

**Capítulo II**  
**GRAFICAS DE XI Y**  
**RM DE CORRIDA CORTA.**

**Criterios del árbol de decisión**

|   |                |
|---|----------------|
| <i>¿ Si el número de características en la misma gráfica es?</i>        | <i>1</i>       |
| <i>¿ Si el tamaño de subgrupo es?</i>                                   | <i>1</i>       |
| <i>¿ Tiene diferentes promedios en la misma gráfica?</i>                | <i>Sí</i>      |
| <i>¿ Tiene diferentes desviaciones estándar sobre la misma gráfica?</i> | <i>Sí</i>      |
| <i>Entonces utilizar la gráfica</i>                                     | <i>XI y RM</i> |

*Tabla 2.1. Arbol de decisión de la gráfica de control*

**2.1.Aspectos básicos de las gráficas XI y RM.**

La gráfica X individual (XI) de corrida corta, se usa para monitorear y detectar los cambios en mediciones individuales entre características de cualquier tipo.

Las características pueden tener diferentes valores nominales, diferentes unidades de medición y diferentes desviaciones estándar, pero deberán estar lo suficientemente relacionadas como para desear analizarlas en la misma gráfica.

Los puntos de trazo representan las mediciones individuales que son codificadas al restar una  $\bar{X}$  meta (generalmente un valor nominal de ingeniería), de cada medición y dividir el resultado entre una  $\bar{R}$  meta, cada característica en la gráfica puede tener una única  $\bar{X}$  meta y  $\bar{R}$  meta.

Estas gráficas son usadas en la mayoría de los casos para monitorear características donde solamente, una medición es necesaria para representar un proceso, en un periodo de tiempo dado. Los ejemplos incluyen valores de contabilidad, lotes homogéneos tales como la concentración en un baño químico, y características que debido a la naturaleza del proceso, las fuentes de variación cambian significativamente de un muestreo a otro.

**Gráfica de Rango Móvil (RM) de corrida corta**

La gráfica de rango móvil de corrida corta, es utilizada para monitorear y detectar los cambios en las desviaciones estándar entre características de cualquier tipo.

Los puntos trazados sobre la gráfica de rango móvil de corrida corta representan la diferencia absoluta entre puntos consecutivos codificados en la gráfica XI de corrida corta.

**Suposiciones de los subgrupos**

- ❖ Mediciones independientes
- ❖ Tamaño de la muestra constante

La siguiente tabla muestra las fórmulas para calcular los puntos de trazo de la gráfica XI y RM.

| <i>Gráfica</i>             | <i>Punto</i> | <i>Fórmula</i>   |
|----------------------------|--------------|--|
| <i>XI de corrida corta</i> | <i>XI</i>    | $XI - \overline{XI} \text{ meta} / \overline{RM} \text{ meta.}$              |
| <i>RM de corrida corta</i> | <i>RM</i>    | <i>Diferencia absoluta entre 2 valores XI codificados de la misma parte.</i> |

**Tabla 2.2.** Fórmulas para calcular puntos de trazo para corridas cortas de las gráficas XI y RM.



La siguiente tabla muestra como calcular la línea central de la gráfica XI y RM.

| Gráfica              | Línea central | Formula de la línea central |
|----------------------|---------------|-----------------------------|
| XI de corrida corta. | 0             | 0                           |
| RM de corrida corta. | 1             | 1                           |

**Tabla 2.3.** Líneas centrales en las gráficas de corridas cortas de XI y RM

La siguiente tabla muestra como calcular los limites de control para la gráfica XI y RM.

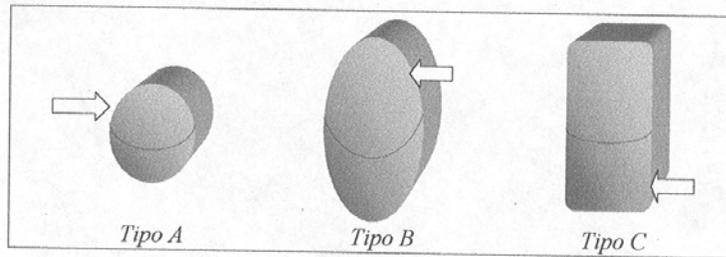
| Gráfica             | Limite de control superior | Limite de control inferior |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| XI de corrida corta | $+A_2$                     | $-A_2$                     |
| RM de corrida corta | $D_4$                      | $D_3$                      |

**Tabla 2.4.** Límites de control en la gráfica de corridas cortas de XI y RM.

### Ejemplo

Cierto fabricante de tanques utilizados como extinguidores de fuego aerospacial, realiza una prueba destructiva sobre cada lote de tanques. La prueba consiste en presurizar el recipiente (tanque) hasta que explote, la presión de la explosión es la característica clave, cada requerimiento de la explosión del tanque es diferente; también debido a que cada tipo de tanque puede ser fabricado de diversos materiales con diferentes grosores de pared, la variabilidad de la presión de explosión cambia con cada tipo de tanque.

Por estas razones una gráfica XI-RM de corrida corta es seleccionada para monitorear todos los datos en la prueba de explosión. Todos los valores de meta fueron obtenidos de gráficos de control anteriores (tabla 2.5).



**Figura 2.1.** 3 extinguidores cada uno con diferente presión.

| Tanque tipo | $\overline{XI}$ meta | $\overline{RM}$ meta | límites de especificación mínima |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| Tipo A      | 1162                 | 22.6                 | 1070                             |
| Tipo B      | 678                  | 13.6                 | 625                              |
| Tipo C      | 603                  | 10.2                 | 550                              |

**Tabla 2.5.** Valores meta y límites de especificación mínimos para los 3 tipos de tanques

#### **Estrategia de muestreo**

Debido a que la prueba de explosión es destructiva, solamente una botella de cada lote se prueba, típicamente la primera pieza. Sin embargo los resultados de todas las pruebas de explosión, están registradas en la misma gráfica de control. Las pruebas se realizan inmediatamente cuando están disponibles los primeros tanques. Una prueba apoya a toda la operación en la fabricación. Los tipos de botella pueden cambiar para cada prueba.

La siguiente tabla muestra la hoja de colección de datos para la gráfica XI y RM.

**Hoja de colección de datos**

| Subgrupo<br>número | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15    | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22  | 23   | 24   | 25    | 26    | 27   |
|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|------|
|                    |       |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |     |      |      |       |       |      |
| presión            | 1156  | 576  | 600  | 1136 | 1169 | 666  | 609  | 692 | 1188 | 674  | 686  | 604  | 1186 | 615  | 600   | 1197 | 690  | 699  | 602  | 611  | 685  | 679 | 599  | 690  | 1139  | 1157  | 1184 |
| RM                 |       |      | 24   | 20   | 33   |      | 9    | 26  | 19   | 18   | 12   | 5    | 2    | 11   | 15    | 11   | 4    | 9    | 9    | 14   | 14   | 6   | 12   | 11   | 58    | 18    | 27   |
| XI meta            | 1162  | 603  | 603  | 1162 | 1162 | 678  | 603  | 678 | 1162 | 678  | 678  | 603  | 1162 | 603  | 603   | 1162 | 678  | 678  | 603  | 603  | 678  | 678 | 603  | 678  | 1162  | 1162  | 1162 |
| XI- XI meta        | -6    | -27  | -3   | -26  | 7    | -12  | 6    | 14  | 26   | -4   | 8    | 1    | 24   | 12   | -3    | 35   | 12   | 21   | -1   | 8    | 7    | 1   | -4   | 12   | -23   | -5    | 22   |
| RM meta            | 22.6  | 10.2 | 10.2 | 22.6 | 22.6 | 13.6 | 10.2 | 14  | 22.6 | 14   | 13.6 | 10.2 | 22.6 | 22.6 | 10.2  | 22.6 | 13.6 | 13.6 | 10.2 | 10.2 | 13.6 | 14  | 10.2 | 13.6 | 22.6  | 22.6  | 22.6 |
| XI- XI meta        |       |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |     |      |      |       |       |      |
| RM meta            | -0.27 | -2.7 | 0.29 | -1.2 | 0.31 | -0.9 | 0.59 | 1   | 1.15 | -0.3 | 0.59 | 0.1  | 1.06 | 1.06 | -0.29 | 1.55 | 0.88 | 1.54 | -0.1 | 0.78 | 0.51 | 0.1 | -0.4 | 0.88 | -1.02 | -0.22 | 0.97 |
| RM codificado      |       |      | 2.36 | 0.88 | 1.46 |      | 0.88 | 1.9 | 0.84 | 1.3  | 0.88 | 0.49 | 0.09 | 1.08 | 1.47  | 0.49 | 0.29 | 0.66 | 0.19 | 0.88 | 1.03 | 0.4 | 1.17 | 0.81 | 2.57  | 0.8   | 1.19 |

**Tabla 2.6. Prueba de presión incluyendo los cálculos para las corridas cortas de XI y RM.**

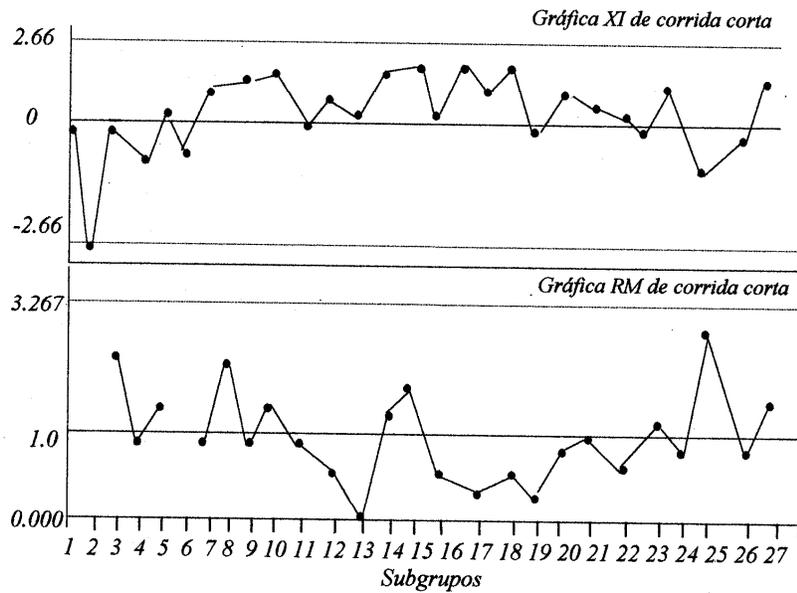
*Nota:* Los valores RM y codificados RM encontrados en la tabla 2.6 son calculados usando los puntos de datos previos de los tanques extinguidores. Por ejemplo el valor codificado RM, de 0.49 en el subgrupo 16, es resultado de tomar, la diferencia absoluta entre los valores codificados de XI, en los subgrupos 13 y 16:  $|1.06-1.55|=0.49$ .

***Interpretación de la gráfica de corrida corta de XI Y RM***

Las siguientes gráficas XI y RM de corridas cortas son graficadas a partir de las tablas de colección de datos anteriores, de prueba de presión (ver figura 2.2).

***Gráfica del RM de corrida corta:*** Debido a que no existen patrones no casuales o puntos fuera de los límites de control, la variabilidad en la presión de explosión es consistente en los 3 tipos de extinguidores.

***Gráfica de XI de corrida corta:*** Los puntos individuales parecen ser estables, sin ningún patrón no casual.



**Figura 2.2.** Gráfica XI y RM de corrida corta de los datos de prueba de los tanques.

**Recomendación**

Debido a que ambas gráficas están en control, los valores meta evaluados (obtenidos de gráficas anteriores) son apropiados para los datos actuales. Continúe manteniendo la gráfica de control sin cambios en los valores meta.

**2.2. Estimación**

**Estimación del promedio del proceso**

Los estimados del promedio del proceso deberán ser calculados por separado para cada característica o parte sobre la gráfica de corrida corta XI y RM. En este caso las

estimaciones del promedio del proceso deben ser calculadas por separado para cada tipo de extinguidor. Esto es ilustrado con el tanque tipo A:

$$\overline{XI}_{\text{tipo A}} = \frac{\sum XI_{\text{tipo A}}}{K_{\text{tipo A}}} = \frac{10,512}{9} = 1168.0$$

**Cálculo 2.1.** Estimación de la presión de la botella tipo A.

**Estimando  $\sigma$**

El estimado  $\sigma$ , también se calcula por separado para cada característica o lugar representada en las gráficas de corridas cortas XI y RM. En este caso las estimaciones de la desviación estándar, deberían ser calculadas para cada tipo de tanque. Los cálculos de  $\overline{RM}$  para el tanque tipo A son:

$$\overline{RM}_{\text{tipo A}} = \frac{\sum RM_{\text{tipo A}}}{K_{\text{tipo A}} - 1} = \frac{188}{8} = 23.5$$

**Cálculo 2.2.** Promedio del Rango Móvil para la botella tipo A.  
(Puede ser usada en una estimación de desviación estándar).

$$\hat{\sigma}_{\text{tipo A}} = \frac{\overline{RM}_{\text{tipo A}}}{d_2} = \frac{23.5}{1.128} = 20.83$$

**Cálculo 2.3.** Estimación del proceso de la desviación estándar para la botella tipo A.

*Nota:* Para asegurar una estimación confiable, K necesita ser por lo menos 20. Para el tanque tipo A, K es solamente 9, por lo tanto estas estimaciones y las de la tabla 2.7 son usadas solo para propósito de ilustración.

### 2.3. Índices de Capacidad de Procesos.

#### *Cálculo de las proporciones del desempeño y la capacidad del proceso.*

Recuerde que la especificación mínima para la presión de explosión del extinguidor tipo A es 1070. Debido que solamente hay una especificación mínima, se calcula Cp.

$$Cp_{tipoA} = \frac{XI_{tipoA} - LIE}{3 \hat{\sigma}_{tipoA}} = \frac{1168.0 - 1070}{3(20.83)} = \frac{98.0}{62.49} = 1.57$$

*Cálculo 2.4. Cálculo Cp de la presión de la botella tipo A.*

#### ***Ventajas:***

- ❖ Gráficamente ilustra la variación de múltiples características de productos o procesos en la misma gráfica.
- ❖ Se pueden trazar en la gráfica los parámetros de proceso que cambian sus valores de meta.
- ❖ Características de diferentes piezas, con diferentes promedios, diferente desviación estándar y diferentes unidades de medición, pueden ser analizadas sobre la misma gráfica.
- ❖ Subraya las características que es necesario para que se les dé más atención.
- ❖ Separa la variación debida al proceso de la variación que es específica del producto.

**Desventajas:**

- ❖ La gráfica de Rango Móvil (RM), depende de los puntos trazados en la gráfica de  $\bar{X}$  en forma consecutiva.
- ❖  $\bar{X}$ ,  $\overline{RM}$  y estimaciones de  $\sigma$  se deben calcular por separado para cada característica sobre la gráfica.

**Comentarios adicionales acerca del caso.**

- ❖ El estudio del caso mostrado aquí, exhibió tres tipos de tanques (extinguidores). En realidad había 22 tipos de extinguidores diferentes, que eran monitoreados en la misma gráfica  $\bar{X}$ -RM de corridas cortas.
- ❖ Los cálculos de la capacidad del proceso, para los restantes tipos de extinguidores, se muestran en la tabla 2.7.

| <i>Tipo B</i>                  | <i>Tipo C</i>                  |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $\overline{X}_{tipoB} = 648.6$ | $\overline{X}_{tipoC} = 601.8$ |
| $\overline{RM}_{tipoB} = 12.5$ | $\overline{RM}_{tipoC} = 10.9$ |
| $\hat{\sigma}_{tipoB} = 11.08$ | $\hat{\sigma}_{tipoC} = 9.64$  |
| $CPL_{tipoB} = 1.79$           | $CPL_{tipoC} = 1.79$           |

**Tabla 2.7.** Resumen adicional estadístico y capacidad del proceso de los extinguidores restantes.