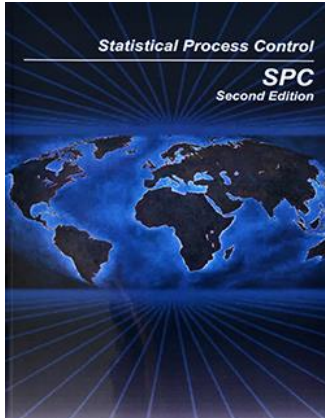


SPC: CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO

2024

REGLAS 01

- **Asistencia mínima del 90%**
- **Evaluación aprobatoria: Mínimo 80%.**
- Respeto entre los asistentes e instructor.
- Realiza todas tus preguntas para aclarar tus dudas.
- Respetar los horarios establecidos.
- No distractores (Celulares, etc.)



¿CÓMO VAMOS A INICIAR?

02 PRESENTACIÓN

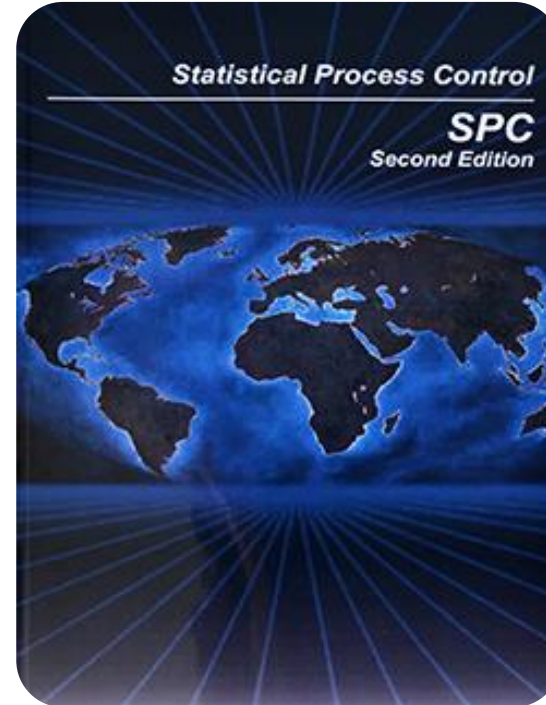
- Nombre completo
- Puesto y/o función la organización
- Años de experiencia en el proceso

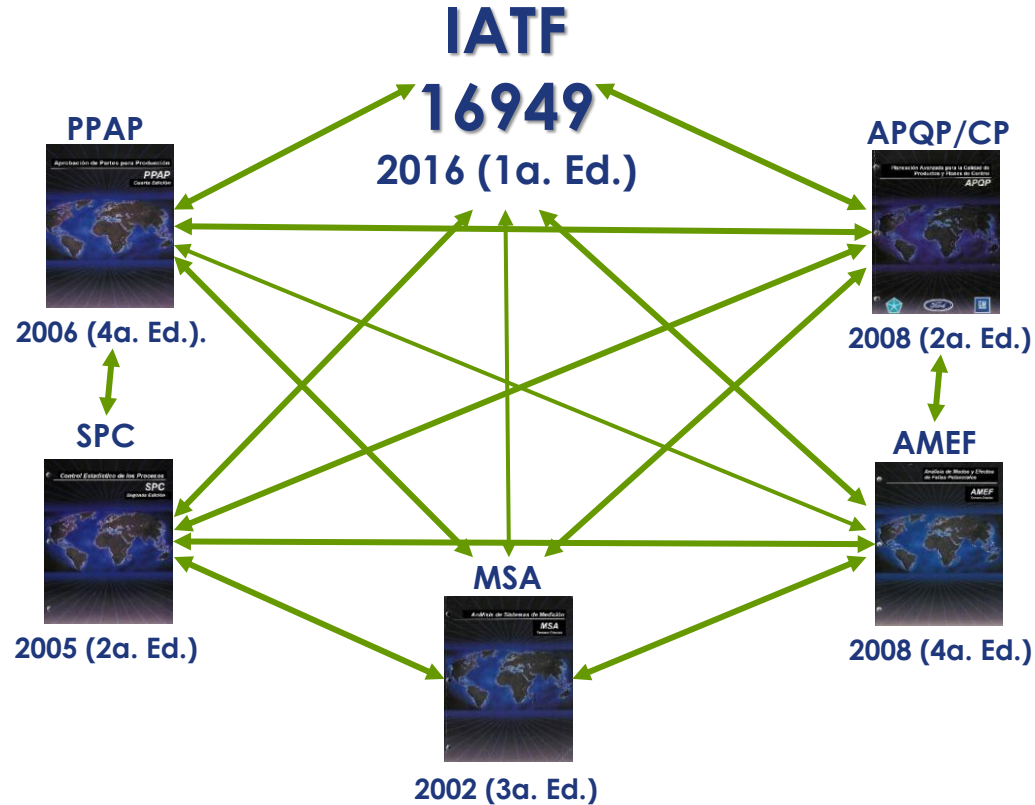
03 EXPECTATIVAS

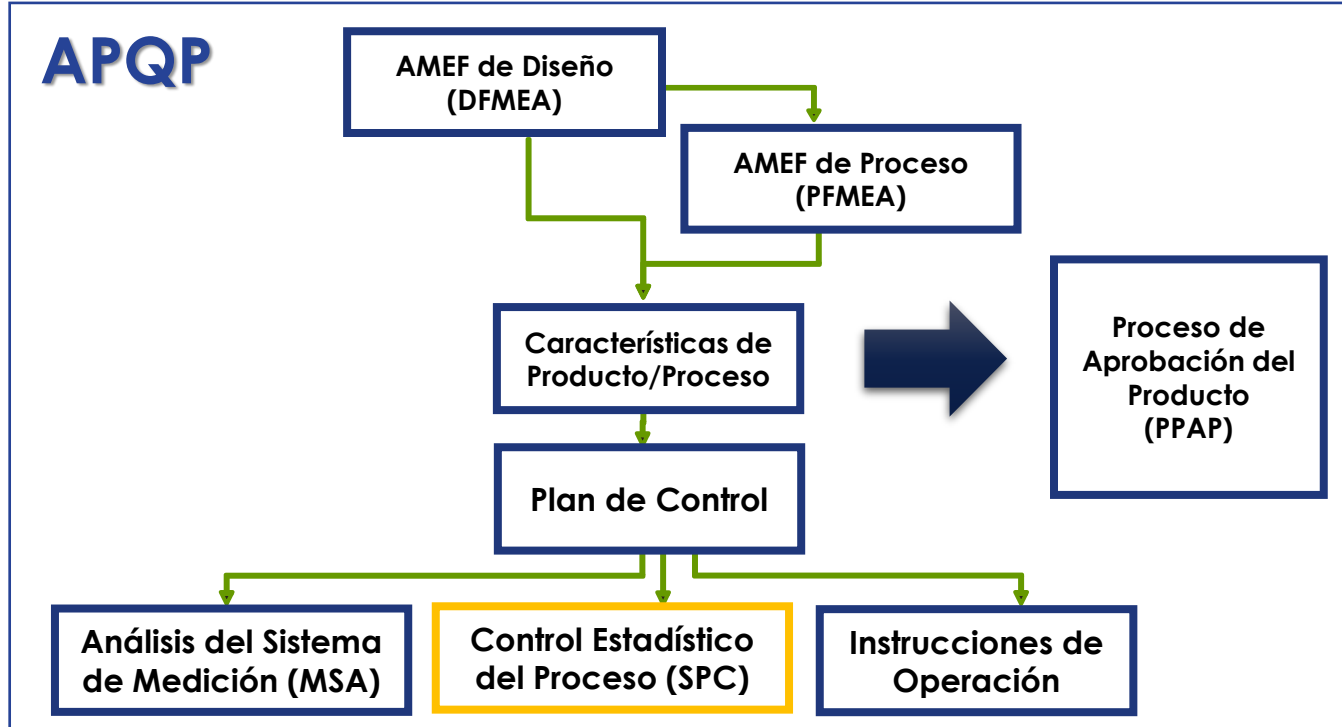
- ¿Cuáles son mis expectativas para éste entrenamiento?

Propósito del curso

- Conocer la relación del SPC con los requisitos de la IATF 16949, el proceso de APQP y los requisitos específicos de los clientes.
- Conocer los beneficios del Control Estadístico del Proceso.
- Determinar el impacto del Control Estadístico del Proceso en la organización.
- Conocer y entender los conceptos y técnicas estadísticas a utilizar en el Control Estadístico del Proceso.











	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>	<i>Nivel 4</i>	<i>Nivel 5</i>
1 Registros de Diseño	R	S	S	*	R
- para componentes o detalles propios	R	R	R	*	R
- para componentes o detalles de otros	R	S	S	*	R
2 Documentos de cambios de ingeniería (si los hay)	R	S	S	*	R
3 Aprobación de Ingeniería del Cliente (si se requiere)	R	R	S	*	R
4 FMEA de Diseño	R	R	S	*	R
5 Diagramas de Flujo del Proceso	R	R	S	*	R
6 FMEA del proceso	R	R	S	*	R
7 Plan de Control	R	R	S	*	R
8 Estudios de Análisis de los Sistemas de Medición Material	R	R	S	*	R
9 Resultados Dimensionales	R	S	S	*	R
10 Resultados de las pruebas de Materiales y de Desempeño	R	S	S	*	R

11	Estudio Inicial del proceso	R	R	S	*	R
12	Documentación del Laboratorio Calificado	R	S	S	*	R
13	Reporte de Aprobación de Apariencia (AAR) (si aplica)	S	S	S	*	R
14	Muestra del producto	R	S	S	*	R
15	Muestra Patrón.	R	R	R	*	R
16	Ayudas de Verificación	R	R	R	*	R
17	Registros de Cumplimiento con los Requisitos Específicos del Cliente	R	R	S	*	R
18	Autorización de Suministro de Partes (PSW)	S	S	S	S	R
	Lista de Verificación para Material Procesado (ver 4.1)	S	S	S	S	R

S = La organización debe presentar al cliente y retener una copia de los registros o documentación en las localidades apropiadas.

R = La organización debe retener en las localidades apropiadas y tener disponible para el cliente, cuando lo requiera.

* = La organización debe retener en las localidades apropiadas y presentar al cliente, cuando lo requiera

La organización debe usar lo siguiente como criterios de aceptación para evaluar los resultados del estudio inicial del proceso para procesos que parecen estables

Resultado

Índice > 1.67

$1.33 \leq \text{Índice} \leq 1.67$

Índice < 1.33

Interpretación

El proceso generalmente cumple los criterios de aceptación.

El proceso puede ser aceptable
Contacte al representante autorizado del cliente para una revisión de los resultados del estudio.

El proceso generalmente no cumple los criterios de aceptación. Contacte al representante autorizado del cliente para una revisión de los resultados del estudio.

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Relación del SPC con los Requisitos IATF



8.3.3.2 Entradas para el diseño del proceso de fabricación

La organización debe identificar, documentar y revisar los requisitos relativos a las entradas para el diseño del proceso de fabricación que incluyen, pero no se limitan a:

- a) los datos de salida del diseño del producto, incluidas las características especiales;
- b) las metas de productividad, **capacidad del proceso**, plazos y costo;
- c) las alternativas de tecnología de fabricación;
- d) los requisitos del cliente, si los hay;
- e) la experiencia de desarrollos anteriores;
- f) los nuevos materiales;
- g) los requisitos de manipulación del producto y ergonómicos; y
- h) el diseño para la fabricación y el diseño para el ensamble.

9.1.1.1 Seguimiento y medición de los procesos de fabricación

La organización debe realizar **estudios de proceso** de todos los procesos de fabricación nuevos (incluidos los de ensamble o secuencia) para verificar la **habilidad del proceso** y proporcionar entradas adicionales para el control del proceso, incluidos **aquellos para las características especiales**.

La organización debe mantener la **habilidad o el desempeño del proceso** de fabricación como es especificado en los requisitos del proceso de aprobación de piezas del cliente. La organización debe verificar que el diagrama de flujo del proceso, el **PFMEA** y el plan de control están implementados, incluida la **adherencia** con:

9.1.1.1 Seguimiento y medición de los procesos de fabricación

- a) las técnicas de medición;
- b) los planes de muestreo;
- c) los criterios de aceptación;
- d) los registros de los valores de medición actuales y/o los resultados de los ensayos para datos variables;**
- e) los planes de reacción y el proceso de **escalamiento** cuando no se cumplan los criterios de aceptación.

Eventos significativos en el proceso, tales como el cambio de herramental o la reparación de una máquina, deben registrarse y **conservarse como información documentada**.

9.1.1.1 Seguimiento y medición de los procesos de fabricación

Para las características que estadísticamente pierden su habilidad o son inestables, la organización debe iniciar un plan de reacción a partir del plan de control y evaluar su impacto en el cumplimiento de las especificaciones. Estos planes de reacción deben incluir la contención del producto y la inspección al 100%, cuando sea apropiado. La organización debe desarrollar e implementar un plan de acción correctiva, indicando las acciones específicas, los plazos y las responsabilidades asignadas, para asegurar que el proceso de nuevo sea estable y estadísticamente hábil. Los planes deben ser revisados con el cliente y aprobados por el cliente, cuando sea requerido.

La organización debe conservar registros de las fechas en las que se efectúan los cambios al proceso.

9.1.1.2 Identificación de técnicas estadísticas

La organización debe **determinar** la utilización apropiada de **técnicas estadísticas**. La organización debe verificar que las técnicas estadísticas apropiadas estén incluidas como parte del proceso de planificación avanzada de la calidad del producto (o equivalente) y estén incluidas en el análisis de riesgos del diseño (tal como el DFMEA) (cuando sea aplicable), el análisis de riesgos del proceso (tal como el PFMEA) y en el plan de control.

9.1.1.3 Aplicación de conceptos estadísticos

Los conceptos estadísticos, tales como la variación, control (estabilidad), habilidad del proceso y las consecuencias del sobre ajuste, deben ser entendidos y utilizados por los empleados involucrados en la obtención, análisis y gestión de los datos estadísticos.

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Mejoramiento Continuo y SPC



Control Estadístico del Proceso

Es una herramienta para analizar un proceso y sus salidas. Ayuda en la toma de acciones apropiadas para alcanzar y mantener en control estadístico el proceso y mejorar la capacidad del mismo.

Beneficios

- Solucionar problemas con una base racional,
- Identificar y diferenciar las causas de variación,
- Tener un lenguaje común para la gestión y mejora del proceso, y
- Tener las bases para la mejora continua.



SPC helps us analyze processes to improve capability

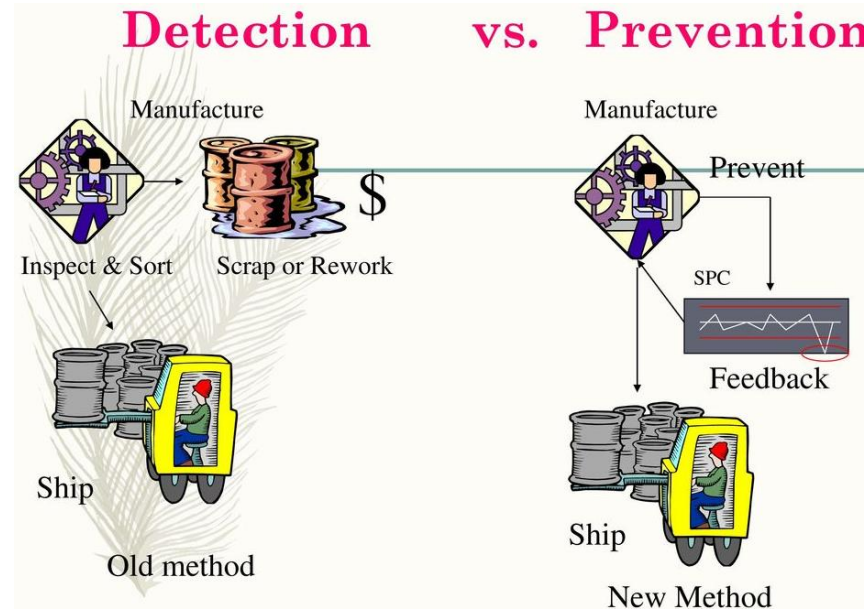
Seis Puntos:

- 1) La recolección de datos y el uso de métodos estadísticos para interpretar estos no es el final en sí.
- 2) Los sistemas de medición son críticos para análisis de datos propios y estos debieran ser bien entendidos antes de que datos del proceso sean recolectados.
- 3) El concepto básico de estudiar las variaciones y usar señales estadísticas para mejorar el desempeño pueden ser aplicadas en cualquier área.
- 4) Históricamente, los métodos estadísticos han sido aplicadas por rutina a partes más que a procesos.
- 5) El entendimiento real del tema involucra un contacto más profundo con situaciones del control de los procesos.
- 6) Este manual debiera ser considerado como un primer paso hacia el uso de métodos estadísticos.

NECESIDAD DEL CONTROL DEL PROCESO

Detección – Tolera desperdicio

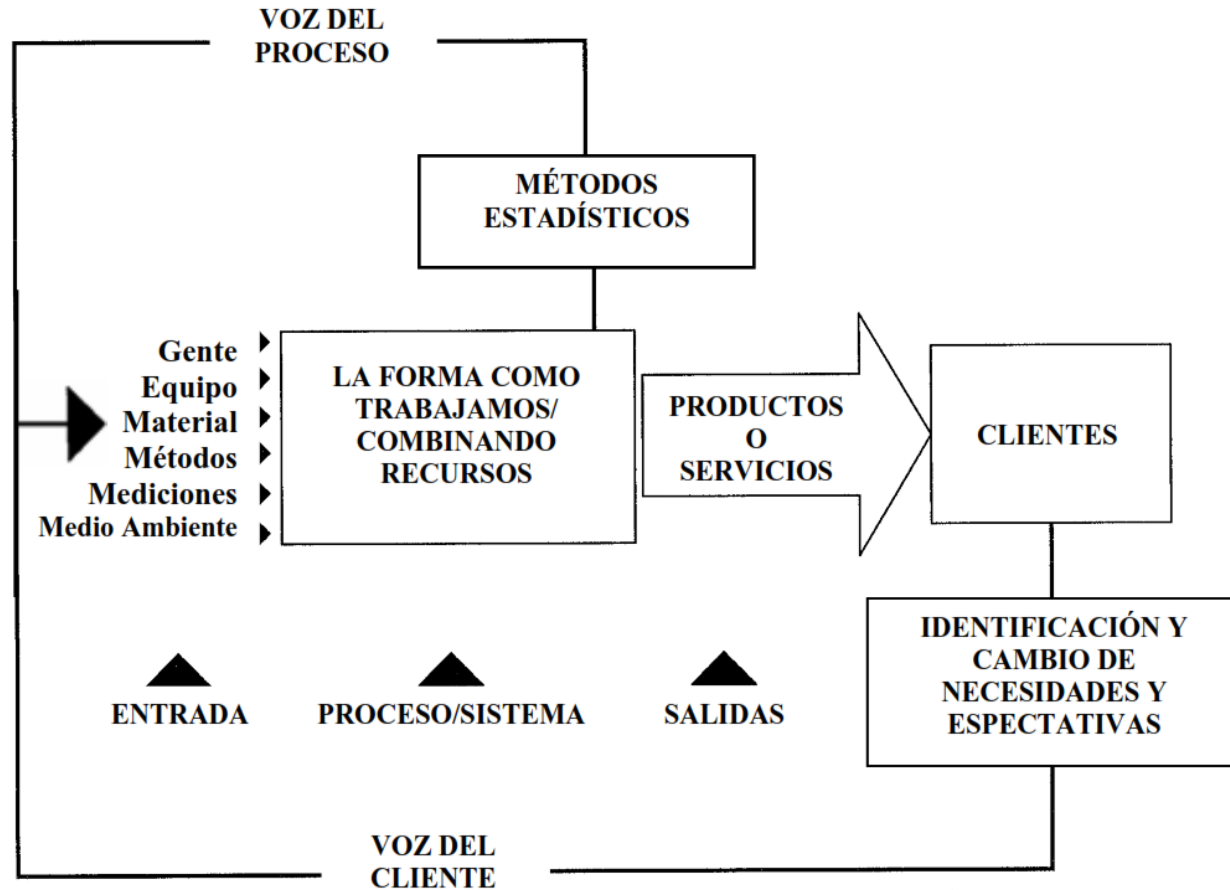
Prevención – Evita desperdicio



Prevención contra Detección

En el pasado, las organizaciones manufactureras dependían de que producción hiciera el producto y control de calidad inspeccionara el producto final y separara los artículos que no cumplieran con las especificaciones. En situaciones administrativas, frecuentemente se verificaba el trabajo una y otra vez en un esfuerzo por detectar los errores. En ambos casos estaba involucrada una estrategia de detección lo que representa un desperdicio porque permite que se invierta tiempo y materiales en productos o servicios que no siempre pueden recuperarse.

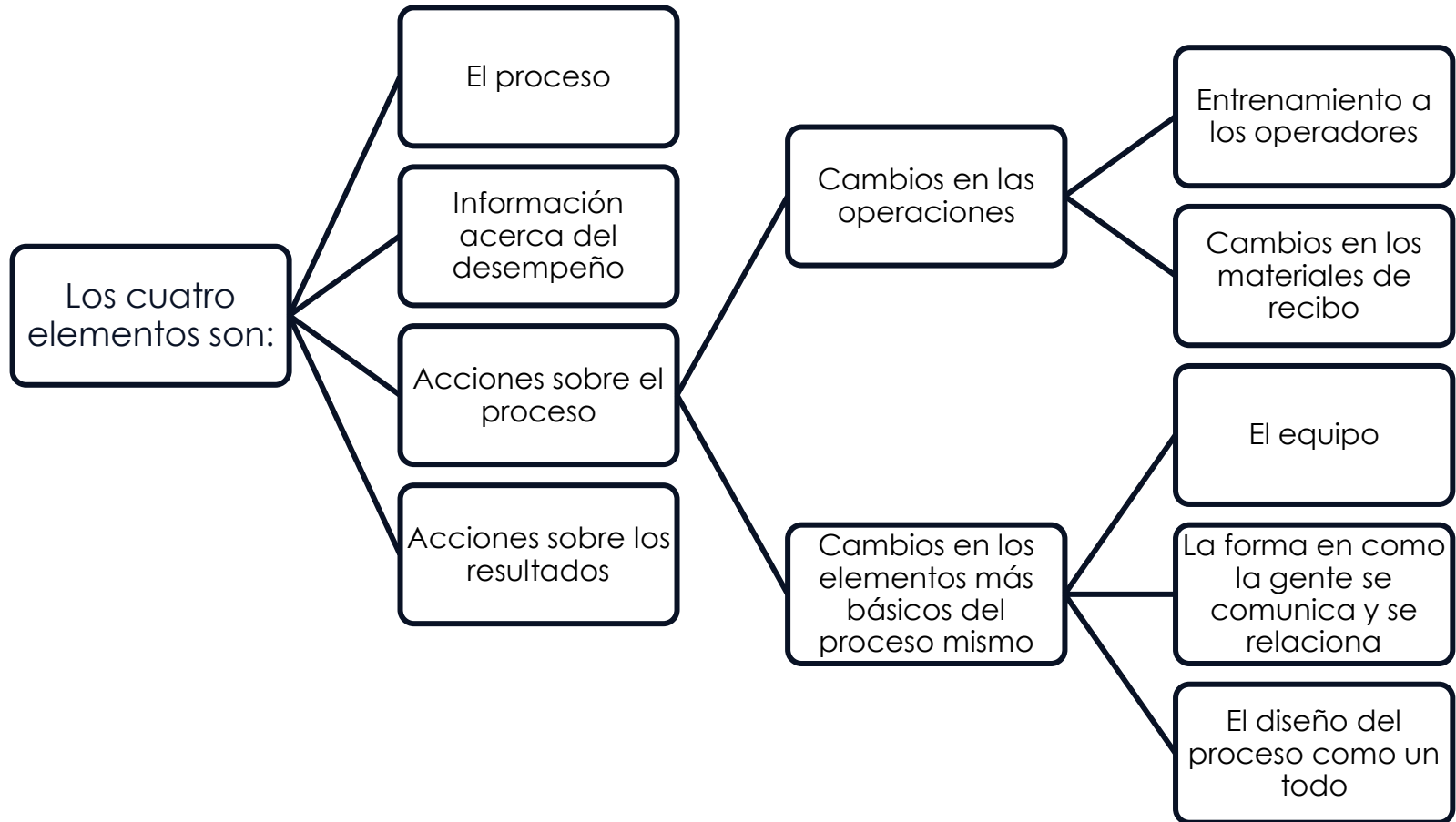
Es mucho más efectivo evitar el desperdicio, no produciendo material inservible desde la primera vez – o sea, una estrategia de prevención.



Sistema de Control de Procesos

- a) Un sistema de control de procesos puede describirse como un sistema de retroalimentación.
- b) SPC es un tipo de sistema de retroalimentación.
- c) Otros sistemas de retroalimentación, los cuales no son estadísticos, también existen.
- d) Cuatro elementos de dichos sistemas son importantes.





Variación: Causas Comunes y Especiales

No existen dos productos o características que sean exactamente iguales, debido a que cualquier proceso contiene muchas fuentes de variabilidad.

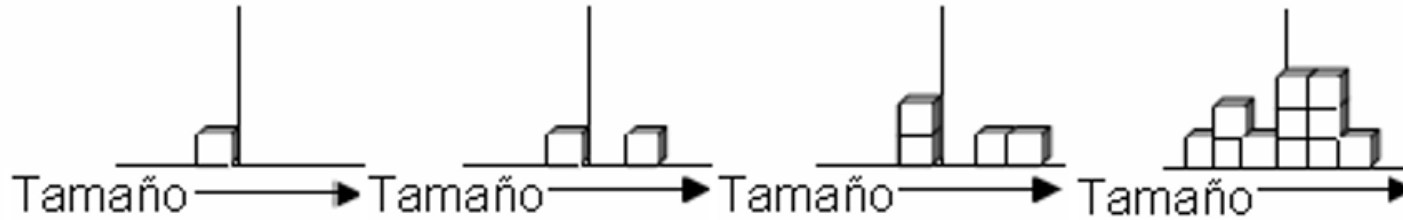


Algunas fuentes de variación en el proceso causan diferencias en tiempos cortos o breves y pieza-a-pieza.

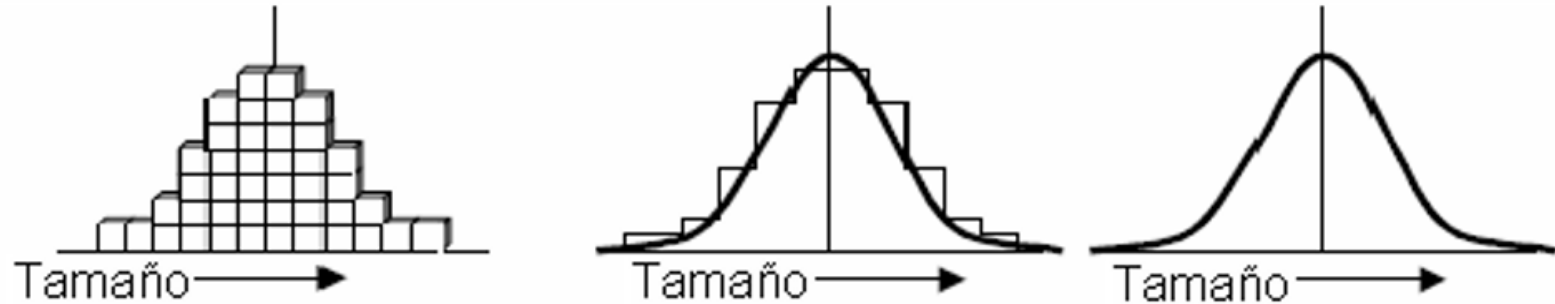


Mientras que valores individuales medidos pueden ser todos diferentes, como grupo tienden a formar un patrón que puede escribirse como una distribución.

Las piezas varían entre una y otra



Pero forman un modelo que, si es estable, puede describirse como una distribución



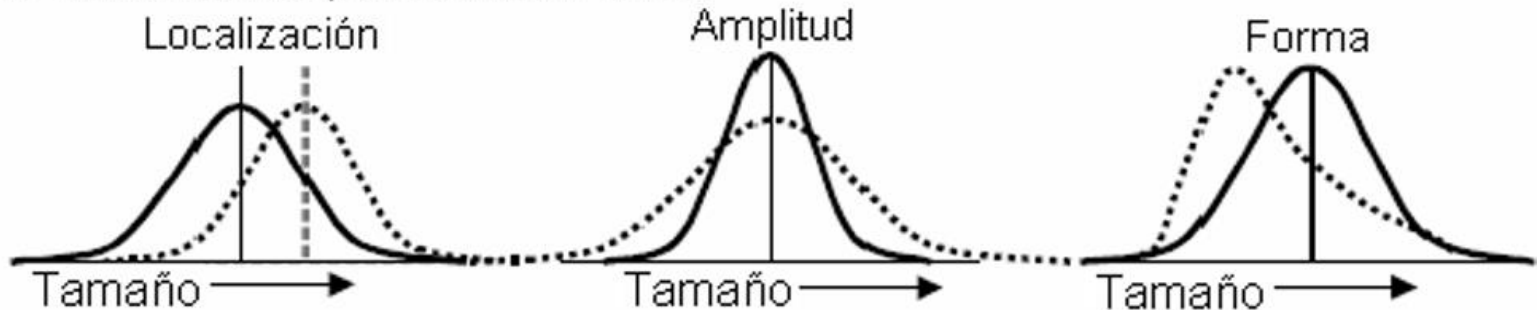
Esta distribución puede caracterizarse por:

La localización (típica o el valor “central”)

La dispersión (rango o “distancia” de los valores del mas pequeño al mas grande)

La forma (el patrón de variación, ya sea si es simétrico, sesgado, etc.)

Las distribuciones pueden diferir en su:



Causas comunes

- Se refieren a las tantas fuentes de variación que están actuando consistentemente en un proceso.
- Causas comunes dentro de un proceso generan una distribución estable y repetible en el tiempo.
- Causas comunes generan un sistema *estable* de causas aleatorias.

Causas especiales

- Se refieren a cualquier factor causando variaciones que afecten solo algunos resultados del proceso.
- Estas a menudo son intermitentes e impredecibles.
- A menos que todas las causas especiales de variación se identifiquen y se actúe sobre ellas, estas pueden continuar afectando los resultados del proceso en formas impredecibles.

...entes causas comunes
...ultado del proceso
...ción que es estable a
...es predecible

Tamaño →

TIME →

Predecible

TARGET LINE

Diagram illustrating process variability over time. It shows a series of overlapping normal distribution curves shifting to the right. A dashed line labeled "TARGET LINE" slopes upwards from left to right. The area under the curves to the right of the target line is marked with question marks and labeled "No Predecible".

Acciones Locales

Generalmente se requieren para eliminar causas especiales de variación

Generalmente pueden tomarse por gente cercana al proceso

Típicamente pueden corregir alrededor del 15% de los problemas del proceso

Acciones en el Sistema

Generalmente se requieren para reducir variaciones debidas a causas comunes

Casi siempre requieren de acciones de la dirección/administración para correcciones

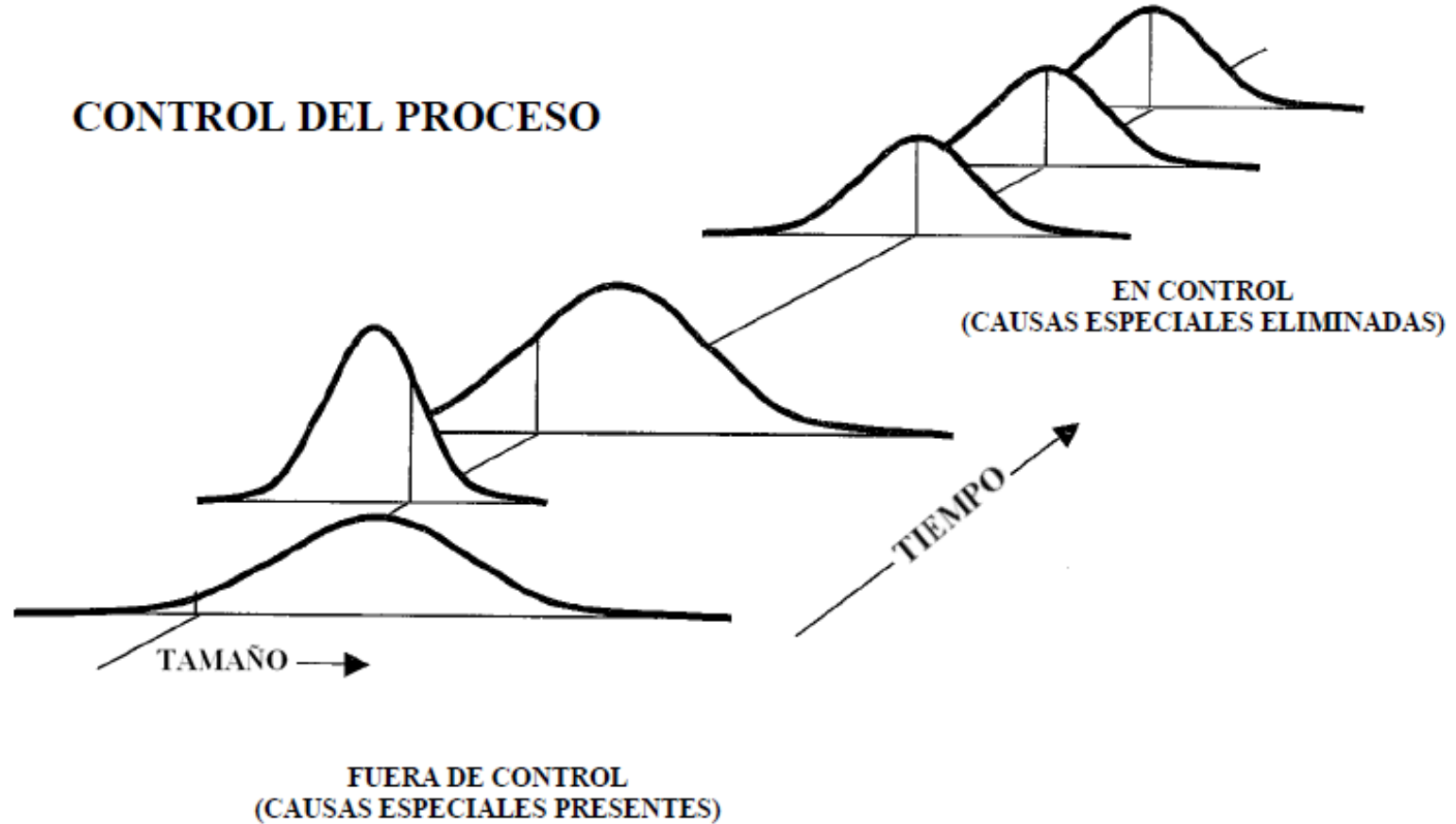
Son necesarias para corregir típicamente alrededor del 85% de los problemas del proceso

Control y Habilidad de los Procesos

El sistema de control de procesos puede ser usado a la vez como una herramienta de evaluación, aunque el beneficio real de un sistema de control de procesos es notado cuando se use como una herramienta de aprendizaje continuo en lugar de una herramienta de cumplimiento.



CONTROL DEL PROCESO



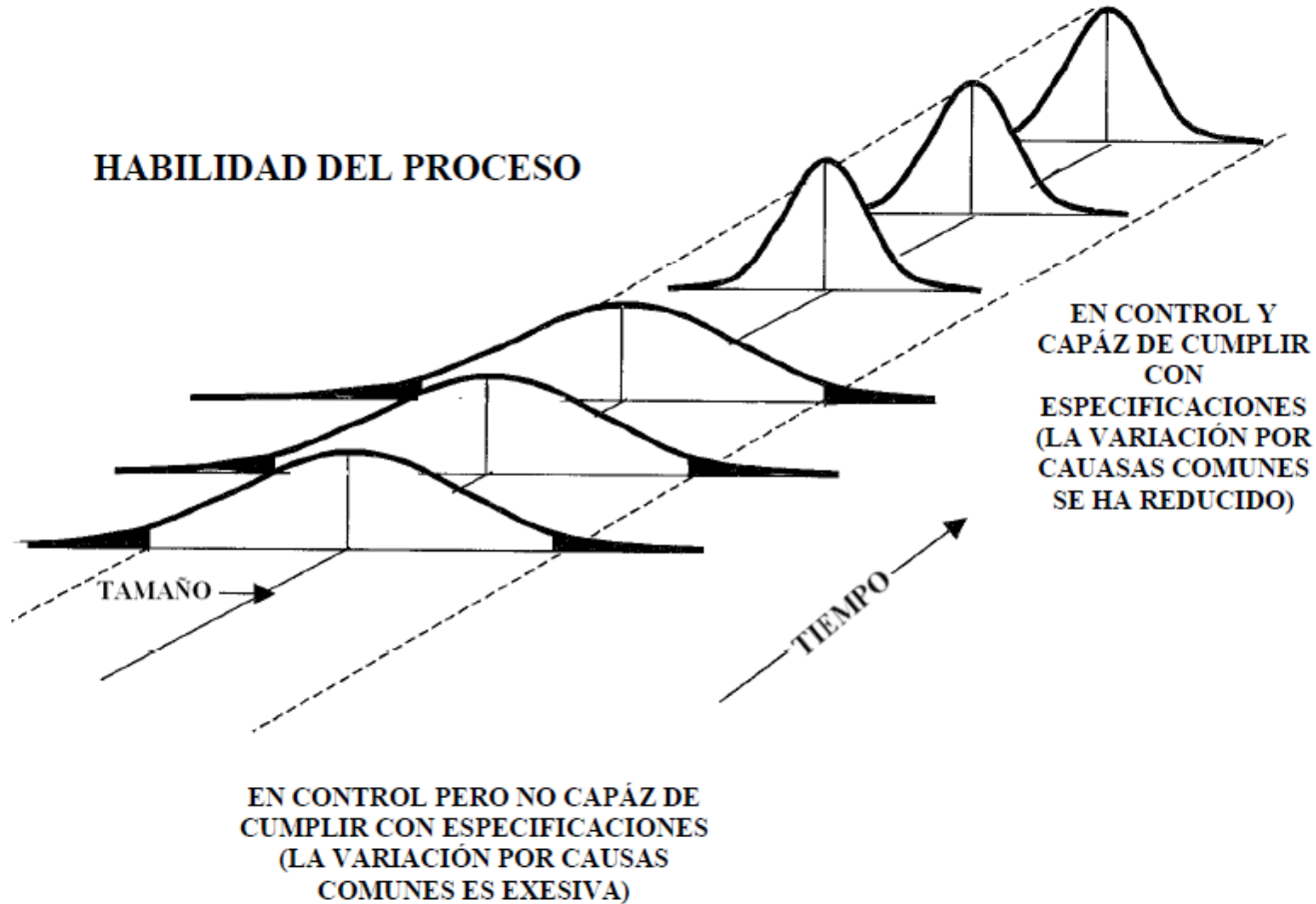
Control vs Habilidad

Habilidad del proceso

- Es determinada por la variación que proviene de causas comunes.
- Generalmente representa el mejor desempeño del proceso mismo.
- Esto se demuestra cuando el proceso ha sido operado en un estado de control estadístico independientemente de las especificaciones.

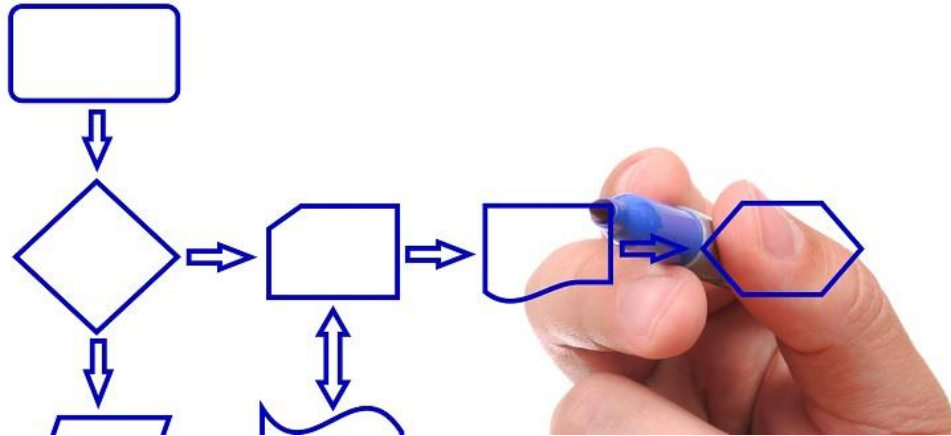
Desempeño / Capacidad del proceso

- Esto es, el resultado global del proceso y como se relaciona con sus requerimientos (definidos por especificaciones), independientemente de la variación del proceso mismo.



Índices de los Procesos

A fin de que los diferentes índices y razones de los procesos sean usados como herramientas de predicción, el requerimiento es que los datos usados para calcularlos son recolectados de procesos que están en un estado de control estadístico.



Los índices de procesos pueden dividirse en dos categorías:

- a) Aquellos que son calculados usando estimativos de variación dentro de subgrupos o muestras (P_p/P_{pk}).
- b) Los que usan la variación total cuando se estime un índice dado (C_p/C_{pk}).

Varios índices diferentes han sido desarrollados debido a que:

- 1) Un sólo índice no puede ser aplicado universalmente a todos los procesos.
- 2) Ningún proceso dado puede ser completamente descrito por un sólo índice.

En la aplicación del concepto de mejoramiento continuo de los procesos, existe un ciclo en tres etapas que puede ser útil.

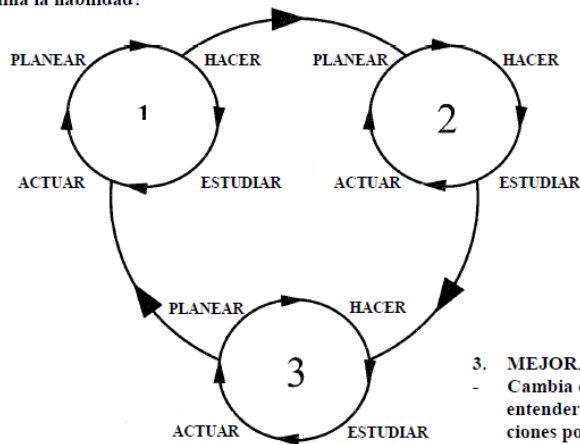
Cada proceso es una de las tres etapas del Ciclo de Mejoramiento.

2. ANALIZE EL PROCESO

- ¿Qué debiera estar haciendo el proceso?
- ¿Qué puede estar mal?
- ¿Qué está haciendo el proceso?
- ¿Logra un estado de control estadístico?
- ¿Determina la habilidad?

1. MANTEN EL PROCESO

- Monitorea el desempeño del proceso
- Detecta variaciones por causas específicas y actúa sobre estas.



3. MEJORA EL PROCESO

- Cambia el proceso para entender mejor las variaciones por causas comunes
- Reduce la variación por causas

1. Análisis de los Procesos

Entre las preguntas a ser contestadas a fin de lograr un mejor entendimiento del proceso en cuestión están:

¿Qué debiera estar haciendo el proceso?	¿Qué está mal?	¿Qué está haciendo el proceso?
• ¿Qué se espera en cada paso del proceso? • ¿Cuáles son las definiciones operacionales de los liberables?	• ¿Qué puede variar en éste proceso? • ¿Qué se sabe ya acerca de la variabilidad del proceso? • ¿Qué parámetros son los más sensibles a la variación?	• ¿El proceso está produciendo scrap/ desperdicio o resultados que requieren retrabajo? • ¿El proceso fabrica resultados que están en control estadístico? • ¿El proceso es capaz? • ¿El proceso es confiable?

2. Mantenimiento (Control) de los Procesos

Una vez que se ha logrado un mejor entendimiento del proceso, el proceso mismo debe mantenerse en un nivel apropiado de habilidad.

El desempeño de un proceso debiera ser monitoreado de manera que puedan tomarse medidas efectivas para prevenir cambios no deseados.

Los cambios deseados debieran también ser entendidos e institucionalizados.

3. Mejoramiento de los Procesos

El mejoramiento de un proceso a través de la reducción de su variación típicamente involucra introducir cambios con algún propósito dentro del proceso mismo y medir los efectos.

La meta es un mejor entendimiento del proceso, de manera que las variaciones por causas comunes puedan ser reducidas mas adelante.



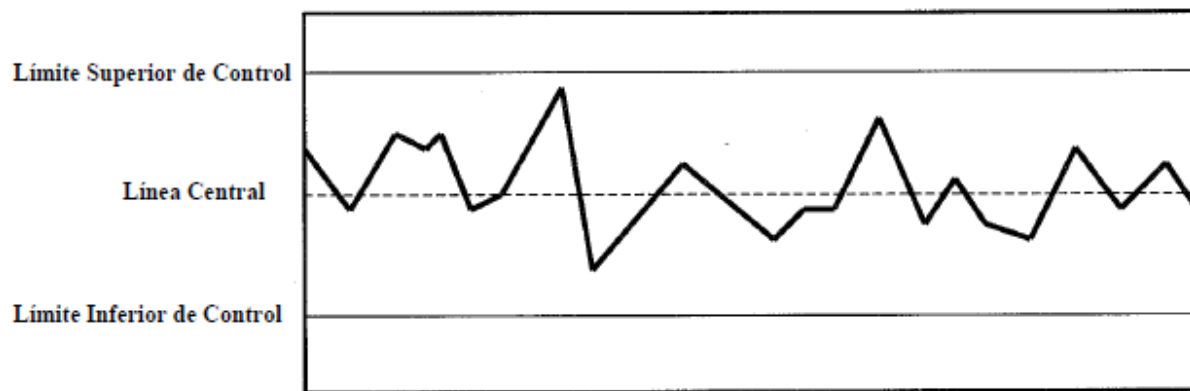
Gráficas de Control:

Herramientas para Control y Mejoramiento de los Procesos

Para una efectiva administración de las variaciones durante la producción, debe haber medios efectivos para detectar causas especiales.

Existe comúnmente un concepto equivocado de que los histogramas pueden usarse para éste propósito.





1. Recolección

- Recolecta Datos y graficalos en una gráfica.

2. Control

- Calcula los Límites de control de prueba de los datos del proceso.
- Identifica las causas especiales de variación y actúa sobre éstas.

3. Análisis y Mejoramiento

- Califica la variación por causas comunes; toma acciones para reducirla

Uso Efectivo y Beneficios de las Gráficas de Control

Beneficios importantes pueden obtenerse del uso efectivo de gráficas de control. Las ganancias y beneficios de las gráficas de control están directamente relacionadas a las siguientes partes interesadas:

- **Alta Dirección:**

Cómo la Alta Dirección de la compañía puede directamente impactar en la efectividad del SPC.



Se necesita tener presente:

Enfoque de la organización sobre reducción de la variación.

Establecimiento de un ambiente abierto que minimice la competencia interna y apoye equipos de trabajo multifuncionales.

Soporte, administración de fondos y entrenamiento de empleados en el uso y aplicación apropiados del SPC.

Muestra de soporte e interés en la aplicación y beneficios resultantes del SPC aplicado apropiadamente.

Aplicación del SPC para promover el entendimiento de la variación en los procesos de ingeniería.

Aplicación del SPC a datos de administración y usar la información en la toma de decisiones día-a-día.

- **Ingeniería:**

Cómo Ingeniería usa datos para desarrollar diseños y pueden y tienen alguna influencia en el nivel y tipo de variaciones en el producto terminado.



Formas en que ingeniería puede mostrar un uso efectivo del SPC:

Enfoque de la organización de ingeniería en la reducción de la variación a través del proceso de diseño.

Establecimiento de un ambiente de ingeniería abierto que minimice la competencia interna y apoye equipos de trabajo multifuncionales.

Soporte, administración de fondos en ingeniería y entrenamiento de empleados en el uso y aplicación apropiados del SPC.

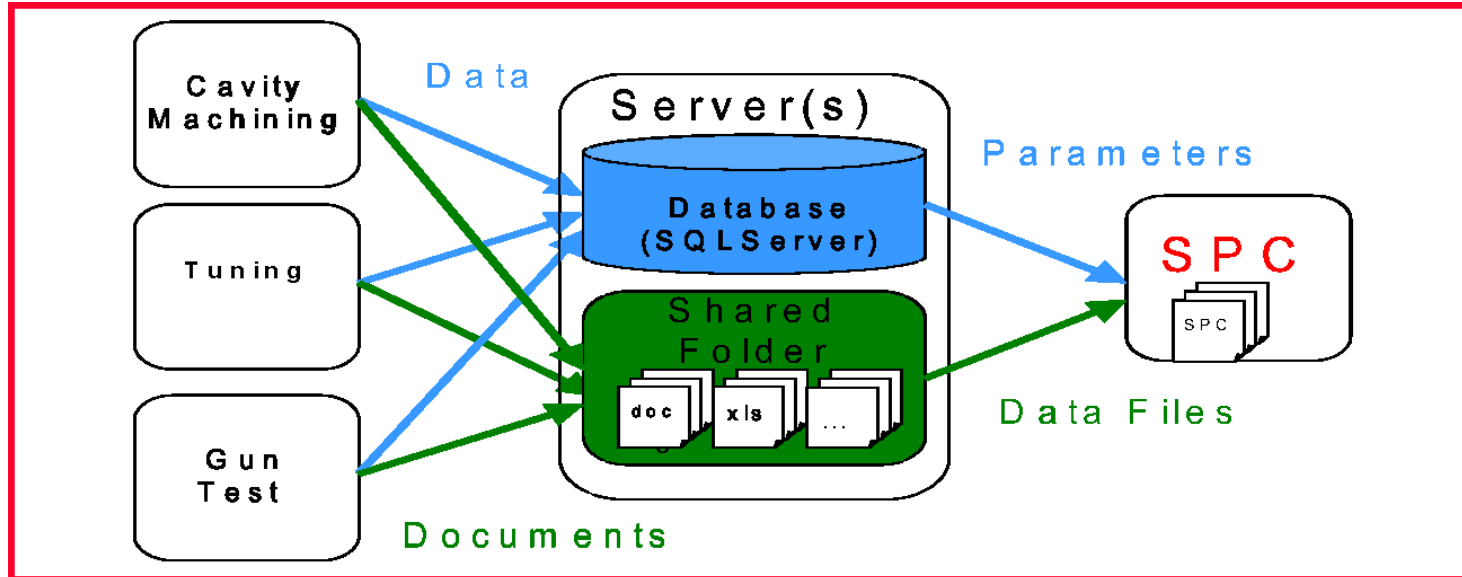
Aplicación del SPC para promover el entendimiento de la variación en los procesos de ingeniería.

Requerir el entendimiento de la variación y estabilidad, en relación a las mediciones y los datos que son usados para el desarrollo de diseños.

Soporte en los cambios de ingeniería propuestos, debido a análisis de información de SPC en apoyo a la reducción de la variación.

- Manufactura:**

Cómo Manufactura desarrolla y opera máquinas y sistemas de transferencia y pueden impactar en el nivel y tipo de variaciones en el producto terminado.



Formas en que
manufactura
puede mostrar
un uso efectivo
del SPC:

Enfoque en la organización de manufactura en la reducción de la variación.

Establecimiento de un ambiente de ingeniería abierto que minimice la competencia interna y apoye equipos de trabajo multifuncionales.

Aplicación del SPC en el entendimiento de la variación en los procesos de manufactura.

Requerir el entendimiento de la variación y estabilidad, en relación a las mediciones y los datos que son usados para el desarrollo del diseño de los procesos.

Uso de análisis de información de SPC para soportar cambios en los procesos para reducir la variabilidad.

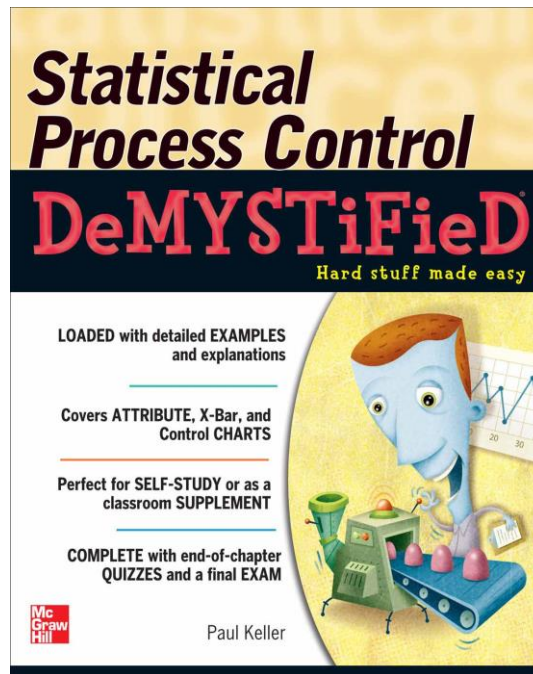
No liberación de gráficas de control a los operadores hasta que el proceso es estable.

Aseguramiento de una apropiada localización de datos de SPC para un uso óptimo por los empleados.

- **Control de Calidad:**

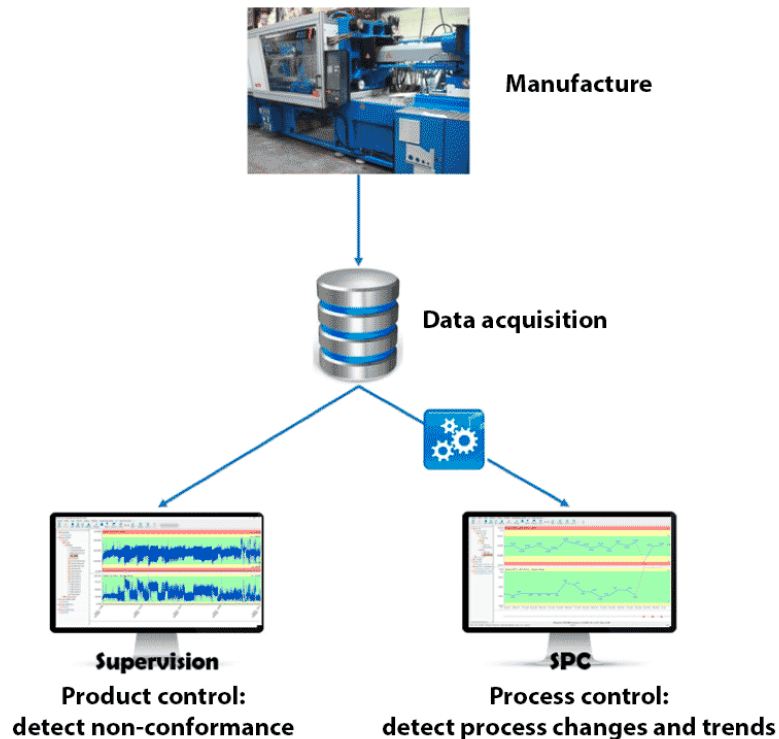
La función de calidad es un componente crítico en la implementación, dando soporte al proceso para la aplicación efectiva del SPC:

- Soporte a la Alta Dirección, Ingeniería y personal involucrado en la implementación del SPC.
- Guiar al personal clave en la apropiada aplicación del SPC.
- Apoyo en la identificación y reducción de fuentes de variación.
- Asegurar el uso óptimo de datos e información del SPC.



- **Producción**

Personal de producción está directamente relacionado con el proceso y puede afectar la variación del proceso mismo.



Producción
debiera de:

Ser entrenados apropiadamente en la aplicación del SPC y en la solución de problemas.

Tener un entendimiento de la variación y estabilidad en relación a las mediciones y los datos que son usados para control y mejoramiento de los procesos.

Estar alertas y comunicar cuando cambien condiciones.

Actualizar, mantener y desplegar gráficas de control dentro de sus áreas de responsabilidad.

Interactuar y aprender acerca del proceso a partir de la información recolectada.

Usar la información del SPC en tiempo real para correr el proceso.

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

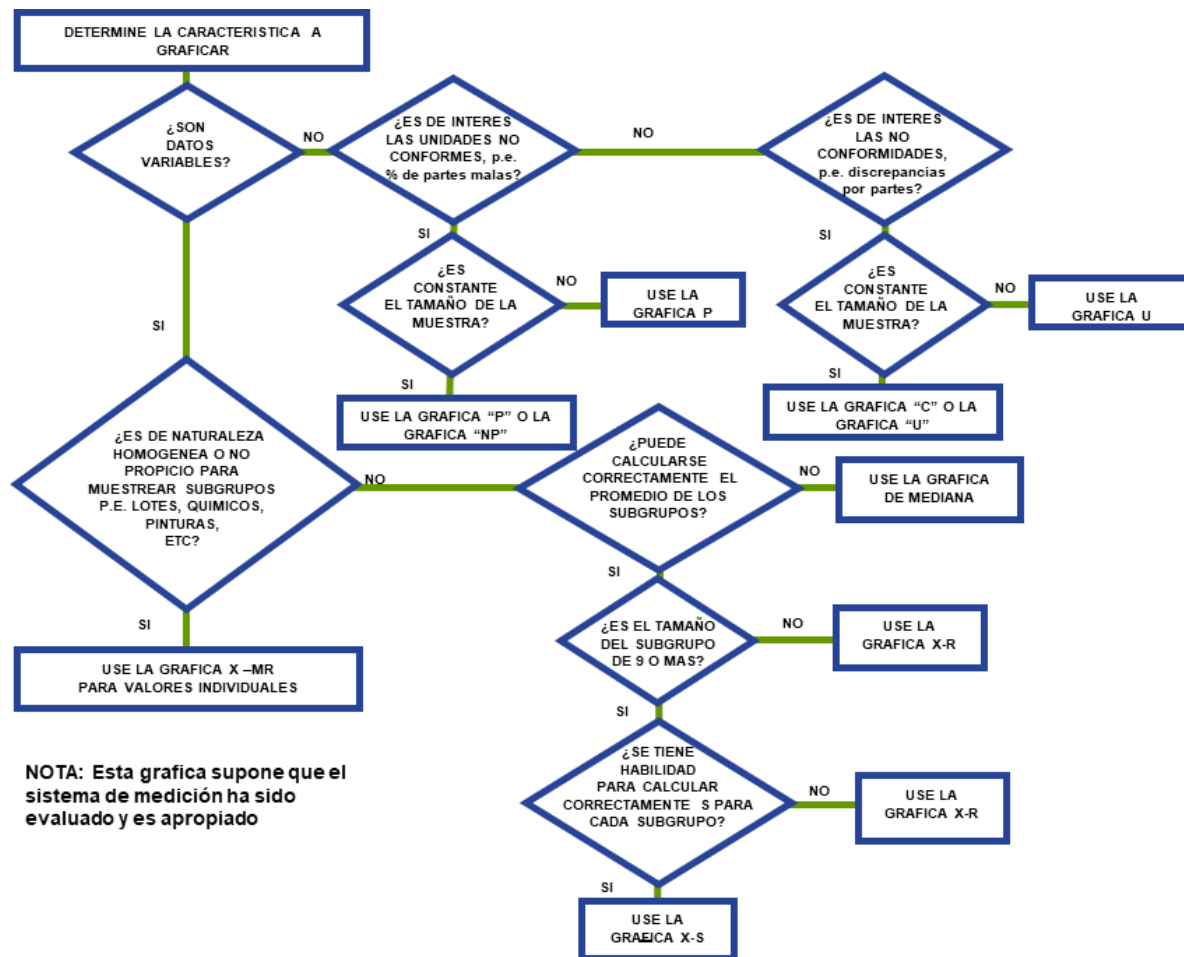
Gráficas de Control



Introducción

- Las gráficas de control pueden ser usadas para monitorear o evaluar un proceso.
- Existen básicamente dos tipos de gráficas de control, aquellas para datos de variables y para datos de atributos.
- El proceso mismo dicta qué tipo de gráfica de control usar.
- Cuando se introducen gráficas de control en una organización, es importante priorizar las áreas con problemas y usar gráficas donde más se necesiten.



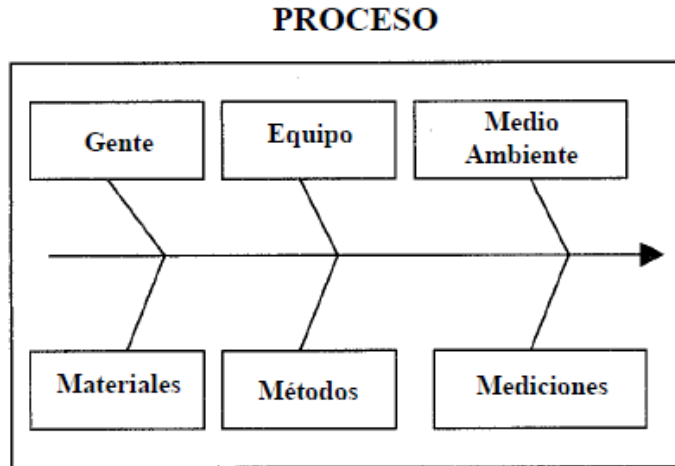


NOTA: Esta grafica supone que el sistema de medición ha sido evaluado y es apropiado

Gráficas de Control por Variables

Las gráficas de control por variables representan la aplicación típica del control estadístico de los procesos, donde los procesos y sus resultados pueden caracterizarse por mediciones de variables

GRÁFICAS DE CONTROL PARA ANÁLISIS DEL PROCESO



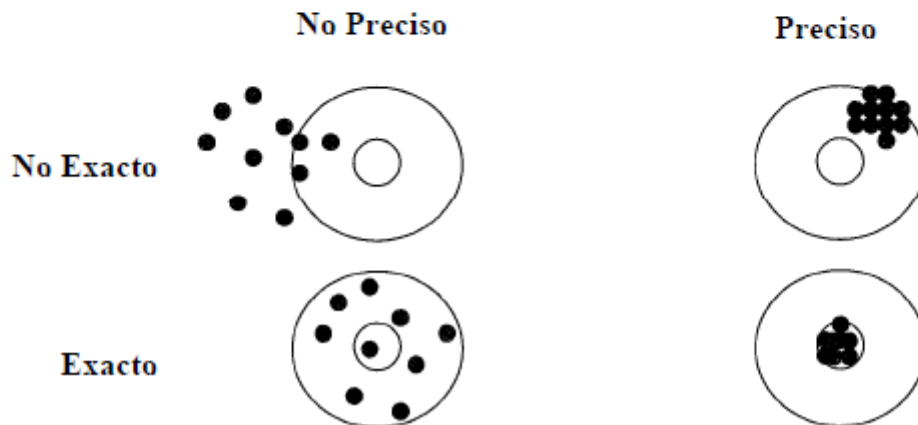
**LA EVALUACIÓN DEL PROCESO
REQUIERE MEDICIONES**



**EL RESULTADO DE UNA DECISIÓN
EN BASE A MEDICIONES**

Ejemplo de Resultados	Ejemplos de Gráficas de Control
• Diámetro externo de una flecha (Pulgadas) • Distancia de un agujero desde una superficie de referencia (mm) • Resistencia de un Circuito (ohms) • Tiempo de Tránsito de un carro tren (horas) • Tiempo de procesamiento de un cambio de urgencia (horas)	$\bar{X}$ Para el promedio de las mediciones R Gráfica para los Rangos de las Mediciones

Los métodos de medición deben producir resultados exactos y precisos en el tiempo



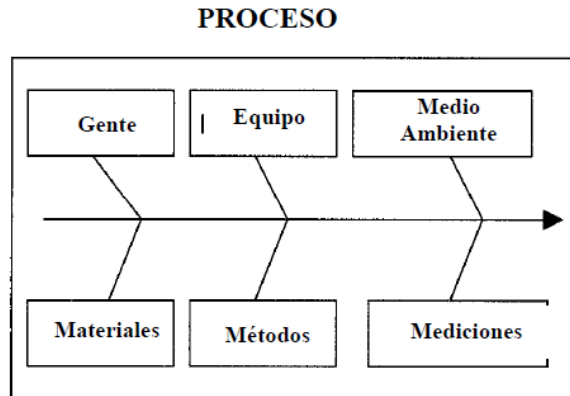
Tipo de Gráfica	X-barra & r	X-barra & s	Mediana & r	Individual & MR
Uso Principal	Seguimiento rutinario de los Procesos de manufactura.	Usado cuando se necesita mayor precisión en los estudios de variación.	Usualmente se usa como una herramienta de seguimiento para productos o procesos.	Usada cuando solamente una muestra es posible.
Gráficas	Ilustran el tamaño promedio de las partes y el rango del tamaño de las partes	Ilustran el tamaño promedio de las partes y la desviación estándar de las partes	Ilustran los valores individuales del subgrupo y la mediana del subgrupo	Ilustran los valores individuales y el rango móvil de la muestra.
Tamaño del Subgrupo muestra	4 o 5	9 o más	Deben ser números nones; 3, 5, 7, etc.	Uno
Variación ilustrada	Usa el Rango	Usa la Desviación Estándar	Usa el Rango.	Usa el Rango Móvil

Gráficas de Control por Atributos

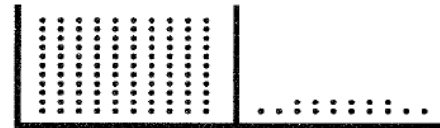
Los datos de atributos son valores discretos y pueden ser contados para registro y análisis.

Con análisis de atributos los datos son separados en distintas categorías (conforme/no conforme, aprueba/falla, pasa/no pasa, presente/ausente, bajo/medio/alto).

GRÁFICAS DE CONTROL PARA CLASIFICAR EL PROCESO



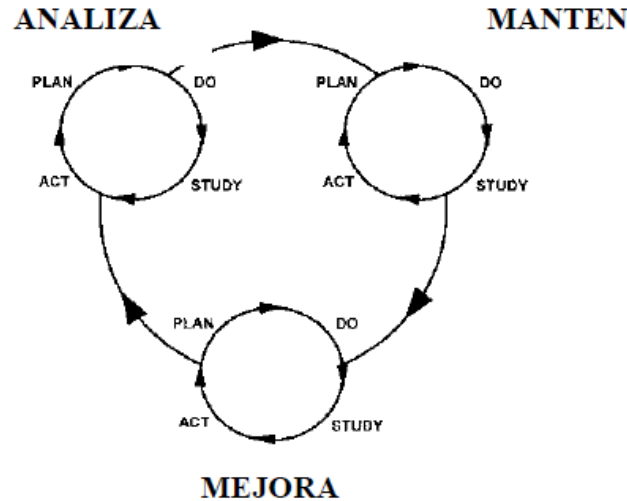
La Decisión se basa en la Clasificación de Resultados



Tipo de Gráfica	Gráfica p	Gráfica np	Gráfica c	Gráfica u
Uso principal	Usada para analizar proporciones o porcentajes de partes no conformes o defectuosas.	Usada para analizar el número de partes no conformes o defectuosas.	Usada para analizar las no conformidades o defectos.	Usada para analizar las no conformidades por unidad.
Gráficas	Ilustra la proporción o el porcentaje de los artículos no conformes.	Ilustra el número de artículos no conformes	Ilustra la cantidad de todas las no conformidades encontradas en la muestra.	Ilustra el número promedio de no conformidades por unidad de muestra.
Tamaño del Subgrupo Muestra	Varia.	Constante.	Constante.	Varia

Elementos de las Gráficas de Control

No existe una manera única “aprobada” de desplegar gráficas de control. Sin embargo, las razones para el uso de gráficas de control deben mantenerse en mente

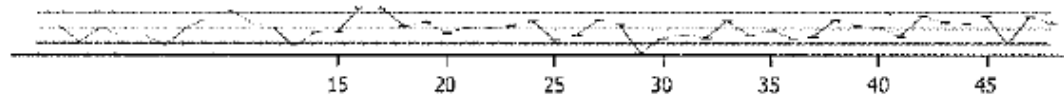


Cualquier formato es aceptable siempre y cuando contenga lo siguiente:

A) Escala apropiada

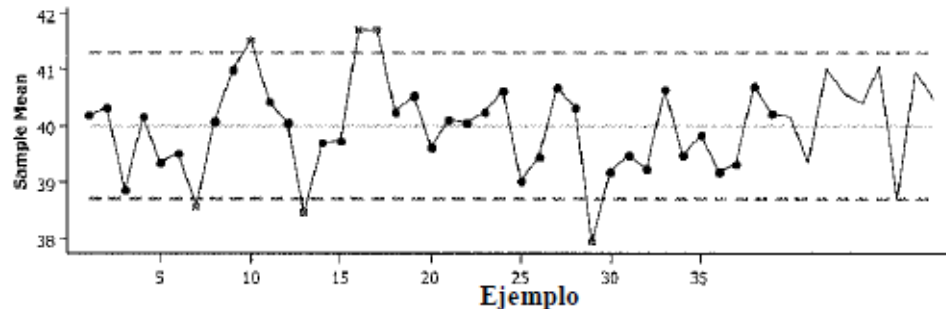
La escala debiera ser tal que la variación natural del proceso pueda ser fácilmente vista. Una escala que produzca una gráfica de control “estrecha” no permite análisis ni control del proceso mismo.

NO



Ejemplo

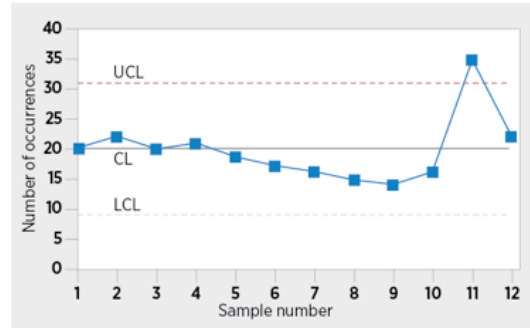
SÍ



B) Límites de Control Superior e Inferior (UCL/LCL)

En las gráficas de control requiere que los límites de control se basen en una distribución muestral.

Los límites de especificación no debieran usarse en lugar de límites de control válidos para análisis y control del proceso.

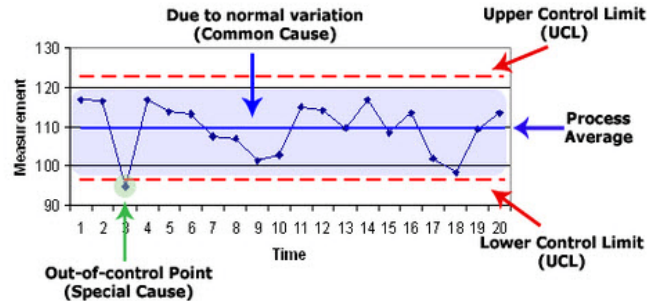


B) Línea central / Promedio (CL)

La gráfica de control requiere de una línea central basada en la distribución muestral, a fin de permitir la determinación de patrones no aleatorios que den señales de causas especiales.

C) Secuencia/esquema de tiempo de los subgrupos

Mantener la secuencia en la cual los datos son recolectados ofrece un indicador de “cuándo” ocurre una causa especial y si dicha causa está orientada en el tiempo.



D) Identificación de valores fuera-de-control graficados

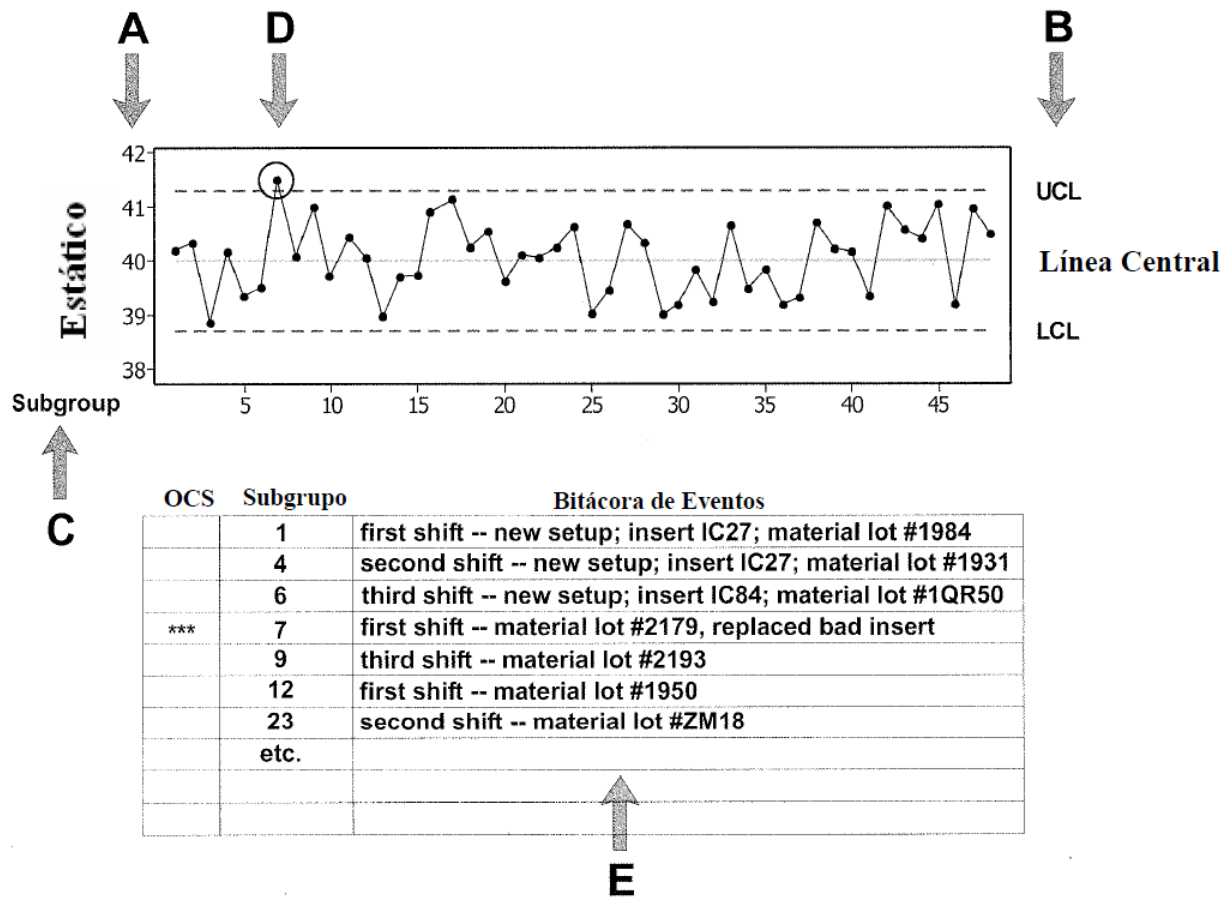
Puntos graficados que estén fuera de control estadístico debieran estar identificados en la gráfica de control. Para control del proceso, el análisis de causas especiales y su identificación debiera ocurrir conforme cada muestra es graficada así como revisiones periódicas de la gráfica de control como un todo para patrones no aleatorios.

E) Bitácora de eventos

Además de la recolección, graficado y análisis de datos, información de soporte adicional debiera ser recolectada. Esta información debiera incluir fuentes potenciales de variación, así como acciones tomadas para resolver señales fuera-de-control (OCS).

Esta información puede registrarse en la gráfica de control o en una Bitácora de Eventos por separado.

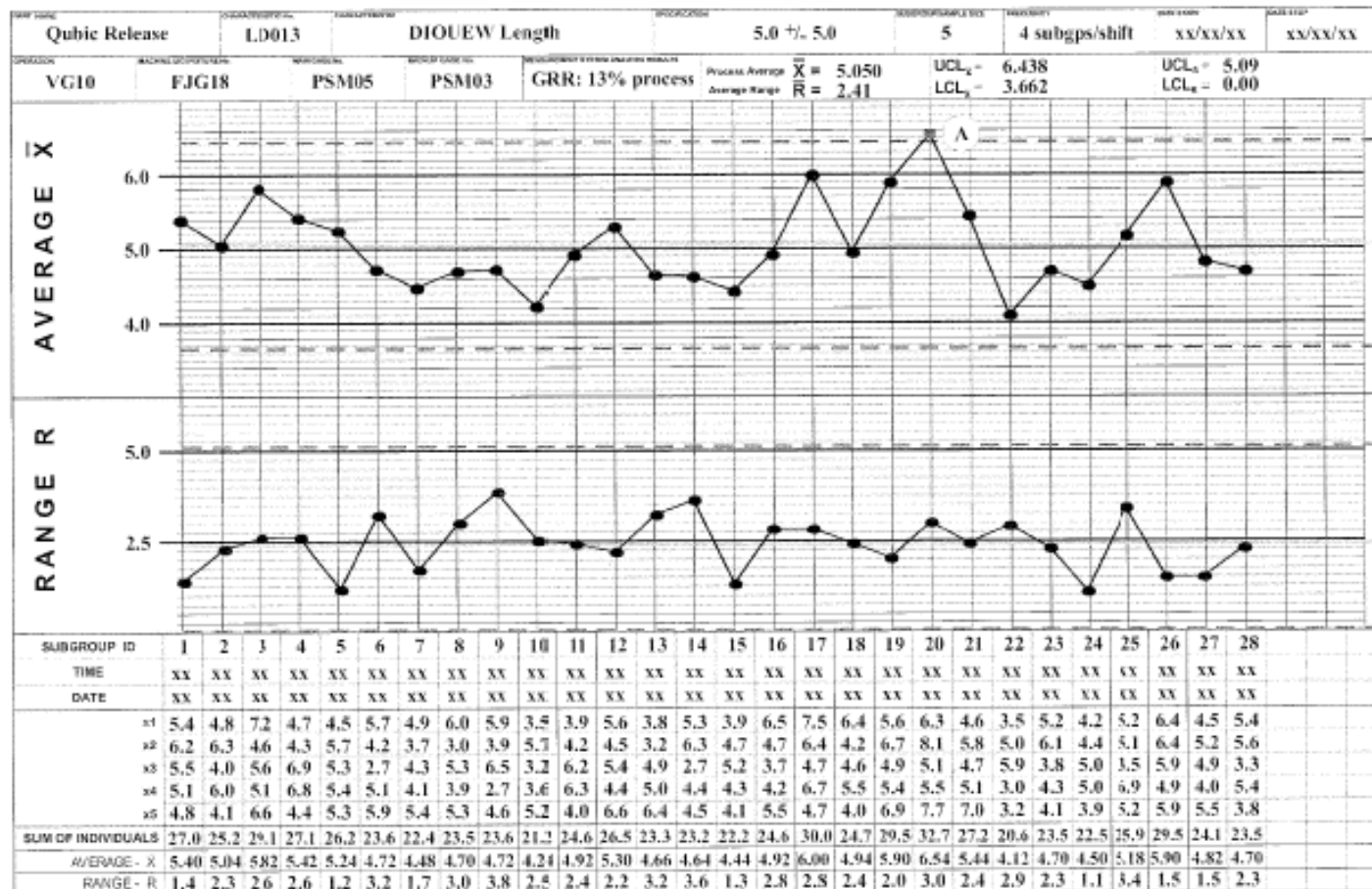




Para gráficas de control que son incluidas como parte de un reporte y para aquellas que se mantienen manualmente, la siguiente información “de encabezado” debiera ser incluida:

Qué	• Nombre de la parte/producto/servicio y número/identificación
Dónde	• Información del paso del proceso/operación, nombre/identificación
Quién	• Operador y evaluador
Cómo	• Sistema de medición usado, nombre/número, unidades (escala)
Cuántos	• Tamaño de subgrupos, uniforme o por muestra
Cuándo	• Esquema de muestreo (frecuencia y tiempo)

Gráfica de Promedios y Rangos



Bitácora de Eventos

OCS	Subgroup	Event Log
	1	S1 -- new setup; insert MH18; material lot #121950
	2	S1 -- n/c
	3	S1 -- material lot #081984
	4	S1 -- n/c
	5	S2 -- material lot #081950
	6	S2 -- new setup; insert DA14; continue material lot #081950
	7	S2 -- material lot #111951
	8	S2 -- n/c
	9	S3 -- new setup; insert DM19; material lot #111952
	10	S3 -- replaced broken insert with DM23; continue material lot
	11	S3 -- material lot #111953
	12	S3 -- n/c
	13	S1 -- new setup; insert JK10; material lot #111954
	14	S1 -- n/c
	15	S1 -- material lot #111955
	16	S1 -- n/c
	17	S2 -- material lot #111956
	18	S2 -- backup operator -- D.A.
	19	S2 -- material lot #111957
A	20	S2 -- bad material -- stopped production; red tagged material sequestered production from lot change. sorted production -- found 21 O/S parts
	21	S3 -- new setup; insert JK28; material lot #111958
	22	S3 -- n/c
	23	S3 -- material lot #081943
	24	S3 -- n/c
	25	S1 -- new setup; insert GG16; material lot #031942
	26	S1 -- n/c
	27	S1 -- material lot #111940
	28	S1 -- n/c

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Proceso para las Gráficas de Control



Pasos Preparatorios

- 1) Establecer un medio ambiente adecuado para acciones.
 - a) Definir el proceso.
 - b) Determinar las propiedades o características a ser graficadas y en base a:
 - c) Las necesidades de los clientes.
- 2) Áreas de problemas actuales y potenciales.
- 3) Correlación entre características.
- 4) Define la característica.
- 5) Define el sistema de medición.
- 6) Minimiza variaciones innecesarias.
- 7) Asegura que el esquema de selección es apropiado para detectar causas especiales esperadas.

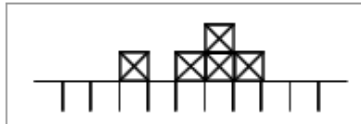
Los pasos para aplicar gráficas de control son:

- 1) Recolección de Datos
- 2) Establecimiento de Límites de Control
- 3) Interpretación para el Control Estadístico
- 4) Extensión de los Límites de Control para control continuo

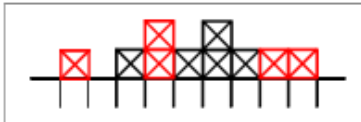


Ejemplo:
Espesor de
Espuma

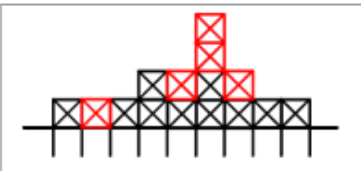
Se toman 5 muestras a las 8 am.



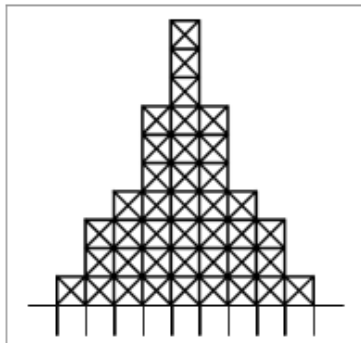
Otras 5 a las 9 am.

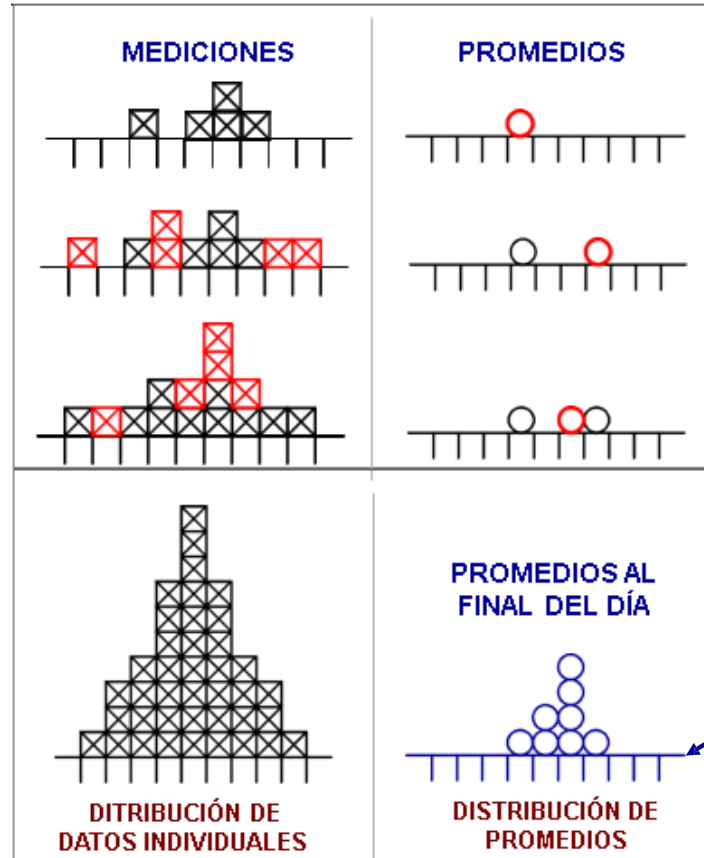


Otras 5 a las 10 am.



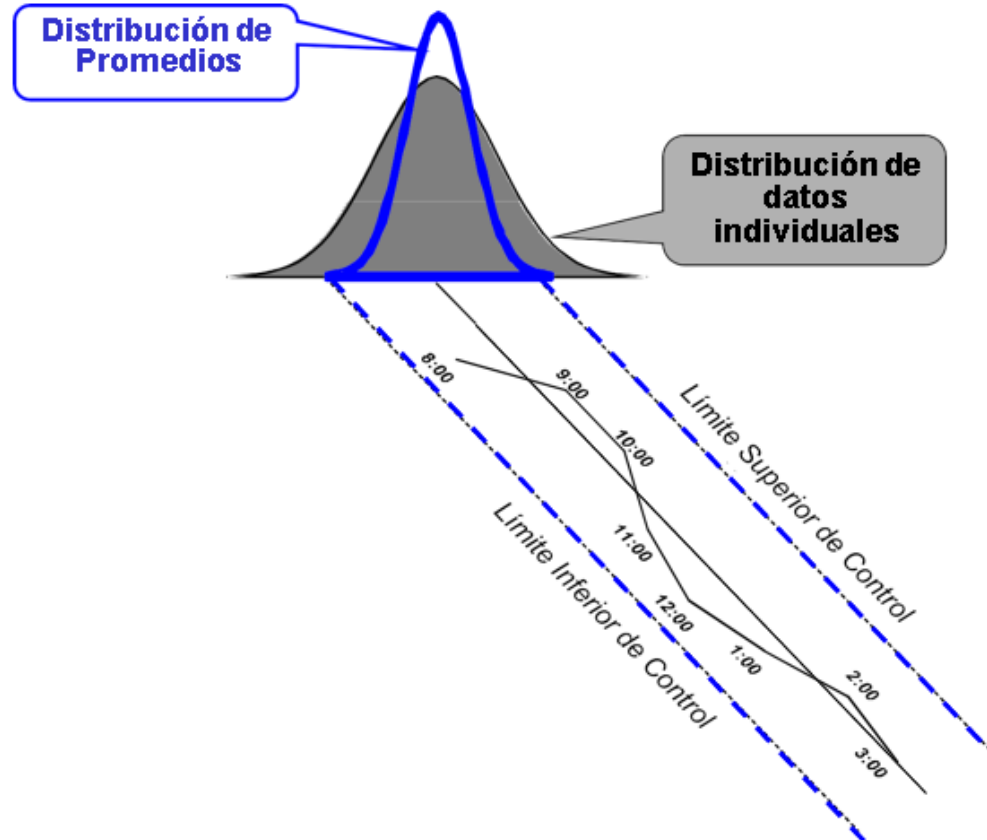
**Al final del día
tenemos 40
muestras**





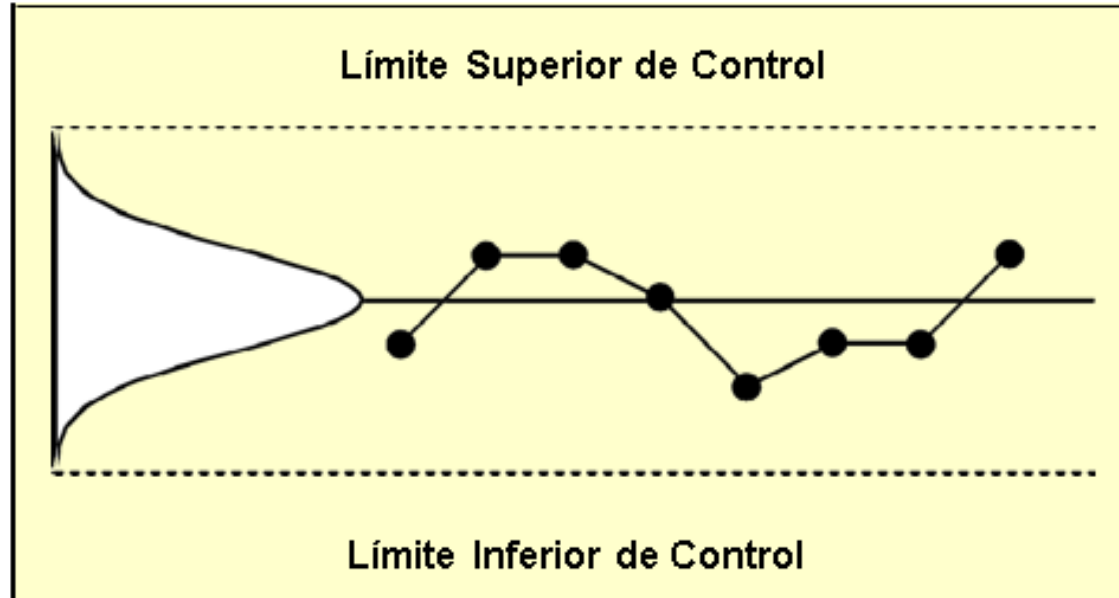
Para cada muestra de 5, el promedio es calculado

PROMEDIOS AL FINAL DEL DÍA

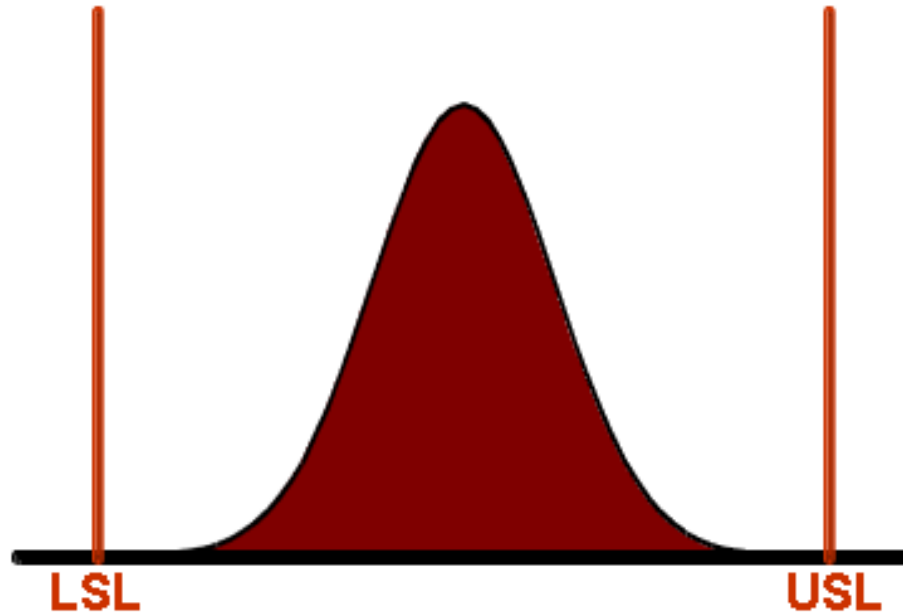


Los límites de control **son límites estadísticos** (límites naturales de datos) usados para determinar la estabilidad del proceso.

En la gráfica de medias, si todos los promedios se mantienen dentro de esos límites (y fluctúan de una forma aleatoria con 2/3 de los puntos cercanos a la línea central), el **proceso es estable**.



Los **límites de especificación** son determinados por el **producto**.
Los **límites de control** son determinados por los **datos del proceso**.
Los límites de especificación se aplican a datos individuales.

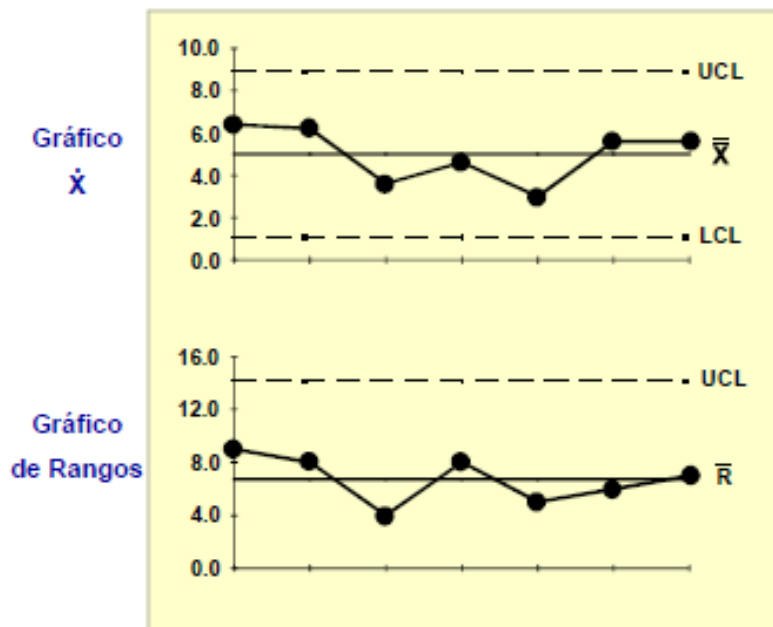


SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Desarrollo de las Gráficas de Control

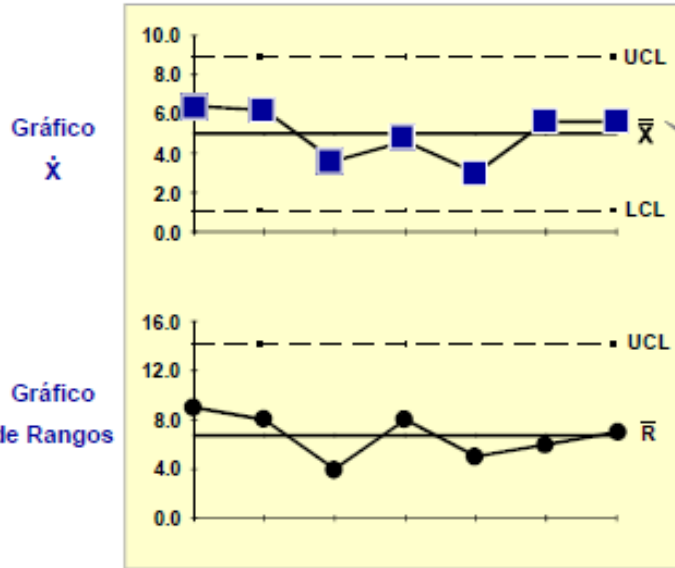




Muestra n°	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	2.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

PASO 1:
Calcular el promedio de cada subgrupo

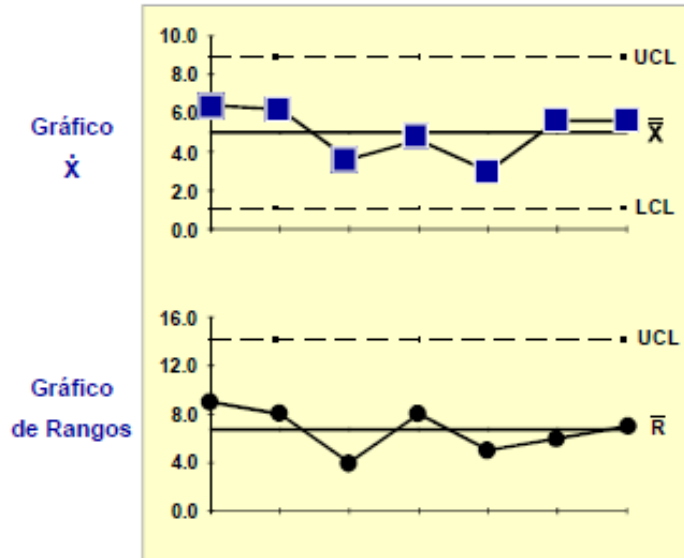
Por ejemplo, el promedio de las 5 mediciones tomadas a las 11 a.m. es = 5.6



El promedio de cada subgrupo es graficado en la parte superior.

Muestra nº	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

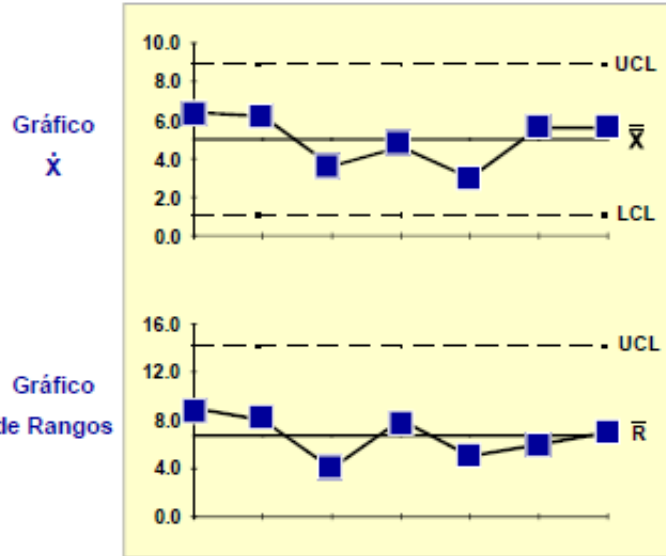
Promedio de subgrupos



PASO 2:
Calcular el rango para
cada subgrupo

Por ejemplo, el rango
(valor mayor menos
valor menor) de las 5
mediciones tomadas
a las 11 a.m. = **7.0**

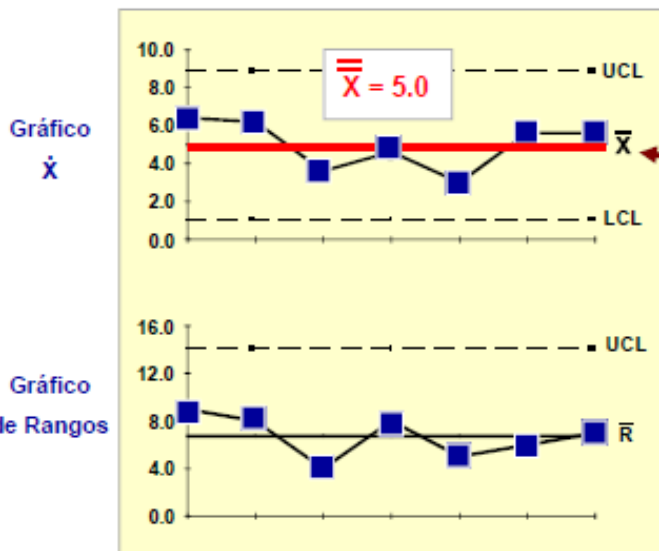
Muestra nº	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0



El rango de cada subgrupo se grafica en la parte inferior.

Muestra nº	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

Rango de subgrupos



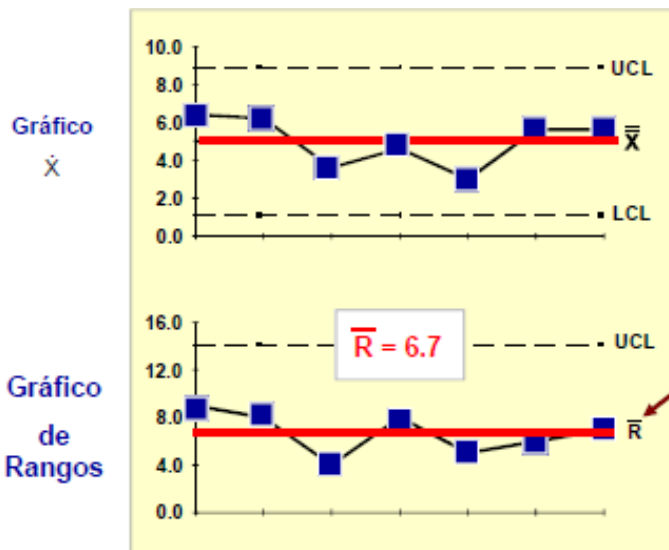
Muestra nº	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	4.0	4.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	6.0	5.0	6.0	7.0

PASO 3:
Calcular y graficar la **línea central** para el gráfico de los promedios.

La línea central del gráfico de los promedios es calculada promediando los promedios de cada subgrupo.

A esta se le llama “el promedio de los promedios” o “X – testada doble”

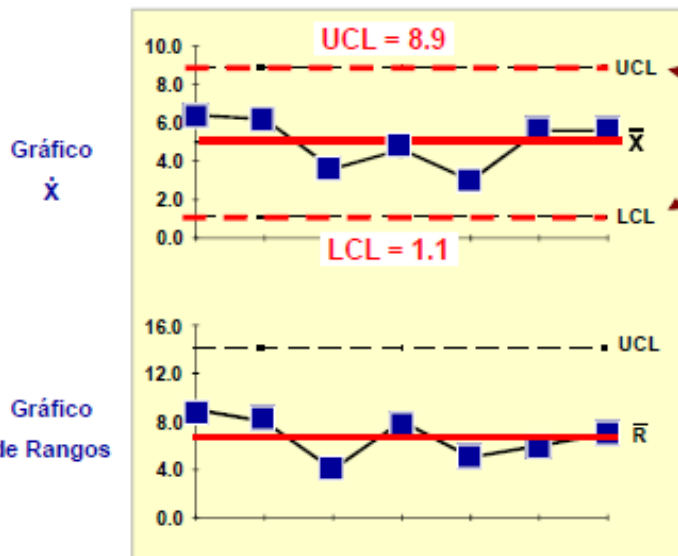
En este caso, $\bar{\bar{X}} = 5.0$



PASO 4:
Calcular y graficar la
línea central para la
gráfica de Rangos

La línea central para la
gráfica de Rangos se
calcula promediando los
rangos de los subgrupos.
Esta es llamada “el rango
promedio” o “R testada”,
en este caso,
 $\bar{R} = 6.7$

Muestra nº	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0



PASO 5:
Calcular y graficar los límites de control para la gráfica de "promedios".

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

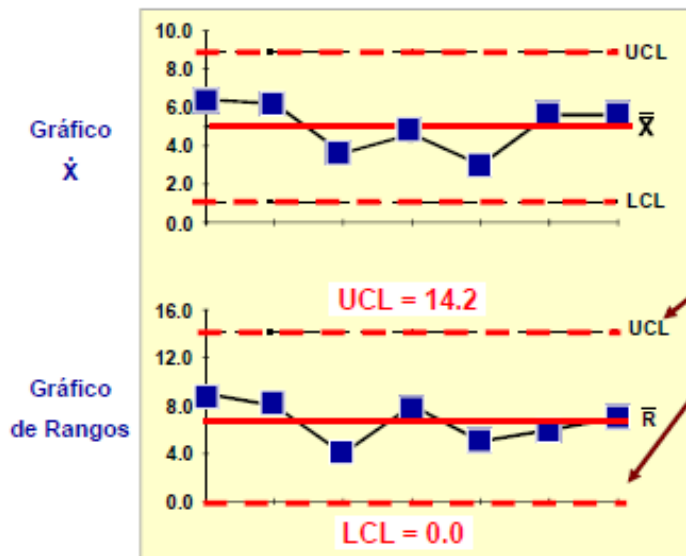
$$UCL_{\bar{X}} = 5.0 + (0.577 \times 6.7) = 8.9$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = 5.0 - (0.577 \times 6.7) = 1.1$$

Muestra n°	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

Tamaño Subgrupo (n)	A2	D3	D4
2	1.880	0.000	3.267
3	1.023	0.000	2.574
4	0.729	0.000	2.282
5	0.577	0.000	2.114



Muestra n°	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Promedio	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Rango	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

PASO 6:

Calcular y graficar los límites de control de la grafica de "Rangos".

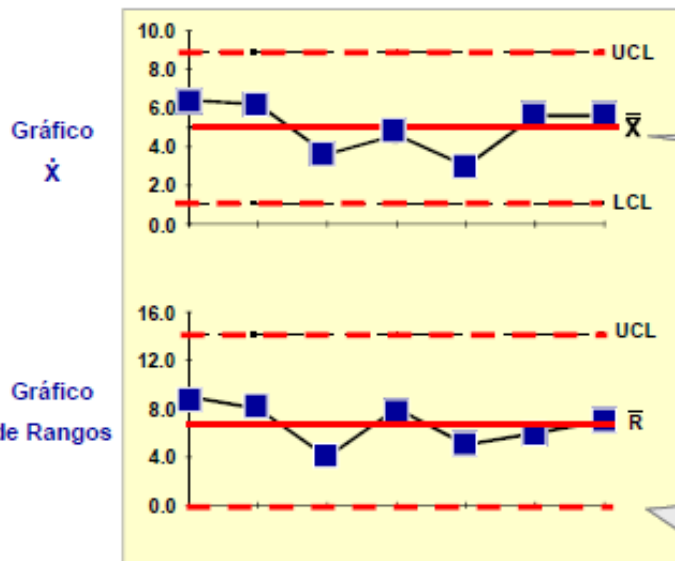
$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$UCL_R = 2.114 \times 6.7 = 14.2$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

$$LCL_R = 0.000 \times 6.7 = 0.0$$

Tamaño Subgrupo (n)	A2	D3	D4
2	1.880	0.000	3.267
3	1.023	0.000	2.574
4	0.729	0.000	2.282
5	0.577	0.000	2.114



La gráfica de promedios también se ve estable

Se interpreta primero el gráfico de Rangos.

Estos puntos están fluctuando de forma aleatoria dentro de los límites de control... no hay señales de causas especiales.

Sample #	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00
1	10.0	7.0	5.0	9.0	2.0	2.0	5.0
2	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0
3	4.0	10.0	6.0	7.0	2.0	8.0	4.0
4	9.0	2.0	2.0	3.0	6.0	8.0	10.0
5	8.0	8.0	3.0	1.0	1.0	6.0	3.0
Average	6.4	6.2	3.6	4.6	3.0	5.6	5.6
Range	9.0	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0	7.0

Nota: no podemos verificar si existen tendencias o corridas dado que solo son 7 subgrupos.

- Son requeridos por lo menos 20 subgrupos $n \geq 5$ datos.
- Los datos dentro de un subgrupo deben ser recabados tan cerca como sea posible en el tiempo (por ejemplo, 5 piezas producidas de forma consecutiva).
- Intervalos de tiempo mayores se utilizan entre los subgrupos. (Dependiendo del proceso y propósito del estudio, estos intervalos de tiempo pueden ser de 15 min., 30 min., 1 hr., 2 hr., o mayores).

Nota: Intervalos para Estudios Iniciales del Proceso deben ser acordados con el Cliente.

- Utilice una frecuencia de muestreo que capture los cambios normales del proceso (cambios en materiales, operadores, etc.).
- Haga una nota en el gráfico de control cuando ocurra un cambio en el proceso. Esto ayudara a identificar las causas de los patrones observados en la gráfica.

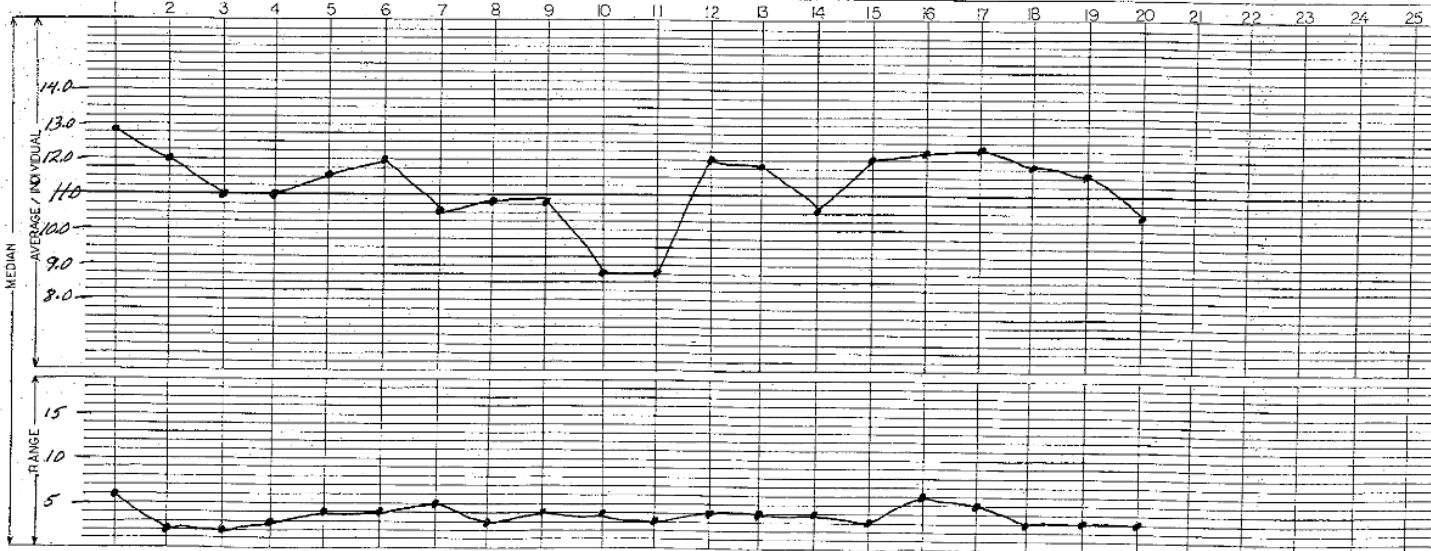
¡Seguir estos lineamientos para establecer la línea base del desempeño del proceso!

SPC - Ejercicio 1: Calcule los límites de control

VARIABLES CONTROL CHART

PRODUCT SHAFT		PART NO BU 215 A		PROCESS DIAMETER		MACHINE #19		DIMENSION LAYOUT		☒ AVERAGE ☐ MEDIAN ☐ INDIVIDUAL CHART NO. BU-215A-1	
GAUGE Dial Indicator		UNIT OF MEASURE 0.001		ZERO EQUALS 0.906		SIZE 5 PCS		SAMPLE Per BASKET		SPECIFICATION 0.906 RANGE +0.020 -0.020	
DATE 12/18		DATE 12/21		DATE 1/9		DATE 1/17		DATE 1/26			
TIME 7:00		TIME 8:30		TIME 10:00		TIME 12:00		TIME 1:30		TIME 3:00	
INITIALS JF		INITIALS TC		INITIALS JG		INITIALS TC		INITIALS JF			

		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
READINGS	1	10	11	10	13	12	14	12	10	8	8	8	10	12	12	10	14	13	14	11	11	7	10	9	10	10
	2	12	12	12	10	14	12	13	12	12	10	11	14	10	11	12	8	14	11	12	9	11	13	12	13	9
	3	13	13	12	10	10	13	9	11	12	11	8	13	10	10	13	13	10	12	13	12	6	11	10	10	8
	4	13	12	11	12	10	11	11	9	12	8	8	11	14	8	12	13	15	11	12	11	11	9	8	8	10
	5	16	12	10	10	12	10	8	12	10	7	9	12	13	12	13	13	10	11	10	9	9	12	11	12	11
TOTAL		64	60	55	55	58	60	53	54	54	44	44	60	59	53	60	61	62	59	58	52					
X		12.8	12.0	11.0	11.0	11.6	12.0	10.6	10.8	10.8	8.8	8.8	12.0	11.8	10.6	12.0	12.2	12.4	11.8	11.6	10.4					
R		6	2	2	3	4	4	5	3	4	4	3	4	4	4	3	6	5	3	3	3					



Pasos sugeridos:

1. Calcule el promedio de los subgrupos 21 al 25
2. Calcule el rango de los subgrupos 21 al 25
3. Calcule el Rango promedio ($\bar{R}$) = _____
4. Calcule el Promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$) = _____
5. Calcule los Límites de Control (siguiente hoja)

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} \quad LCL_R = D_3 \bar{R}$$

6. Dibuje las líneas de los promedios y los límites de control en la gráfica X-R

Hoja de Cálculo de los Límites de Control de Gráficas X-R

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + \left(\frac{\quad \times \quad \bar{R}}{\text{Factor } A_2 \text{ de la tabla}} \right)$$

$$= \quad + \quad = \quad$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - \left(\frac{\quad \times \quad \bar{R}}{\text{Factor } A_2 \text{ de la tabla}} \right)$$

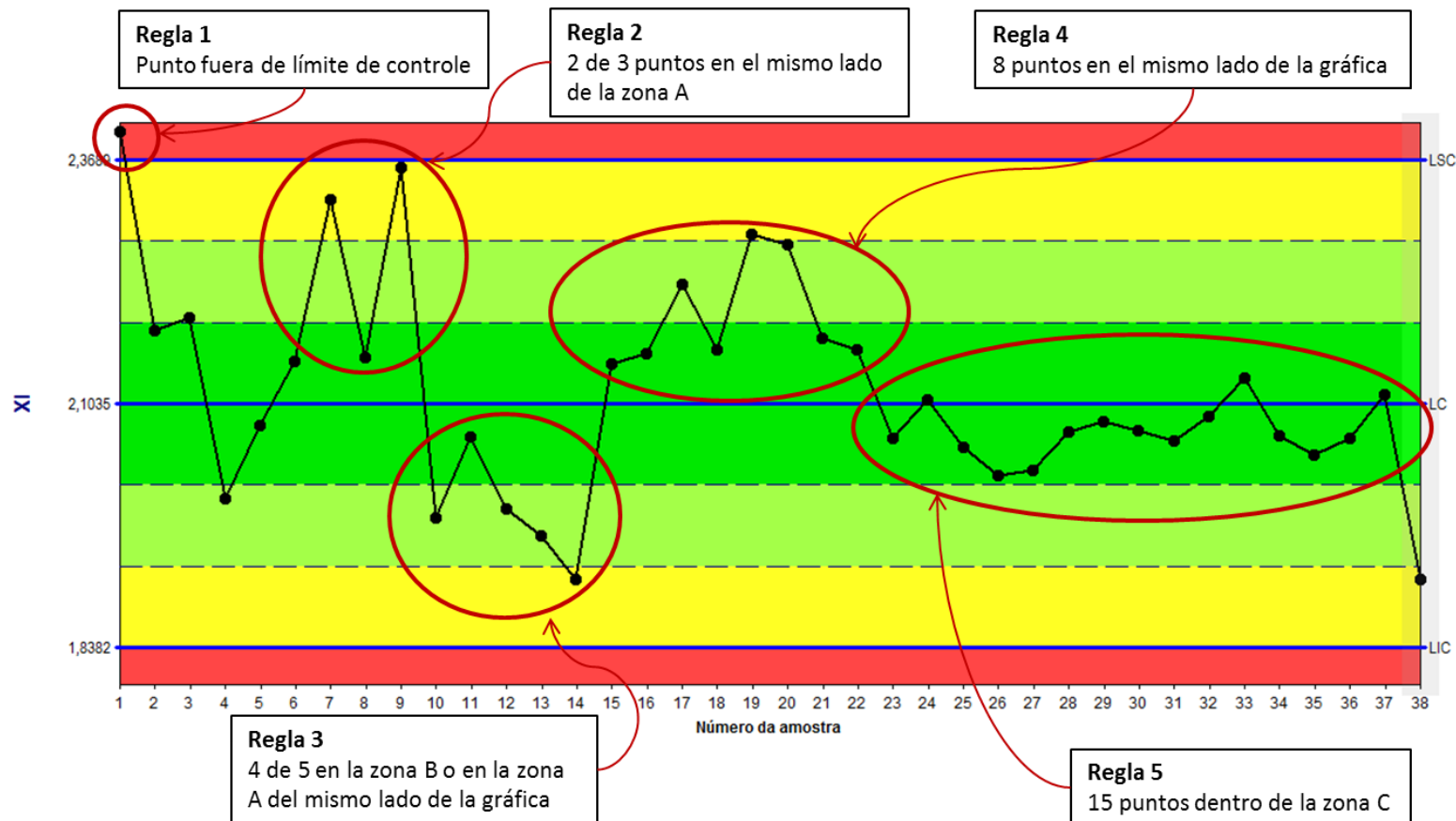
$$= \quad - \quad = \quad$$

$$LSC_R = \frac{\quad \times \quad \bar{R}}{\text{Factor } D_4 \text{ de la tabla}} = \quad$$

$$LIC_R = "0" \text{ (para tamaño de subgrupos menores de 7)}$$

Nota: Las constantes A_2 y D_4 se obtienen de la tabla del manual SPC página 181

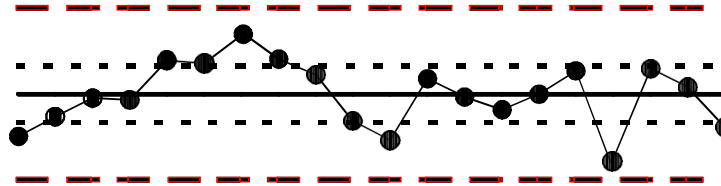
Subgroup Size	$\bar{X}$ and R Charts				$\bar{X}$ and s Charts			
	Chart for Averages	Chart for Ranges (R)			Chart for Averages	Chart for Ranges (R)		
	Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_X	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_X	Factors for Control Limits	
	A_2	d_2	D_3	D_4	A_3	c_4	B_3	B_4
2	1.880	1.128	—	3.267	2.659	0.7979	—	3.267
3	1.023	1.693	—	2.574	1.954	0.8862	—	2.568
4	0.729	2.059	—	2.282	1.628	0.9213	—	2.266
5	0.577	2.326	—	2.114	1.427	0.9400	—	2.089
6	0.483	2.534	—	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.927	0.9754	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.9776	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.850	0.9794	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.9810	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.9835	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.9845	0.466	1.534
18	0.194	3.640	0.391	1.608	0.718	0.9854	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.9862	0.497	1.503
20	0.180	3.735	0.415	1.585	0.680	0.9869	0.510	1.490
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.663	0.9876	0.523	1.477
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.647	0.9882	0.534	1.466
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.633	0.9887	0.545	1.455
24	0.157	3.895	0.451	1.548	0.619	0.9892	0.555	1.445
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435



- Los patrones formados por los puntos graficados en la carta de control **dibujan una fotografía** de lo que el proceso está haciendo
- La interpretación adecuada de estos patrones nos guiarán a tomar las acciones correctas.
- La Gráfica de Control es **una prueba estadística**.



PATRÓN NATURAL

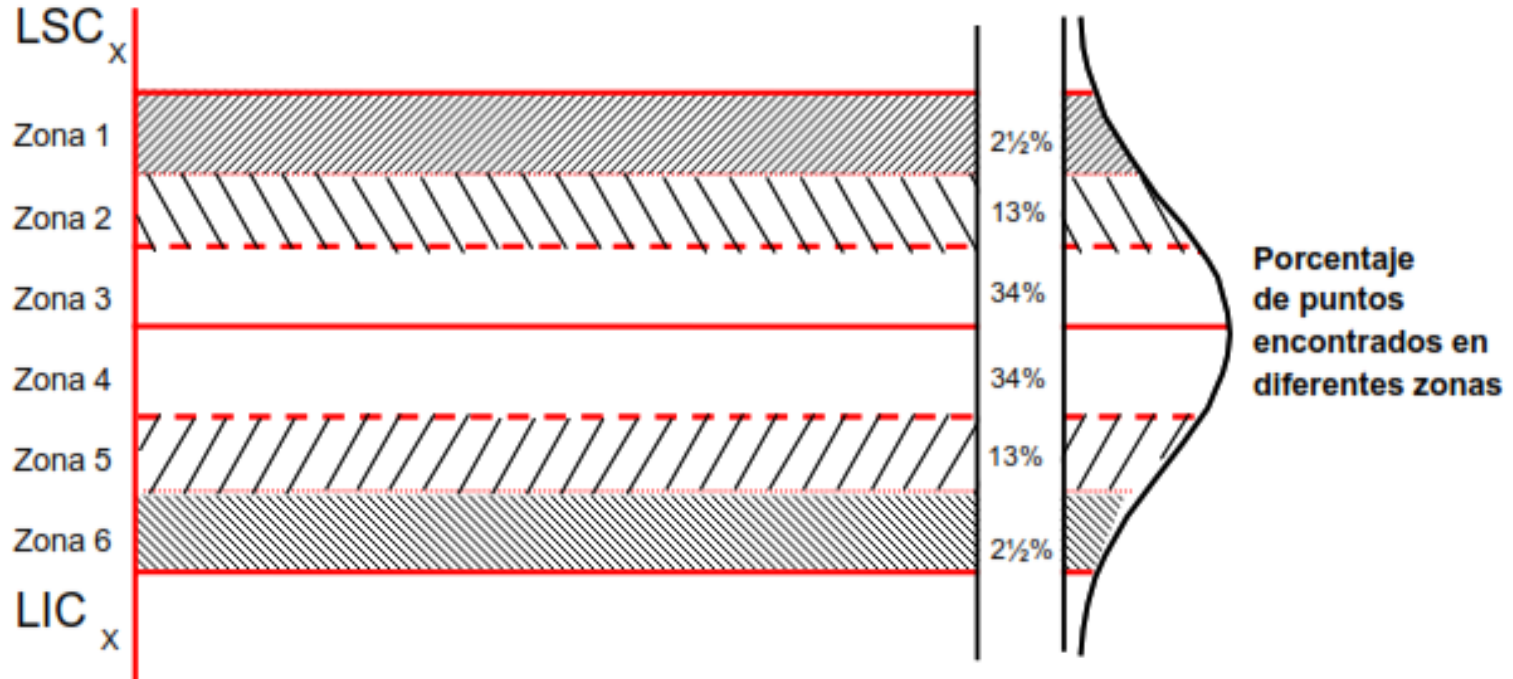


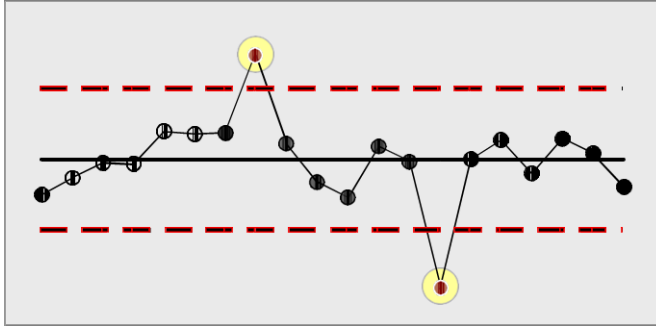
Alrededor de $\frac{2}{3}$
de los puntos
caen dentro de
 $\frac{1}{3}$ de la línea
central

CARACTERÍSTICAS DE UN PROCESO ESTABLE:

- El patrón es **aleatorio**, es decir, no repetitivo.
- No hay **tendencias** largas ni **ascensos o descensos** repentinos.
- Todos los puntos están **dentro de los límites de control**.
- Si dividimos en tercios el espacio entre el LSC y el LIC, cerca de **dos tercios** de los puntos caen dentro del **primer tercio** de la línea central.

Cada zona es una desviación estándar.



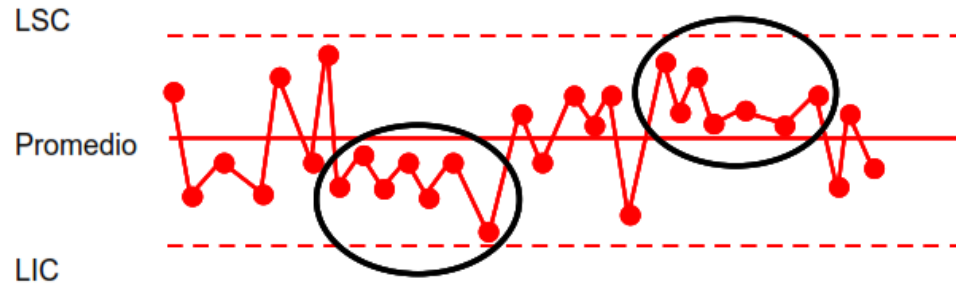


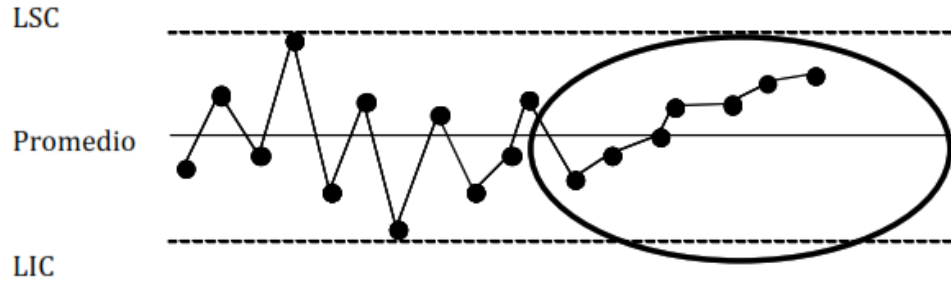
PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL:

Puntos fuera de los límites de control son puntos aislados altos o bajos.

SERIES:

Una serie de siete puntos arriba o abajo de la línea centra.



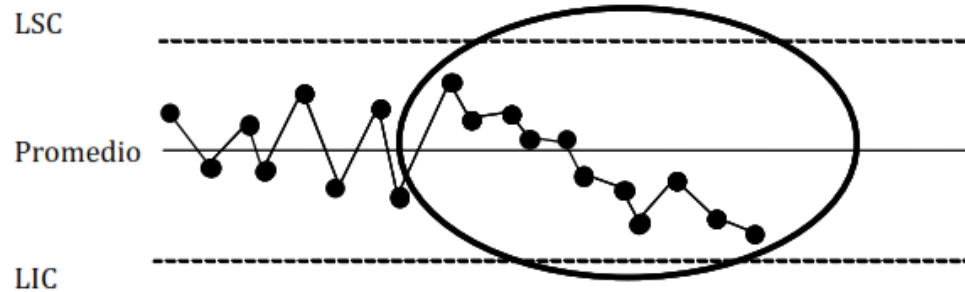


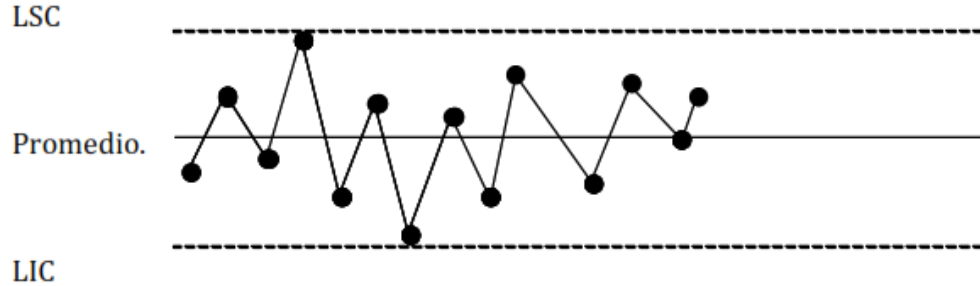
TENDENCIAS:

Siete puntos consecutivos
ascendiendo o
descendiendo.

TENDENCIAS:

Ocho de once puntos
con tendencia hacia
abajo.



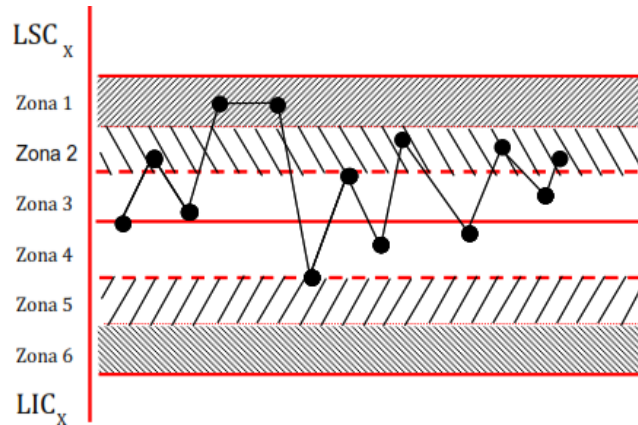


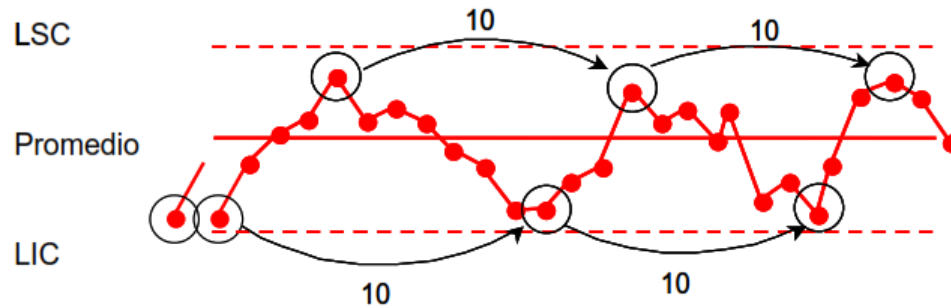
DIENTE DE SIERRA:

Catorce puntos en serie, alternando arriba y abajo.

2 DE 3 PUNTOS:

Dos de tres puntos a más de dos desviaciones estándar de la línea central. (del mismo lado).





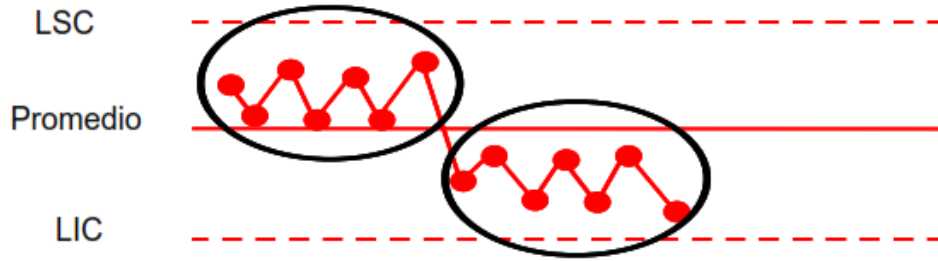
CICLOS:

- Puntos altos aproximadamente a la misma altura
- Puntos bajos al mismo nivel aproximadamente
- Espaciado relativamente equivalente

CAMBIO DE VARIABILIDAD:

Una amplia variación, repentinamente se vuelve menor y permanece en ese bajo nivel o viceversa.

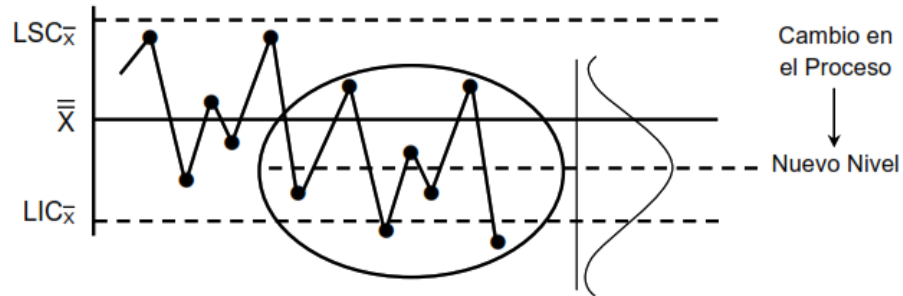




CAMBIO:

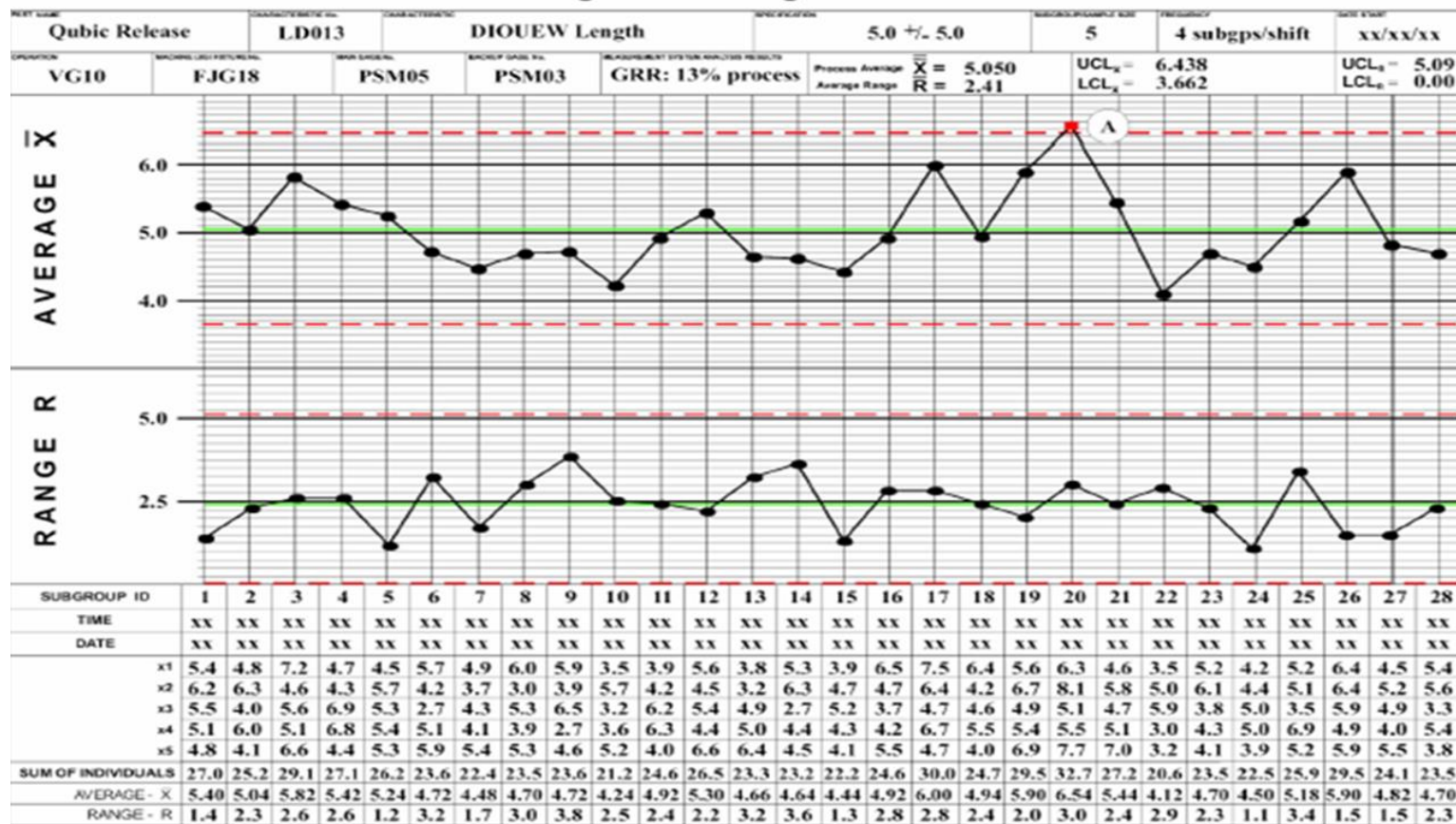
Un cambio repentino y dramático, que permanece en el nuevo nivel.

CAMBIO DE NIVEL:
El promedio del proceso cambia a un nuevo nivel.



1	1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea central.
2	De 6 a 8 puntos en serie del mismo lado de la línea central.
3	De 6 a 8 puntos en serie, ascendiendo o decreciendo.
4	14 puntos en serie, alternando arriba y abajo
5	2 de 3 puntos > 2 desviaciones estándar de la línea central (mismo lado)
6	4 de 5 puntos > 1 desviación estándar de la línea central (mismo lado)
7	15 puntos en serie dentro de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)
8	8 puntos en serie > 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)

Average and Range Chart

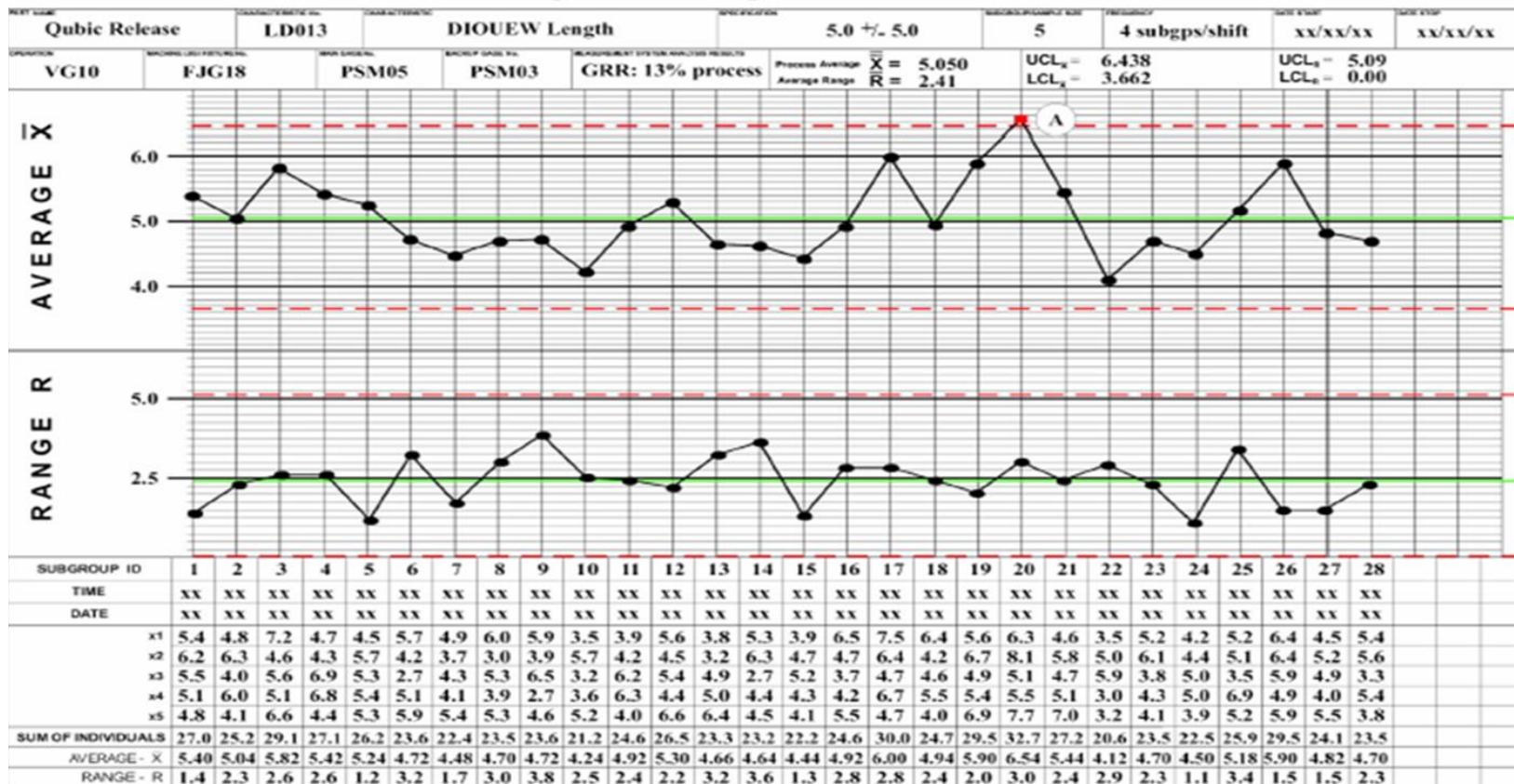


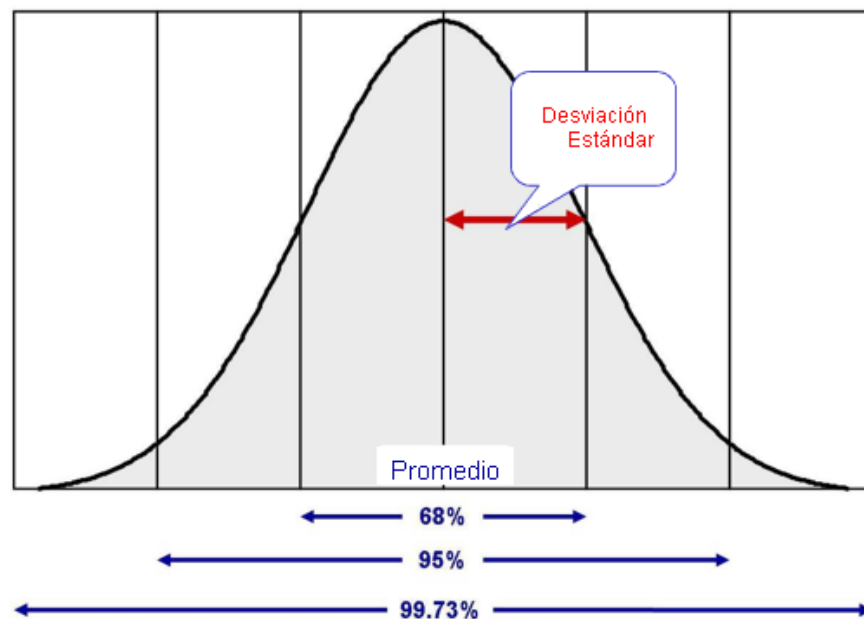
Con frecuencia surge la tentación de hacer una doble verificación de los valores obteniendo una nueva muestra, para asegurar la validez de una causa especial. Esto pueden llevarnos a serios errores. Las reglas acerca del análisis de las gráficas de control han sido cuidadosamente redactadas para proporcionar poca oportunidad a falsas alarmas. Si se presenta una condición, elimine la posibilidad de que ocurrió por error.

Pasos para evaluar el Control del Proceso:

1. Analice los datos en la gráfica de rangos
2. Encuentre y elimine las causas Especiales (en la gráfica de rangos)
3. Recalcule los Límites de Control (en la gráfica de rangos)
4. Analice los datos en la gráfica de promedios.
5. Encuentre y elimine las causas Especiales (en la gráfica de promedios)
6. Recalcule los Límites de Control (de la gráfica de promedios)
7. Extienda los Límites de Control para un control continuo.

Average and Range Chart





Fórmula:

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

**68% de las partes caerán entre
+/- 1 desviaciones
estándar de la media**

**95% de las partes caerán entre
+/- 2 desviaciones
estándar de la media**

**99.73% de las partes caerán entre
+/- 3 desviaciones estándar
de la media**

Habilidad/Capacidad del Proceso: El rango 6 sigma ($\bar{\sigma}$) de la variación inherente de un proceso, para procesos estadísticamente estables solamente, donde $\bar{\sigma}$ es generalmente estimada por $\bar{R}/d_2$.

Desempeño del Proceso: El rango 6 sigma ($\bar{\sigma}$) de la variación total del proceso, donde $\bar{\sigma}$ es generalmente estimado por la desviación estándar (s) total del proceso. Si el proceso está en control estadístico, la habilidad del proceso estará muy cerca del desempeño del proceso. Una diferencia grande entre el $\bar{\sigma}$ de la habilidad y el desempeño indica la presencia de causas especiales.

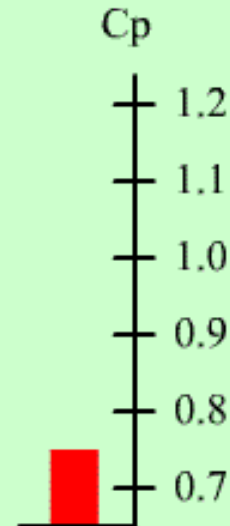
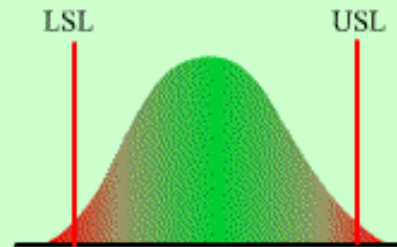
Cp: Es un índice de habilidad. Compara la habilidad del proceso con la variación máxima permitida por la tolerancia. Este índice ofrece una medida de que tan bien el proceso satisface los requisitos de variabilidad. El Cp se calcula de la siguiente forma:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \bar{\sigma}} = \frac{LSE - LIE}{6 (\bar{R}/d_2)}$$

- ▶ play
- stop
- » step
- ↶ rew

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \times \sigma}$$

Summarize process potential
to meet two-sided specification
limits.



Cpk: Es un índice de capacidad. Toma en cuenta la localización del proceso así como la habilidad. Para tolerancias bilaterales Cpk siempre será $\leq C_p$.

Cpk será igual a Cp sólo si el proceso está centrado.

Cpk se calcula como el valor mínimo del Cp Superior o Inferior donde:

$$C_p \text{ Superior} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3 \bar{\sigma}} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3 (\bar{R}/d_2)}$$

$$C_p \text{ Inferior} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3 \bar{\sigma}} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3 (\bar{R}/d_2)}$$

Cpk y Cp deben ser siempre evaluados y analizados en conjunto.

Un valor de Cp mayor al Cpk indica una oportunidad de mejora para el centrado del proceso.

- ▶ play
- stop
- ▶ step
- ◀ rew

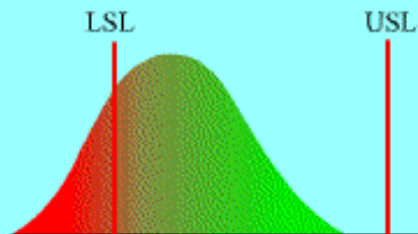
$$Cpk = \frac{|\bar{m} - \bar{\bar{x}}|}{3 \times \sigma}$$

1. Summarize process potential to meet two-sided specification limits.
2. Cpk is a penalty factor for the process's being off nominal.

$$Cpk_{\text{INFERIOR}} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3 \hat{\sigma}}$$

I Process out of control

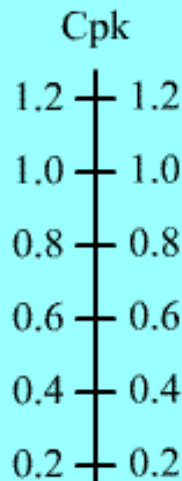
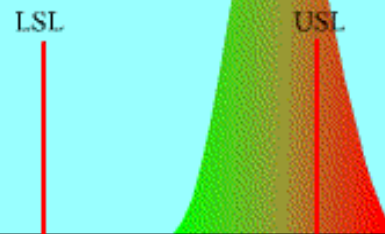
- deviation too high
- average off nominal



$$Cpk_{\text{SUPERIOR}} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3 \hat{\sigma}}$$

II Process out of control

- average off nominal



Pp: Es un índice de desempeño. Compara el desempeño del proceso con la máxima variación permitida como se indique por la tolerancia. Este índice ofrece una medida de que tan bien el proceso satisface los requisitos de variabilidad. El Pp se calcula por

$$Pp = \frac{LSE - LIE}{6\bar{\sigma}} = \frac{LSE - LIE}{6s}$$

El Pp no es impactado por la localización del proceso.

Ppk: Es un índice de desempeño. Toma en cuenta la localización del proceso, así como el desempeño. Para tolerancias bilaterales Ppk siempre será menor o igual que Pp ($Ppk \leq Pp$). Ppk será igual a Pp solo si el proceso está centrado.

Ppk es calculado como el valor mínimo del Pp Superior o Inferior donde:

$$Pp \text{ Superior} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3\bar{\sigma}} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3s}$$

$$Pp \text{ Inferior} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3\bar{\sigma}} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3s}$$

SPC - Ejercicio 2: Calcular el valor de los índices Cp y Cpk

ITEM	Rotating Disc										CHARACTERISTIC										Hole diameter										SPECIFICATION										80.00 - 82.00										ZERO EQUALS										N/A									
OPERATOR	And / Eddie										MACHINE										Drill Punch										MEASURING INSTRUMENT										micrometer										MEASUREMENT UNIT										mm									
DATE	10/3	10/3	10/3	11/1	11/1	11/1	11/2	11/2	11/2	11/3	11/3	11/3	11/4	11/4	11/4	11/5	11/5	11/5																																																				
SAMPLE MEASUREMENTS	X1	80.63	80.62	80.79	81.23	81.02	80.93	80.78	81.10	80.63	81.11	80.91	81.35	80.86	80.41	81.10	81.52	80.91	81.20																																																			
	X2	81.03	81.13	80.33	80.98	81.38	81.41	80.83	80.50	81.01	81.38	81.24	80.96	81.03	80.78	80.82	81.25	81.16	80.82																																																			
	X3	80.60	80.61	80.91	80.99	81.20	81.20	80.71	80.63	80.77	80.90	81.31	81.21	80.97	81.00	80.78	81.36	81.18	81.31																																																			
	X4	80.78	80.82	80.61	81.35	80.91	81.31	81.03	80.59	80.83	81.25	81.15	81.29	80.81	80.65	80.66	80.98	81.31	81.32																																																			
	X5	81.01	80.89	80.82	81.42	81.13	81.23	80.79	80.89	80.95	81.47	81.34	81.14	80.72	80.76	80.91	81.16	80.94	81.25																																																			
M																																																																						
X		80.82	80.81	80.79	81.18	81.13	81.22	80.83	80.74	80.84	81.12	81.19	81.19	80.88	80.72	80.85	81.23	81.10	81.16																																																			
R		.43	.52	.30	.53	.47	.48	.32	.60	.38	.57	.43	.39	.31	.59	.44	.44	.40	.50																																																			
X																																																																						
31.30																																																																						
31.20																																																																						
31.10																																																																						
31.00																																																																						
30.90																																																																						
30.80																																																																						
30.70																																																																						
1.0																																																																						
.5																																																																						

- 1) Grafique los promedios y los rangos en las gráficas de control.
- 2) Calcule el rango promedio ($\bar{R}$) y el promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$)
- 3) Calcule los límites de control

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} \quad LCL_R = D_3 \bar{R}$$
- 4) Dibuje en la gráfica las líneas de los promedios y los límites de control
- 5) Calcule la desviación estándar $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2 = \frac{\quad}{\quad} \div \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$
- 6) Calcule el índice **Cp**

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 \times \hat{\sigma}} = \frac{\quad - \quad}{6 \times \frac{\quad}{\quad}} = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$$
- 7) Calcule el Cp superior

$$Cp_{SUPERIOR} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3 \hat{\sigma}} = \frac{\quad - \quad}{3 \times \frac{\quad}{\quad}} = \frac{\quad}{\quad}$$
- 8) Calcule el Cp inferior

$$Cp_{INFERIOR} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3 \hat{\sigma}} = \frac{\quad - \quad}{3 \times \frac{\quad}{\quad}} = \frac{\quad}{\quad}$$
- 9) Anote el índice **Cpk**, es el resultado del menor valor entre el Cp superior y el Cp inferior

Cpk = 1.0 = 2700 PPM

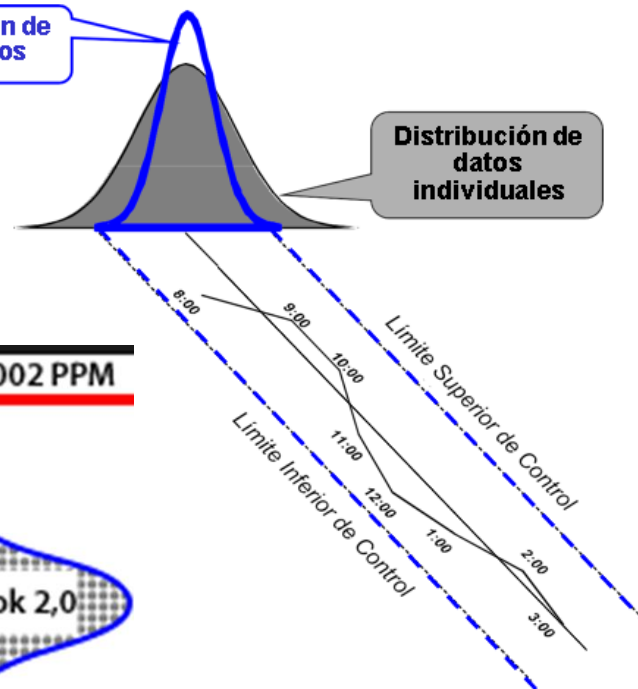
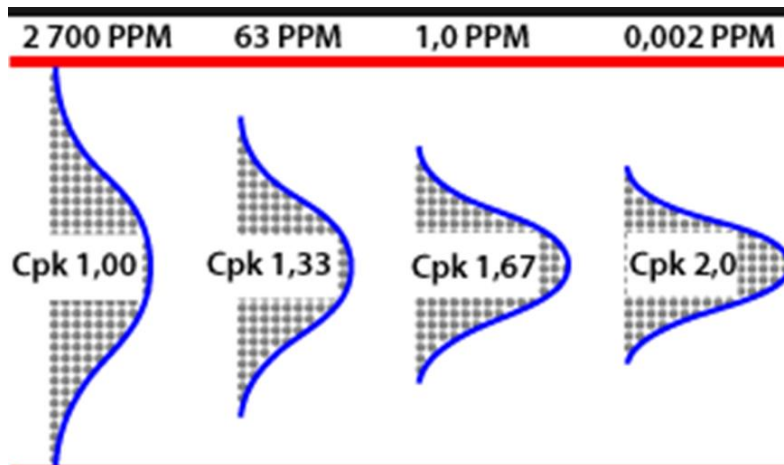
Cpk = 1.33 = 64 PPM

Cpk = 1.67 = 1 PPM

Cpk = 2.0 = 0.002 PPM

Distribución de Promedios

Distribución de datos individuales



SIGMA LIMITS (long-term)	% POPULATION WITHIN LIMITS	PPM DEFECTIVE OUTSIDE LIMITS	Cpk ^{2σ}
+/- .6745 Sigma	50.00%	500,000	
+/- 1.00 Sigma	68.27 %	317,300	0.33
+/- 2.00 Sigma	95.45 %	45,500	0.67
+/- 2.36 Sigma	98.00%	20,000	0.79
+/- 3.00 Sigma	99.73 %	2,700	1.00
+/- 3.12 Sigma	99.82%	1,800	1.04
+/- 3.19 Sigma	99.86%	1,400	1.06
+/- 3.23 Sigma	99.88%	1,200	1.08
+/- 3.29 Sigma	99.90%	1,000	1.10
+/- 3.35 Sigma	99.92%	800	1.12
+/- 3.54 Sigma	99.96%	400	1.18
+/- 3.71 Sigma	99.98%	200	1.24
+/- 3.89 Sigma	99.99%	100	1.30
+/- 4.00 Sigma	99.9937 %	63	1.33
+/- 4.26 Sigma	99.9980%	20	1.42
+/- 4.42 Sigma	99.9990%	10	1.47
+/- 4.50 Sigma	99.99966 %	3.4	1.50
+/- 4.75 Sigma	99.9998%	2	1.58
+/- 4.89 Sigma	99.9999%	1	1.63
+/- 5.00 Sigma	99.99994 %	0.6	1.67
+/- 5.20 Sigma	99.99998%	0.2	1.73
+/- 5.32 Sigma	99.99999%	0.1	1.77
+/- 5.61 Sigma	99.999998%	0.02	1.87
+/- 5.73 Sigma	99.999999%	0.01	1.91
+/- 6.00 Sigma	99.9999998 %	0.002	2.00

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Gráfico datos individuales y
rango móvil (I-MR)



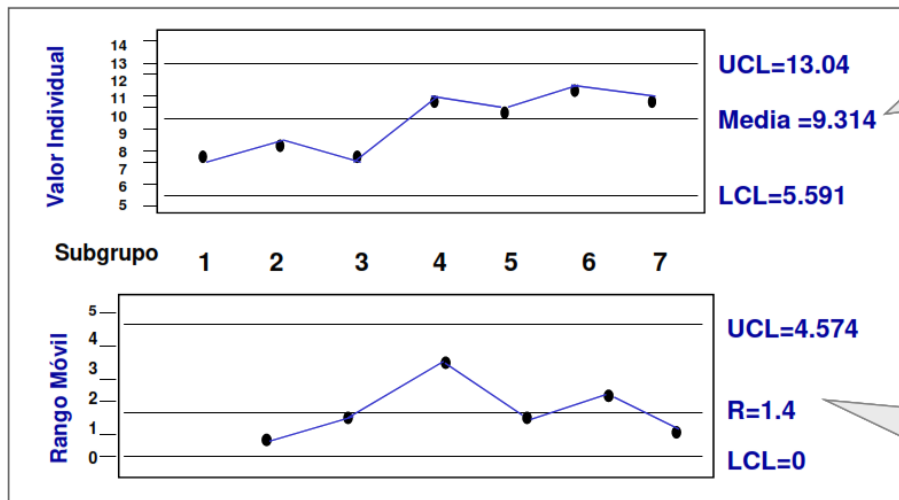
- Se grafican datos individuales en lugar de promedios.
- Cuando utilizarlo: El gráfico I-MR se utiliza solamente cuando una o más de las siguientes condiciones existe:
 - Los datos se generan a intervalos largos de tiempo (Ejemplo: costo mensual de scrap)
 - Los datos son homogéneos (Ejemplo: nivel de ph en una solución)
 - Pruebas destructivas
- El gráfico I-MR no es tan sensible a los cambios en el proceso como un gráfico $\bar{X}$ /R.

En situaciones de producción en masa, cuando es mas fácil (y no tan costoso) recabar datos, ¡gráficos $\bar{X}$ /R deberían utilizarse en lugar de I-MR!

DATOS VARIABLES:

- Gráfico $\bar{X}$ /R
- Gráfico de Lectura Individuales y Rango Móvil

Gráfico I-MR para X

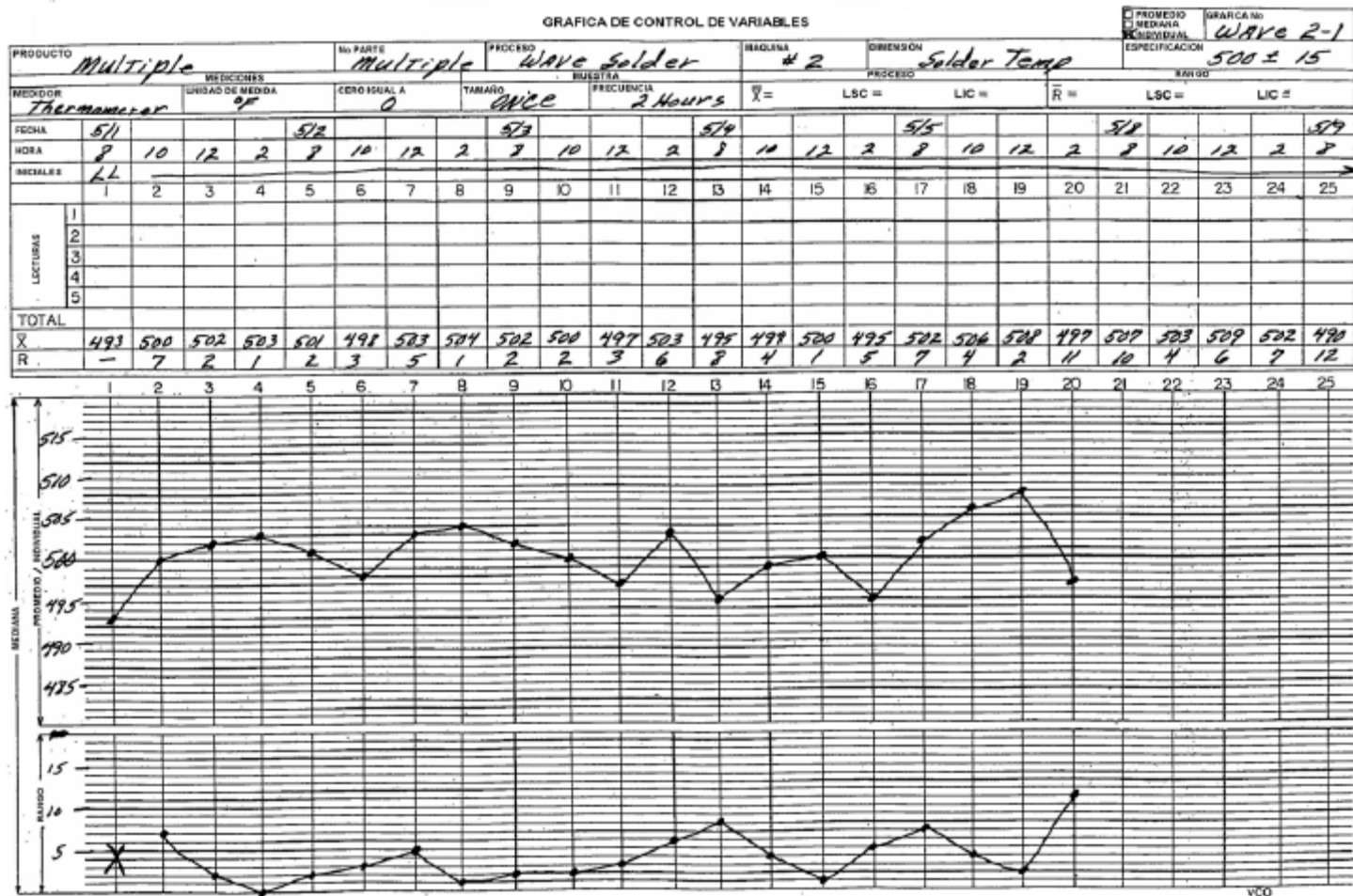


El Gráfico I (individuales) monitorea el centro del proceso.

El Gráfico MR (rango móvil) monitorea la variabilidad del proceso.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7
X	8	8.5	7.4	10.5	9.3	11.1	10.4
MR		0.5	1.1	3.1	1.2	1.8	0.7

SPC - Ejercicio 3: Calcule los límites de control (I-MR)



Obtención de Datos

- 1.- Las lecturas individuales (X) se registran de izquierda a derecha en la gráfica de datos.
- 2.- Calcule el rango móvil (MR) entre los valores individuales.
- 3.- Seleccione la escala para la gráfica de los valores individuales (X) igual a la mayor entre (a) la tolerancia de la especificación del producto más un espacio para lecturas fuera de especificaciones o (b) $1 \frac{1}{2}$ a 2 veces la diferencia entre la lectura individual más alta y la más baja.

Calcule los Límites de Control

Calcule y grafique el promedio del proceso (la suma de los valores individuales dividido entre el número de valores individuales) y calcule el rango promedio, poniendo atención al hecho de que siempre habrá un rango menos que el número de valores individuales.

Hoja de Cálculo de los Límites de Control de Gráficas I-MR

$$CL_X = \bar{X}$$

$$CL_R = \bar{R}$$

$$LSC_X = \bar{X} + E_2 \bar{MR} = ______ + (______ \times ______) = ______$$

$$LIC_X = \bar{X} - E_2 \bar{MR} = ______ - (______ \times ______) = ______$$

$$LSC_{MR} = D_4 \times \bar{MR} = ______ \times ______ = ______$$

$LIC_{MR} = "0"$ (para tamaño de subgrupos menores de 7)

Notas: 1) Las constantes E_2 y D_4 se obtienen de la tabla del manual SPC página 182

2) La constante $E_2 = 2.660$ porque para el cálculo del rango móvil se usan 2 valores del rango por tanto se considera el tamaño de subgrupo igual a 2.

Subgroup Size	Median Charts**				Charts for Individuals			
	Chart for Medians	Chart for Ranges (R)			Chart for Individuals	Chart for Ranges (R)		
	Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_x	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to Estimate σ_x	Factors for Control Limits	
	$\bar{A}_2$	d_2	D_3	D_4	E_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	—	3.267	2.660	1.128	—	3.267
3	1.187	1.693	—	2.574	1.772	1.693	—	2.574
4	0.796	2.059	—	2.282	1.457	2.059	—	2.282
5	0.691	2.326	—	2.114	1.290	2.326	—	2.114
6	0.548	2.534	—	2.004	1.184	2.534	—	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777	0.975	3.078	0.223	1.777

SPC

(CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO)

Gráficos de Control por Atributos



Datos por Atributos

- Los datos por atributo se refiere a datos obtenidos por conteo.
- Dado que los medibles de proceso están (idealmente) en datos variables, los datos de atributo en un proyecto están relacionados con medidas del Cliente o del Negocio.

Ejemplos de medidas por **Atributos** del Cliente y del Negocio:

CLIENTE	NEGOCIO
▪ Número de arrugas por asiento de un automóvil	▪ Número de partes hechas scrap, por cantidad de partes producidas

- Los gráficos de control para datos por atributo se construyen e interpretan de forma similar a los gráficos de variables.
- Los cálculos de los límites de control están basados en la distribución estadística apropiada.

Recordemos los dos tipos de datos de atributo:

DEFECTUOSOS	DEFECTOS
▪ El <u>Gráfico p</u> grafica la proporción defectuosa. ▪ Utiliza la Distribución Binomial.	▪ El <u>Gráfico c</u> y <u>Gráfico u</u> grafican defectos. ▪ El gráfico c requiere un tamaño de muestra constante; el gráfico u no lo necesita. ▪ Ambos utilizan la Distribución Poisson.

Gráficas p

- a. Grafica la proporción (porcentaje) de las unidades defectuosas (no conformes) en una muestra.
- b. Cada unidad que se verifica se considera conforme o no conforme, (independientemente del # de defectos por unidad defectuosa).
- c. El tamaño de las muestras no necesitan ser iguales, aunque la diferencia no debe exceder del 25%
- d. Requiere tamaños grandes de subgrupos para detectar cambios moderados en el desempeño. (El número de unidades defectuosas por subgrupo debe promediar más de cinco para mostrar patrones analizables).

Gráficas np

- a. Grafica el número de unidades defectuosas en una muestra.
- b. El tamaño de la muestra debe ser constante
- c. Todo lo demás igual a las gráficas p

Gráficas u

- a. Grafica el número de defectos (no conformidades) por unidad en una muestra
- b. El tamaño de las muestras no necesitan ser iguales, pero la diferencia no debe exceder del 25%

Gráficas c

- a. Grafica el número de defectos (no conformidades) en una muestra.
- b. El tamaño de las muestras debe ser constante.

Control Chart	Monitors
Attribute control charts	
p chart	Process fraction defective
c chart	number of defects
u chart	defects per unit

Que es un Defectuoso?

- Un defectuoso es una unidad no conforme
- Ejemplos:
 - pago retrasado
 - pieza rechazada
 - vehículo rechazado
 - golpe fallido en golf
- Los defectuosos son datos Binomiales
- Los **gráficos p** están diseñados para **datos binomiales**
 - 0 o 1
 - Pasa o Falla
 - Bueno o Malo



Un tiro fallado es
un defectivo

Ejemplo de Gráfico p

- La cantidad de facturas con errores se registran como defectuosas (np).
- El tamaño del subgrupo es la cantidad de facturas inspeccionadas a la semana (n).
- Se registran los datos de 20 semanas.
- Se calcula la cantidad total de facturas defectuosas y la cantidad total de facturas inspeccionadas.

Nº de subgrupo	Defectuosos (np)	Tamaño de subgrupo (n)
1	11	202
2	12	204
3	10	201
4	12	191
5	11	192
6	14	193
7	17	199
8	9	203
9	13	200
10	8	196
11	13	191
12	14	197
13	13	200
14	12	202
15	9	198
16	10	209
17	11	198
18	6	197
19	13	210
20	8	196
T	226	3979

Cálculos del Gráfico p

Donde:

$$p = \frac{\text{Cantidad de defectuosos (np)}}{\text{Tamaño de Subgrupo (n)}}$$

Ejemplo
: 12
 $p_2 = \frac{12}{204} = 0.059$

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad \bar{p} = \frac{226}{3979} = 0.057$$

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

$$3\sigma_2 = \frac{3\sqrt{0.057(1-0.057)}}{\sqrt{204}} = 0.049$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sigma$$

$$UCL_{p_2} = 0.057 + 0.049 = 0.106$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sigma$$

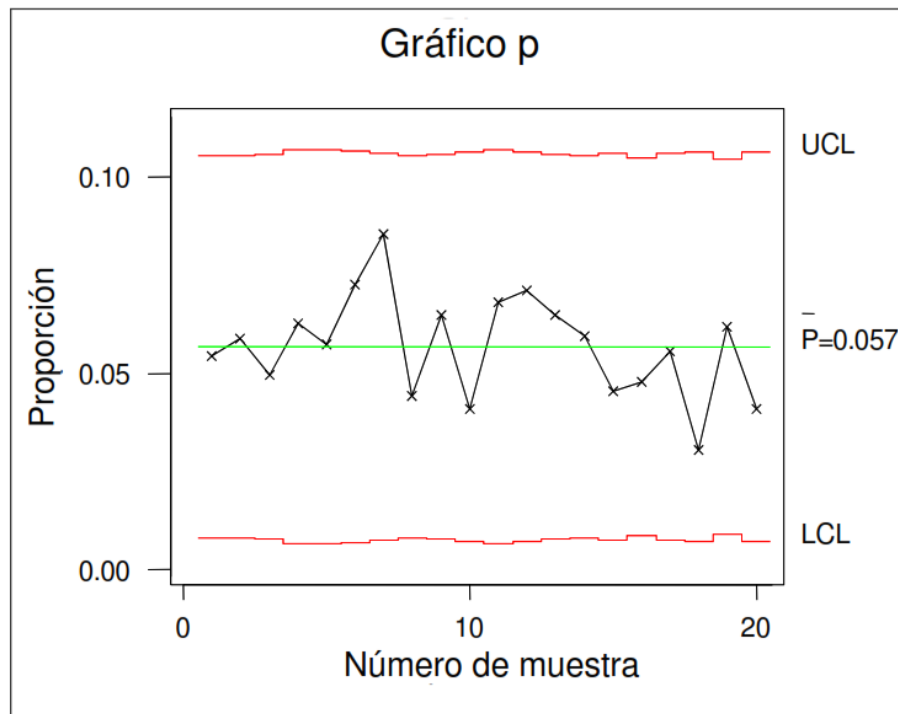
$$LCL_{p_2} = 0.057 - 0.049 = 0.008$$

Nº de subgrupo	Defectuosos(np)	Tamaño de subgrupo (n)	Proporción defectuosos (p)	Proporción media defectuosos (p)	3σ	UCL _p	LCL _p
1.	12	202	0.054	0.057	0.049	0.106	0.008
2.	12	204	0.059	0.057	0.049	0.106	0.008
3.	10	201	0.050	0.057	0.049	0.106	0.008
4.	12	191	0.063	0.057	0.050	0.107	0.007
5.	11	195	0.057	0.057	0.050	0.107	0.007
6.	14	193	0.073	0.057	0.050	0.107	0.007
7.	10	199	0.050	0.057	0.049	0.106	0.008
8.	9	205	0.044	0.057	0.049	0.106	0.008
9.	13	205	0.063	0.057	0.049	0.106	0.008
10.	8	196	0.041	0.057	0.050	0.107	0.007
11.	11	191	0.058	0.057	0.050	0.107	0.007
12.	14	194	0.072	0.057	0.050	0.107	0.007
13.	13	202	0.065	0.057	0.049	0.106	0.008
14.	12	192	0.059	0.057	0.049	0.106	0.008
15.	10	198	0.045	0.057	0.049	0.106	0.008
16.	10	209	0.048	0.057	0.048	0.105	0.009
17.	12	198	0.056	0.057	0.049	0.106	0.008
18.	6	197	0.030	0.057	0.050	0.107	0.007
19.	13	210	0.062	0.057	0.048	0.105	0.009
20.	8	196	0.041	0.057	0.050	0.107	0.007
TOTAL	226	3979					

- El gráfico p puede crearse a partir de los cálculos anteriores.



¿A qué conclusiones podemos llegar?



Que es un defecto?

- Es una no conformidad.
- Ejemplos:
 - Rayones en una carrocería
 - Errores en una factura
 - Cantidad de poros en una soldadura
 - Cantidad de tiros fuera del campo por juego de golf.
- Gráficos **u** están basados en **distribuciones Poisson**
 - Defectos por unidad
 - Cantidad de accidentes por cada 1000 horas



Un tiro fuera del campo es un defecto.

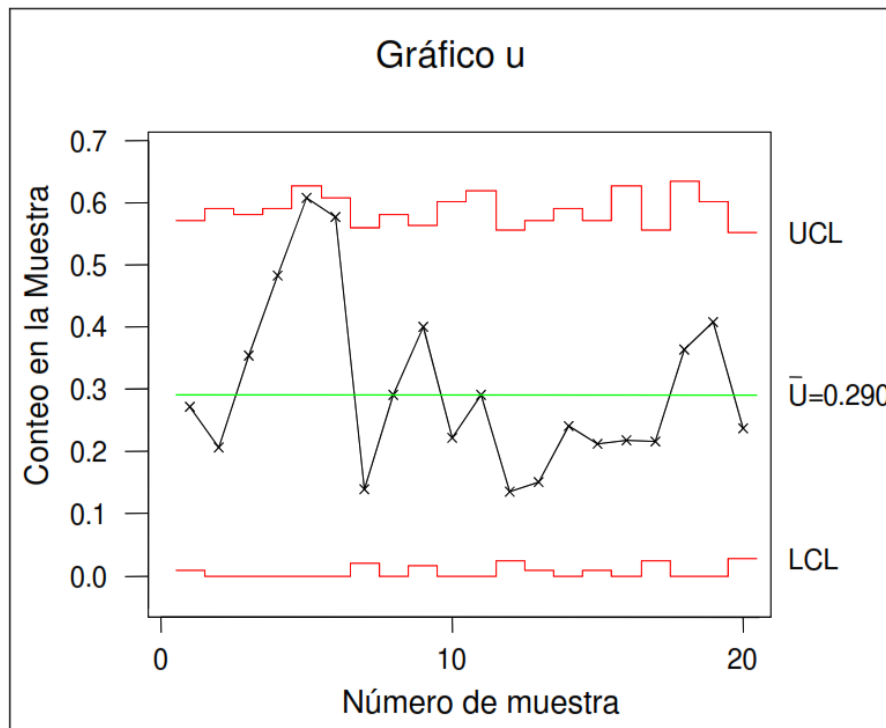
Ejemplo de Gráfico u

- La cantidad de cualquier tipo de daño visible en las vestiduras de asiento son registradas como defectos (c).
- El tamaño del subgrupo es una muestra aleatoria de vestiduras que representan el 1% del embarque (n).
- Se registran valores de 20 embarques.
 - Se calcula la cantidad total de defectos y la cantidad total de vestiduras.

Subgrupo n°	Defectos (c)	Unidades (n)
1.	9	33
2.	6	29
3.	11	31
4.	14	29
5.	14	23
6.	15	26
7.	5	36
8.	9	31
9.	14	35
10.	6	27
11.	7	24
12.	5	37
13.	5	33
14.	7	29
15.	7	33
16.	5	23
17.	8	37
18.	8	22
19.	11	27
20.	9	38
T	175	603



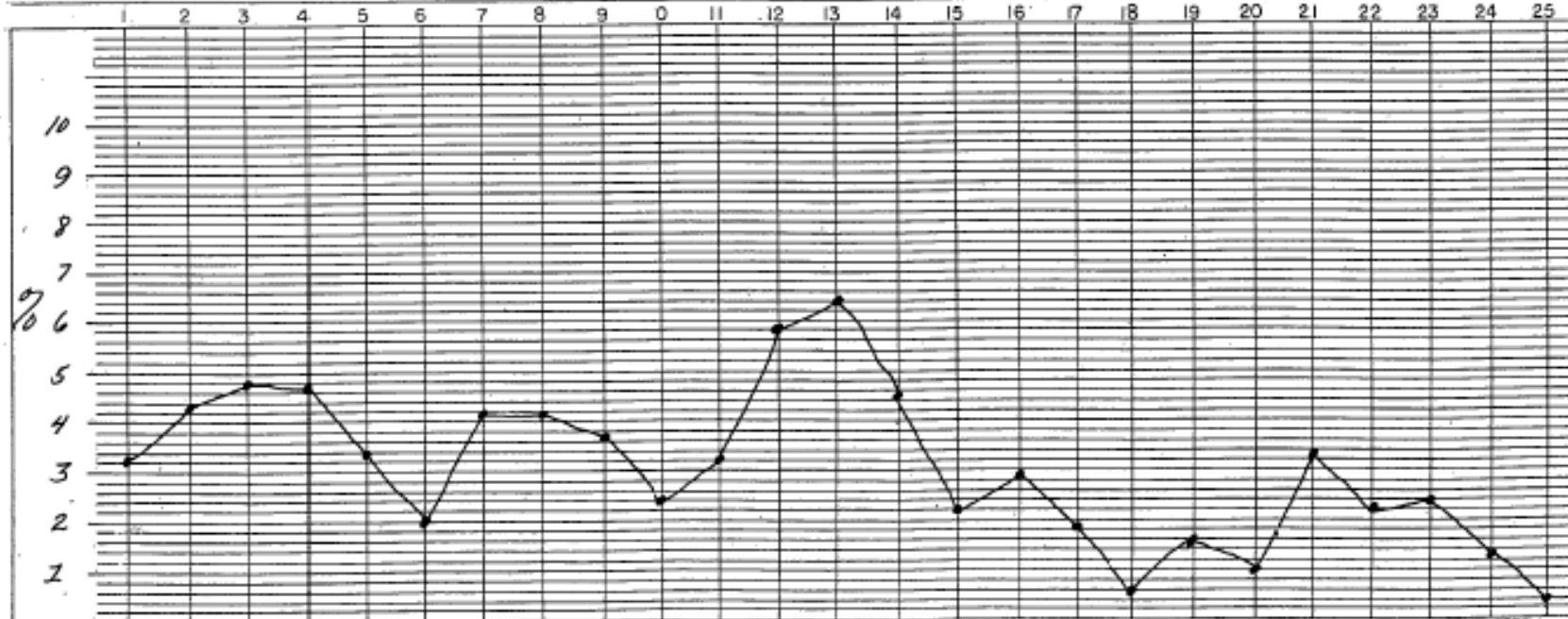
¿A qué
conclusiones
podemos
llegar con
este
gráfico u?



ATTRIBUTES CONTROL CHART

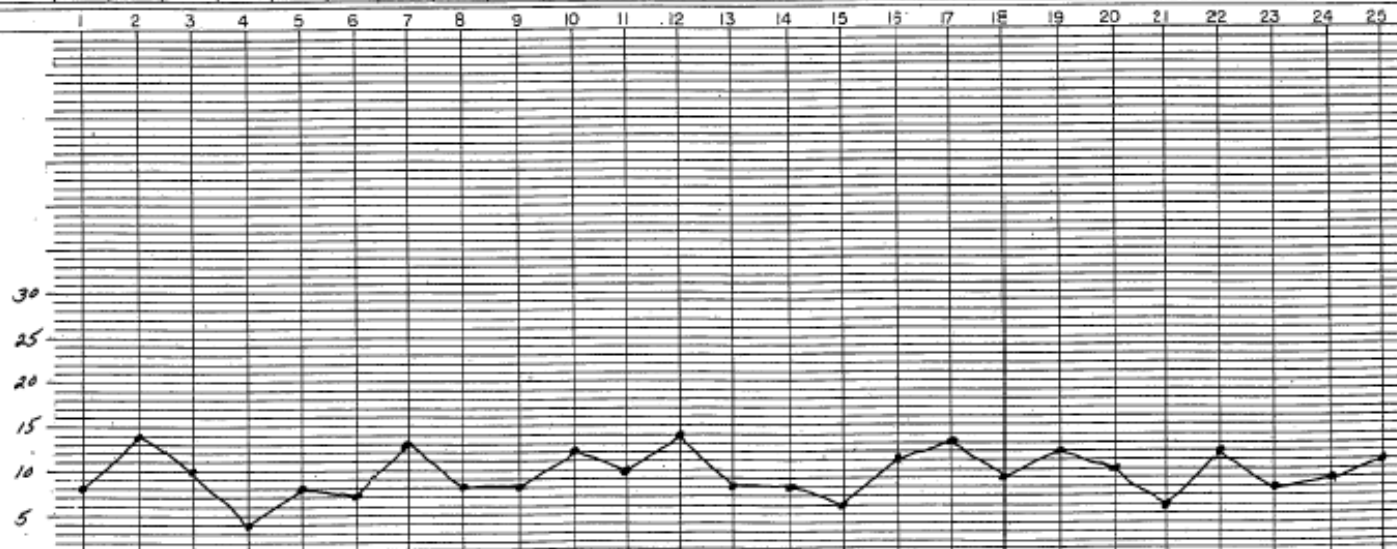
☒ P	☐ C	CHART NO. B4 215 A-H2-1
☐ RP	☐ U	

PRODUCT				PART NO.				PROCESS				SAMPLE SIZE				SAMPLE FREQUENCY				AVG=				UCL=				LCL=			
Sickle Guard				BU 215 A				Forge V@ Paise				BASKET Varies				Per BASKET															
DATE	10/23								10/24							10/25											10/26				
TIME	8	9	10	11	12	1	2	3	8	9	10	11	12	1	2	3	8	9	10	11	12	1	2	3	8	9	10	11	12		
INITIALS	JT								JT								JT								JT						
	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						
TOTAL	22	28	33	31	23	14	29	28	24	16	22	39	44	30	15	20	13	4	11	7	23	16	17	9	3						
SAMPLE	675	650	690	660	685	670	700	680	650	670	680	625	680	665	685	675	675	665	680	670	675	695	675	690	675						
%	3.26	4.31	4.78	4.70	3.36	2.03	4.14	4.12	3.69	2.39	3.24	5.78	6.38	4.51	2.19	2.80	1.93	0.60	1.62	1.04	3.41	2.30	2.52	1.30	0.43						



SPC - Ejemplo de Gráfica c de Control por Atributos

ATTRIBUTES CONTROL CHART																									☐ P ☐ NP		☐ C ☐ U		CHART NO.		
PRODUCT				PART NO.				PROCESS				SAMPLE SIZE				SAMPLE FREQUENCY				AVG=		UCL=		LCL=							
HOUSING				580562C01-C				Induction Molding				5 shots (20x15x40)				Per Hour															
DATE																															
TIME																															
INITIALS																															
	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						
SPURY	1	6	2	2	8	5	8	6	3	7	5	6	6	6	3	6	4	7	6	8		4	3	7	9						
GATE	5	8	6	2		1	5	2	4	3	5	4	2	2	3	5	5	2	3		6	4	5	2	2						
INSERT	2		2			1			1	2		2					4														
FLASH	4																		3	2											
SINK	5																					4									
MISC	6											2																			
	7																														
	8																														
TOTAL	8	14	10	4	8	7	13	8	8	12	10	14	8	8	6	11	13	9	12	10	6	12	8	9	11						
SAMPLE																															
FRACTION																															



	Centerline	Control Limits	
		Samples not necessarily of constant size	
<i>p</i> chart for proportions of units in a category	$CL_p = \bar{p}$	$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$
		If the sample size is constant (<i>n</i>)	
		$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
<i>np</i> chart for number/rate of units in a category	$CL_{np} = \bar{np}$	$UCL_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\frac{\bar{np}}{n})}$ $= \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LCL_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\frac{\bar{np}}{n})}$ $= \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$
<i>c</i> chart for number of incidences in one or more categories	$CL_c = \bar{c}$	$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
<i>u</i> chart for number of incidences per unit in one or more categories	$CL_u = \bar{u}$	Samples not necessarily of constant size	
		$UCL_u = \bar{u} + \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$ $= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$	$LCL_u = \bar{u} - \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$ $= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$
		Using average sample size	
		$UCL_u = \bar{u} + \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{\bar{n}}}$ $= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$	$LCL_u = \bar{u} - \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{\bar{n}}}$ $= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$
		If the sample size is constant (<i>n</i>)	
		$UCL_u = \bar{u} + \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$ $= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$LCL_u = \bar{u} - \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$ $= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

¿Preguntas?





Evaluación

¡Felicidades!

Cualquier duda o comentario,
estamos a sus órdenes:

 paola.ruiz@q-experts.com.mx

 +52 (222) 5714560 / +52 (222) 168 0862

 www.q-experts.com.mx