



ANALISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

F.R.

2025

JTX.sa

Asignación	Completado	En Progreso	Pendiente	Indicador: Cumplimiento de Tareas
Diseño KPI	✓	✓	✓	
Carta de Control	✓	✓	✓	
Registro de 20 datos	✓	✓	✓	
Construcción Carta de Control Shewart (Formato Basf-Ford)	✓	✓	✓	
Determinar Limites de Control Estadístico de un KPI	✓	✓	✓	
Determinar Limites de Especificaciones	✓	✓	✓	
Determinar Cp, Cpk	✓	✓	✓	
Comprensión e Interpretación CEP	✓	✓	✓	
Lectura Carta de Control Causas Comunes y Especiales Patrones y Tendencias	✓	✓	✓	
Herramienta de Análisis p/Acciones Correctivas				



Límites de Control vs Límites de Especificación

Comprendiendo la diferencia fundamental en el Control Estadístico de Procesos (CEP)

¿Cuál es la diferencia?

En el Control Estadístico de Procesos, es crucial distinguir entre **límites de control** y **límites de especificación**. Aunque ambos establecen límites, su origen, propósito y uso son completamente diferentes.

Característica	Límites de Control	Límites de Especificación
Origen	Se calculan a partir de los datos del proceso	Se definen externamente (cliente, ingeniería)
Propósito	Monitorear la estabilidad del proceso	Definir la conformidad del producto
Base	Variación natural del proceso	Necesidades del cliente
Se usan en	Carta de Control	Histograma / Análisis de Capacidad
Indican	Si el proceso es estable (bajo control)	Si el producto es aceptable (cumple especificaciones)

¿Cómo se Determinan Realmente los Límites de Especificación?

Los límites de especificación se establecen típicamente de las siguientes maneras:

- 1. Requisitos del Cliente:** El cliente define un rango aceptable para una característica (ej.: longitud debe ser $10\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$).
- 2. Diseño de Ingeniería:** Basado en el funcionamiento requerido de un producto o ensamble, los ingenieros definen las tolerancias.
- 3. Regulaciones o Normas:** Ciertas industrias (farmacéutica, alimentaria, aeronáutica) tienen límites definidos por estándares legales o de calidad.
- 4. Rendimiento Funcional:** Se realizan pruebas para determinar entre qué valores un producto funciona correctamente.

En resumen: Los límites de especificación son una "meta" o "requisito" que el proceso debe cumplir.

Visualización de los Conceptos

Utiliza los controles para ajustar los valores y observar cómo cambian las visualizaciones:

Límite de Especificación

Inferior (LEI): **8.2**



Límite de Especificación

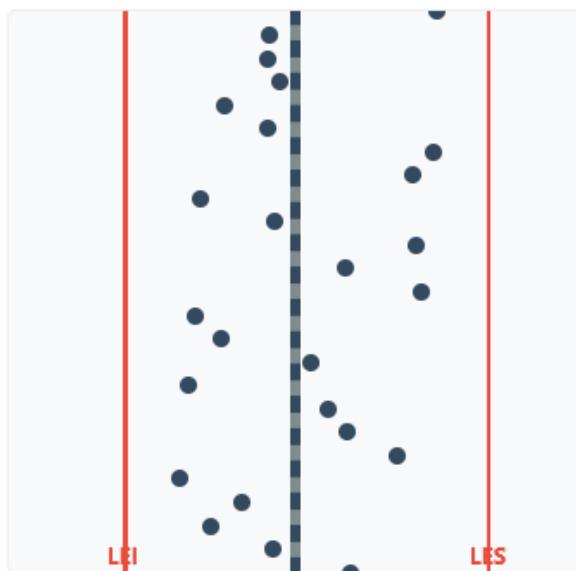
Superior (LES): **12.0**



Variación del Proceso: **1.5**

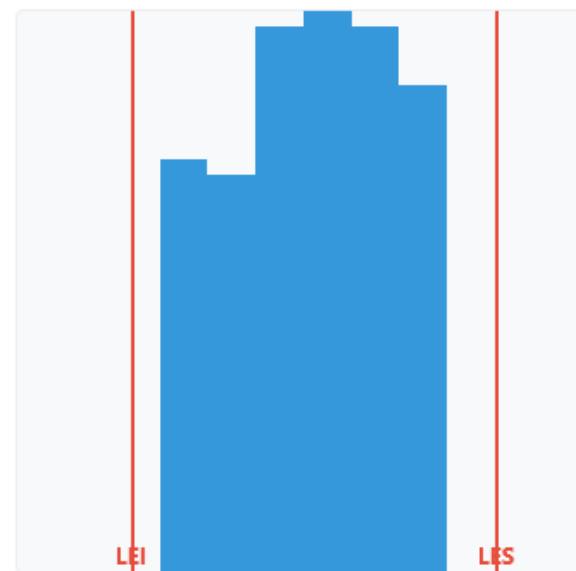


Carta de Control (Control Chart)



La carta de control muestra la estabilidad del proceso a lo largo del tiempo. Los límites de control (azul) se calculan a partir de la variación natural del proceso.

Histograma con Especificaciones



El histograma muestra la distribución de los datos del proceso. Los límites de especificación (rojo) definen los requisitos del cliente.

Puntos Clave para Recordar

Límites de Control

Se basan en la variación natural del proceso. Si los puntos caen fuera de estos límites, indica que el proceso está fuera de control (causas especiales).

Límites de Especificación

Son requisitos externos. Si los productos caen fuera de estos límites, no cumplen con las especificaciones del cliente.

Proceso Estable vs Capaz

Un proceso puede estar bajo control (estable) pero no ser capaz de cumplir especificaciones si su variación natural es mayor que la tolerancia permitida.

Análisis de Capacidad

Es la herramienta que compara la variación del proceso (límites de control) con los requisitos (límites de especificación) para determinar si el proceso es capaz.

Conclusión

No uses los límites de especificación en una carta de control. En su lugar:

1. Utiliza la **carta de control** con sus límites calculados para **estabilizar el proceso**.
2. Una vez que el proceso esté estable, compara su comportamiento (usando un histograma o análisis de capacidad) con los **límites de especificación predefinidos** para ver si es **capaz** de cumplir con los requisitos.

Recuerda: Los límites de control nos dicen cómo se comporta el proceso, mientras que los límites de especificación nos dicen lo que el cliente quiere.

Capacidad de Proceso: Cp y Cpk

Cómo calcular, interpretar y utilizar los índices de capacidad de proceso

¿Qué son los índices de capacidad de proceso?

Los índices de capacidad de proceso son medidas estadísticas que comparan la variabilidad de un proceso con los límites de especificación para determinar si el proceso es capaz de producir productos que cumplan con los requisitos.

Cp - Índice de Capacidad Potencial

Mide la capacidad potencial del proceso, asumiendo que está centrado. Evalúa si la variación natural del proceso cabe dentro de las especificaciones.

Cpk - Índice de Capacidad Real

Mide la capacidad real del proceso, considerando su centrado. Evalúa qué tan bien el proceso está cumpliendo con las especificaciones considerando su posición actual.

Fórmulas de Cálculo

Índice Cp (Capacidad Potencial)

$$Cp = (LES - LEI) / (6\sigma)$$

Donde:

- **LES:** Límite de Especificación Superior
- **LEI:** Límite de Especificación Inferior
- σ : Desviación estándar del proceso

El Cp solo considera la dispersión del proceso, no su centrado.

Índice Cpk (Capacidad Real)

$$Cpk = \text{Mínimo}[(\mu - LEI) / (3\sigma), (LES - \mu) / (3\sigma)]$$

Donde:

- μ : Media del proceso
- **LES:** Límite de Especificación Superior
- **LEI:** Límite de Especificación Inferior
- σ : Desviación estándar del proceso

El Cpk considera tanto la dispersión como el centrado del proceso.

Simulador Interactivo

Utiliza los controles para ajustar los parámetros del proceso y observa cómo cambian los índices Cp y Cpk:

Límite de Especificación

Inferior (LEI): 8.0



Límite de Especificación

Superior (LES): 12.0



Media del Proceso (μ): 10.0



Desviación Estándar (σ): 0.50



Índice Cp

1.33

Buena capacidad

Índice Cpk

1.33

Buena capacidad

Relación Cp/Cpk

1.00

Proceso bien
centrado

Interpretación de los Resultados

Valor del Índice	Interpretación	Capacidad del Proceso	PPM Aproximado
> 1.67	Excelente capacidad	Más que adecuado	< 0.1
1.33 - 1.67	Buena capacidad	Adequado	~0.1 - 63
1.00 - 1.33	Capacidad marginal	Aceptable con control estricto	~63 - 2700
0.67 - 1.00	Capacidad insuficiente	No adecuado para producción	~2700 - 45500
< 0.67	Capacidad inaceptable	Completamente inadecuado	> 45500

Relación entre Cp y Cpk

- **Cp = Cpk:** El proceso está perfectamente centrado entre las especificaciones.
- **Cp > Cpk:** El proceso no está centrado. Mientras mayor sea la diferencia, más descentrado está.
- **Cpk > Cp:** No es posible matemáticamente. Cpk nunca puede ser mayor que Cp.
- **Cp ≥ 1.33 y Cpk ≥ 1.33:** El proceso se considera capaz y está bajo control estadístico.

Aplicaciones Prácticas

Evaluación de Proveedores

Los índices Cp y Cpk permiten evaluar la capacidad de los proveedores para cumplir con las especificaciones requeridas.

Mejora Continua

Monitorear estos índices a lo largo del tiempo ayuda a identificar oportunidades de mejora en el proceso.

Reducción de Desperdicios

Al mejorar la capacidad del proceso, se reduce el número de productos no conformes y se optimizan los recursos.

Validación de Procesos

En industrias reguladas (farmacéutica, automotriz), se requieren valores mínimos de Cpk para validar procesos.

Limitaciones y Consideraciones

- Los índices Cp y Cpk asumen que los datos siguen una distribución normal.
- El proceso debe estar bajo control estadístico antes de calcular la capacidad.
- Se requiere un tamaño de muestra adecuado para obtener estimaciones confiables.
- Estos índices no consideran cambios en el proceso a lo largo del tiempo.

3. Fórmulas y Cálculo

3.1 CP (Capacidad Potencial del Proceso)

Fórmula:

text

$$CP = \frac{(LSE - LIE)}{(6\sigma)}$$

Donde:

- LSE - LIE = Amplitud de especificaciones
- 6σ = Amplitud del proceso ($\pm 3\sigma$)

Interpretación:

- $CP > 1.33$: Proceso capaz
- $CP = 1.00$: Proceso justo en límite
- $CP < 1.00$: Proceso no capaz

3.2 CPK (Capacidad Real del Proceso)

Fórmulas:

text

$$CPK = \text{Mínimo}(CPK_{superior}, CPK_{inferior})$$

$$CPK_{superior} = \frac{(LSE - \mu)}{(3\sigma)}$$

$$CPK_{inferior} = \frac{(\mu - LIE)}{(3\sigma)}$$

Interpretación:

- $CPK > 1.33$: Proceso capaz y centrado
- $CPK \approx CP$: Proceso bien centrado
- $CPK < CP$: Proceso descentrado

EJEMPLO 1: Proceso Textil - Gramaje de Tela

Especificaciones:

- LIE = 180 g/m²
- LSE = 220 g/m²
- Media muestral (μ) = 200 g/m²
- Desviación estándar (σ) = 5 g/m²

Cálculo de CP:

text

$$CP = (220 - 180) / (6 \times 5) = 40 / 30 = 1.33$$

Cálculo de CPK:

text

$$\begin{aligned} CPK_{superior} &= (220 - 200) / (3 \times 5) = 20 / 15 = 1.33 \\ CPK_{inferior} &= (200 - 180) / (3 \times 5) = 20 / 15 = 1.33 \\ CPK &= \text{Mínimo}(1.33, 1.33) = 1.33 \end{aligned}$$

Interpretación: Proceso capaz y perfectamente centrado (CP = CPK)

EJEMPLO 2: Proceso Descentrado

Especificaciones:

- LIE = 90 unidades
- LSE = 110 unidades
- μ = 105 unidades
- σ = 2 unidades

Cálculo de CP:

text

$$CP = (110 - 90) / (6 \times 2) = 20 / 12 = 1.67$$

Cálculo de CPK:

text

$$\begin{aligned} CPK_{superior} &= (110 - 105) / (3 \times 2) = 5 / 6 = 0.83 \\ CPK_{inferior} &= (105 - 90) / (3 \times 2) = 15 / 6 = 2.50 \\ CPK &= \text{Mínimo}(0.83, 2.50) = 0.83 \end{aligned}$$

Análisis:

- CP = 1.67 → Proceso potencialmente capaz
- CPK = 0.83 → Proceso NO capaz por descentramiento
- Problema: Tendencia hacia límite superior

5. Interpretación de Valores

Escala de Capacidad:

text

- CP/CPK < 1.00 → Proceso NO capaz (> 2700 defectos por millón)
- CP/CPK = 1.00 → Proceso marginal (2700 defectos por millón)
- CP/CPK = 1.33 → Proceso capaz (63 defectos por millón) ✓
- CP/CPK = 1.67 → Buen proceso (0.6 defectos por millón) ✓✓
- CP/CPK = 2.00 → Excelente proceso (0.002 defectos por millón) ✓✓✓

Relación CP vs CPK:

- CP = CPK: Proceso perfectamente centrado
- CP > CPK: Proceso descentrado (señal de alerta)
- CPK = 0: Media en algún límite de especificación
- CPK < 0: Media fuera de especificaciones

6. Aplicación en Contextos Específicos

6.1 Industria Textil

Parámetros comunes a controlar:

- Gramaje (g/m^2)
- Tensión de rotura (N)
- Encogimiento (%)
- Solidez del color
- Uniformidad del tejido

6.2 Six Sigma

Objetivos por nivel:

- 3σ : $\text{CPK} \geq 1.00$
- 4σ : $\text{CPK} \geq 1.33$
- 5σ : $\text{CPK} \geq 1.67$
- 6σ : $\text{CPK} \geq 2.00$

7. Procedimiento de Cálculo Paso a Paso

Paso 1: Recopilar Datos

- Tomar muestra representativa ($n \geq 30$)
- Registrar mediciones
- Verificar normalidad de datos

Paso 2: Calcular Estadísticos

text

$$\mu = \Sigma x / n$$

$$\sigma = \sqrt{[\Sigma (x - \mu)^2 / (n-1)]}$$

Paso 3: Aplicar Fórmulas

text

$$CP = (LSE - LIE) / 6\sigma$$

$$CPK_{sup} = (LSE - \mu) / 3\sigma$$

$$CPK_{inf} = (\mu - LIE) / 3\sigma$$

$$CPK = \min(CPK_{sup}, CPK_{inf})$$

Paso 4: Interpretar Resultados

- Analizar capacidad potencial (CP)
- Evaluar centrado (CPK vs CP)
- Identificar necesidades de mejora

EJERCICIO 1: Proceso de Teñido

Especificaciones de color:

- LIE = 85 unidades
- LSE = 115 unidades
- $\mu = 102$ unidades
- $\sigma = 3.5$ unidades

Calcular e interpretar CP y CPK:

text

$$CP = (115 - 85) / (6 \times 3.5) = 30 / 21 = 1.43$$

$$CPK_{sup} = (115 - 102) / (3 \times 3.5) = 13 / 10.5 = 1.24$$

$$CPK_{inf} = (102 - 85) / (3 \times 3.5) = 17 / 10.5 = 1.62$$

$$CPK = 1.24$$

Interpretación:

Proceso capaz pero ligeramente descentrado hacia el límite superior.

EJERCICIO 2: Control de Ancho de Tela

Datos:

- Especificación: 150 ± 5 cm
- $\mu = 151.5$ cm
- $\sigma = 1.2$ cm

Solución:

text

$$LIE = 145 \text{ cm}, LSE = 155 \text{ cm}$$

$$CP = (155 - 145) / (6 \times 1.2) = 10 / 7.2 = 1.39$$

$$CPK_{sup} = (155 - 151.5) / (3 \times 1.2) = 3.5 / 3.6 = 0.97$$

$$CPK_{inf} = (151.5 - 145) / (3 \times 1.2) = 6.5 / 3.6 = 1.81$$

$$CPK = 0.97$$

Análisis: Proceso NO capaz por estar muy cerca del límite superior.

9. Limitaciones y Consideraciones

Supuestos Críticos:

1. **Normalidad:** Los datos deben seguir distribución normal
2. **Estabilidad:** Proceso debe estar bajo control estadístico
3. **Independencia:** Las mediciones deben ser independientes

Alternativas cuando no se cumplen supuestos:

- Transformaciones de datos
- Índices no paramétricos
- Análisis de distribución real

11. Toma de Decisiones Basada en CP/CPK

Estrategias de Mejora:

Si $CP < 1.33$:

- Reducir variabilidad del proceso
- Mejorar mantenimiento de equipos
- Capacitar operarios

Si $CPK < CP$:

- Centrar el proceso
- Ajustar parámetros de control
- Revisar calibración de instrumentos

Si $CPK \approx 0$:

- Revisión completa del proceso
- Análisis de causa raíz
- Rediseño del proceso si es necesario

Estado del proceso: Bajo Control Estadístico

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 0

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: El proceso está bajo control estadístico. Continúe monitoreando.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso ($\bar{\mu}$): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

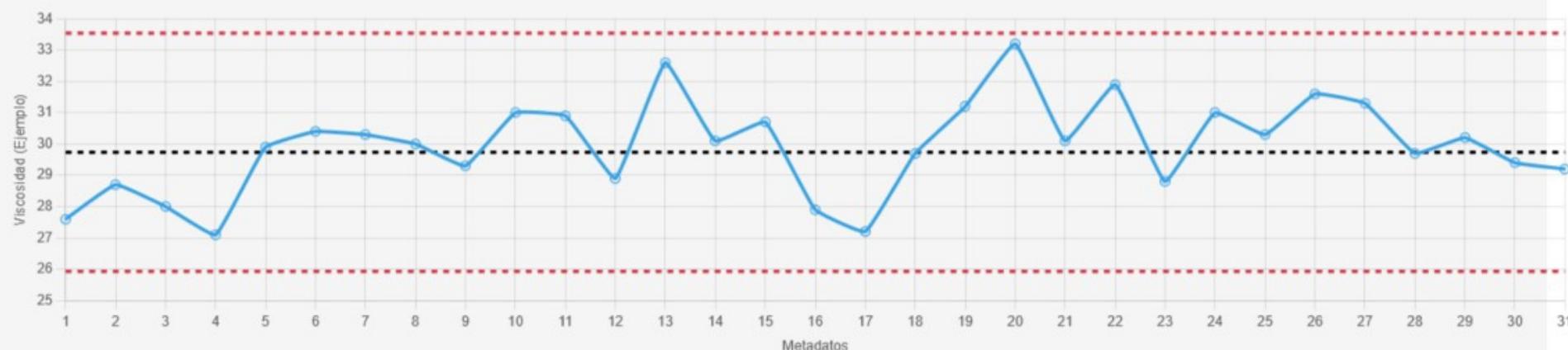
C_p : -

C_{pk} : -

Rendimiento (%): -

Ingrese ambos límites de especificación para calcular la capacidad del proceso.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



■ Observación Individual (I) ■ Línea Central (CL) ■ Límites de Control (UCL/LCL) ■ Límites de Especificación (USL/LSL)

Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): -

Límite Inferior de Especificación (LSL): -

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Estado del proceso: Bajo Control Estadístico

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 0

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: El proceso está bajo control estadístico. Continúe monitoreando.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso (μ): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

C_p : 1.0000

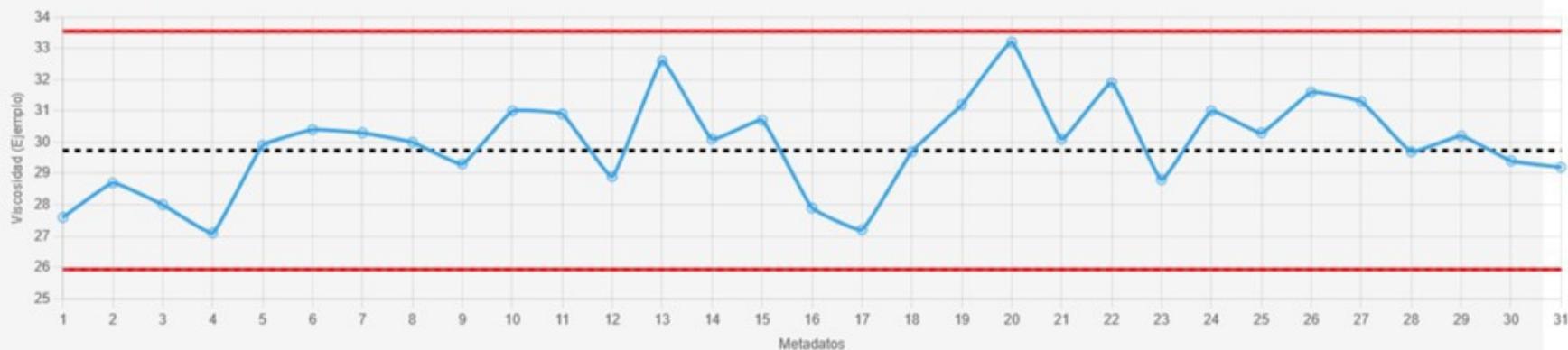
C_{pk} : 1.0000

Rendimiento (%): 100.00

Interpretación:

Capacidad marginal. El proceso puede tener problemas para cumplir especificaciones.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



■ Observación Individual (I) ■ Línea Central (CL) ■ Límites de Control (UCL/LCL) ■ Límites de Especificación (USL/LSL)

Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): 33.5424

Límite Inferior de Especificación (LSL): 25.9276

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Estado del proceso: Bajo Control Estadístico

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 0

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: El proceso está bajo control estadístico. Continúe monitoreando.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso ($\bar{\mu}$): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

C_p : 2.1012

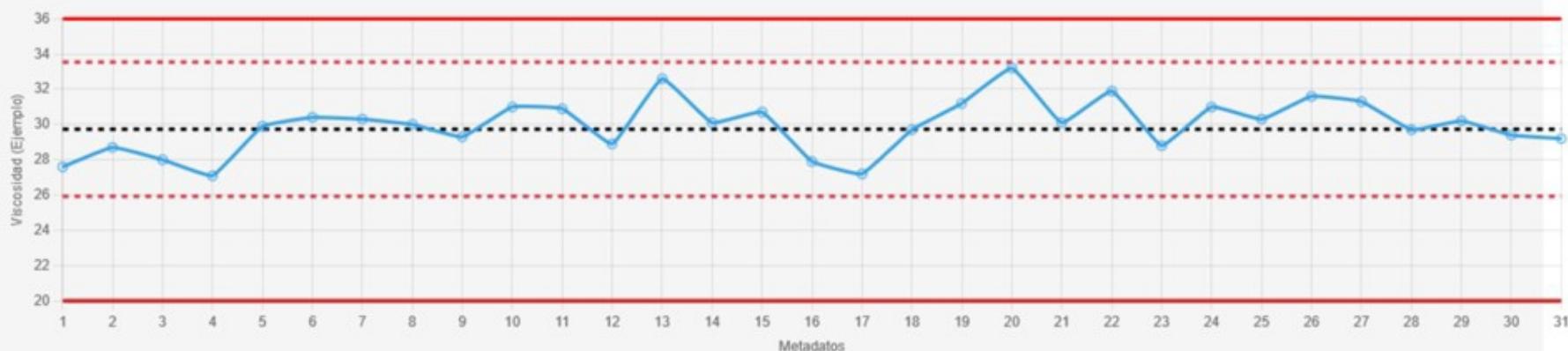
C_{pk} : 1.6455

Rendimiento (%): 100.00

Interpretación:

Capacidad adecuada. El proceso cumple con especificaciones.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): 36.0000

Límite Inferior de Especificación (LSL): 20.0000

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Estado del proceso: Bajo Control Estadístico

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 0

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: El proceso está bajo control estadístico. Continúe monitoreando.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso (μ): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

C_p : 1.8385

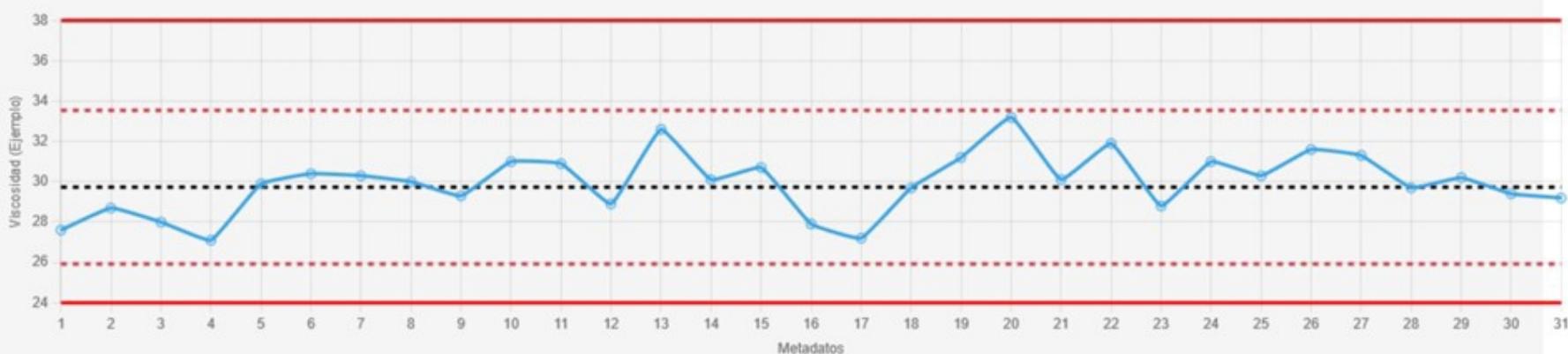
C_{pk} : 1.5063

Rendimiento (%): 100.00

Interpretación:

Capacidad adecuada. El proceso cumple con especificaciones.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



■ Observación Individual (I) ■ Línea Central (CL) ■ Límites de Control (UCL/LCL) ■ Límites de Especificación (USL/LSL)

Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): 38.0000

Límite Inferior de Especificación (LSL): 24.0000

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Estado del Control del Proceso

Estado del proceso: Fuera de Control

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 2

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: Existen observaciones fuera de especificación. Revise el proceso.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso (μ): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

C_p : 2.1012

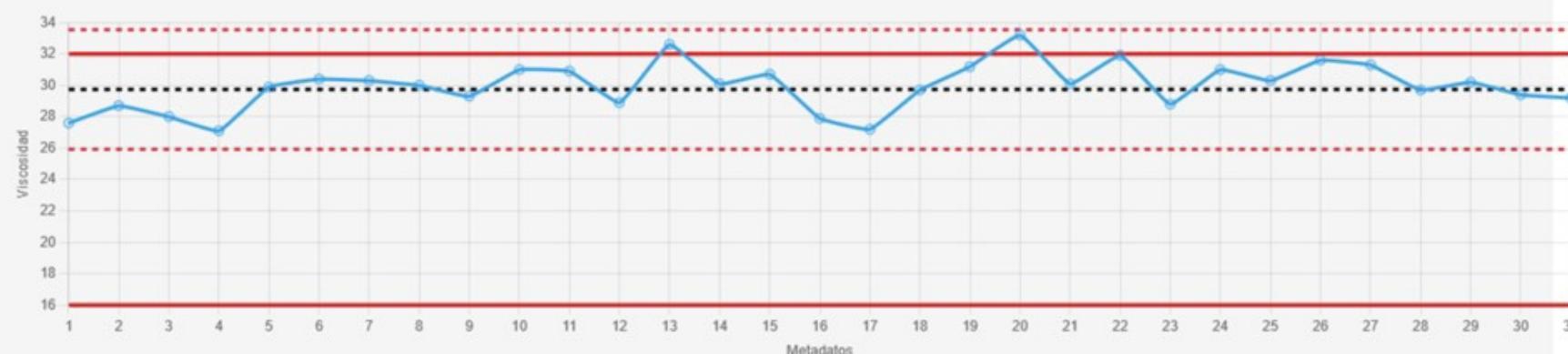
C_{pk} : 0.5949

Rendimiento (%): 93.55

Interpretación:

Capacidad inaceptable. El proceso no cumple con especificaciones.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



■ Observación Individual (I) ■ Línea Central (CL) ■ Límites de Control (UCL/LCL) ■ Límites de Especificación (USL/LSL)

Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): 32.0000

Límite Inferior de Especificación (LSL): 16.0000

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Estado del Control del Proceso

Estado del proceso: Fuera de Control

Puntos fuera de control: 0

Puntos fuera de especificación: 4

Modo de límites: Límites fijos (base: 20 registros)

Recomendaciones: Existen observaciones fuera de especificación. Revise el proceso.

Estadísticas del Proceso

Media de rangos móviles (\bar{R}): 1.4316

Media del proceso (μ): 29.7350

Desviación estándar (σ): 1.2691

Registros para límites: 20 registros

Capacidad del Proceso

C_p : 1.3132

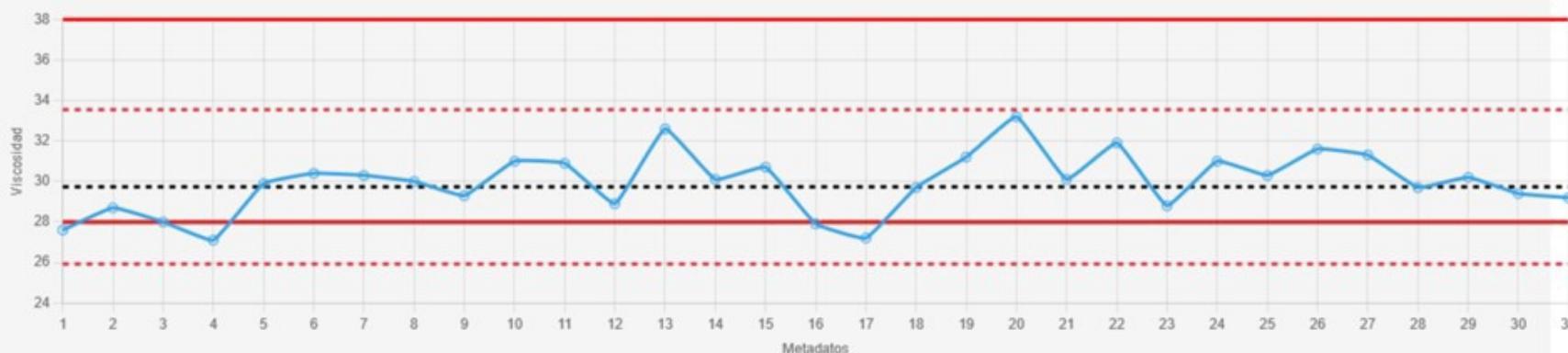
C_{pk} : 0.4557

Rendimiento (%): 87.10

Interpretación:

Capacidad inaceptable. El proceso no cumple con especificaciones.

Carta de Control I (Individual) con Límites de Especificación



■ Observación Individual (I) ■ Línea Central (CL) ■ Límites de Control (UCL/LCL) ■ Límites de Especificación (USL/LSL)

Línea Central (CL): 29.7350

Límite Superior de Control (UCL): 33.5424

Límite Inferior de Control (LCL): 25.9276

Límite Superior de Especificación (USL): 38.0000

Límite Inferior de Especificación (LSL): 28.0000

Base para límites: Límites fijos (primeros 20 registros)

Conciencia Gerencial

Medir para comprender, registrar para aprender, controlar para mejorar

La Filosofía del Control Consciente

Como gerente, su responsabilidad fundamental es **comprender la variabilidad inherente** en cada proceso bajo su gestión. Lo que no se mide, no se puede controlar. Lo que no se controla, genera incertidumbre. La incertidumbre conduce a decisiones reactivas en lugar de proactivas.



Medir con Propósito

Cada métrica debe responder a una pregunta estratégica. No se trata de recolectar datos, sino de capturar información que permita entender el comportamiento real de los procesos.



Registrar para Aprender

El registro sistemático transforma experiencias aisladas en conocimiento organizacional. Crea memoria institucional y permite identificar patrones a través del tiempo.



Controlar para Mejorar

El control no es restricción, es comprensión. Al establecer límites de control, definimos el espacio donde el proceso puede operar de manera predecible y eficiente.

Los Niveles de Conciencia Gerencial

El camino hacia la excelencia en gestión pasa por diferentes niveles de comprensión y control:

💡 No sé lo que no sé

⚠ Sé que hay problemas

Ξ Mido pero no comprendo

✿ Comprendo la variabilidad

👑 Controlo proactivamente

El Ciclo de Conciencia Operacional

1

IDENTIFICAR
¿Qué procesos críticos impactan mis resultados?

2

DEFINIR
¿Qué variables clave debo medir en cada proceso?

3

MEDIR
Recolectar datos de manera sistemática y consistente

4

ANALIZAR
Comprender patrones, tendencias y variabilidad

5

CONTROLAR
Establecer límites y tomar acciones correctivas

Responsabilidades del Gerente Consciente

❖ Definir el Qué

Identificar las variables críticas que realmente importan para el éxito del proceso, no solo las fáciles de medir.

✖ Establecer el Cómo

Diseñar sistemas de medición confiables y métodos de registro que capturen la realidad del proceso.

▶ Observar Activamente

Mantener atención constante sobre los indicadores, buscando patrones y anomalías significativas.

☛ Interpretar con Contexto

Relacionar los datos del proceso con el entorno operativo y las condiciones reales de trabajo.

㉑ Actuar con Oportunidad

Tomar decisiones basadas en datos, no en suposiciones o percepciones subjetivas.

🌱 Cultivar la Cultura

Promover en el equipo la mentalidad de medición, aprendizaje y mejora continua.

Reflexión Gerencial

Antes de continuar, pregúntese honestamente:

- ¿Realmente comprendo la variabilidad natural de los procesos que gestione?
- ¿Tengo sistemas de medición que me alerten sobre cambios significativos?
- ¿Diferencio entre variación normal y señales de problemas reales?
- ¿Mis decisiones se basan en datos o en impresiones?
- ¿Estoy cultivando en mi equipo la disciplina de medir y aprender?

El Compromiso del Gerente Consciente

Adoptar el Control Estadístico de Procesos no es una técnica más; es una **filosofía de gestión** que transforma su rol de administrador a líder consciente. Implica el compromiso de:

Humildad Intelectual

Reconocer que las suposiciones deben validarse con datos y que la realidad del proceso puede diferir de nuestras percepciones.

Disciplina Sistemática

Mantener la consistencia en la medición y el análisis, incluso cuando los resultados sean incómodos o desafíen el status quo.

Curiosidad Persistente

Buscar constantemente comprender el "por qué" detrás de los patrones observados en los datos del proceso.

"La calidad no se controla, se la diseña en el proceso. Y para diseñarla, primero debemos comprenderla."

IDENTIFICAR:

- CAUSAS COMUNES Y ESPECIALES
- PATRONES TENDENCIAS



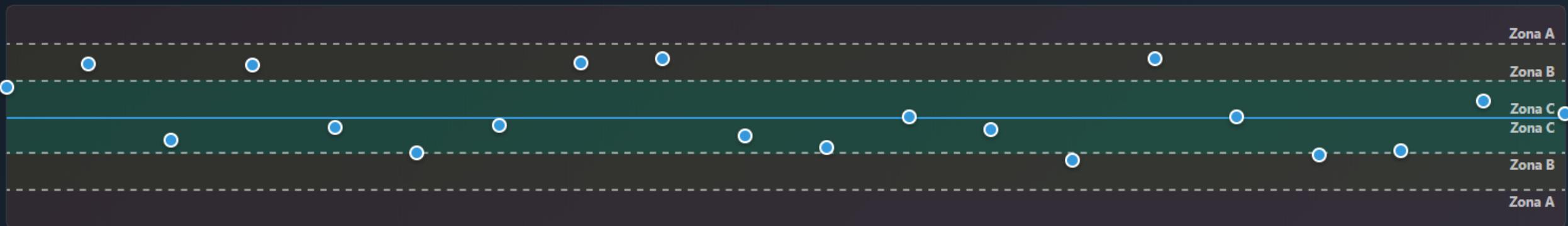
Guía Avanzada - Gráficas de Control Shewhart

Criterios de Nelson /
Western Electric

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Estado Ideal

Proceso bajo control estadístico

Interpretación

Los puntos fluctúan aleatoriamente dentro de los límites de control sin mostrar patrones sistemáticos.

Significado Estadístico

Indica que solo están presentes causas comunes de variación. El proceso es estable y predecible.

Distribución Normal:

text

Características:

- 68.27% de datos en $\mu \pm 1\sigma$
- 95.45% de datos en $\mu \pm 2\sigma$
- 99.73% de datos en $\mu \pm 3\sigma$

Posibles Causas Especiales

- Variación natural del proceso
- Factores ambientales normales
- Variabilidad inherente de materiales
- Capacidad del equipo dentro de especificaciones

Acciones Recomendadas

- Continuar monitoreo rutinario
- Mantener procedimientos actuales
- Documentar desempeño del proceso
- Buscar oportunidades de mejora continua

Criterios de Nelson / Western Electric

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

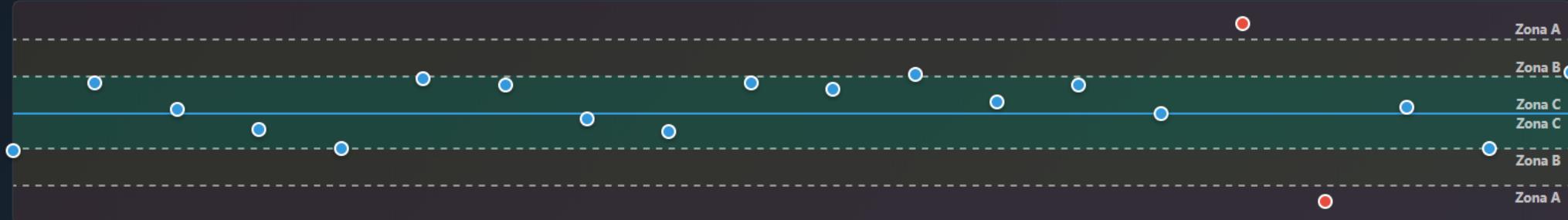
6 4 de 5 puntos en zona B

7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 1

Punto fuera de los límites de control

Interpretación

Uno o más puntos se encuentran fuera de los límites de control superior (LCS) o inferior (LCI), que representan ± 3 desviaciones estándar de la media del proceso.

Significado Estadístico

Este es el criterio más básico y evidente de falta de control. La probabilidad de que un punto caiga fuera de los límites de 3-sigma por causas comunes es de apenas 0.27%, indicando fuertemente la presencia de una causa especial.

Posibles Causas Especiales

- Error de medición o registro
- Material defectuoso o fuera de especificación
- Cambio repentino en parámetros del proceso
- Problema mecánico o de equipo
- Intervención no autorizada en el proceso

Acciones Recomendadas

- Investigar y documentar la causa inmediatamente
- Aislamiento del producto afectado
- Tomar acción correctiva
- Verificar efectividad de la corrección

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

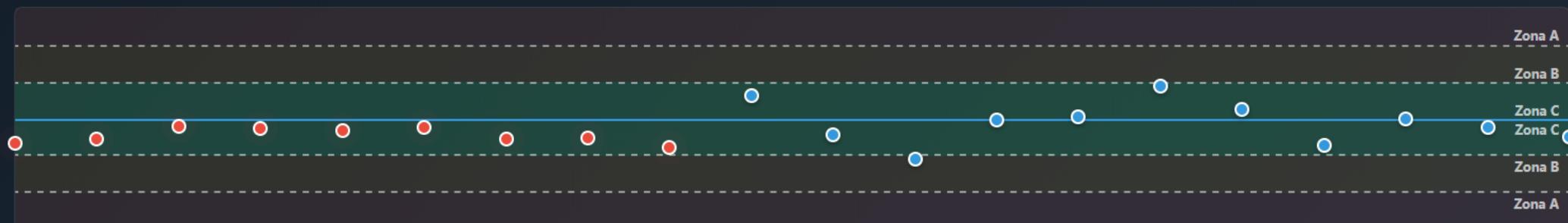
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ

Gráfica de Control X-Bar



Criterio 2 9 puntos consecutivos en zona C (mismo lado)

Interpretación

Nueve puntos consecutivos se encuentran en la zona C del mismo lado de la línea central.

Significado Estadístico

Este patrón indica un desplazamiento del promedio del proceso. La probabilidad de que ocurra por azar es muy baja (0.39%), sugiriendo una causa assignable.

Posibles Causes Especiales

- Cambio gradual en calibración de equipo
- Desgaste de herramienta
- Lote de material con características diferentes
- Cambio en método de operación

Acciones Recomendadas

- Verificar calibración de equipos
- Revisar estado de herramientas
- Analizar diferencias entre lotes de material
- Estandarizar procedimientos de operación

Criterios de Nelson / Western Electric

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

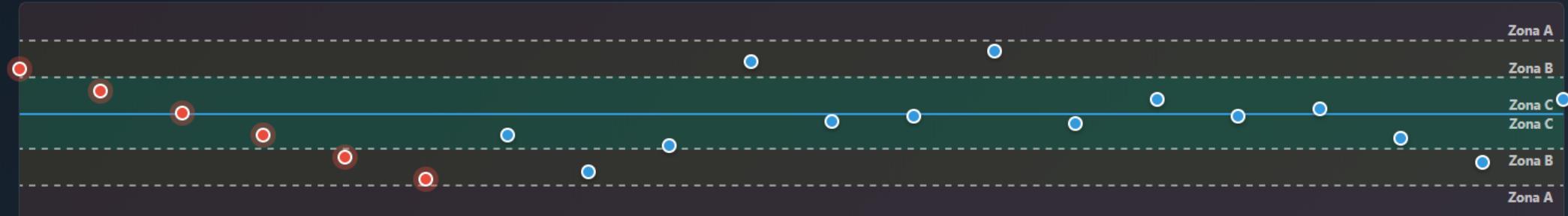
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 3 6 puntos consecutivos en tendencia

Interpretación

Seis puntos consecutivos muestran una tendencia constante de aumento o disminución.

Significado Estadístico

Indica un cambio progresivo en el proceso. La probabilidad aleatoria es de 0.27%, señalando una causa especial de variación.

Posibles Causas Especiales

- Desgaste progresivo de herramientas
- Acumulación de residuos o contaminación
- Cambio ambiental gradual (temperatura, humedad)
- Fatiga de materiales o equipos

Acciones Recomendadas

- Programar mantenimiento preventivo
- Establecer controles ambientales
- Monitorear desgaste de componentes
- Implementar limpieza periódica

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

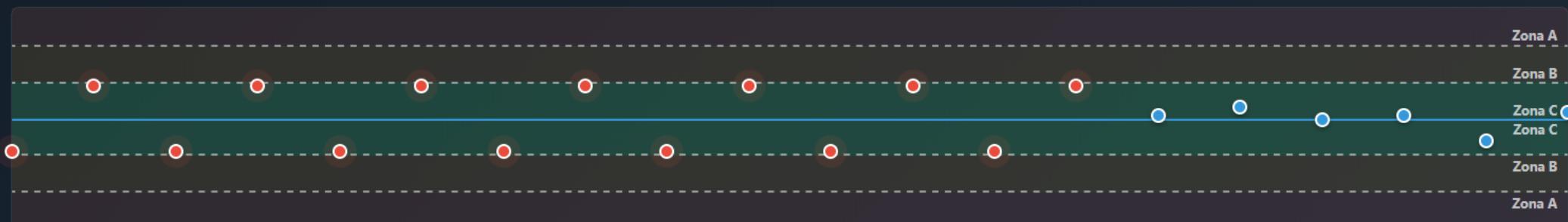
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 4

14 puntos alternando dirección

Interpretación

Catorce puntos consecutivos alternan su posición arriba y abajo de la línea central.

Significado Estadístico

Este patrón sugiere la presencia de dos poblaciones diferentes o un efecto de sobre-ajuste. La probabilidad aleatoria es extremadamente baja.

Posibles Causes Especiales

- Dos máquinas o procesos diferentes mezclados
- Sobre-ajuste del operador
- Dos turnos con métodos diferentes
- Dos fuentes de material con variabilidad diferente

Acciones Recomendadas

- Separar y analizar fuentes diferentes
- Estandarizar procedimientos entre turnos
- Revisar política de ajustes del proceso
- Analizar variabilidad por fuente de material

Criterios de Nelson / Western Electric

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

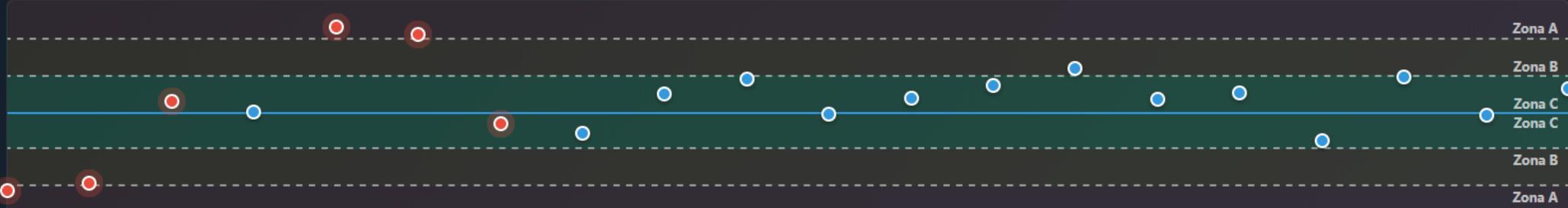
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 5 2 de 3 puntos en zona A o más allá

Interpretación

Dos de tres puntos consecutivos se encuentran en la zona A o más allá de los límites de control.

Significado Estadístico

Indica una variabilidad excesiva en el proceso. La probabilidad de ocurrencia aleatoria es muy baja, sugiriendo inestabilidad.

Posibles Causes Especiales

- Proceso con alta variabilidad inherente
- Problemas de repetibilidad en medición
- Condiciones de operación inconsistentes
- Falta de estandarización en procedimientos

Acciones Recomendadas

- Reducir variabilidad del proceso
- Mejorar sistema de medición
- Estandarizar condiciones de operación
- Implementar controles más estrictos

Criterios de Nelson / Western Electric

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

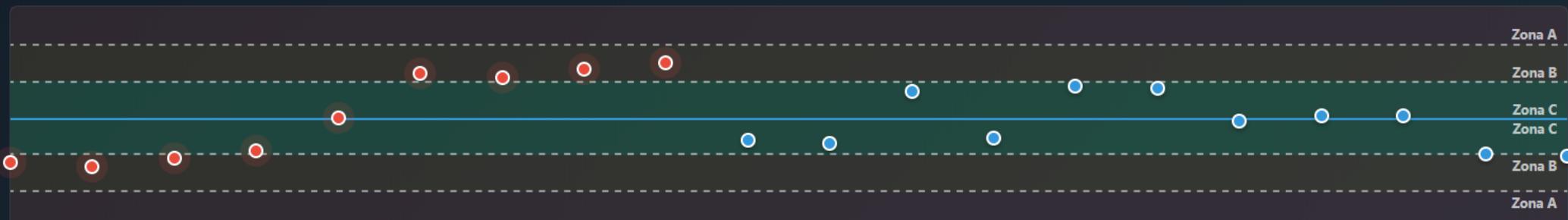
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 6 4 de 5 puntos en zona B o más allá

Interpretación

Cuatro de cinco puntos consecutivos se encuentran en la zona B o más allá.

Significado Estadístico

Sugiere un patrón de variabilidad moderada pero consistente que requiere atención.

Posibles Causas Especiales

- Proceso con moderada variabilidad
- Pequeños cambios no controlados en parámetros
- Diferencias entre operadores
- Ligeras variaciones en material de entrada

Acciones Recomendadas

- Identificar y controlar fuentes de variación menores
- Capacitar operadores de manera uniforme
- Establecer controles más precisos en entradas
- Monitorear tendencias emergentes

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Gráfica de Control X-Bar



Criterio 7 15 puntos consecutivos en zona C

Interpretación

Quince puntos consecutivos se encuentran en la zona C (central) de la gráfica.

Significado Estadístico

Puede indicar estratificación o mezcla de datos de diferentes poblaciones. También puede sugerir sobre-control del proceso.

Posibles Causas Especiales

- Estratificación en el muestreo
- Datos de múltiples subgrupos mezclados
- Sobre-ajuste del proceso
- Resolución insuficiente en medición

Acciones Recomendadas

- Revisar procedimiento de muestreo
- Verificar estratificación de datos
- Evaluar resolución del sistema de medición
- Analizar posibles sobre-ajustes

Criterios de Nelson / Western Electric

1 Punto fuera de los límites

2 9 puntos en zona C (un lado)

3 6 puntos en tendencia

4 14 puntos alternantes

5 2 de 3 puntos en zona A

6 4 de 5 puntos en zona B

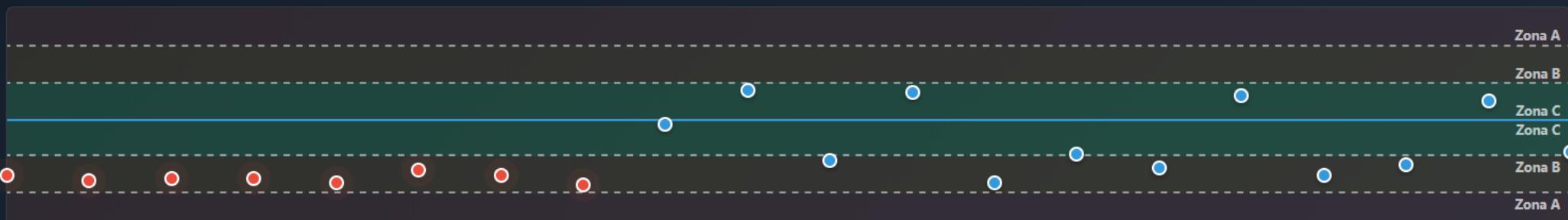
7 15 puntos en zona C

8 8 puntos fuera de zona C

Patrones Adicionales

Gráfica de Control X-Bar

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCI: -3σ



Criterio 8

8 puntos consecutivos fuera de zona C

Interpretación

Ocho puntos consecutivos se encuentran fuera de la zona C (en zonas A o B).

Significado Estadístico

Indica un cambio sistemático en la variabilidad del proceso o un desplazamiento del promedio.

Posibles Causas Especiales

- Cambio en variabilidad del proceso
- Nuevo patrón de variación
- Modificación en condiciones de operación
- Cambio en características del material

Acciones Recomendadas

- Investigar cambios recientes en el proceso
- Analizar patrones de variabilidad
- Revisar especificaciones de materiales
- Evaluar condiciones operativas

Patrones Adicionales

T Tendencia gradual

S Cambio abrupto

C Patrón cíclico

E Estratificación

M Mezcla de poblaciones

Estado: Fuerza de control - Patrón especial detectado

Gráfica de Control X-Bar**Patrón T Tendencia gradual del proceso****Interpretación**

Cambio progresivo y sostenido en el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo.

Significado Estadístico

Las tendencias indican que el proceso está experimentando un cambio sistemático que requiere investigación.

Posibles Causas Especiales

- Envejecimiento de componentes
- Cambio estacional en condiciones ambientales
- Degradación de materiales
- Acumulación de tolerancias en ensamblajes

Acciones Recomendadas

- Analizar ciclo de vida de componentes
- Implementar controles compensatorios
- Establecer puntos de ajuste periódico
- Documentar patrones estacionales

Gráfica de Control X-Bar



Patrón S

Cambio abrupto en el proceso

Interpretación

Cambio repentino y sostenido en el nivel del proceso, visible como un desplazamiento claro en la media.

Significado Estadístico

Indica un evento significativo que alteró permanentemente las características del proceso.

Posibles Causas Especiales

- Cambio de herramienta o equipo
- Nuevo lote de material con características diferentes
- Modificación en parámetros de proceso
- Cambio de operador o turno

Acciones Recomendadas

- Documentar el momento exacto del cambio
- Identificar eventos coincidentes
- Evaluar impacto en calidad
- Decidir si el cambio es aceptable o requiere reversión

Patrones Adicionales

T Tendencia gradual

S Cambio abrupto

C Patrón cíclico

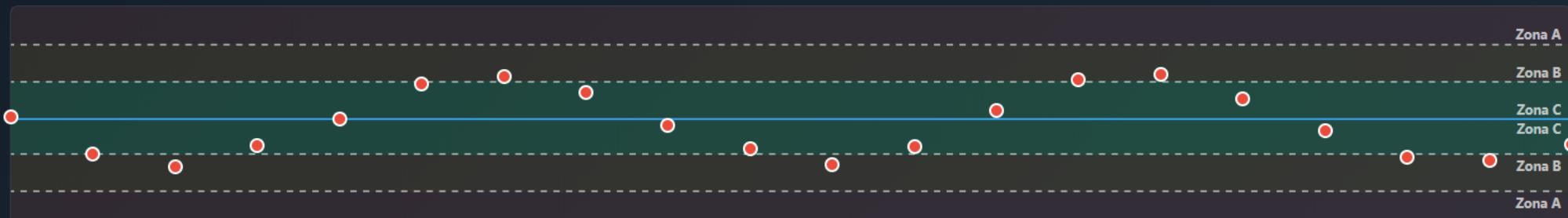
E Estratificación

M Mezcla de poblaciones

Estado: Fuerza de control - Patrón especial detectado

LCS: $+3\sigma$ | LC: μ | LCL: -3σ

Gráfica de Control X-Bar



Patrón C Patrón cílico o periódico

Interpretación

Variación repetitiva que sigue un patrón regular a lo largo del tiempo.

Significado Estadístico

Sugiere la influencia de factores externos que varían de manera predecible.

Posibles Causes Especiales

- Variaciones de temperatura ambiental
- Cambios de turno o operadores
- Ciclos de mantenimiento
- Fatiga de equipos o componentes

Acciones Recomendadas

- Identificar el periodo del ciclo
- Correlacionar con factores externos
- Implementar controles para factores cílicos
- Programar mantenimiento preventivo

Patrones Adicionales

T Tendencia gradual

S Cambio abrupto

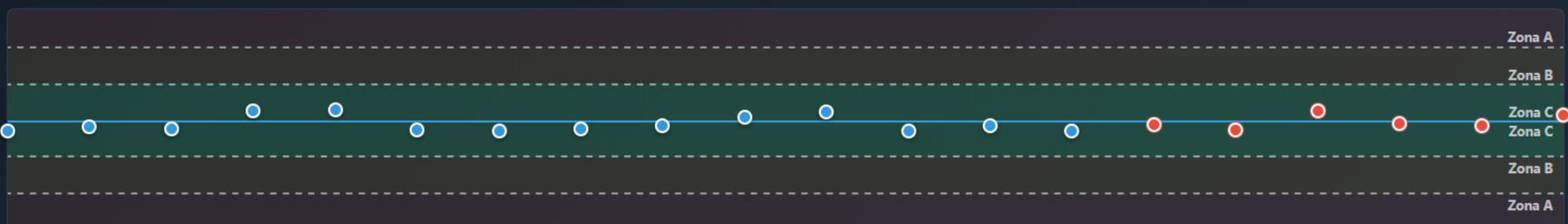
C Patrón cíclico

E Estratificación

M Mezcla de poblaciones

Estado: Fuera de control - Patrón especial detectado

Gráfica de Control X-Bar



Patrón E Estratificación del proceso

Interpretación

Los puntos muestran poca variabilidad y se agrupan estrechamente alrededor de la media.

Significado Estadístico

Puede indicar sobre-control o mezcla de subgrupos con diferentes medias.

Posibles Causas Especiales

- Muestreo inadecuado (múltiples lecturas del mismo elemento)
- Sobre-ajuste del operador
- Estratificación en la recolección de datos
- Capacidad de medición insuficiente.

Acciones Recomendadas

- Revisar procedimiento de muestreo
- Evaluar sistema de medición
- Verificar estratificación de datos
- Capacitar en procedimientos adecuados

Patrones Adicionales

T Tendencia gradual

S Cambio abrupto

C Patrón cíclico

E Estratificación

M Mezcla de poblaciones

Estado: Fuera de control - Patrón especial detectado

Patrones Adicionales

T Tendencia gradual

S Cambio abrupto

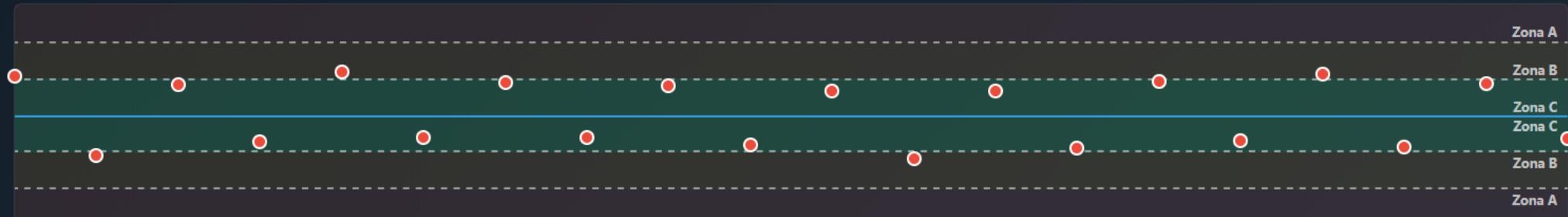
C Patrón cíclico

E Estratificación

M Mezcla de poblaciones

Estado: Fuerza de control - Patrón especial detectado

Gráfica de Control X-Bar



Patrón M

Mezcla de poblaciones

Interpretación

Los puntos tienden a evitar la zona central y se agrupan cerca de los límites de control.

Significado Estadístico

Sugiere la presencia de dos o más distribuciones diferentes mezcladas en el proceso.

Posibles Causas Especiales

- Dos máquinas con desempeño diferente
- Múltiples fuentes de material
- Diferentes métodos de operación
- Cambios no controlados en parámetros

Acciones Recomendadas

- Separar y analizar fuentes individuales
- Estandarizar métodos de operación
- Controlar fuentes de material
- Identificar y eliminar diferencias sistemáticas