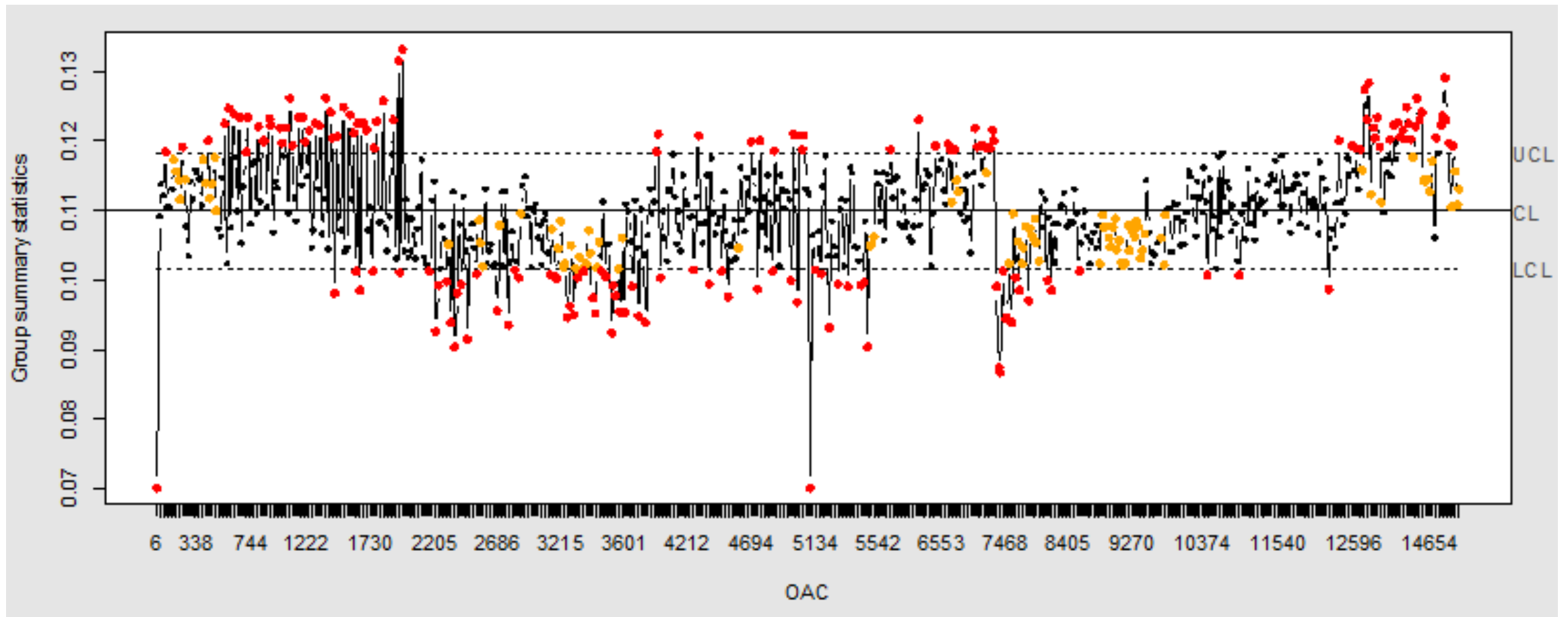


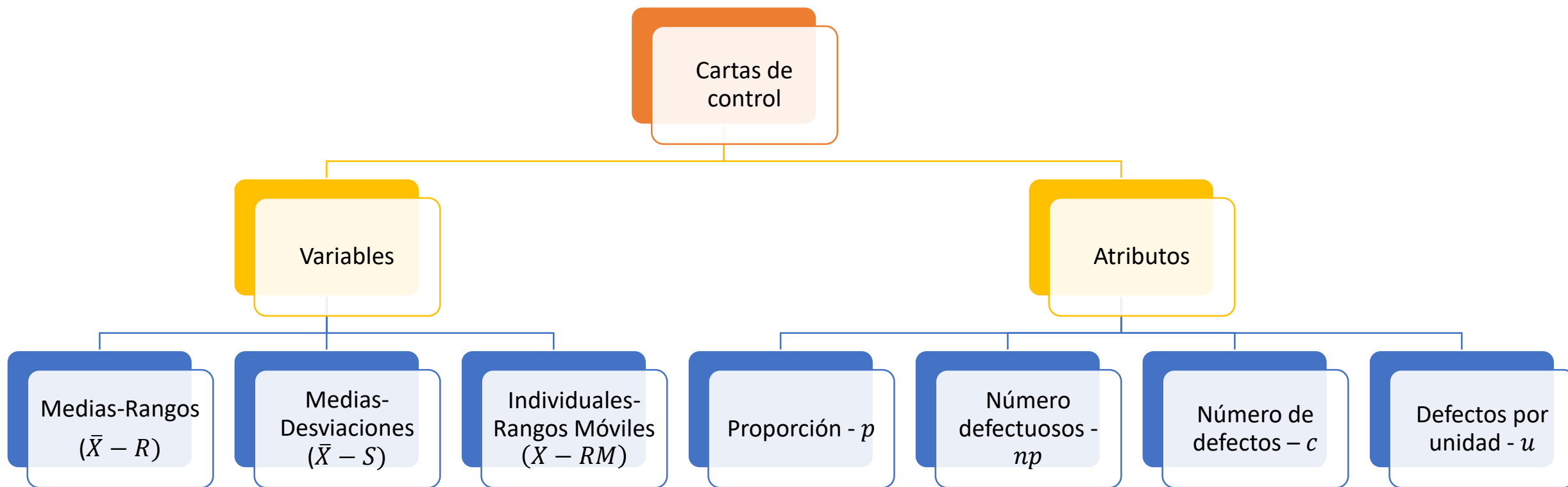
# Sesión II

## Cartas de control

## Carta de control



# Tipos de cartas de control



# Carta de control

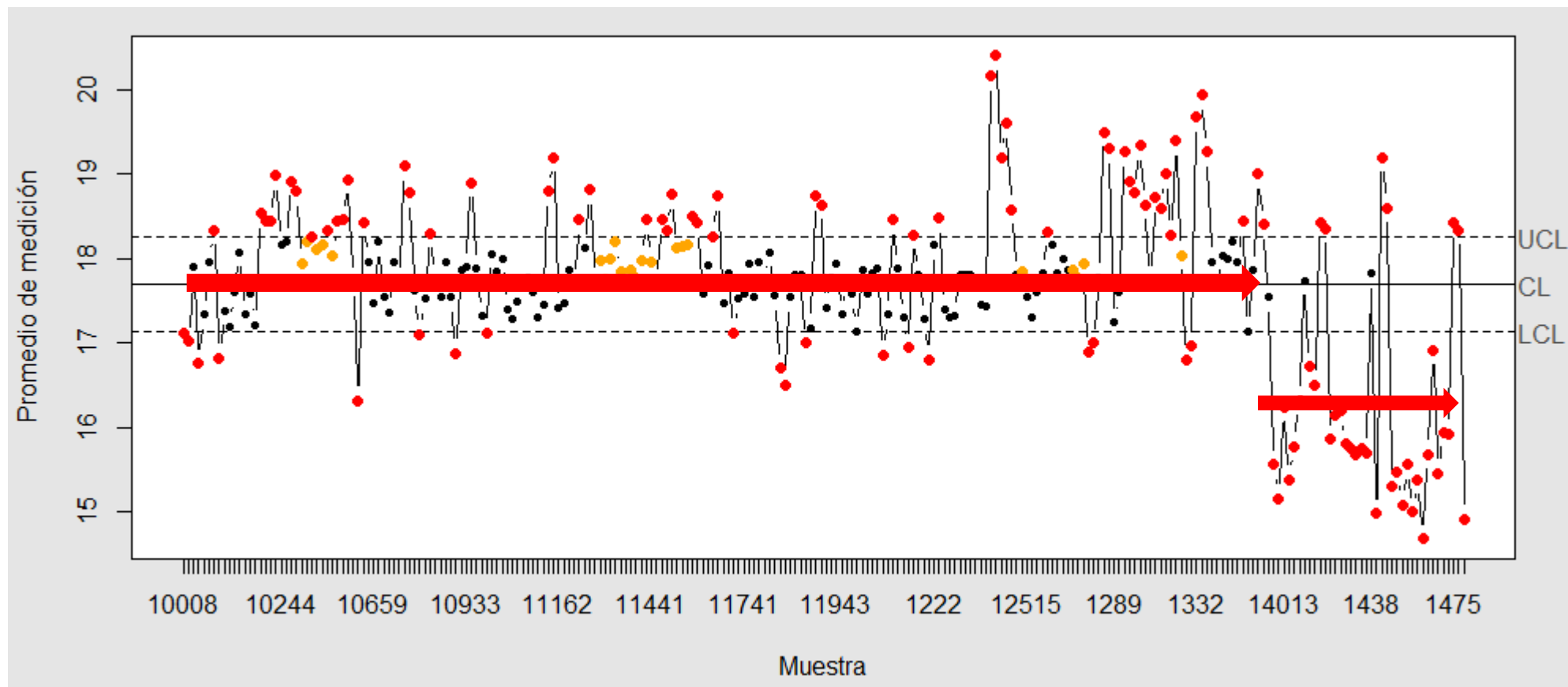
## Usos

1. Observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo, lotes, etc.
2. Distinguir entre variaciones comunes y especiales del proceso.
3. Identificar desplazamientos o cambios en el nivel del proceso.
4. Detectar tendencias en el proceso.
5. Identificar ciclos recurrentes en el proceso.
6. Detectar alta variabilidad en el proceso.
7. Identificar poca variabilidad en el proceso.

# Comportamientos no aleatorios de cartas de control

1. Desplazamientos
2. Tendencias
3. Ciclos
4. Variabilidad alta
5. Variabilidad baja

# Desplazamiento



# Análisis de desplazamiento

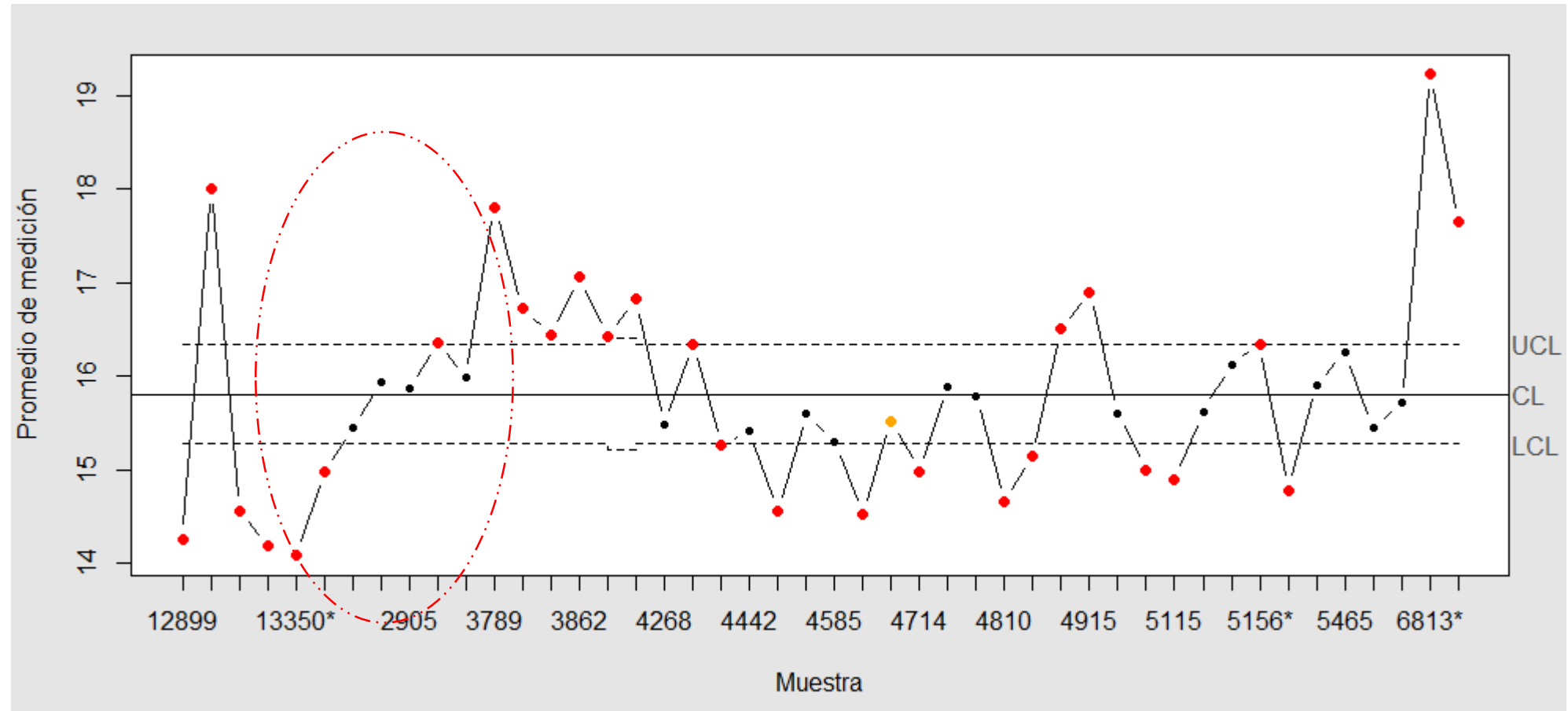
## Causas

1. Introducción de nuevos trabajadores, máquinas, materiales o métodos.
2. Cambios en los métodos de inspección
3. El proceso ha mejorado (o empeorado)

## Criterios:

1. Un punto fuera de los límites de control.
2. Hay una tendencia clara a que puntos consecutivos caigan de un solo lado de la línea central.
  - a. Ocho o más puntos consecutivos de un solo lado de la línea central.
  - b. Al menos 10 de 11 puntos consecutivos caen de un mismo lado de la línea central.
  - c. Por lo menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren por un mismo lado de la línea central.

# Tendencia





# Análisis de tendencia

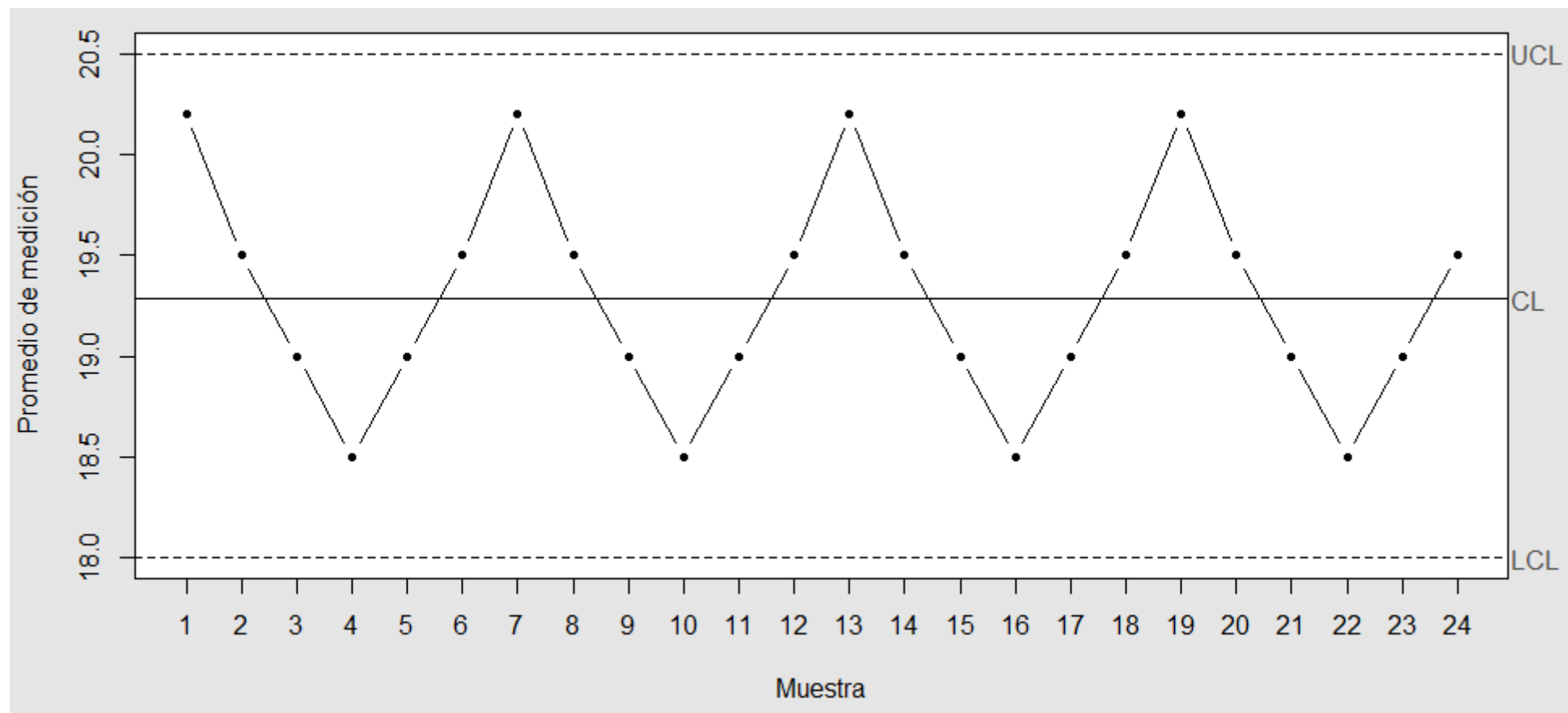
## Causas

1. Deterioro o ajuste gradual del equipo de producción.
2. Desgaste de herramientas.
3. Cambios graduales en las condiciones del medio ambiente.

## Criterios:

1. Seis o mas puntos consecutivos en ascenso o descenso.
2. Un movimiento demasiado largo de puntos hacia arriba (o abajo) de la carta de control.

## Ciclos



# Análisis de Ciclos

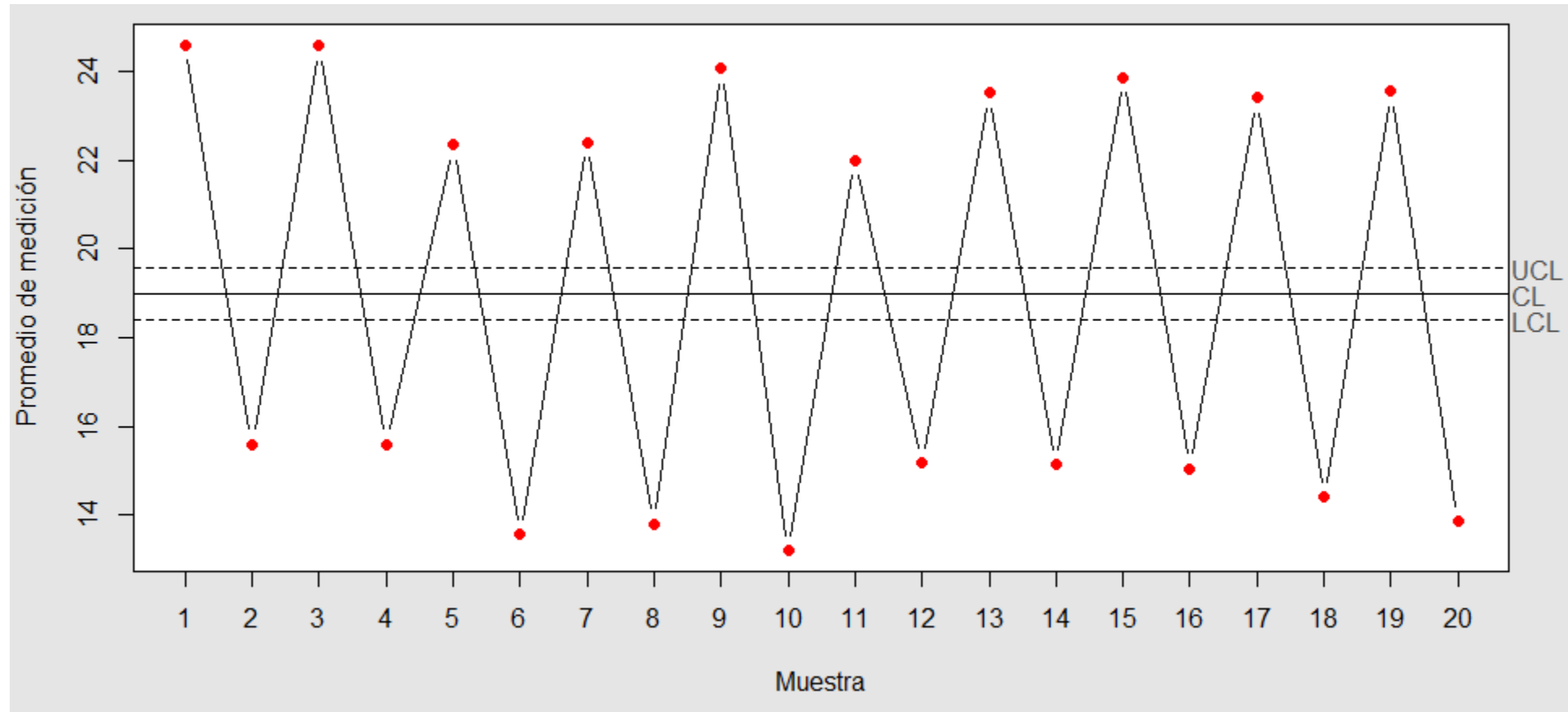
## Causas

1. Cambios periódicos en el ambiente
2. Diferencias en los dispositivos de medición o prueba.
3. Rotación regular de máquinas u operarios.
4. Efecto sistemático producido por dos máquinas, operarios o materiales que se usan alternadamente.

## Criterios:

1. Patrones en forma de ciclos con una periodicidad específica.

## Variabilidad alta



# Análisis de variabilidad alta

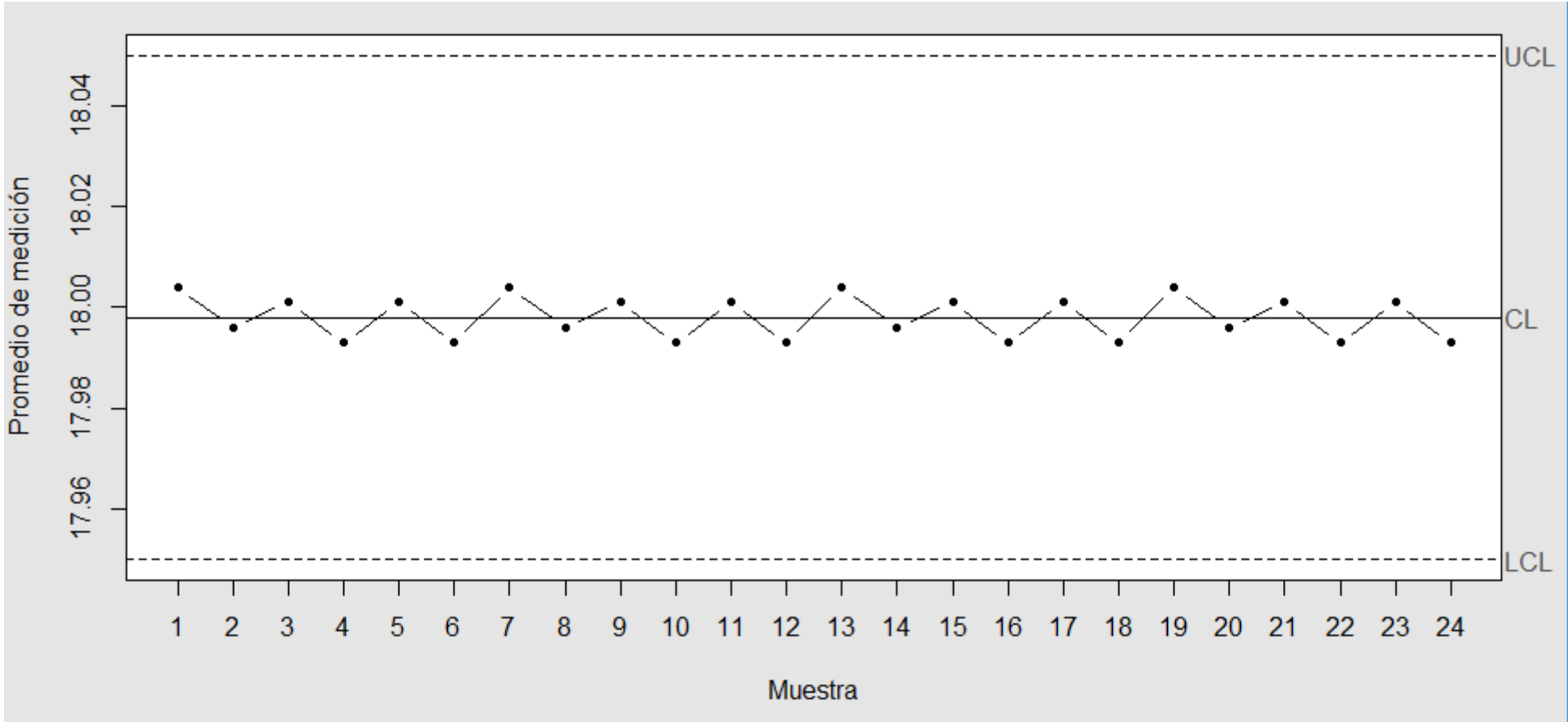
## Causas

1. Sobrecontrol o ajustes innecesarios en el proceso.
2. Diferencias sistemáticas en la calidad del material o en los métodos de prueba
3. Control de dos o más procesos con diferentes promedios en la misma carta.

## Criterios:

1. Ochos puntos consecutivos en ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C.

# Variabilidad baja



# Análisis de variabilidad baja

## Causas

1. Error en el cálculo de los límites de control.
2. Carta de control inapropiada.
3. Manejo inadecuado de los resultados.

## Criterios:

1. Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o debajo de la línea central.

# Análisis de variables críticas de T307EO

1. Apertura del anillo (POP) L-D
2. Apertura TOTAL (TEAR) L-C
3. Explosión L-C
4. Peso Barniz Post Repair, Especificación:14-18
5. Peso Barniz Post Repair L-A, (Ext)
6. Peso Barniz Post Repair L-B, (Ext)
7. Profundidad de la incisión L-B
8. Profundidad de la incisión L-C



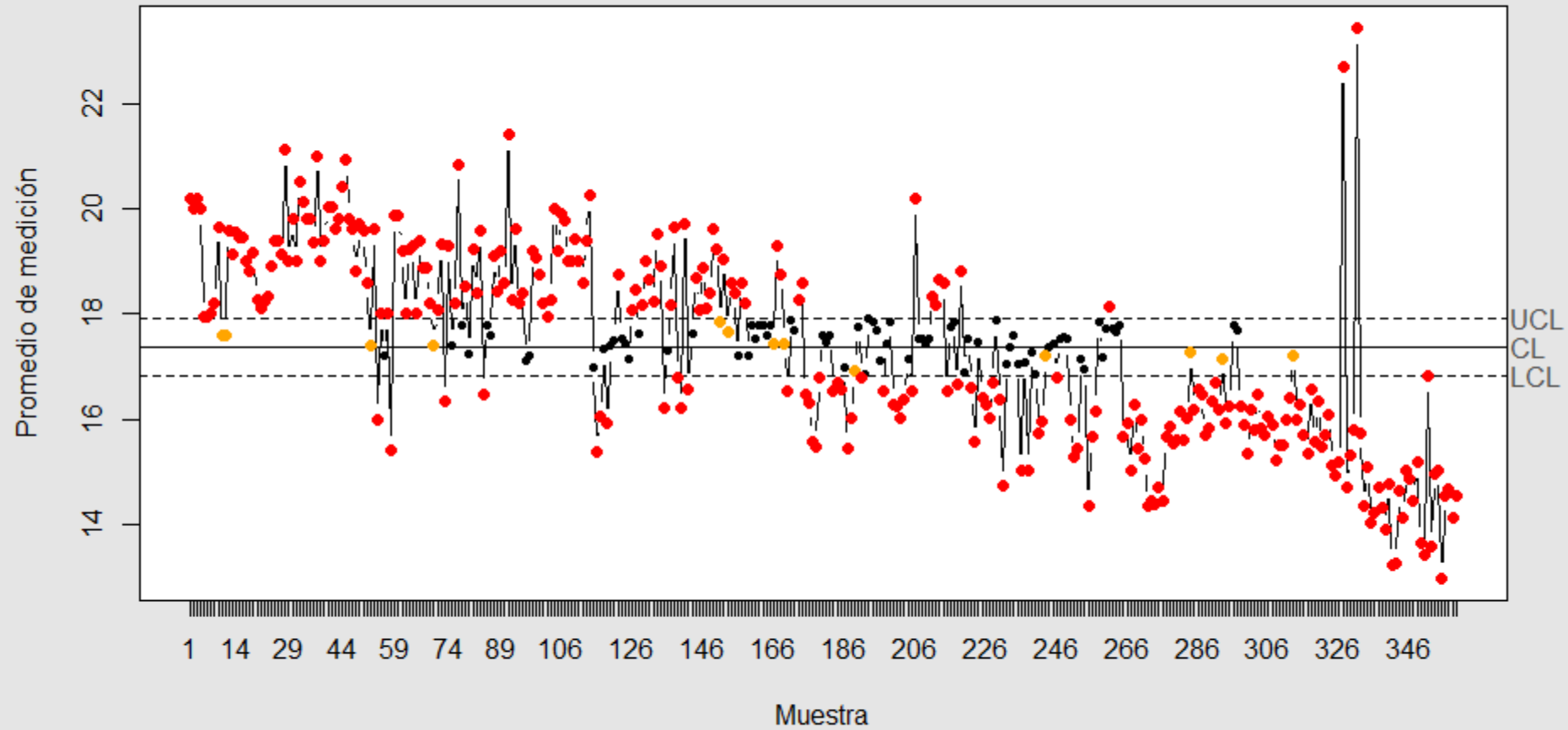
## Lectura de datos

```
datos2 <- read.table(file="https://tinyurl.com/ybuunbt5",  
                     header=T, sep="\t", dec=".")
```

## En R

```
require(qcc)
datos2_sub3 <- subset(datos2, variable=="Apertura Anillo (POP) L-D")
dataqcc1     <- qcc.groups(data= datos2_sub3$medicion, sample=
                           datos2_sub3$muestra)
carta1       <- qcc(dataqcc1, type="xbar",
                    title="Apertura Anillo (POP) L-D", xlab="Muestra",
                    ylab="Promedio de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D



Number of groups = 359  
Center = 17.37141  
StdDev = 0.4062469

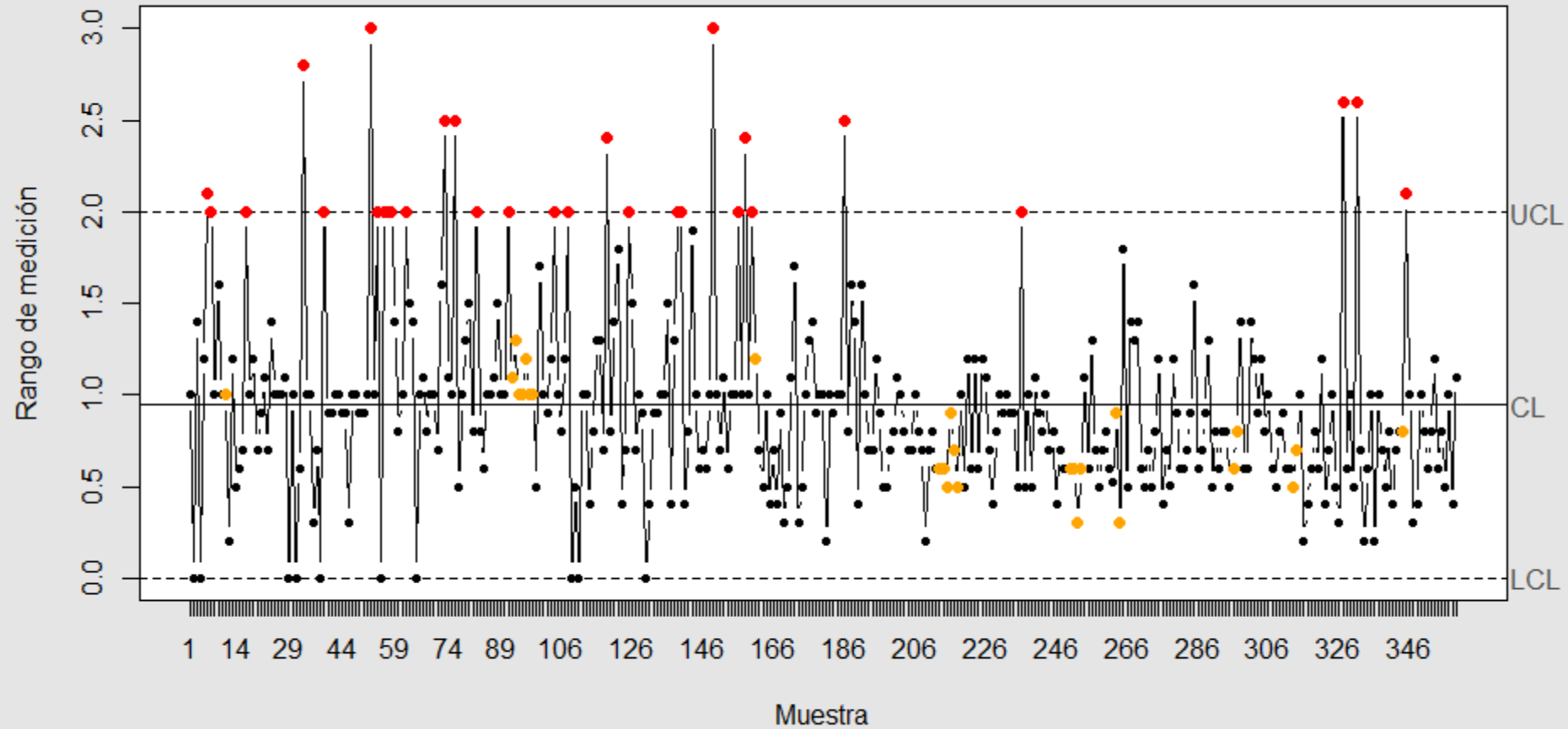
LCL = 16.82637  
UCL = 17.91645

Number beyond limits = 273  
Number violating runs = 164

## En R

```
carta1R <- qcc(dataqcc1, type="R", title = "Apertura Anillo (POP) L-D",  
              xlab="Muestra", ylab="Rango de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D



Number of groups = 359  
Center = 0.9449304  
StdDev = 0.4062469

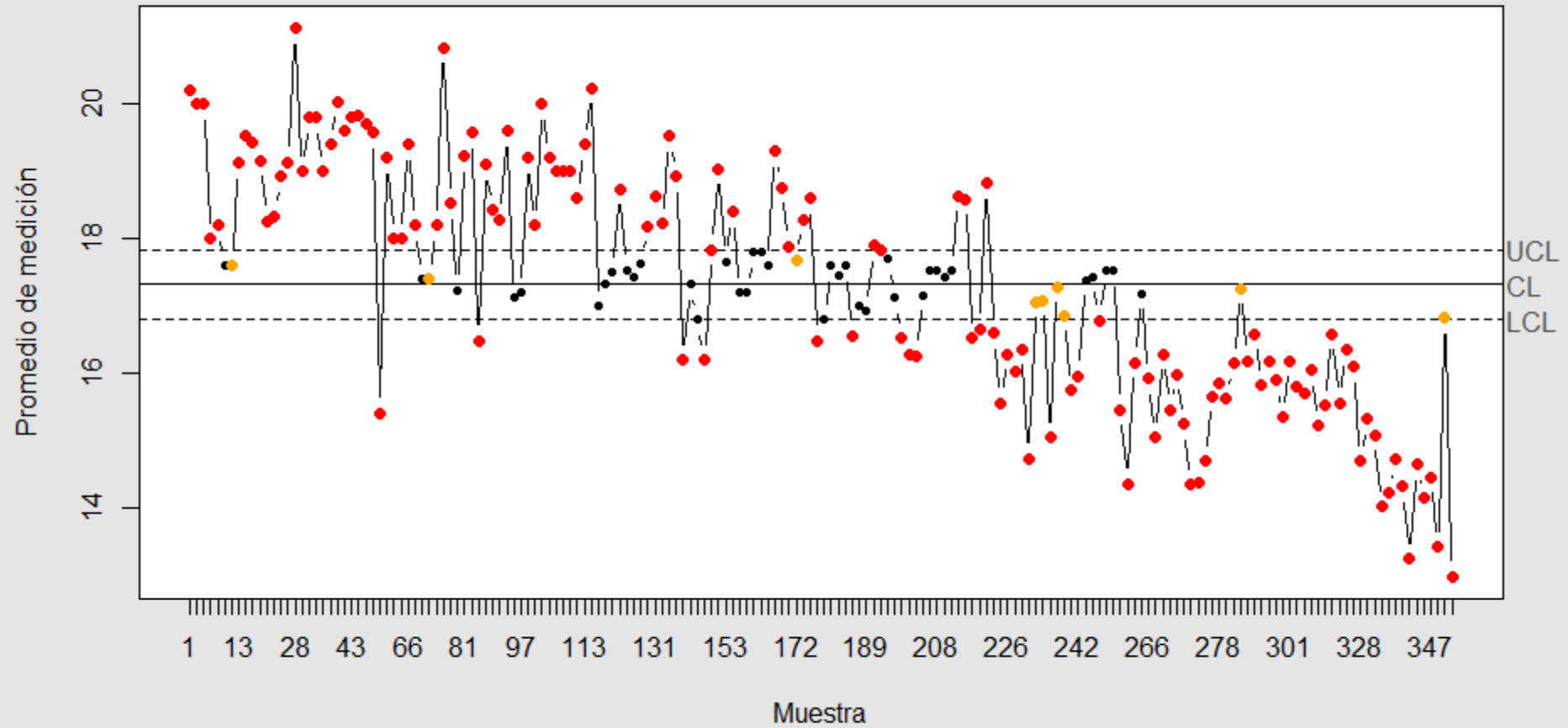
LCL = 0  
UCL = 1.998027

Number beyond limits = 30  
Number violating runs = 28

## En R

```
datos2_sub4 <- subset(datos2, variable=="Apertura Anillo (POP) L-D" &
                      turno=="A")
dataqcc2     <- qcc.groups(data= datos2_sub4$medicion, sample=
                      datos2_sub4$muestra)
carta2       <- qcc(dataqcc2, type="xbar",
                    title = "Apertura Anillo (POP) L-D en Turno A",
                    xlab="Muestra", ylab="Promedio de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D en Turno A



Number of groups = 180  
Center = 17.31583  
StdDev = 0.3874319

LCL = 16.79604  
UCL = 17.83563

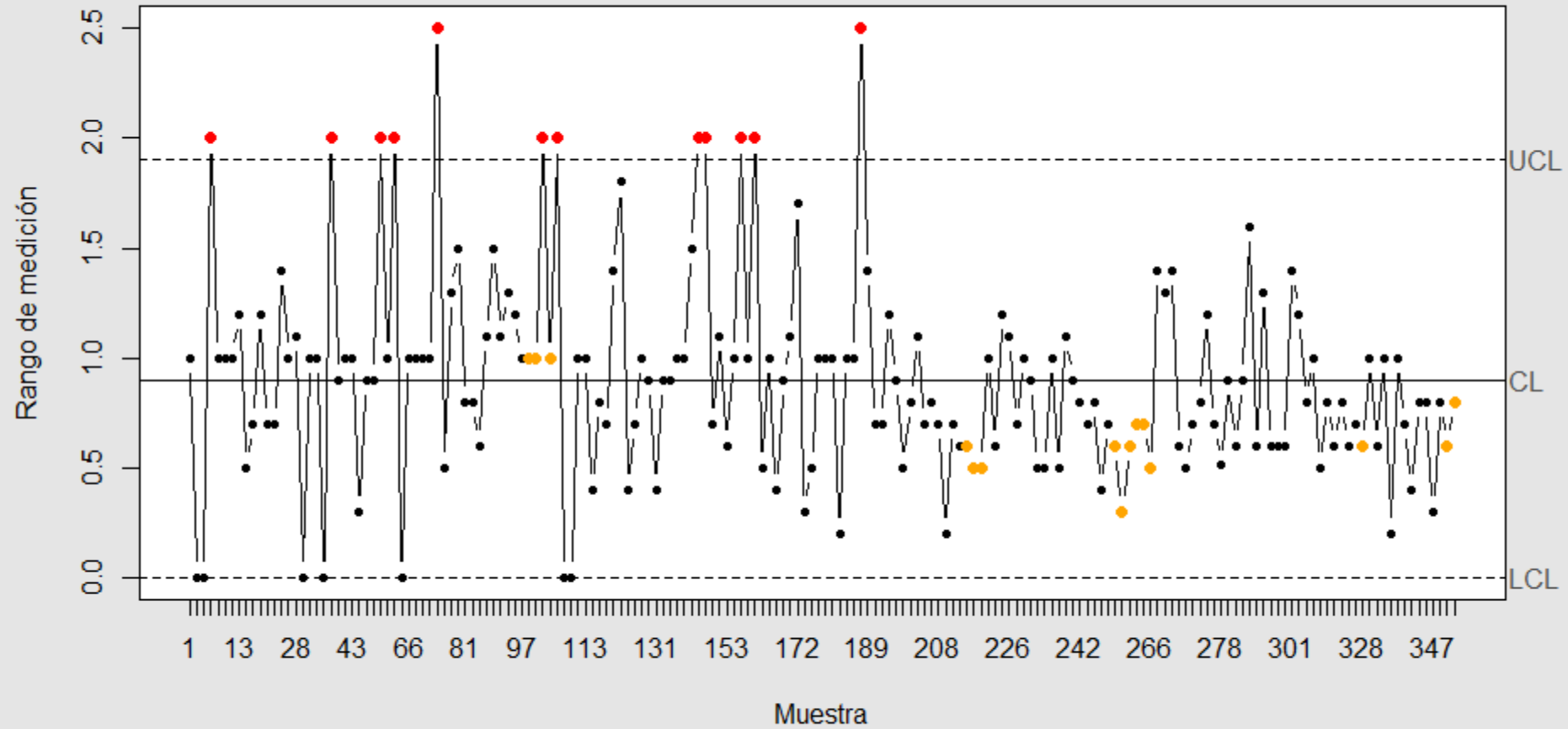
Number beyond limits = 134  
Number violating runs = 86

## En R

```
carta2R <- qcc(dataqcc2, type="R",  
               title = "Apertura Anillo (POP) L-D en Turno A",  
               xlab="Muestra", ylab="Rango de medición")
```



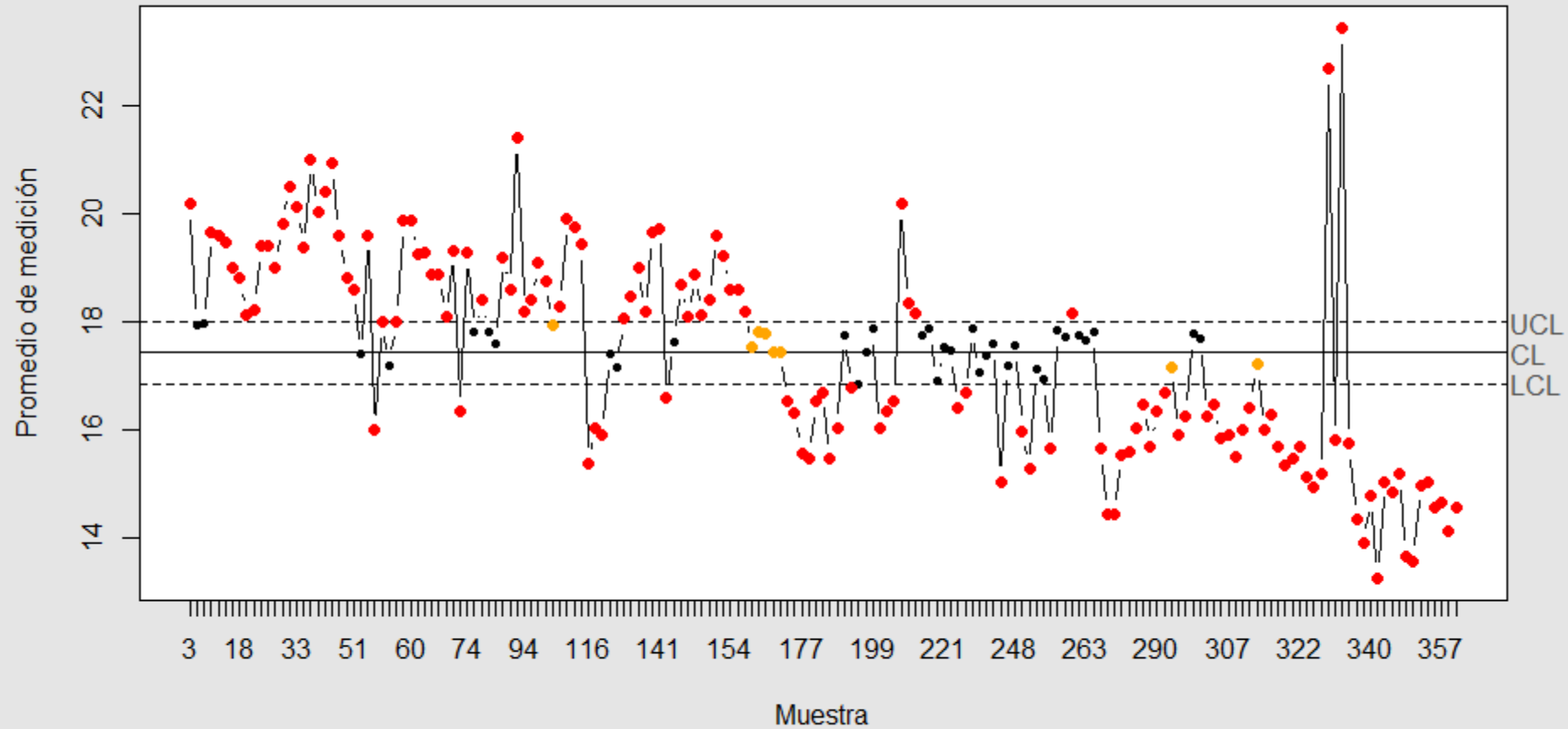
### Apertura Anillo (POP) L-D en Turno A



## En R

```
datos2_sub5 <- subset(datos2, variable=="Apertura Anillo (POP) L-D" &  
                      turno=="B")  
dataqcc3    <- qcc.groups(data= datos2_sub5$medicion, sample=  
                          datos2_sub5$muestra)  
carta3      <- qcc(dataqcc3, type="xbar",  
                  title = "Apertura Anillo (POP) L-D en Turno B",  
                  xlab="Muestra", ylab="Promedio de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D en Turno B



Number of groups = 179  
Center = 17.4273  
StdDev = 0.425167

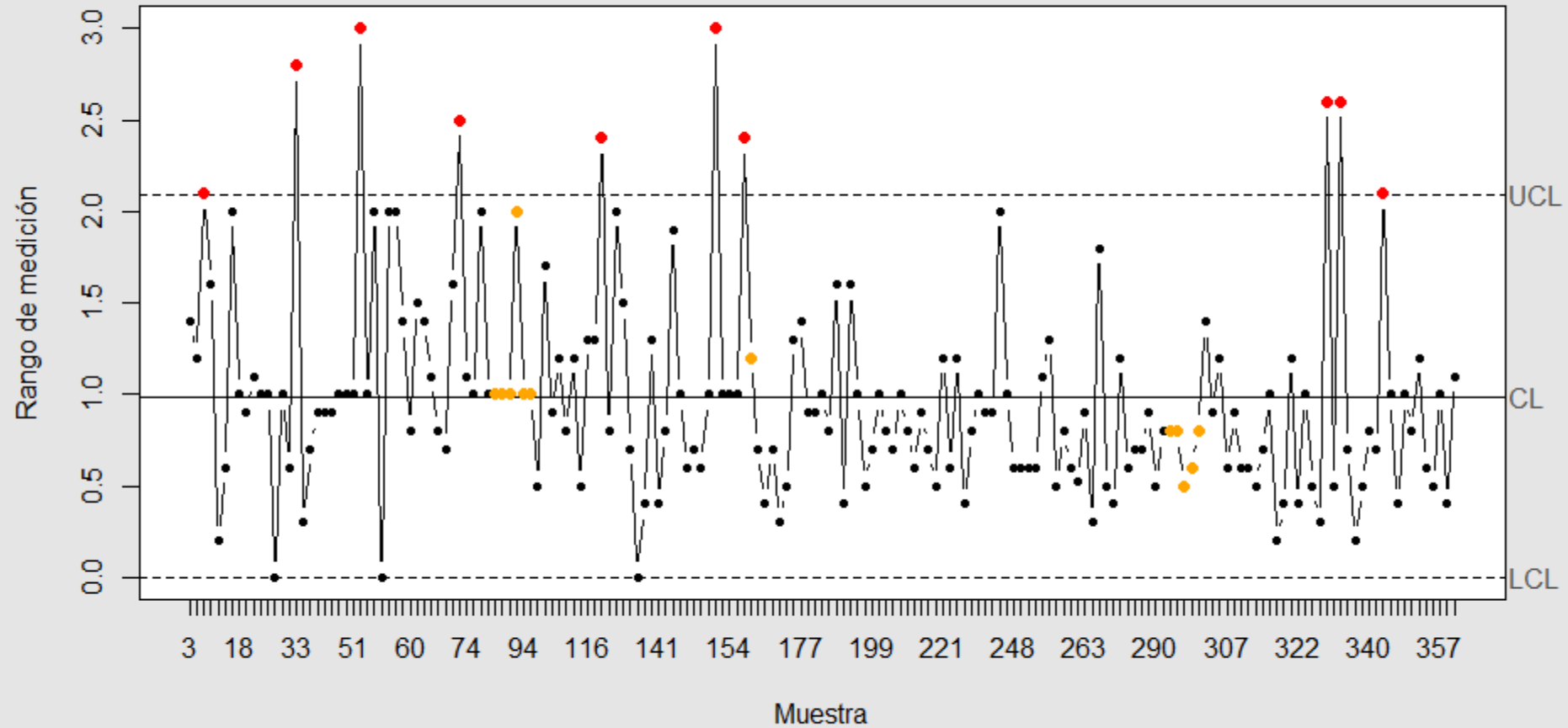
LCL = 16.85687  
UCL = 17.99772

Number beyond limits = 137  
Number violating runs = 72

## En R

```
carta3R <- qcc(dataqcc3, type="R",  
               title = "Apertura Anillo (POP) L-D en Turno B",  
               xlab="Muestra", ylab="Rango de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D en Turno B



Number of groups = 179  
Center = 0.9889385  
StdDev = 0.425167

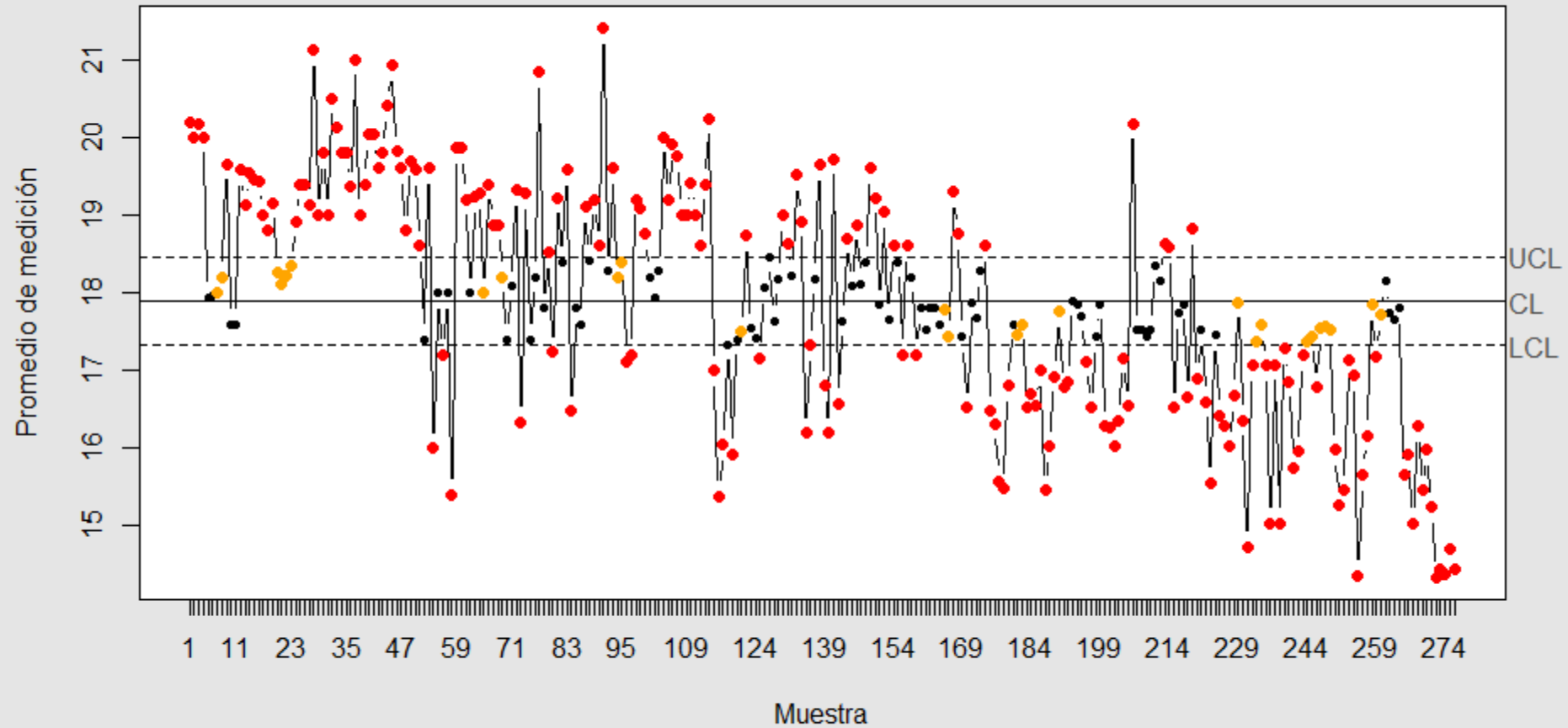
LCL = 0  
UCL = 2.091081

Number beyond limits = 10  
Number violating runs = 12

## En R

```
datos2_sub6 <- subset(datos2, variable=="Apertura Anillo (POP) L-D" &
                      año=="2015")
dataqcc4     <- qcc.groups(data= datos2_sub6$medicion, sample=
                          datos2_sub6$muestra)
carta4       <- qcc(dataqcc4, type="xbar",
                    title ="Apertura Anillo (POP) L-D en año 2015",
                    xlab="Muestra", ylab="Promedio de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D en año 2015



Number of groups = 276  
Center = 17.8913  
StdDev = 0.4241903

LCL = 17.32219  
UCL = 18.46042

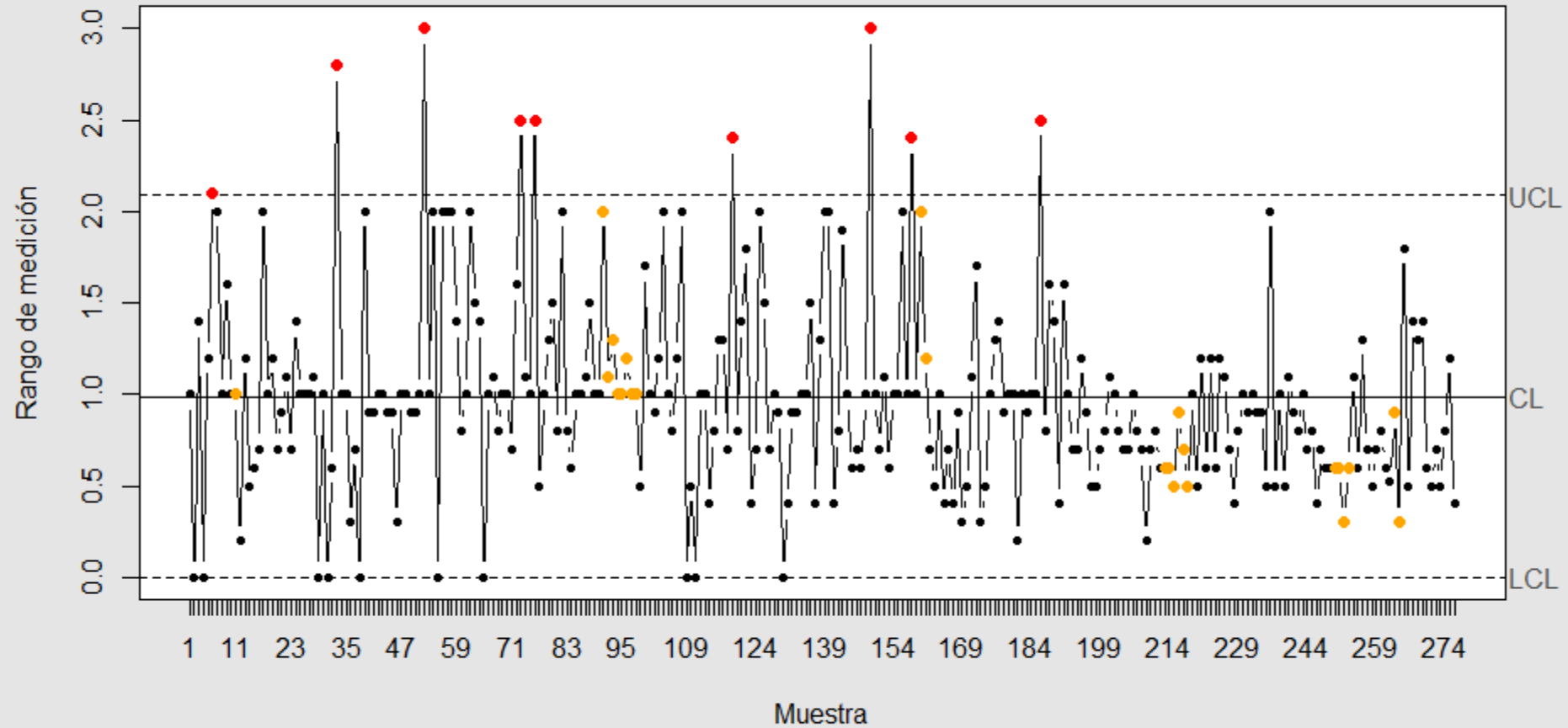
Number beyond limits = 182  
Number violating runs = 122

## En R

```
carta4R <- qcc(dataqcc4, type="R",  
               title = "Apertura Anillo (POP) L-D en año 2015",  
               xlab="Muestra", ylab="Rango de medición")
```



### Apertura Anillo (POP) L-D en año 2015



Number of groups = 276  
Center = 0.986667  
StdDev = 0.4241903

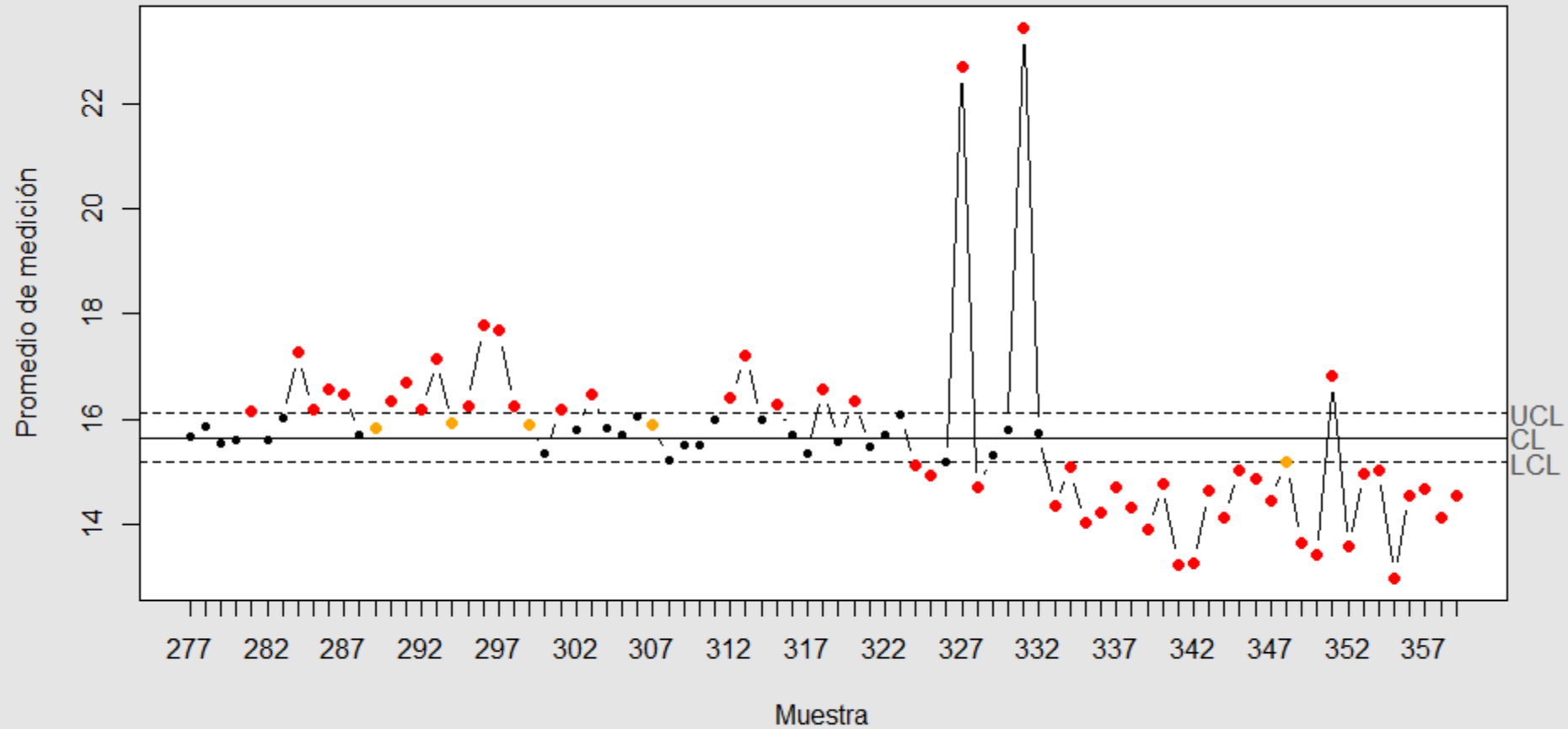
LCL = 0  
UCL = 2.086277

Number beyond limits = 9  
Number violating runs = 23

## En R

```
datos2_sub7 <- subset(datos2, variable=="Apertura Anillo (POP) L-D" &  
                      año=="2016")  
dataqcc5    <- qcc.groups(data= datos2_sub7$medicion, sample=  
                          datos2_sub7$muestra)  
carta5      <- qcc(dataqcc5, type="xbar",  
                  title ="Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016",  
                  xlab="Muestra", ylab="Promedio de medición")
```

### Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016



Number of groups = 83  
Center = 15.6426  
StdDev = 0.3465798

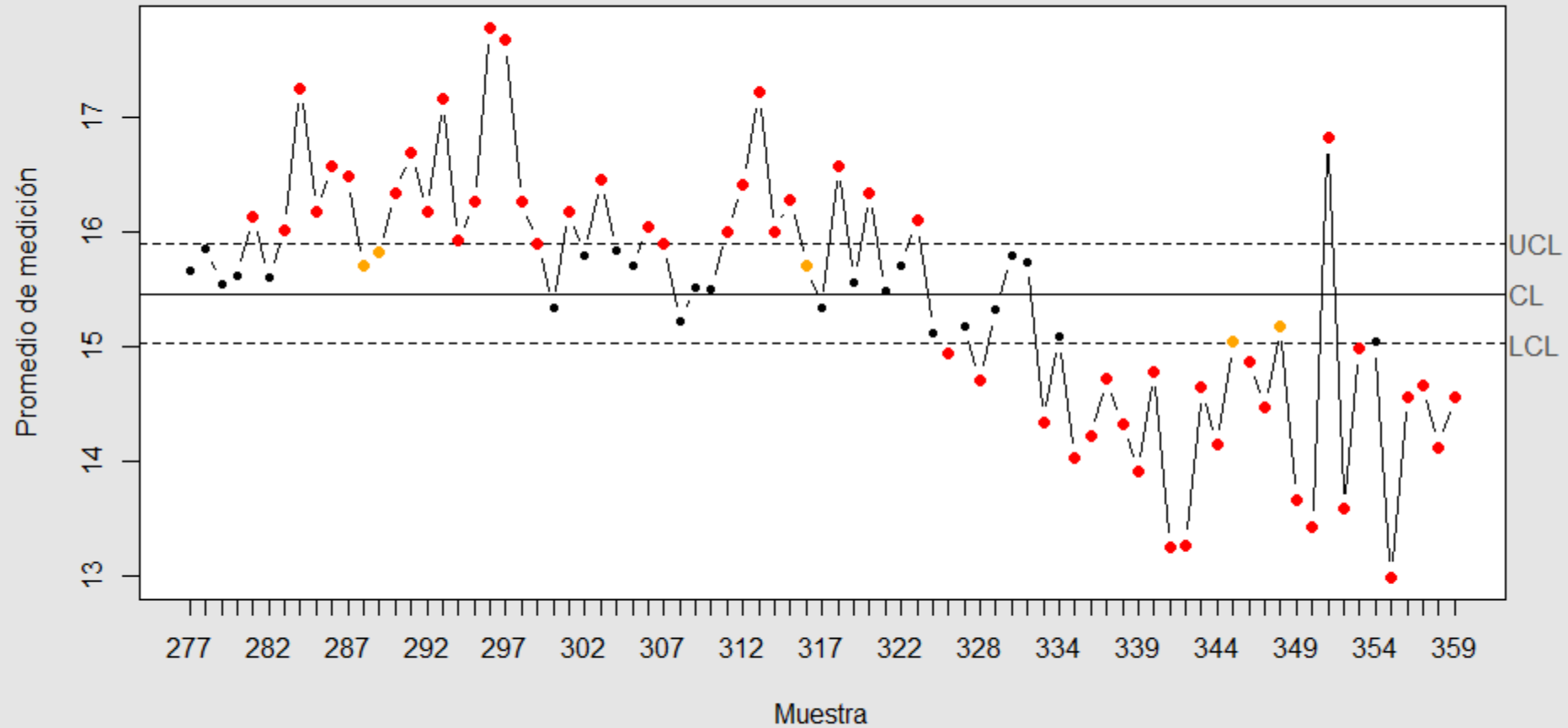
LCL = 15.17762  
UCL = 16.10759

Number beyond limits = 51  
Number violating runs = 26

## En R

```
dataqcc5mod <- dataqcc5[-c(51,55),]  
carta5mod   <- qcc(dataqcc5mod, type="xbar",  
                    title = "Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016 sin  
muestra 327 y 331", xlab="Muestra",  
                    ylab="Promedio de medición")
```

Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016 sin muestra 327 y 331



Number of groups = 81  
Center = 15.45973  
StdDev = 0.3275373

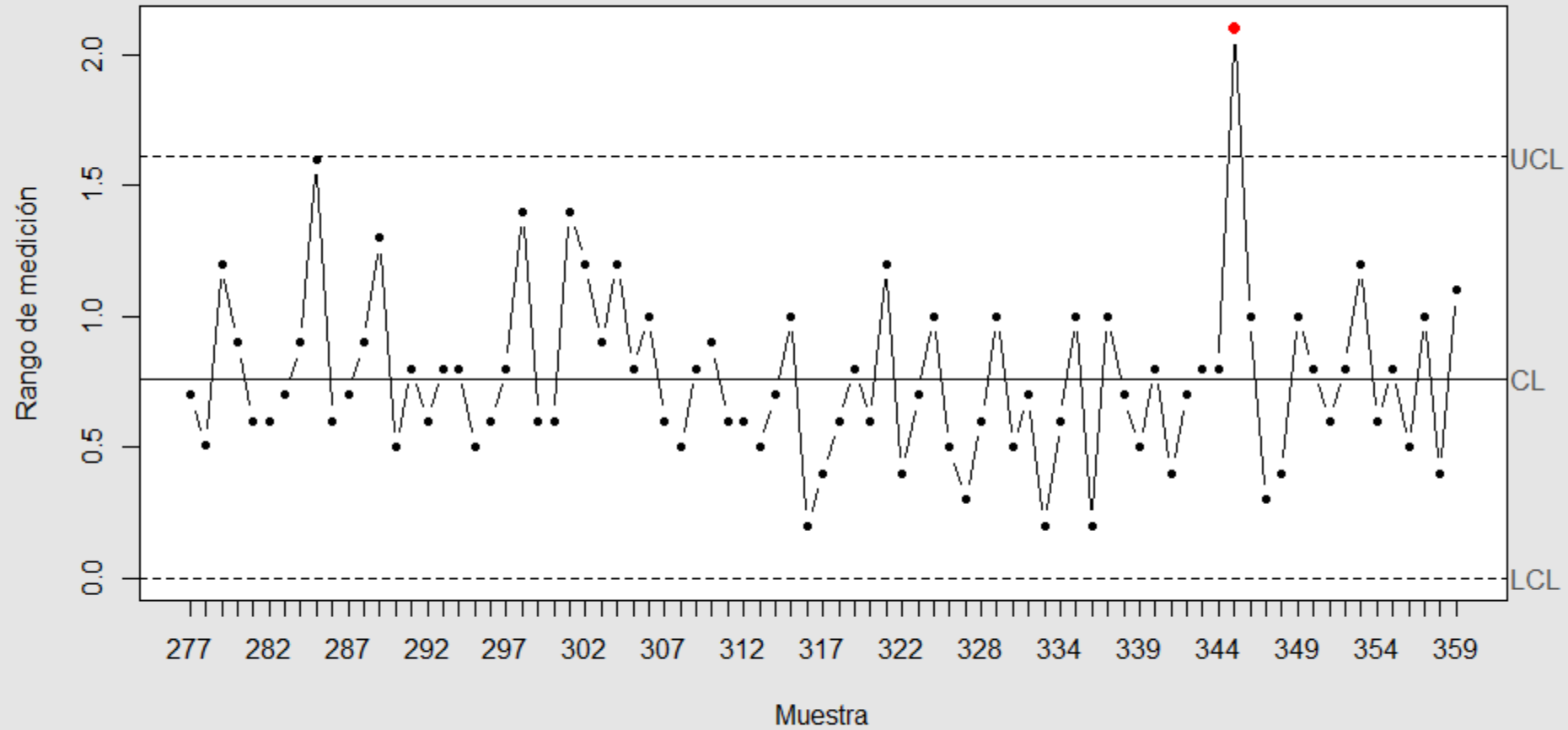
LCL = 15.02029  
UCL = 15.89917

Number beyond limits = 53  
Number violating runs = 34

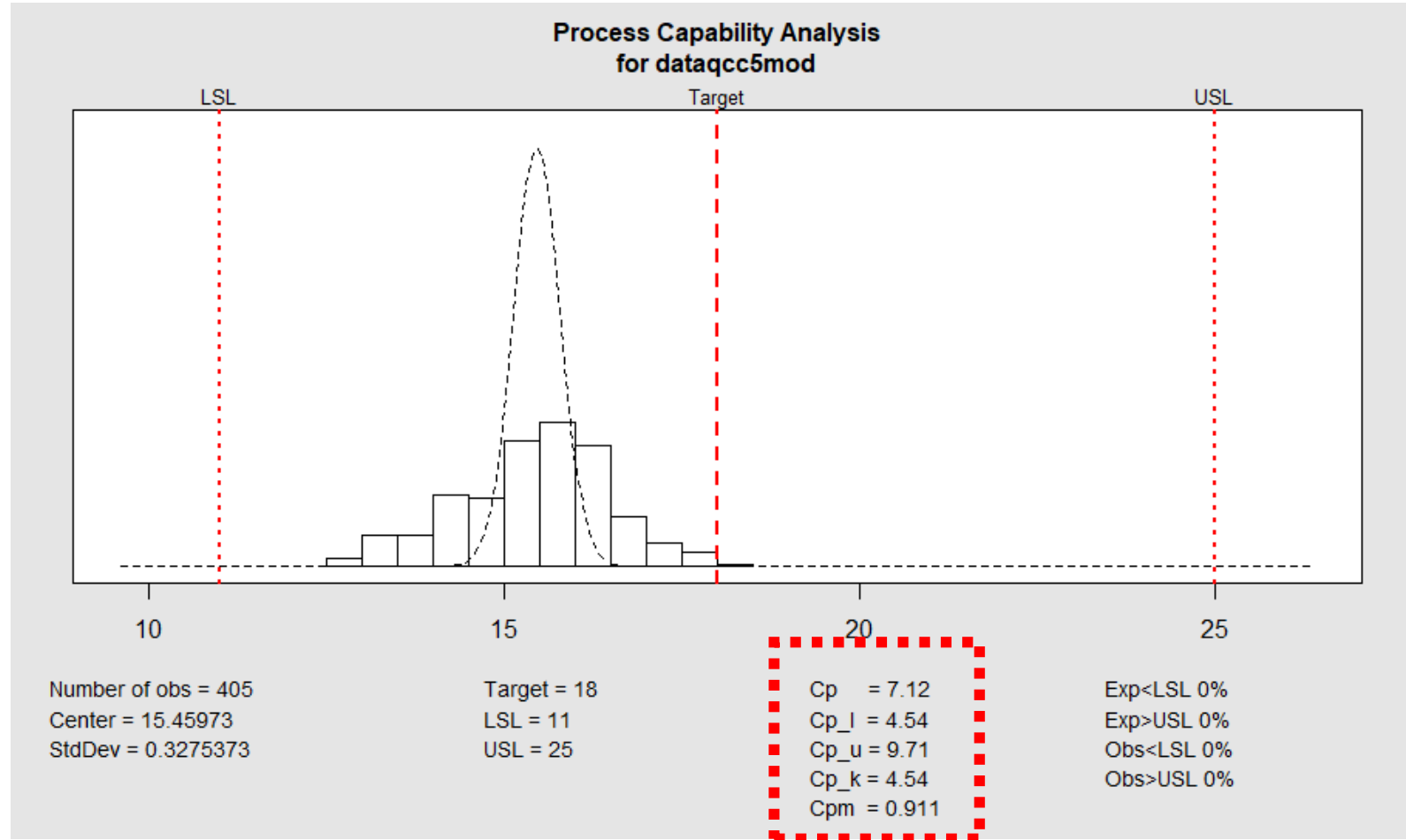
## En R

```
carta5modR <- qcc(dataqcc5mod, type="R",  
                  title = "Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016",  
                  xlab="Muestra", ylab="Rango de medición")
```

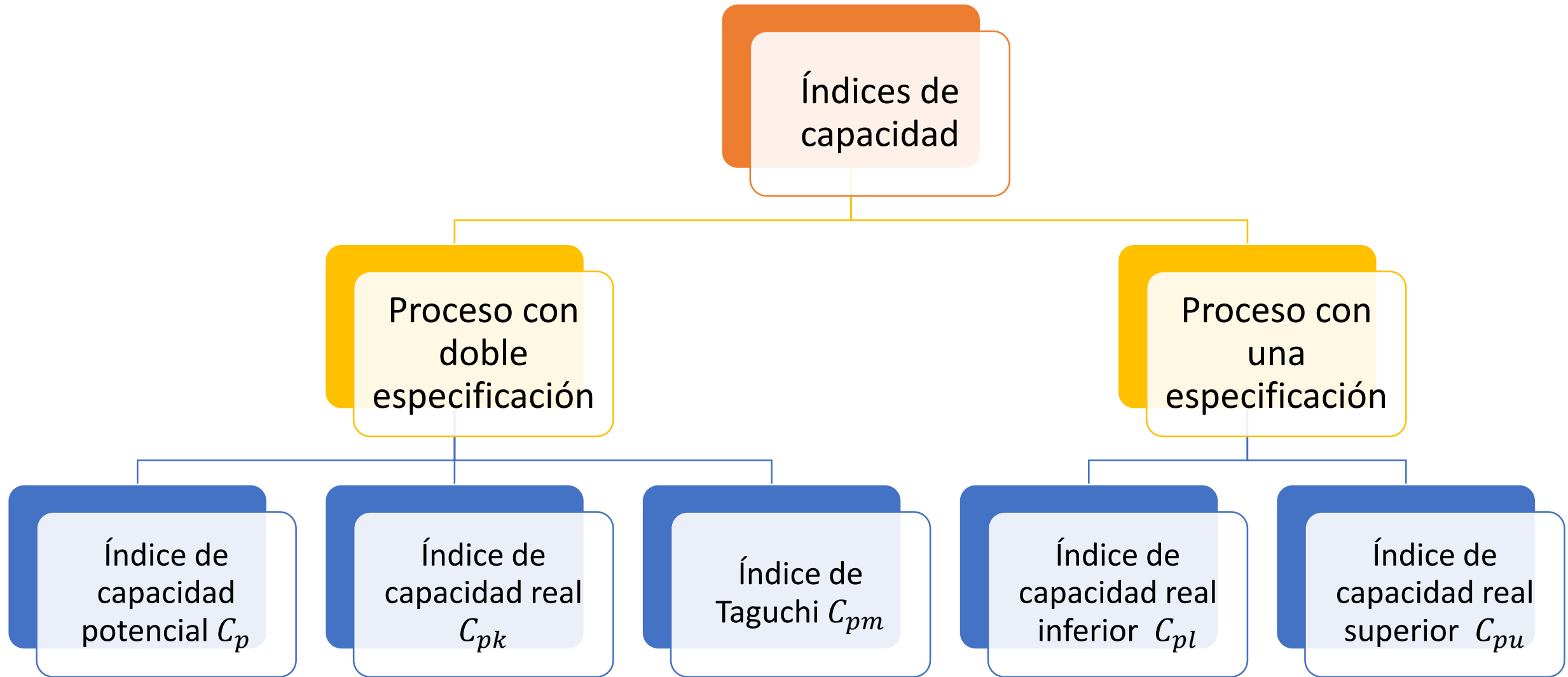
### Apertura Anillo (POP) L-D en año 2016



# Análisis de capacidad







# Análisis de capacidad

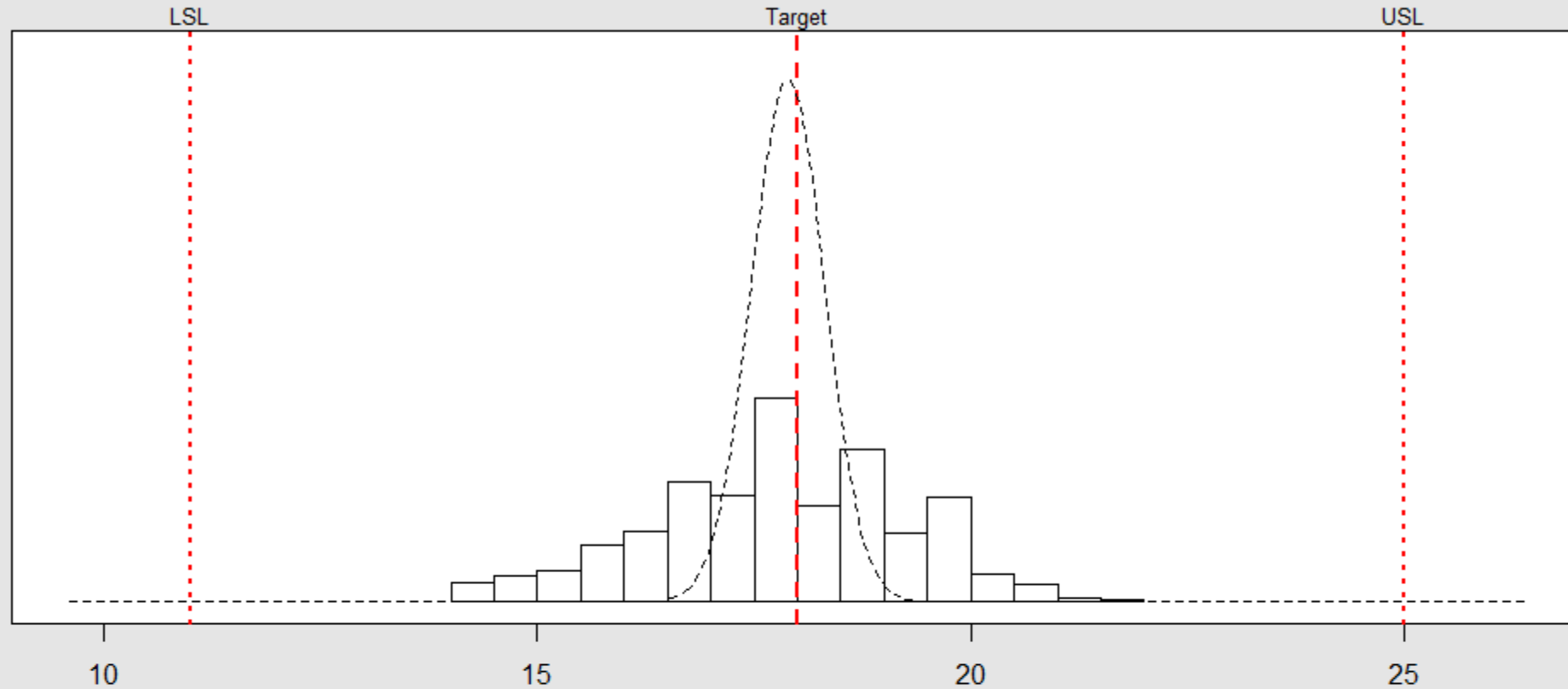
## Usos

1. Conocer la amplitud de la variación natural del proceso en relación con sus especificaciones y su ubicación respecto al valor nominal y así saber en qué medida cumple los requerimientos.
2. Identificar la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación superior del proceso.
3. Identificar la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación inferior del proceso.

## En R

```
process.capability(object=carta4, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc4



Number of obs = 1380  
Center = 17.8913  
StdDev = 0.4241903

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

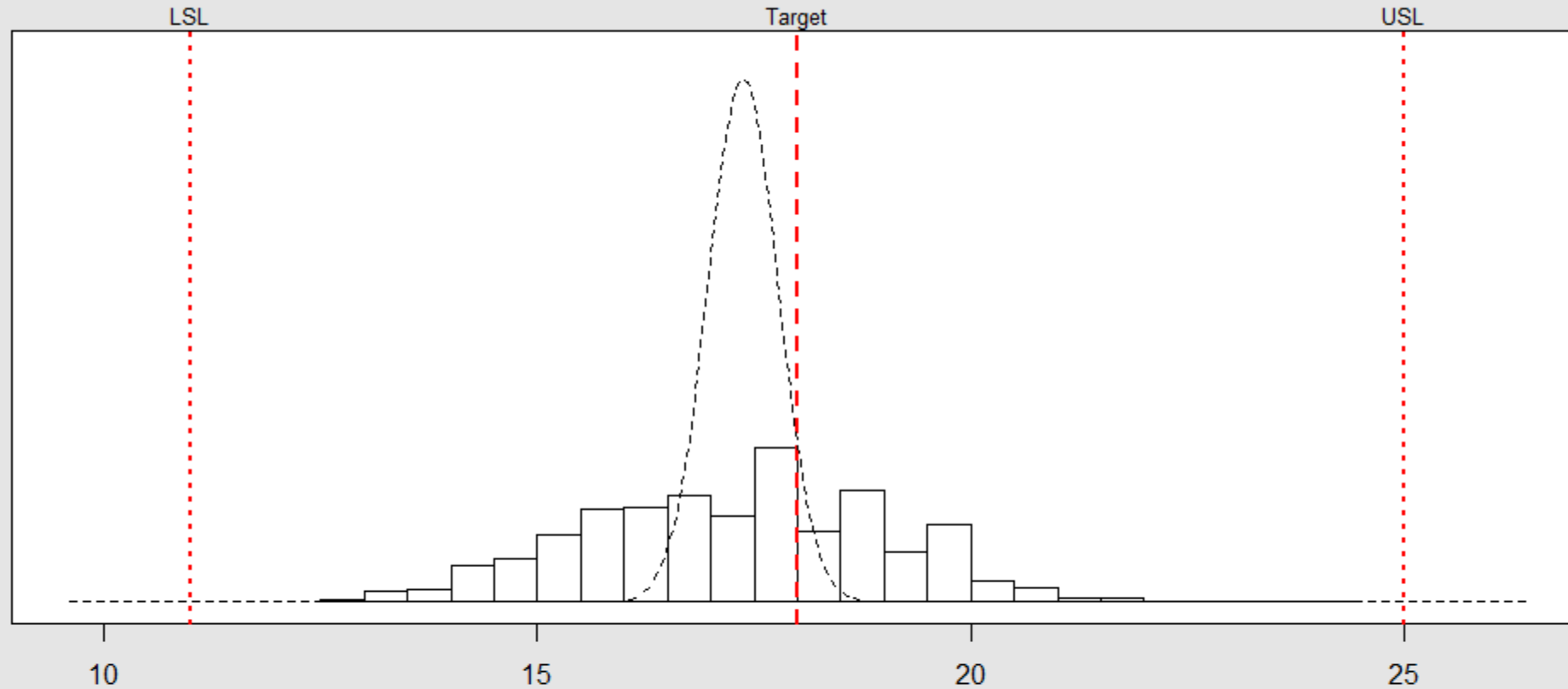
Cp = 5.5  
Cp\_l = 5.42  
Cp\_u = 5.59  
Cp\_k = 5.42  
Cpm = 5.33

Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%

## En R

```
process.capability(object=carta1, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc1



Number of obs = 1795  
Center = 17.37141  
StdDev = 0.4062469

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

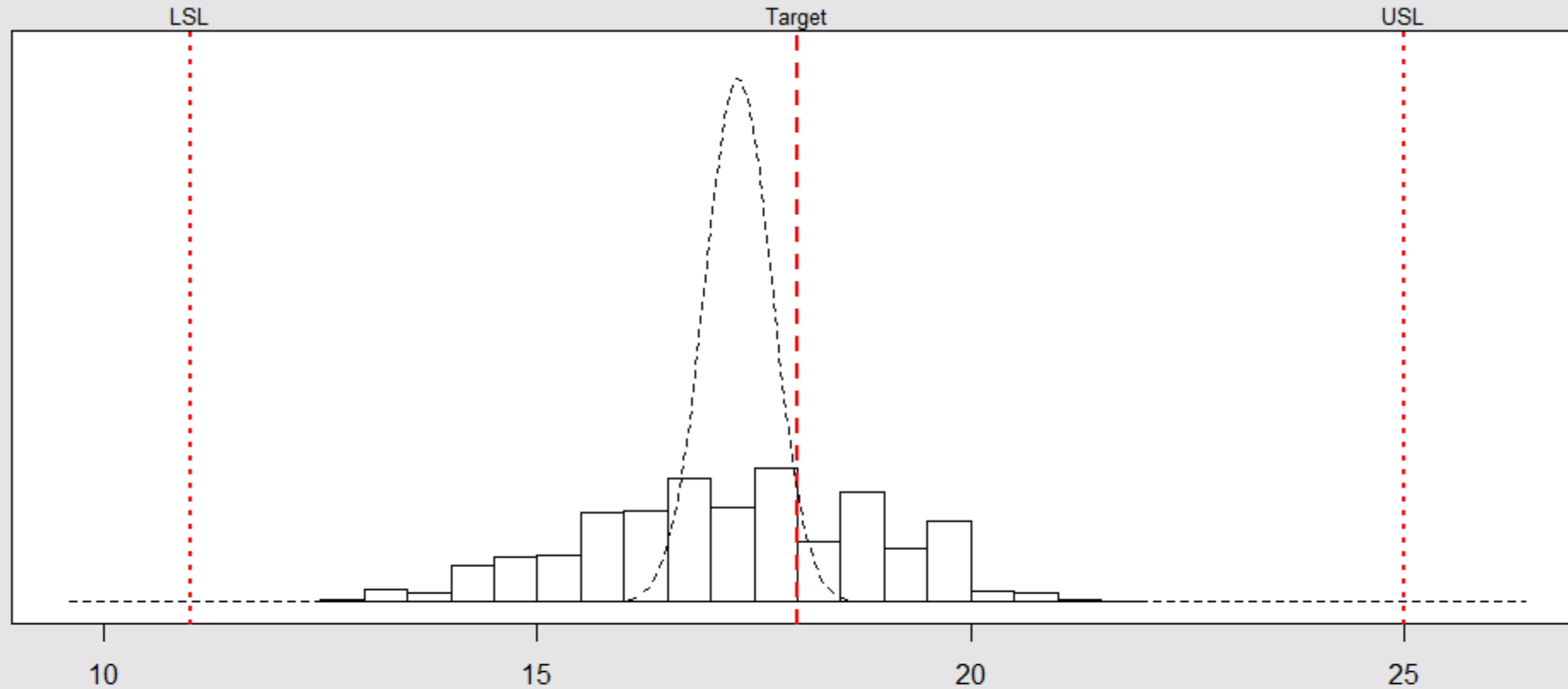
Cp = 5.74  
Cp\_l = 5.23  
Cp\_u = 6.26  
Cp\_k = 5.23  
Cpm = 3.12

Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%

## En R

```
process.capability(object=carta2, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc2



Number of obs = 900  
Center = 17.31583  
StdDev = 0.3874319

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

Cp = 6.02  
Cp\_l = 5.43  
Cp\_u = 6.61  
Cp\_k = 5.43  
Cpm = 2.97

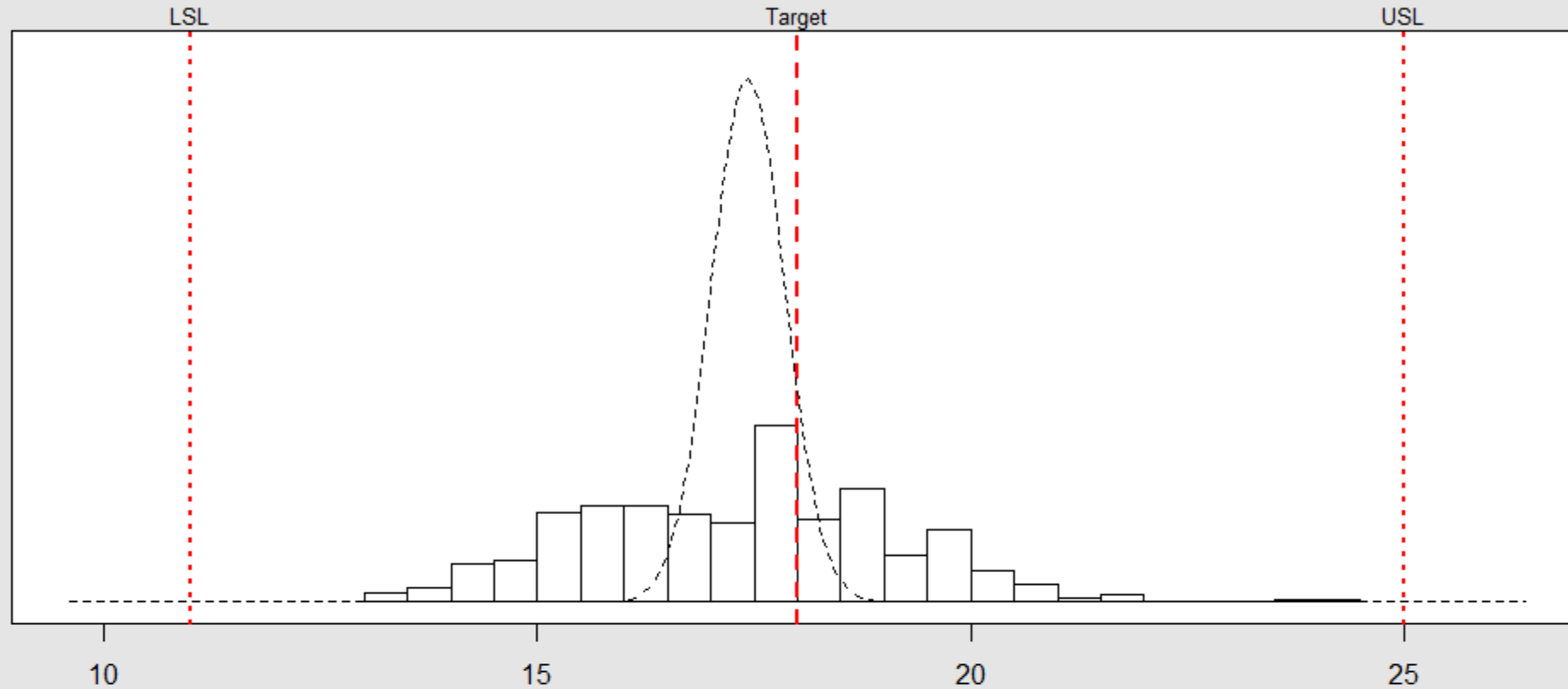
Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%



## En R

```
process.capability(object=carta3, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc3



Number of obs = 895  
Center = 17.4273  
StdDev = 0.425167

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

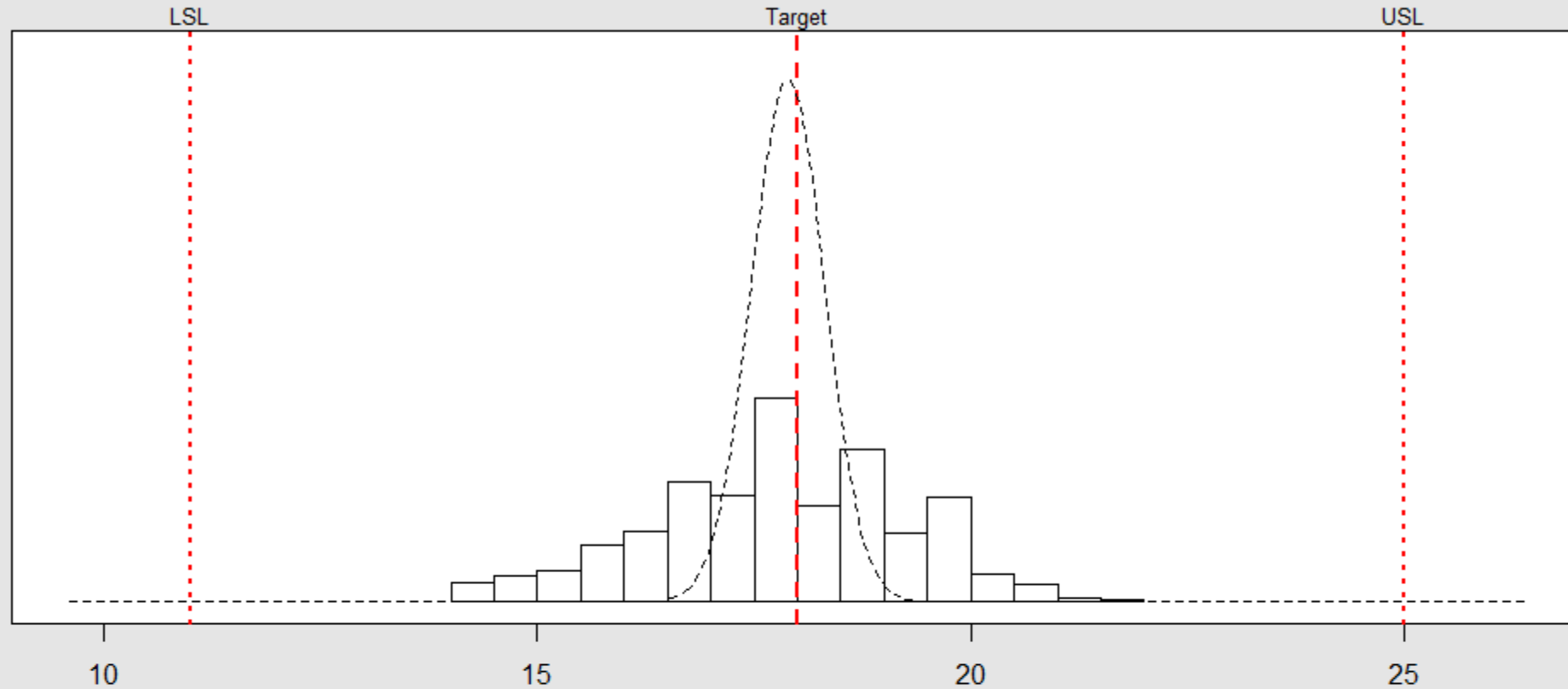
Cp = 5.49  
Cp\_l = 5.04  
Cp\_u = 5.94  
Cp\_k = 5.04  
Cpm = 3.27

Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%

## En R

```
process.capability(object=carta4, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc4



Number of obs = 1380  
Center = 17.8913  
StdDev = 0.4241903

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

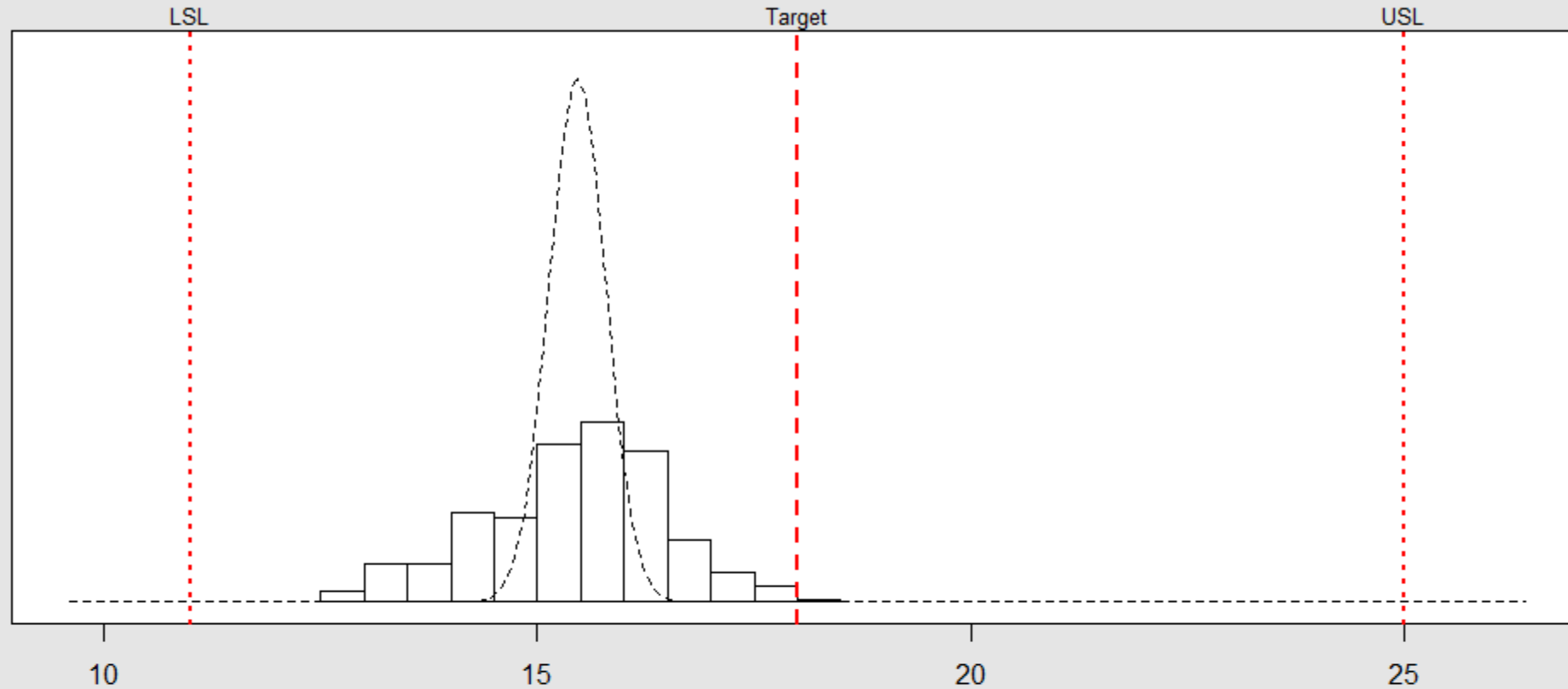
Cp = 5.5  
Cp\_l = 5.42  
Cp\_u = 5.59  
Cp\_k = 5.42  
Cpm = 5.33

Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%

## En R

```
process.capability(object=carta5mod, spec.limits = c(11,25), target= 18)
```

# Process Capability Analysis for dataqcc5mod



Number of obs = 405  
Center = 15.45973  
StdDev = 0.3275373

Target = 18  
LSL = 11  
USL = 25

Cp = 7.12  
Cp\_l = 4.54  
Cp\_u = 9.71  
Cp\_k = 4.54  
Cpm = 0.911

Exp<LSL 0%  
Exp>USL 0%  
Obs<LSL 0%  
Obs>USL 0%

Taller

<https://tinyurl.com/y7nxc7bf>

## Referencias

Gutierrez, H.P. y de la Vara, R.S.(2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. Mc Graw Hill. Tercera Edición.

Montgomery, D.C. (2013). Control estadístico de la calidad. Limusa Wiley. Tercera Edición.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RStudio Team (2018). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Scrucca, L. (2004). qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. R News 4/1, 11-17. <https://cran.r-project.org/doc/Rnews>.