

# Enfoque sistémico organizacional

Gestión por procesos

## Clase 5

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE  
EMPRESAS MBA

La excelencia no se improvisa



## MATERIA: “ENFOQUE SISTÉMICO ORGANIZACIONAL” CLASE 5

### • INTRODUCCIÓN DE LA CLASE

Estamos elevando el nivel de desempeño de nuestros procesos organizacionales a través de métodos relacionados con la mejora continua; vimos que estos métodos están vinculados al ciclo PHVA e involucran una serie de actividades o pasos.

Para desarrollar estos pasos, necesitamos herramientas que nos permitan un mejor uso de la información que surge durante el análisis de las actividades de los procesos. Es momento, entonces, de recordar las SIETE herramientas básicas que la administración de calidad plantea para la gestión de procesos.

### • RESULTADO O RESULTADOS DE APRENDIZAJE QUE SERÁ ABORDADO CON EL CONTENIDO DE LA CLASE.

**RDA 2: Aplicar la gestión de procesos en organizaciones, considerando la interconexión de elementos, relaciones e interacciones en un sistema organizacional.**

*Criterio de Evaluación 1: Construye un mapa de procesos organizacional.*

*Criterio de Evaluación 2 Desarrolla caracterizaciones de procesos.*

*Criterio de Evaluación 3: Emplea la estandarización y medición de procesos como métodos de control para la gestión.*

*Criterio de Evaluación 4: Programa un plan de mejora de procesos.*

### Tema

#### 5. Gestión por procesos

##### 5.1. Herramientas para la mejora de procesos

###### 5.1.1. Siete Herramientas básicas

### • DESARROLLO

#### 5.1. Herramientas para la mejora de procesos

En nuestra clase anterior, aplicamos el principio de la “Mejora”, explorando sus tipos y revisando los métodos para implementar una mejora continua en nuestros procesos. En los pasos de estos métodos, es fundamental gestionar la información de manera que nos permita tomar las mejores decisiones.

Al revisar los principios de calidad de la norma ISO 9000:2015 (Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario), el sexto principio, “toma de decisiones basadas en la evidencia” planteó que “las decisiones basadas en el análisis y la evaluación de datos e información tienen mayor probabilidad de producir los resultados deseados”. También explicaba que “la toma de decisiones puede ser un proceso complejo, y siempre implica cierta incertidumbre... El análisis de los hechos, las evidencias y los datos conduce a una

mayor objetividad y confianza en la toma de decisiones” (Organización Internacional de Normalización, 2015).

Para el apoyo en la toma de decisiones, la estadística se convierte en una fuente para lograr este cometido (Pérez, 2013). En la Figura 1, se representa el papel de la estadística en ese aspecto, recalcando que su objetivo último es apoyar o fundamentar la toma de decisiones, mediante la satisfacción de las necesidades de información (Gutiérrez Pulido, 2020).



**Figura 1:** La estadística y la toma de decisiones

**Fuente:** Adaptado de (Gutiérrez Pulido, 2020)

### 5.1.1. Siete herramientas básicas

Basándose en la experiencia generada con la administración de calidad total, Kaoru Ishikawa, gurú japonés de la calidad, agrupó siete herramientas que denominó “básicas”, con el fin de tenerlas a mano en el despliegue de la gestión de la información de un proceso (Cantú, 2011). Estas herramientas fueron ampliamente utilizadas durante la transformación industrial japonesa de la segunda mitad del siglo XX y hoy siguen siendo fundamentales para los profesionales de la gestión organizacional.

Estas siete herramientas son:

- Diagramas de flujo.
- Hojas de verificación
- Histogramas.
- Diagramas de Dispersión.
- Diagramas de Pareto.
- Diagramas Causa – Efecto.
- Cartas de control de proceso.

Algunos autores, colocan el “diagrama de afinidad” en lugar del “diagrama de flujo”. Nosotros nos ceñiremos a nuestra fuente, la *American Society for Quality* (Duffy & Furterer, 2020).

Como puedes observar, muchas de estas herramientas probablemente ya las has utilizado en tus estudios y experiencia profesional, ya que forman parte de los módulos sobre estadística y análisis de datos. Nuestro objetivo será recordar contigo las características y usos de estas herramientas, aprovechando el conocimiento previo que ya posees.

#### **5.1.1.1. Diagramas de flujo**

El diagrama de flujo es una representación gráfica que permite visualizar los pasos de un proceso y cómo estos se relacionan. Sirve para analizar y mejorar un proceso (Evans & Lindsay, 2015).

Los diagramas de flujo los revisamos en nuestra clase 3 para la estandarización del proceso y posteriormente los mencionamos en nuestra clase 4 como una opción para definir la situación actual de las actividades del proceso (AS-IS) y para el proceso propuesto con mejoras (TO-BE). Por ello, ya tienes una claridad de su construcción y uso.

A continuación, se detallan los pasos recomendados para su elaboración (Evans & Lindsay, 2015):

- Establecer el objetivo que se busca conseguir con el diagrama que se va a construir, es decir: documentar el proceso, eliminar deficiencias, comprender mejor el proceso, entre otras.
- Delimitar el proceso, es decir, determinar de qué, hasta qué, actividad se construirá el diagrama.
- Definir la notación a ser utilizada.
- Realizar un esquema general del proceso, para lo cual es necesario determinar las actividades más relevantes que forman parte del proceso analizado, en conjunto con la secuencia en la que se las realiza.
- Profundizar en las actividades requeridas que constituyen el proceso.
- Identificar los puntos de decisión y de ser requerido, clasificar según el tipo de actividades.
- Verificar el diagrama completo y asegurar que el proceso posee una secuencia que ayudará a cumplir con el propósito buscado.
- Utilizar el diagrama para lograr el objetivo establecido.

#### **5.1.1.2. Hojas de verificación**

Las hojas de verificación o “check sheet” son listas de recolección de datos que permite colocarlos de una manera ordenada y sencilla para su análisis (Evans & Lindsay, 2015). También se las conoce como hojas de comprobación o de chequeo (Cantú, 2011). Ejemplos de información que se recolectan en estas hojas:

- Frecuencia de la ocurrencia de una variable.
- Número de defectos en productos o servicios según sus posibles causas.
- Número de tipos de defectos o fallas de un producto, servicio o proceso.

- Localización de defectos por zonas.

Para el uso de las hojas de verificación se recomienda (Kume, 2008):

- Determinar la situación, objetivos que se quieren lograr y el tiempo durante el cual se recolectarán los datos.
- Definir el formato adecuado de tal modo que los registros sean útiles y claros.

En la Tabla 1 se presenta un ejemplo de una hoja de verificación vinculada a información sobre quejas de clientes y sus tipos. En este caso, el objetivo fue conocer el número de quejas por categoría o tipo, recolectadas diariamente durante una semana. La hoja revela que el tipo de queja más frecuente fue “demasiada espera”.

**Tabla 1:** Ejemplo de Hoja de Verificación

TIPOS DE QUEJA DE CLIENTE	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	TOTAL
DEMASIADA ESPERA	2	5	3	1	1	12
TRATO NO AMABLE	0	1	0	0	2	3
SIN ATENCIÓN	0	0	0	0	1	1

Para que sigas recordando sobre la Hoja de Verificación, dale un vistazo al siguiente link: <https://asq.org/quality-resources/check-sheet>

### 5.1.1.3. Histogramas

Los histogramas son diagramas de barras que describen la distribución de un conjunto de datos de una variable. Los datos se clasifican por magnitud en varias clases o intervalos y se representan mediante barras (Gutiérrez Pulido, 2020; Evans & Lindsay, 2015). La altura de cada una de las barras es el número de datos que corresponden a cada clase.

Aunque herramientas estadísticas automatizadas permiten generar histogramas, a continuación, se describen los pasos básicos para su construcción (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Establecer el rango de los datos, es decir, la resta entre el dato máximo y el mínimo. Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2:  $\text{Rango} = 515 - 484 = 31$ .
- Obtener el número de clases (NC): Se recomienda que sea de 5 a 15. Para decidir este rango hay varios criterios, uno de ellos es utilizar la raíz cuadrada del número de datos. Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2:  $\text{NC} = \sqrt{40} = 6.3 \rightarrow 7$  clases.
- Determinar la longitud de clase (LC), es decir, dividir el rango para el número de clases. En ocasiones resulta más conveniente ampliar un poco el rango para que el

histograma tenga una cobertura ligeramente mayor que la observada en la muestra de datos.

Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2: Se define un rango ampliado → valor mínimo ampliado seleccionado: 480, valor máximo ampliado seleccionado: 520. Por tanto, el rango ampliado para la construcción de clases es:  $R \text{ ampliado} = 40$  y  $LC = 40 / 7 = 5.7$ .

- Definir los intervalos de clase: Que resultan de dividir el rango (original o ampliado) entre el número de intervalos determinados con la longitud de clase. El punto inicial para la primera clase es el dato mínimo del rango original o ampliado. Para obtener la primera clase se le suma al punto inicial la longitud de clase; para obtener el intervalo de la segunda clase, se toma el final de la primera clase como punto inicial y se suma la longitud de clase, de allí se continúa de la misma manera hasta obtener todos los intervalos.

Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2: Los intervalos de clase definidos se encuentran en la Tabla 3.

- Obtener la frecuencia de cada clase: Se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase. Si un dato coincide con el final de una clase y principio de la siguiente, el dato se lo suele incluir en la primera.

Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2: Las frecuencias se encuentran en la Tabla 3.

- Graficar el histograma: Se hace una gráfica de barras en la que las bases de las barras son los intervalos de clase y la altura son las frecuencias de las clases.

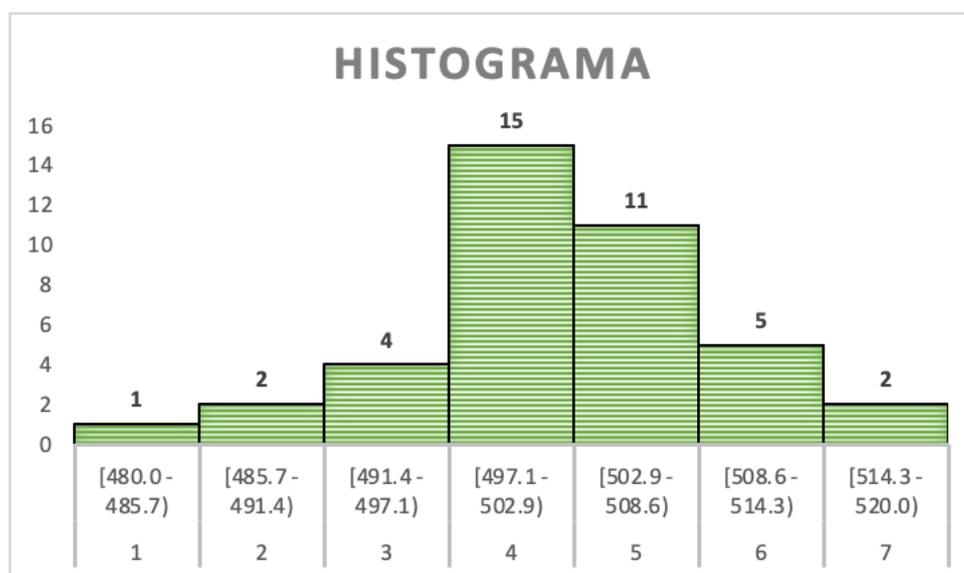
Como ejemplo para los datos indicados en la Tabla 2: El histograma generado se encuentra en la Figura 2.

**Tabla 2:** Datos de variable “pesos de producto en gramos” para construcción de histograma

503	505	508	514
507	493	499	507
492	500	510	510
499	489	494	498
498	500	503	507
506	492	499	491
502	500	508	507
502	515	513	502
506	510	502	484
502	502	515	500

**Tabla 3:** Datos para construcción de histograma para ejemplo “pesos de producto en gramos”

Clase	Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa en %
1	[480.0 - 485.7)	1	0	3
2	[485.7 - 491.4)	2	0	5
3	[491.4 - 497.1)	4	0	10
4	[497.1 - 502.9)	15	0	38
5	[502.9 - 508.6)	11	0	28
6	[508.6 - 514.3)	5	0	13
7	[514.3 - 520.0)	2	0	5

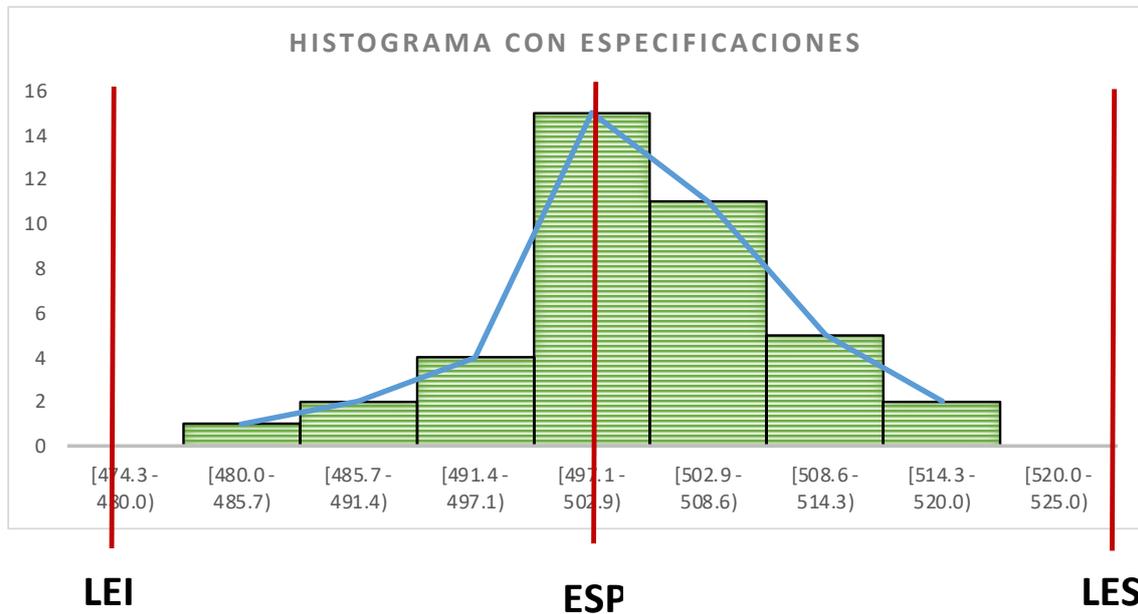


**Figura 2:** Histograma desarrollado para datos de Tabla 2

En un histograma se consideran los siguientes puntos para su interpretación según el análisis que se requiera (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Observar la tendencia central de los datos: Localizar la posición en el eje horizontal de las barras con mayores frecuencias.
- Estudiar el centrado del proceso: Observar la posición central del cuerpo del histograma respecto al valor óptimo de la variable (especificación ideal).
- Comparar con la especificación establecida y los límites de especificación.
- Examinar la variabilidad: Observar a partir del grupo de barras más alto, qué tan rápido disminuye la frecuencia de las demás barras. También se puede comparar la amplitud de las especificaciones con el ancho del histograma.
- Analizar la forma del histograma: Nos revela la forma de la distribución de los datos. Formas típicas son: campana, sesgada, multimodal, chata o plana, con acantilados, estratificada.
- Identificar datos atípicos.

Para nuestro ejemplo, si la especificación (ESP) es 500 +/- 25 g, entonces diríamos que el proceso se encuentra ligeramente descentrado porque la media (502.35) está cercana a la especificación (500) y que el proceso tiene la capacidad de cubrir el rango de especificación para un límite de especificación inferior (LEI) de 485 y un límite de especificación superior (LES) de 525, tal como se aprecia en la Figura 3.



**Figura 3:** Histograma desarrollado para datos de Tabla 2 con especificación.

Para que sigas recordando sobre histogramas, da un vistazo a los siguientes videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=QvLIQun8w28>

<https://www.youtube.com/watch?v=5w3dZj7zrys>

Para las formas a analizar en un histograma y un formato para esta herramienta, accede a la siguiente página de la *American Society for Quality*:

<https://asq.org/quality-resources/histogram>

Para interpretar un histograma, mira el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=OCGMYK-zFyk>

#### 5.1.1.4. Diagramas de Pareto

El Diagrama de Pareto es un gráfico de barras que permite identificar prioridades y causas, al ser ordenados por categorías o elementos (Gutiérrez Pulido, 2020). La nombrada relación “80-20” asociada a esta herramienta se originó cuando el economista Vilfredo Pareto (1848-1923) en su estudio sobre la distribución de la riqueza en Italia, creó este diagrama para concluir que el 80% de la riqueza estaba en manos del 20% de la población (Evans & Lindsay, 2015). Posteriormente esta herramienta fue utilizada por el gurú estadounidense de la calidad, Joseph Juran, quien la aplicó en este ámbito e identificó que en las problemáticas podemos distinguir los “pocos vitales” de los “muchos triviales”, es decir, pocos elementos o categorías (los pocos vitales, 20% para el estudio que realizó Pareto) son los que generan la mayor parte de los efectos (un impacto del 80%

para el estudio que realizó Pareto), quedando el número mayor de elementos o categorías (los muchos triviales) que provocan un efecto menor (Gutiérrez Pulido, 2020).

El diagrama de Pareto es muy útil como herramienta para la toma de decisiones y es aplicable a todo tipo de problemas: calidad, materiales, eficiencia, seguridad, entre otros. Además, este gráfico permite analizar objetivamente el resultado de las mejoras logradas en un proyecto.

A través de aplicativos de bases de datos o para uso estadístico podemos generar nuestros diagramas de Pareto. Sin embargo, te coloco los pasos que se utilizan para su construcción (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Definir el problema o aspecto a analizar.
- Establecer qué datos se van a requerir y los aspectos que son necesarios estratificar (definir categorías). Se puede utilizar una “hoja de verificación” para recolectar los datos que indiquen esos aspectos.
- Si se va a utilizar información pasada, delimitar el periodo del cual será tomada.
- Posterior a la obtención de los datos, generar una tabla con las frecuencias absolutas de cada categoría ordenadas de mayor a menor, calcular su frecuencia acumulada y posteriormente su frecuencia relativa acumulada.
- Elaborar un gráfico de barras para representar los datos, clasificándolos de mayor a menor por categoría (categorías – en el “eje x” / datos – en el “eje y” izquierdo).
- Dibujar una línea con la frecuencia relativa acumulada (datos en el “eje y” derecho).
- Interpretar el diagrama de Pareto, identificando las categorías más predominantes (pocos vitales) con respecto al efecto analizado.

En la Tabla 4 encuentras datos del número de fallos en un producto por el tipo de fallo para ejemplificar la construcción de un Diagrama de Pareto.

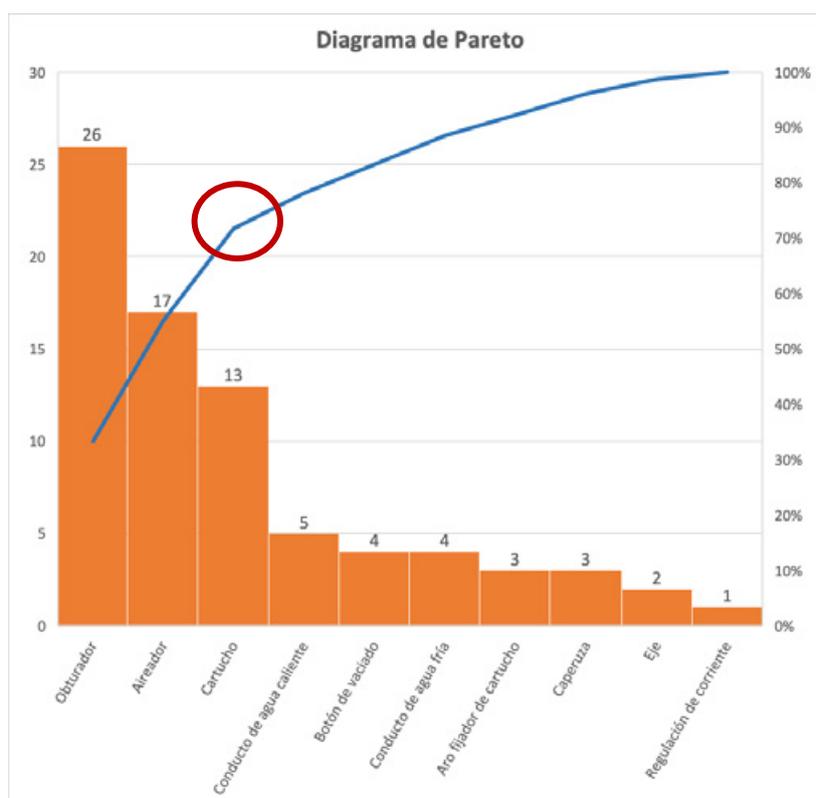
**Tabla 4:** Datos de variable para construcción de diagrama de Pareto – No. de fallas por tipo de fallo en un producto

Tipo de fallos en producto	No. de fallas
Eje	2
Aro fijador de cartucho	3
Obturador	26
Botón de vaciado	4
Regulación de corriente	1
Caperuza	3
Cartucho	13
Aireador	17
Conducto de agua fría	4
Conducto de agua caliente	5
<b>Total</b>	<b>78</b>

En la Tabla 5 se encuentran la información para la construcción del diagrama de Pareto de los datos de la Tabla 4. En esta, observa como se ordenaron los datos de mayor a menor y se calculó la frecuencia relativa acumulada expresada en % para el eje Y de la derecha del diagrama. El eje Y de la izquierda se vincula a los datos de la frecuencia absoluta. En la Figura 4 está el Diagrama de Pareto desarrollado.

**Tabla 5:** Datos para construcción de histograma para ejemplo “No. de fallas por tipo de fallo en un producto”

Tipo de fallos en producto	No. de fallas (frecuencia absoluta)	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
Obturador	26	0,33	33,3%	33,3%
Aireador	17	0,22	21,8%	55,1%
Cartucho	13	0,17	16,7%	71,8%
Conducto de agua caliente	5	0,06	6,4%	78,2%
Botón de vaciado	4	0,05	5,1%	83,3%
Conducto de agua fría	4	0,05	5,1%	88,5%
Aro fijador de cartucho	3	0,04	3,8%	92,3%
Caperuza	3	0,04	3,8%	96,2%
Eje	2	0,03	2,6%	98,7%
Regulación de corriente	1	0,01	1,3%	100,0%



**Figura 4:** Diagrama de Pareto desarrollado para datos de Tabla 3

Observa que para este ejemplo en la Figura 3, el círculo rojo en la curva de la frecuencia relativa acumulada está señalando el punto de corte para la relación Pareto de este ejemplo: el 71.8% de las fallas en el producto se debe a 3 de las 10 categorías de tipos de falla, es decir, al 30% de tipos de falla.

Para que sigas recordando sobre el Diagrama de Pareto, dale un vistazo al siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=vd7QVKpW27Q&t=14s>

Y para una ampliación de su uso y un formato para esta herramienta, accede a la siguiente página de la *American Society for Quality*:

<https://asq.org/quality-resources/pareto>

### 5.1.1.5. Diagramas de Dispersión

Considerando dos variables numéricas (X e Y), el diagrama de dispersión o de correlación es un gráfico de tipo X-Y que es utilizado para analizar la relación lineal entre dos variables numéricas (Evans & Lindsay, 2015); es de tipo X-Y porque cada elemento considerado se representa por un punto en el plano cartesiano de acuerdo con los valores pares (x, y) (Gutiérrez Pulido, 2020).

De este diagrama se identifican patrones de relación, de los cuales, los más comunes son (Gutiérrez Pulido, 2020):

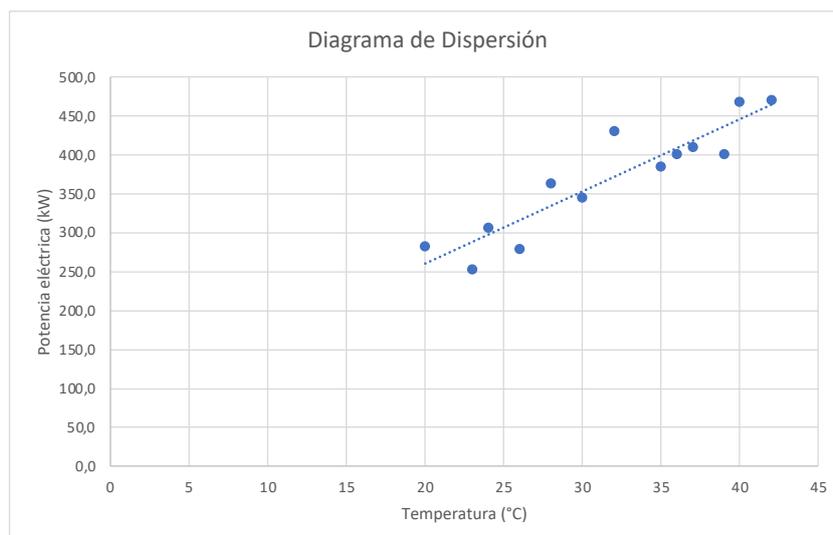
- Correlación lineal positiva: Cuando X crece, Y crece.
- Correlación lineal negativa: Cuando X crece, Y disminuye.
- Sin correlación: Los puntos están dispersos, sin ningún orden o patrón aparente.

Para cuantificar qué tan fuerte o débil es una correlación lineal, se recomienda calcular el coeficiente de correlación (r), el cual toma valores de -1 a 1. Mientras más cercano a “1” o “- 1”, mayor es la correlación y un  $r = 0$  indica que no existe correlación; el signo representa si es correlación negativa o positiva (Evans & Lindsay, 2015). En Excel, tienes la función “COEF.DE.CORREL” para su cálculo.

En la Tabla 6 encuentras datos de dos variables de operación de un proceso: temperatura y potencia eléctrica; en la Figura 5, se presenta el Diagrama de Dispersión desarrollado para estos datos.

**Tabla 6:** Datos para construcción de diagrama de dispersión (temperatura y potencia eléctrica en un proceso)

Temperatura (°C)	Potencia eléctrica (kW)
20	282,3
23	252,8
24	306,2
26	279,1
28	364,0
30	345,8
32	430,6
35	385,6
36	401,1
37	410,4
39	401,6
40	468,8
42	470,9



**Figura 5:** Diagrama de Dispersión desarrollado para datos de Tabla 6

En la Figura 5 se observa una relación lineal directa: a mayor temperatura, mayor potencia eléctrica. El coeficiente de correlación calculado para este ejemplo es de 0.919, lo que indica una relación fuerte y positiva entre las variables.

Un punto fundamental en la interpretación es que una correlación fuerte no implica causalidad. El diagrama de dispersión y el coeficiente de correlación solo indican la existencia de una relación. Es responsabilidad del analista determinar si una variable influye sobre la otra, recurriendo al conocimiento del proceso y análisis complementarios (Gutiérrez Pulido, 2020).

Para que sigas recordando sobre el Diagrama de Dispersión, dale un vistazo al siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=31OwPATTjrc>

Y para una ampliación de su uso y un formato para esta herramienta, accede a la siguiente página de la *American Society for Quality*:

<https://asq.org/quality-resources/scatter-diagram>

#### 5.1.1.6. Diagramas Causa - Efecto

El Diagrama Causa – Efecto, también conocido como Diagrama de Ishikawa, en honor a su creador Kaoru Ishikawa, es una herramienta que permite investigar la relación entre un problema y sus posibles causas. Promueve el trabajo en equipo al buscar activamente las causas de los problemas (Evans & Lindsay, 2015).

El modelo clásico del Diagrama organiza las causas potenciales en seis categorías principales, conocidas como las “6M”: métodos de trabajo, mano de obra (o personal), materiales o materia prima, maquinaria o equipos, medición y medio ambiente. Estos elementos influyen en la variabilidad de un proceso, siendo común que las causas de los problemas se asocien con alguna de estas categorías (Gutiérrez Pulido, 2020). En la Tabla 7, se encuentran una lista de tópicos ejemplos vinculados a cada categoría de las “6M”.

**Tabla 7.** Las “6M”

Categoría	Tópicos vinculados a la categoría
<b>Métodos</b>	Estandarización - Excepciones al método - Definición de método
<b>Personal (mano de obra)</b>	Conocimiento – Entrenamiento – Habilidad – Competencia - Motivación
<b>Materiales o materia prima</b>	Variabilidad – cambios realizados – proveedores – tipos.
<b>Maquinaria o equipos</b>	Capacidad del equipo – Condiciones de operación del equipo – Herramientas requeridas – Ajustes al equipo – Mantenimiento.
<b>Medición</b>	Existencia – cálculo – repetitibilidad y reproducibilidad – manejo de muestra – tipo de medición.
<b>Medio ambiente</b>	Condicones variables – estacionalidad.

**Fuente:** Adaptado de (Gutiérrez Pulido, 2020)

Para construir un Diagrama Causa – Efecto se siguen los siguientes pasos (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Definir el problema a analizar (específico).
- Conformar el equipo que realizará el análisis.
- Definir las categorías a utilizar.
- Identificar causas potenciales mediante una lluvia de ideas (primera ronda).
- Ubicar las causas “primera ronda” en las categorías correspondientes (ramales de categoría). Se pueden crear otras categorías (si se considera necesario).
- Definir si las causas de “primera ronda” son causas raíz. Se puede aplicar la técnica de los “5 por qué” en cada causa de “primera ronda”.
- Priorizar las causas raíz (si es requerido).
- Definir las acciones de mejora para corregir cada una de las causas raíz seleccionadas.

La técnica de los “5 por qué”. Esta técnica consiste en cuestionar repetidamente “¿por qué?” sobre una causa inicial hasta identificar la causa raíz. El número de preguntas no siempre es exactamente cinco; puede variar según la complejidad del problema.

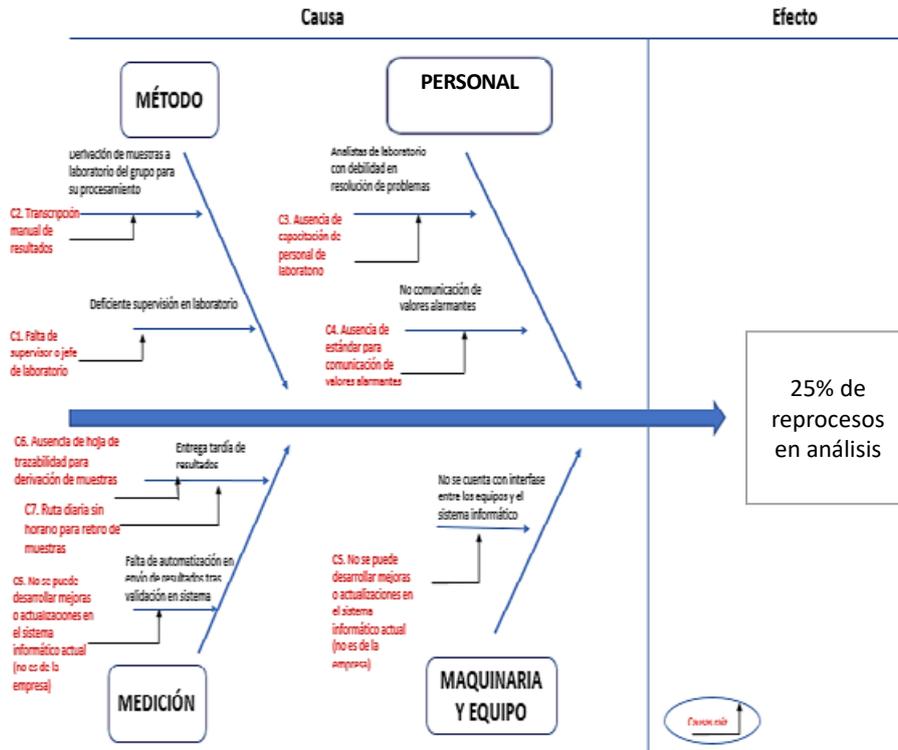
Por la forma que adquiere el Diagrama con sus ramales de “causa”, se lo conoce también como Diagrama de Espina de Pescado, donde en la “boca del pez” se coloca la problemática a resolver (efecto) y el “esqueleto del pez” corresponde a la zona de identificación de causas.

Como puntos a considerar en tu construcción del diagrama: no es requerido que se identifiquen causas vinculadas a TODAS las categorías seleccionadas (en todas las 6M, por ejemplo) y se pueden utilizar OTRAS categorías principales (distintas a las 6M).

En las Figuras 6 y 7 te encuentras con dos ejemplos de Diagrama Causa – Efecto.

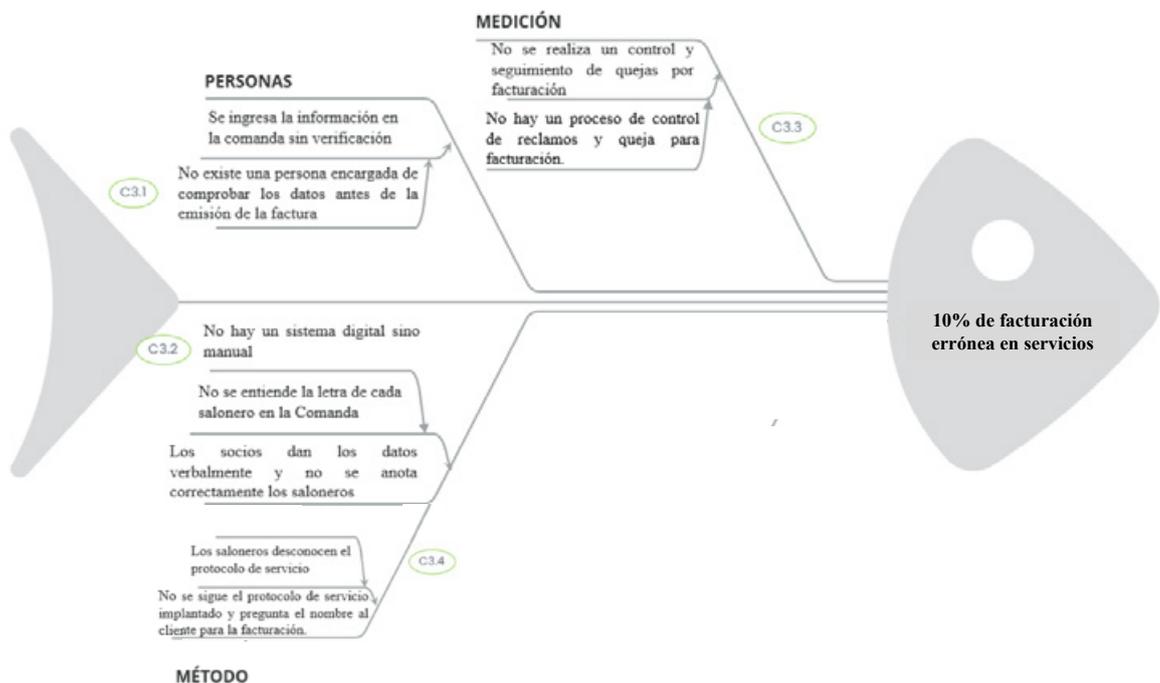
Observa en la Figura 6 que el problema específico que se resolvió es el “25% de reprocesos en análisis” en un laboratorio y se encuentra ubicada en la “zona de efecto” del Diagrama; en la zona de “causa” está el ramal principal y los ramales por “categoría”

con su desglose para la identificación de causas raíz, llegando a 7 causas raíz que se encuentran codificadas en color rojo.



**Figura 6:** Ejemplo de Diagrama Causa – Efecto con la problemática “reprocesos en análisis”

En la Figura 7, el problema específico es la “facturación errónea” en un restaurante y como visualizas está en la “boca del pez”; en la zona de ramales (esqueleto del pez), puedes encontrar 4 causas raíz identificadas con una codificación.



**Figura 7:** Ejemplo de Diagrama Causa – Efecto con la problemática “facturación errónea”

Para que sigas recordando sobre el Diagrama Causa - Efecto, dale un vistazo al siguiente link:

<https://www.youtube.com/watch?v=VM8Tz3xHwsM>

Y para una ampliación de su uso, más ejemplos y un formato para esta herramienta, accede a la siguiente página de la *American Society for Quality*:

<https://asq.org/quality-resources/fishbone>

### 5.1.1.7. Cartas de Control de proceso

Las cartas de control de proceso son diagramas que registran datos sucesivos de una característica para analizar su variabilidad y comportamiento a lo largo del tiempo. Permiten diferenciar entre variaciones causadas por “causas comunes” y aquellas provocadas por “causas especiales”, guiando la toma de acciones de control y mejora (Gutiérrez Pulido, 2020).

Estas cartas fueron creadas por el estadounidense Walter Shewhart, también creador del ciclo PHVA estudiado en nuestra clase de métodos de mejora. Constituyen una de las herramientas más poderosas para el control y análisis estadístico en procesos. Una carta de control típica se compone de tres líneas paralelas (Kume, 2008):

- La línea central que representa el promedio del estadístico que se ha calculado para cierta cantidad de muestras.
- Las otras dos líneas se llaman límites de control superior (LCS) e inferior (LCI), y se encuentran, la una por encima y la otra por debajo de la línea central. Los límites son estimaciones de la amplitud de la variación del estadístico. Cada tipo de carta tiene una fórmula para el cálculo de sus límites de control, basadas en:

$$LCS = \mu + 3 \sigma$$

$$LCI = \mu - 3 \sigma$$

donde:  $\mu$  es la media del estadístico y  $\sigma$  es la desviación estándar.

Los valores del estadístico de la carta se van registrando en la carta de control, lo cual representa el estado del proceso. Si todos los valores se encuentran dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces es señal de que pasó algo “especial” y es necesario investigar la causa porque el proceso ha salido “fuera” de control. Lo que se observa en una carta de control, no solo es que un punto caiga fuera de los límites de control, sino también cualquier formación o patrón (tendencia) de los datos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”, lo cual es una señal de alerta de posibles cambios a “causas especiales” (Kume, 2008).

Existen dos clases de cartas de control: para variables y para atributos (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Las cartas de control para variables se usan para características de valores CONTINUOS como pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, temperaturas, entre otros. Las principales cartas de este tipo las encuentras en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Cartas de control para variables

Tipo de carta	Descripción
<b>Carta <math>\bar{X}</math></b> <b>(de medias)</b>	Utilizada para monitorear la media de un proceso en intervalos de tiempo. Permite observar si el promedio de las mediciones se mantiene dentro de límites establecidos. Utilizada en procesos semi-masivos o masivos.
<b>Carta R</b> <b>(de rangos)</b>	Controla la variabilidad del proceso al medir el rango (diferencia entre el valor máximo y mínimo) de las muestras. Utilizada en procesos semi-masivos o masivos.
<b>Carta S</b> <b>(de desviaciones estándar)</b>	Similar a la carta R, pero utiliza la desviación estándar para monitorear la variabilidad, proporcionando una medida más precisa en procesos con mayor cantidad de datos.
<b>Carta X</b> <b>(de medias individuales)</b>	Diagrama para variables de tipo continuo, pero se aplica a procesos lentos, en los cuales, para obtener una medición de la variable se requieren períodos relativamente largos.

**Fuente:** Adaptado de (Gutiérrez Pulido, 2020) (Evans & Lindsay, 2015)

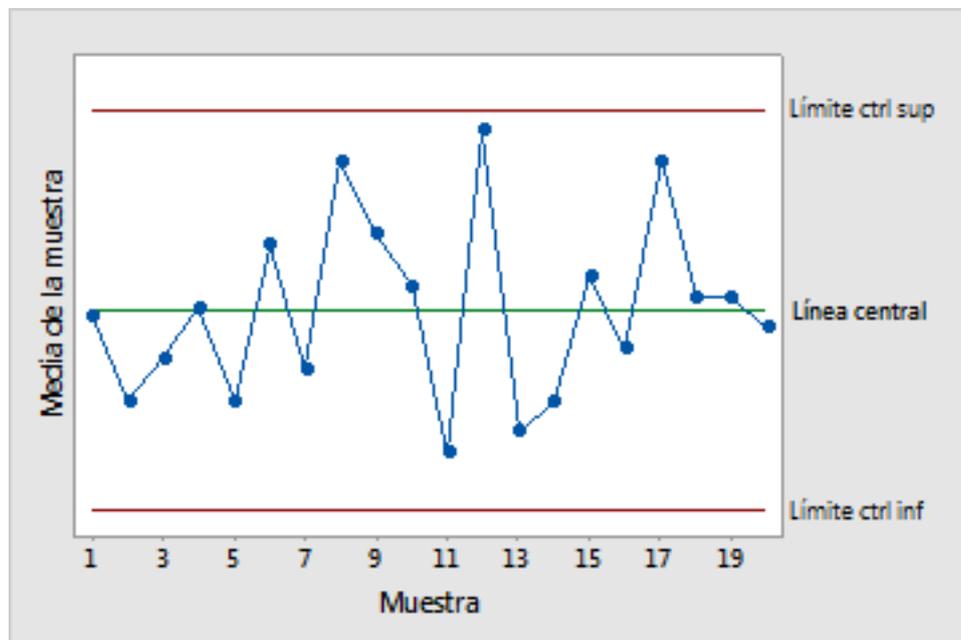
- Las cartas de control para atributos son aplicadas a variables de tipo discreto y semicualitativas. Las principales cartas de este tipo las encuentras en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Cartas de control para atributos

Tipo de carta	Descripción
<b>Carta p</b> <b>(proporción o fracción de defectuosos)</b>	Utilizada para controlar proporciones, como el número de unidades defectuosas en un lote. Ayuda a determinar si la proporción de defectos se mantiene dentro de límites aceptables.
<b>Carta np</b> <b>(número de unidades defectuosas)</b>	Cuenta el número absoluto de defectuosos en un tamaño fijo de muestra, permitiendo monitorear la variable en lotes específicos.
<b>Carta c</b> <b>(número de defectos)</b>	Monitorea el número total de defectos en una unidad o muestra, útil cuando se desea contar defectos múltiples en un solo producto.
<b>Carta u</b> <b>(número promedio de defectos por unidad)</b>	Controla la tasa de defectos por unidad, permitiendo evaluar la calidad en situaciones donde el tamaño del lote puede variar.

**Fuente:** Adaptado de (Gutiérrez Pulido, 2020) (Evans & Lindsay, 2015)

A través de aplicativos de bases de datos o para uso estadístico, podemos generar nuestras cartas de control. En la Figura 8, encuentras un ejemplo de una carta de control  $\bar{X}$ . Allí visualizamos la línea central y los límites de control superior e inferior.



**Figura 8:** Ejemplo de carta de control de proceso  $\bar{X}$

**Fuente:** (Minitab, n.d.)

Se supone que la variabilidad o variación de un proceso es inevitable. Cuando el proceso está bajo control, entonces la variabilidad que presenta se denomina “variación natural de proceso” y nada se puede hacer para evitarla. Pero cuando un proceso está fuera de control, entonces se dice que la variabilidad que se presenta se debe a “causas especiales”. En este último caso es donde necesitamos buscar estas “causas especiales” y aplicar las medidas necesarias para su eliminación y para que el proceso vuelva a estar bajo control. Las cartas de control son las herramientas que nos permiten realizar este control tanto para el mantenimiento como para la mejora del proceso.

El estudio sobre el uso de las cartas de control y su potencial de aplicación es amplio, llegando a complementarse con estudios de capacidad de procesos. Nuestro objetivo en este módulo es presentarte esta herramienta para que sigas su exploración en tu camino gerencial. Dentro de los puntos de profundización de la clase, vas a encontrar la construcción de la “carta de individuales” que es de las más usadas en indicadores administrativos.

Para una ampliación del uso y un formato para las Cartas de Control, accede a la siguiente página de la *American Society for Quality*:

<https://asq.org/quality-resources/control-chart>

Las fórmulas para el cálculo de los límites para cada tipo de Carta de Control, lo encuentras en:

<https://emilopezcano.github.io/estadistica-ciencias-ingenieria/spc.html>

Para que sigas conociendo sobre las Cartas de Control, dale un vistazo al siguiente video donde se construye una de las cartas más utilizadas  $\bar{X}$  - R:

<https://www.youtube.com/watch?v=hlyUeDc3McA>

---

Luego de este breve recorrido por las herramientas estadísticas básicas, recalquemos la importancia de seguir profundizando para tu carrera gerencial en su uso, no solamente de estas, sino de todo lo que nos ofrece la estadística en cuanto al manejo de datos y siempre vinculándonos al principio de “tomar mejores decisiones con base en hechos y datos”; esto involucra nuestra actitud gerencial para llevar una organización en ese camino. Como lo indica (Kume, 2008) respecto al uso de la estadística para la industria japonesa: “La habilidad para analizar las cosas desde el punto de vista estadístico es más importante que los métodos individuales. Además, necesitamos ser francos para reconocer los problemas y la variabilidad, y recoger información sobre ello. Finalmente, queremos subrayar que lo importante no es solamente el conocimiento de los métodos estadísticos como tales sino más bien, la actitud mental hacia su utilización”.

Para complementar la información sobre las herramientas de la calidad, visita el link:

<https://www.youtube.com/watch?v=K-5metJ6KnU>

Si necesitas construir diagramas estadísticos en línea, te recomiendo:

<https://datatab.es/statistics-calculator/charts>

#### • REFERENCIAS CITADAS EN LA CLASE 5

Cantú, H. (2011). Desarrollo de una Cultura de Calidad (4ta ed.) McGraw Hill.

Duffy, G., & Furterer, S. (2020). The ASQ Certified Quality Improvement Associate Handbook. ASQ Quality Press.

Evans, J., Lindsay, W., (2015). Administración y Control de la Calidad (9na. ed.). Cengage Learning.

Gutiérrez Pulido, H. (2020). Calidad y productividad (5ta. ed.). McGraw-Hill.

Kume, H. (2008). Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Grupo Editorial Norma.

Organización Internacional de Normalización. (2015). Norma Internacional ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario. ISO - Grupo ISO/TC 176.

Pérez, J. (2013). Gestión por Procesos (5ta. ed.). Alfaomega Grupo Editor.

Minitab. (n.d.). Understanding control charts. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/>

Tokio School. (n.d.). Big Data y estadística: <https://www.tokioschool.com/noticias/big-data-y-estadistica/>

- **DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS CITADOS EN LA CLASE 5**

- **Estadístico:** Valor numérico que se calcula a partir de un conjunto de datos. Se utiliza para resumir, describir o inferir propiedades sobre una población a partir de una muestra. Los estadísticos son fundamentales en la estadística, ya que permiten realizar análisis y tomar decisiones basadas en datos (Evans & Lindsay, 2015).
- **Coefficiente de correlación lineal (r):** Es una medida estadística que indica la fuerza y la dirección de una relación lineal entre dos variables (Gutiérrez Pulido, 2020).
- **Causas de la variación:** Factores que propician la variabilidad del proceso (Cantú, 2011).
- **Especificación:** Requisito detallado que un producto, servicio o proceso debe cumplir para asegurar los niveles de calidad definidos (Evans & Lindsay, 2015).

- **PROFUNDIZACIÓN CLASE 5**

- **La variabilidad y el pensamiento estadístico**

La variación o variabilidad es parte de nuestra quehacer diario: el tiempo que tardamos en ir a nuestros sitios de trabajo, la temperatura del ambiente o la cantidad de correos electrónicos que contestamos. Esta variación ocurre en los resultados de los procesos, ya que son generados por la interacción de materiales, máquinas, personas (mano de obra), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos, las “6 M”, determinan el desempeño del proceso y cada uno aporta a su variabilidad (Gutiérrez Pulido, 2020) y son las que definen las “causas de la variación”.

Las “causas de la variación” son los factores que propician la variabilidad del proceso (Cantú, 2011). No todos los cambios en las “6 M” se reflejan en una variación significativa en los resultados o desempeño del proceso; están aquellos vinculados al funcionamiento del proceso mismo (conocidos como “causas comunes o debidas al azar”) y que reflejan el comportamiento “natural” del proceso y habrá otros cambios que se dan en una situación particular y atribuible (conocidos como “causas especiales o asignables”).

Por estas posibilidades de que ocurran cambios y desajustes, se hace necesario monitorear los signos vitales de un proceso y allí es donde la estadística es vital para este control y seguimiento con el fin de (Gutiérrez Pulido, 2020):

- Identificar dónde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los problemas.
- Analizar los datos para identificar las fuentes de variabilidad y pronosticar su desempeño.

- Detectar anomalías en los procesos con oportunidad y a un bajo costo.
- Apoyar a la planificación y toma de decisiones.
- Expresar y evaluar de manera objetiva el impacto de las decisiones.
- Enfocarse en lo realmente importante.
- Analizar de manera lógica, sistemática y ordenada la búsqueda de mejoras.

Surge entonces el “pensamiento estadístico” como una “forma de pensamiento que se apoya en conceptos y métodos estadísticos y que busca comprender el todo de una situación o problema a partir de entender la interrelación de sus componentes y de conocer su variación para incidir de manera más eficiente sobre el todo” (Gutiérrez Pulido, 2020). Este pensamiento tiene los siguientes principios:

- Todo el trabajo ocurre en un sistema de procesos interrelacionados.
- La variación existe en todos los procesos.
- Entender y reducir la variación son claves para el éxito.

De estos principios se desprende la aplicación de los conceptos y métodos estadísticos para la toma de decisiones.

En nuestra actualidad de “Big Data”, la estadística desempeña un papel crucial en el ámbito ya que proporciona las herramientas necesarias para analizar y extraer información valiosa de grandes volúmenes de datos. A medida que las organizaciones generan y recopilan datos a gran escala, la estadística permite identificar patrones, tendencias y correlaciones que son esenciales para la toma de decisiones informadas. Sin la estadística, el potencial del Big Data no podría ser plenamente aprovechado, limitando así las oportunidades de innovación y mejora en diversos sectores (Tokio School, n.d.).

#### ○ **Cálculo del coeficiente de correlación**

Como un aspecto informativo, la fórmula del coeficiente de correlación lineal es (Gutiérrez Pulido, 2020):

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX} \cdot S_{YY}}}$$

donde:

$S_{XY}$ : Suma del producto de las desviaciones con respecto a la media.

$$SS_{xy} = \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

$S_{XX}$ : Suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media para X.

$$SS_{xx} = \sum (X_i - \bar{X})^2$$

$SS_{yy}$ : Suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media para Y.

$$SS_{yy} = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

○ **Carta de control de individuales**

La carta de control X de medias individuales, conocida como “de individuales” es un diagrama para variables de tipo continuo, pero que se aplica cuando para la medición de UN dato de la variable se requiere períodos relativamente largos como por ejemplo, espacios de medida de 1 a 100 horas. En este espectro entran las variables administrativas, cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más (como productividad, desperdicio, consumos).

Para estos casos, la carta de control de individuales es la mejor opción. Para determinar sus límites de control se utilizan la siguientes consideraciones:

$$\mu = \bar{X}$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{1.128}$$

Donde:

$\bar{X}$  → media de las mediciones.

$\bar{R}$  → media de los rangos móviles

$$LCS = \bar{X} + 3 * \left[ \frac{\bar{R}}{1.128} \right] \qquad LCI = \bar{X} - 3 * \left[ \frac{\bar{R}}{1.128} \right]$$

Donde:

LCS → Límite de control superior.

LCI → Límite de control inferior.

A continuación miremos un ejemplo de construcción de esta carta. En la Tabla 10 se encuentran los datos para este ejemplo que corresponde a valores de rendimiento diario de un proceso.

**Tabla 10.** Datos de rendimiento diario de un proceso

Día	Rendimiento diario
1	125,1
2	127,5
3	122,7
4	126,4
5	125,5
6	130,5
7	127,3
8	127,5
9	127,3
10	123,0
11	123,5
12	128,0
13	126,4
14	128,3
15	129,5
16	128,1
17	125,1
18	128,5
19	125,0
20	126,3
21	126,5
22	127,9
23	129,5
24	131,9

Para construir la carta de control de individuales, realizamos el cálculo del rango móvil, que es el valor absoluto del rango entre dos observaciones sucesivas en el proceso; para nuestro ejemplo, el primer valor de rango móvil será la resta entre el valor del día 2 con el valor del día 1 ( $127.5 - 125.1 = 2.4$ ); en la Tabla 11 se encuentran los cálculos de los rangos móviles para todos los datos de nuestro ejemplo.

**Tabla 11.** Rango móvil para los datos de la Tabla 10

Día	Rendimiento diario	Rango móvil
1	125,1	
2	127,5	2,4
3	122,7	4,8
4	126,4	3,7
5	125,5	0,9
6	130,5	5,0
7	127,3	3,2
8	127,5	0,2
9	127,3	0,2
10	123,0	4,3
11	123,5	0,5
12	128,0	4,5
13	126,4	1,6
14	128,3	1,9
15	129,5	1,2
16	128,1	1,4
17	125,1	3,0
18	128,5	3,4
19	125,0	3,5
20	126,3	1,3
21	126,5	0,2
22	127,9	1,4
23	129,5	1,6
24	131,9	2,4

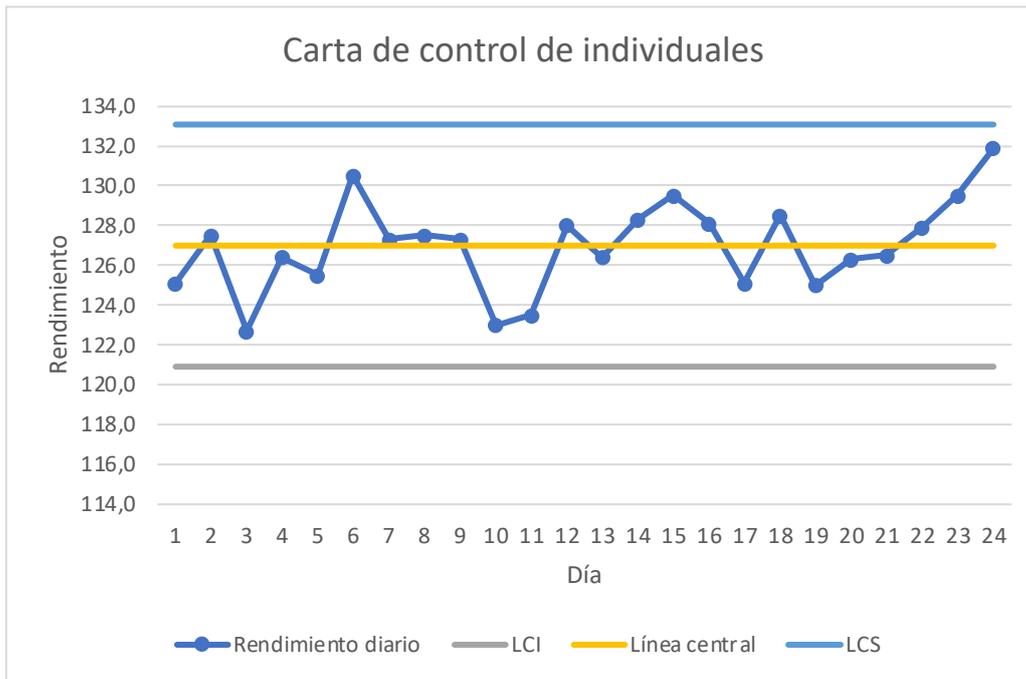
Ahora calculemos la media de los datos y la media de los rangos móviles:

- $X \text{ media} = 126,97$
- $R \text{ media} = 2,29$

Con estos datos, podemos obtener los valores de los límites de control superior e inferior para nuestra carta con las ecuaciones que revisamos anteriormente; el límite central para este tipo de carta es la  $X \text{ media}$ .

- $LCS = 133,05$
- Línea central =  $126,97$
- $LCI = 120,89$

Con los valores completos, estamos listos para generar nuestra carta de control de individuales (ver Figura 9).



**Figura 9:** Carta de control de individuales para los datos de la Tabla 10.

Pasemos a la interpretación de la carta, consideremos que la especificación para el rendimiento del proceso sea 125:

- Se observa que el proceso se encuentra ligeramente descentrado (comparando este valor con la media).
- Existe una tendencia ascendente desde el día 19 con 6 puntos consecutivos, lo cual puede ser interpretado como el efecto de una “causa especial”, que requiere ser investigada para prevenir que el proceso salga fuera de control.



**La excelencia no se improvisa**

síguenos

