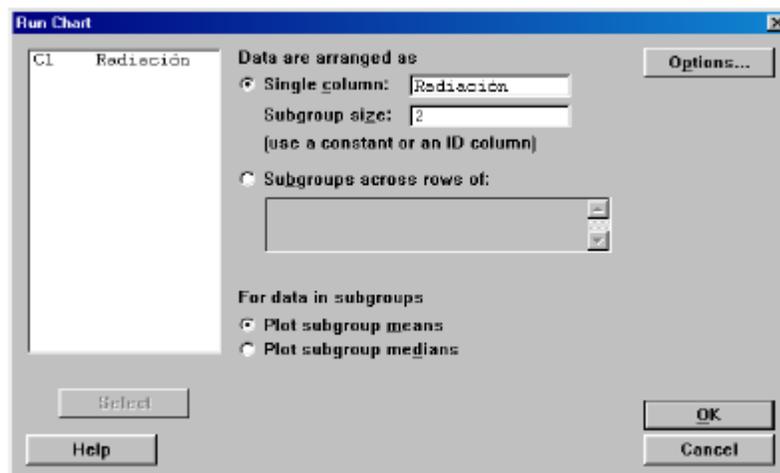


**Ejemplo:** Supongamos que trabajamos para una empresa que produce un tipo de dispositivos capaz de medir los niveles de radiación en el ambiente. Queremos analizar los datos, obtenidos en una prueba realizada sobre 20 dispositivos (en grupos de 2), referentes a los niveles de radiación que cada aparato registró.

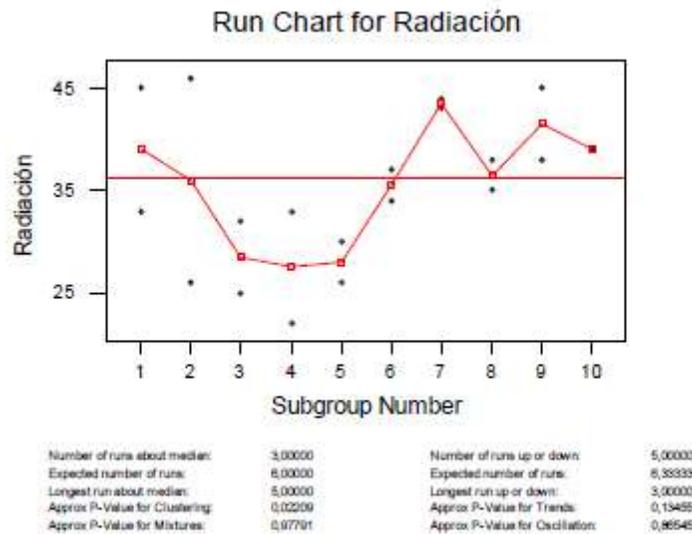
1) Seleccionar **Stat > Quality Tools > Run Chart** :



2) Capturamos los campos como se indica a continuación:



El resultado es el siguiente:



La prueba de estratificación es significativa al nivel 0,05 (el p-valor asociado es de 0,02). Por tanto, hemos de concluir que hay indicios de que nuestro proceso se está viendo afectado por causas especiales, las cuales deberíamos investigar antes de seguir. La estratificación de los datos suele ser síntoma de problemas en el muestreo o en los procesos de medición.

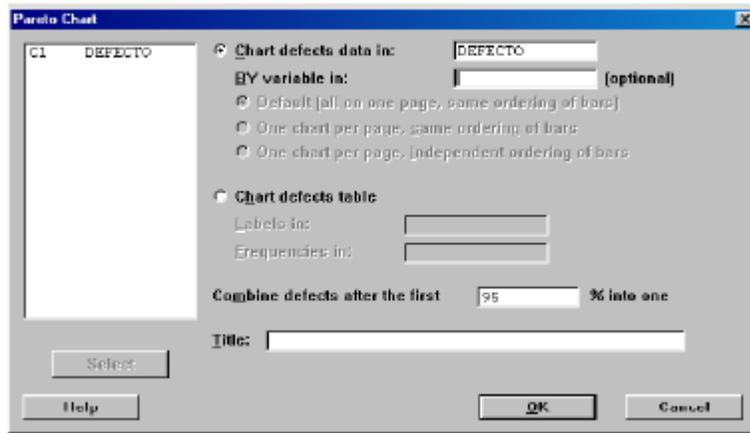
## 2. Gráfico de Pareto

Un gráfico de Pareto es un diagrama de barras en el que el eje horizontal representa categorías de interés, generalmente causas de fallos o defectos (los cuales pretendemos eliminar). Las barras se ordenan de mayor a menor, lo que nos permite diferenciar aquellas “pocas causas importantes” de las “muchas causas intrascendentes”.

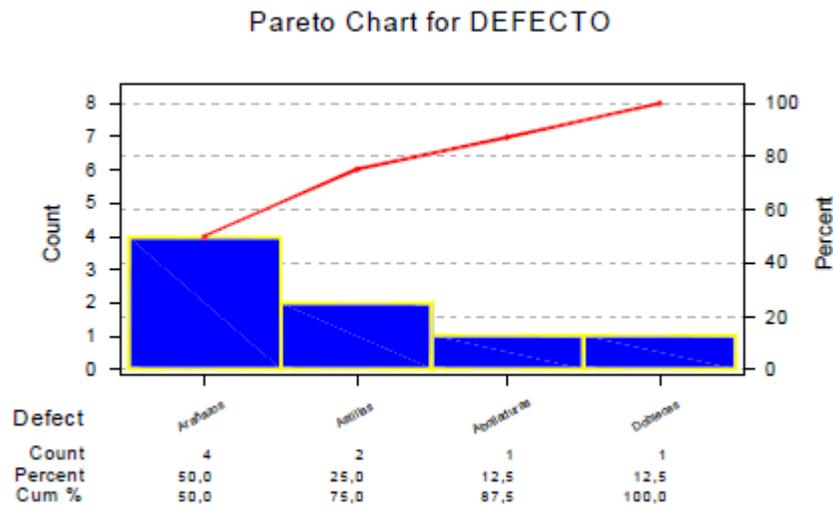
El gráfico contiene también una línea de porcentajes acumulativos, la cual nos ayuda a determinar la contribución de cada categoría al número total de fallos o defectos. Este tipo de gráficos resulta muy útil en la identificación de aquellas causas cuya eliminación es prioritaria por suponer un elevado porcentaje del total de fallos o defectos.

**Ejemplo:** Supongamos que nuestra empresa fabrica estanterías con componentes metálicos y de madera. Realizamos un control final en el cual algunas estanterías son retiradas antes de comercializarse debido a arañazos, astillas, dobleces, o abolladuras. Nuestra intención es realizar un gráfico de Pareto que nos permita identificar cuál de los defectos anteriores es el principal causante de estanterías retiradas.

- 1) Seleccionar **Stat > Quality Tools > Pareto Chart:**
- 2) Capturamos los campos como se indica a continuación:



3) El gráfico que obtenemos es el siguiente:



A partir del gráfico anterior podemos concluir que un 75% de las estanterías retiradas muestran defectos o bien de arañazos o bien de astillas, mientras que sólo un 25% de las estanterías son retiradas a causa de dobleces o abolladuras. Ello nos da una pista sobre qué tipos de defectos cabe evitar de forma prioritaria: deberemos centrar nuestros esfuerzos en eliminar las posibles causas de arañazos y astillas.

### 3. Diagrama de causa-efecto

Usaremos un diagrama de causa-efecto para organizar la información proveniente de una lluvia de ideas referente a las causas potenciales de un problema. Ello nos permitirá establecer relaciones entre dichas causas.

**Ejemplo:** Supongamos que hemos realizado una encuesta entre los estudiantes de una universidad sobre la calidad del personal docente. A menudo, la metodología empleada en este tipo de encuestas puede resultar no adecuada por causas varias. Hemos agrupado dichas causas en 6 grupos (personas, máquinas, material, métodos, mediciones y ambiente).

1) Seleccionar **Stat > Quality Tools > Cause-and-Effect**

2) Capturamos los campos como se indica a continuación:

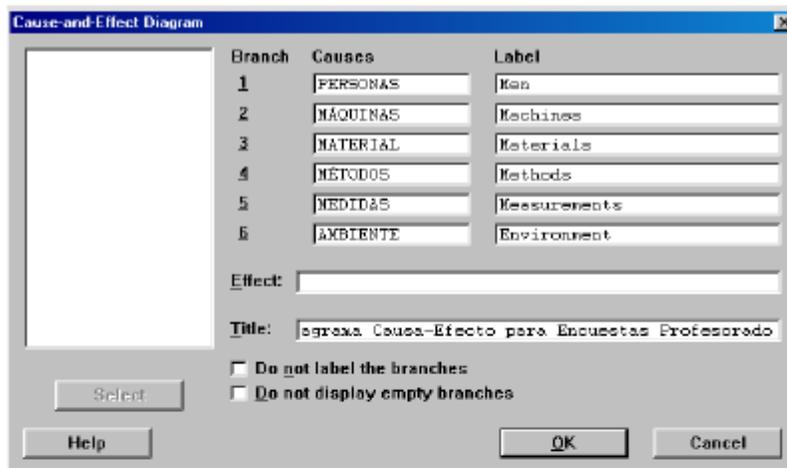
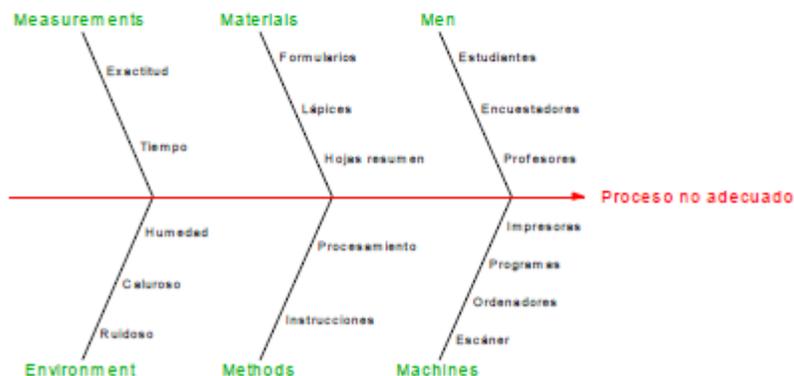


Diagrama Causa-Efecto para Encuestas Profesorado



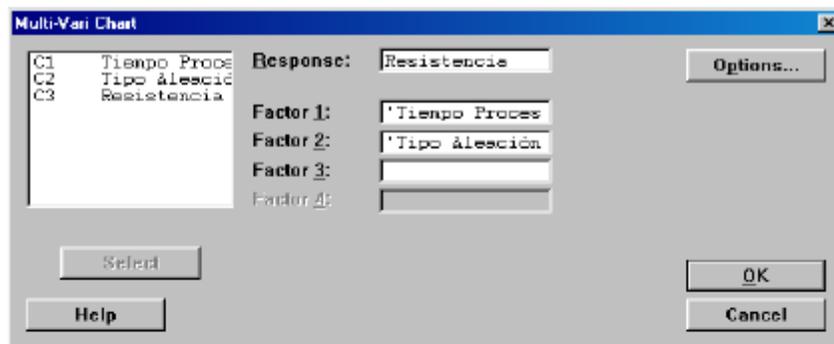
## 4. Gráfico de varianza

Un gráfico de varianza representa una alternativa “visual” a los métodos ANOVA. Este tipo de gráfico se utiliza en el análisis de datos para tener una visión previa de los mismos. En él se muestran, para cada uno de los factores, las medias de cada categoría o nivel dentro del factor.

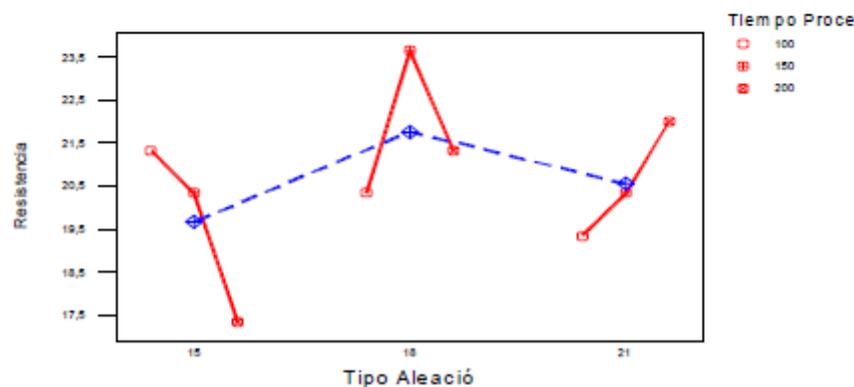
**Ejemplo:** Supongamos que pretendemos evaluar los efectos que sobre la resistencia de tres tipos de aleaciones distintas tiene el tiempo de procesado. Para cada tipo de aleación, se midió la resistencia de tres muestras en cada uno de los siguientes tiempos de procesado: 100 minutos, 150 minutos, y 200 minutos. Nuestro objetivo es determinar, antes de pasar a realizar un estudio detallado, si existen tendencias o interacciones visibles en los datos.

1) Seleccionar **Stat > Quality Tools > Multi-Vari Chart**

2) Rellenamos los campos como se indica a continuación:



Multi-Vari Chart for Resistencia By Tiempo Proce - Tipo Aleació



A partir del gráfico anterior se observa que hay indicios de interacción entre el tipo de aleación y la duración temporal del proceso: en el caso de la aleación de tipo 15, la mayor resistencia se obtiene para procesos de 100 minutos; en el caso de la aleación

de tipo 18, la obtendremos para procesos de 150 minutos; finalmente, en el caso de aleaciones de tipo 21, los procesos de 200 minutos son los que posibilitan una mayor resistencia.

## 5. Gráfico de simetría

Los gráficos de simetría nos servirán para determinar si las observaciones muestrales obtenidas provienen o no de una distribución simétrica. Varios métodos estadísticos suponen que los datos provienen de una distribución normal, aunque en muchos casos este supuesto no es imprescindible siempre que la distribución poblacional sea simétrica. También es usual el supuesto de simetría en los métodos no paramétricos.

Para construir un gráfico de simetría se forman pares ordenados de observaciones: el primer par estará formado por las dos observaciones, una superior a la mediana y la otra inferior, más cercanas a la mediana; el segundo par consistirá de las dos observaciones, una superior a la mediana y la otra inferior, más cercanas a la mediana de entre las restantes (exceptuando las ya consideradas); etc.

Para cada par de observaciones consideramos un punto cuya primera coordenada será la distancia entre la observación superior a la mediana y la mediana, y cuya segunda coordenada será la distancia entre la observación inferior a la mediana y la mediana. Obtendremos así una nube de puntos. Si los datos siguen una distribución simétrica, las coordenadas X e Y serán aproximadamente igual para todos los puntos, por lo que éstos deberían seguir una línea recta de  $45^\circ$ . Así, cuanto más simétrica sea la distribución, tanto más se aproximarán los puntos a la mencionada línea.

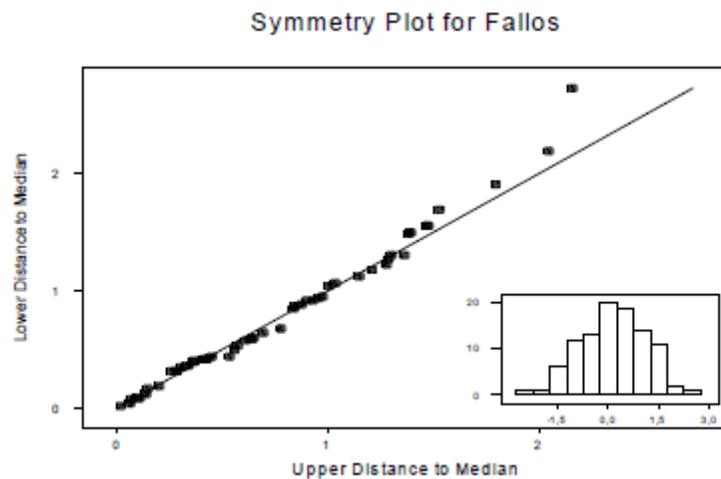
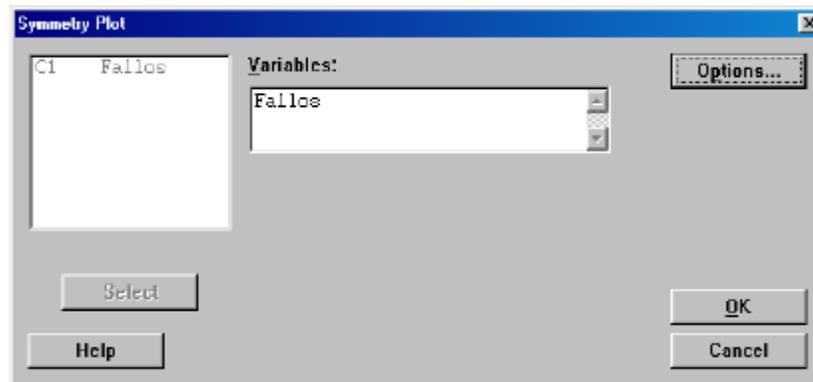
Notar que, incluso para observaciones que se distribuyan de forma normal, es de esperar encontrar puntos que se sitúen por encima y por debajo de la recta. Lo importante, pues, es comprobar si los puntos divergen sustancialmente o no de dicha recta. Observando estos gráficos será posible detectar distintos tipos de asimetrías: si los puntos divergen por encima de la línea (coordenada Y mayor que la X), la distribución estará sesgada a la izquierda; por otro lado, si los puntos divergen por debajo de la línea (coordenada X mayor que la Y), la distribución estará sesgada a la derecha.

Finalmente, la existencia de puntos divergentes en el extremo superior derecho del gráfico (donde las distancias son grandes) denotará cierto grado de asimetría en las colas de la distribución. Conviene recordar que, para poder extraer conclusiones sobre la simetría o asimetría de una distribución, será necesario disponer de un número suficientemente grande de observaciones (al menos 25 o 30).

**Ejemplo:** Queremos comprobar si los datos de un proceso siguen una distribución aproximadamente simétrica:

1) Seleccionar **Stat > Quality Tools > Symmetry Plot**

2) Capturamos los campos como se indica a continuación:



El gráfico anterior nos muestra una distribución bastante simétrica. Observar la existencia de puntos por encima de la línea en la esquina superior derecha, lo que nos indica que la cola izquierda es ligeramente más larga que la derecha. Los puntos del gráfico no divergen de la línea, por lo que el sesgo a la izquierda no es muy acentuado (como se observa en el histograma adjunto).