

UNIDAD 4. INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

Expectativas de logro

- Comprender los principios fundamentales de la inferencia estadística
- Conocer conceptos básicos sobre índices.

Contenidos

4.1- Índices.

4.3- Herramientas estadísticas aplicadas a la calidad y productividad.

El propósito de un estudio estadístico suele ser, extraer conclusiones acerca de la naturaleza de una población. Al ser la población grande y no poder estudiarla en su integridad en la mayoría de los casos, las conclusiones obtenidas deben basarse en el examen de una parte de ésta, lo que nos lleva, en primer lugar a la justificación, necesidad y definición de las diferentes técnicas de muestreo.

4.1 ÍNDICES

4.1.1.- Introducción, concepto y clasificación

Generalmente las magnitudes socioeconómicas varían en el espacio y/o en el tiempo y normalmente surge la necesidad de hacer comparaciones en función del tiempo y/o el espacio, tanto por separado como por grupos o conjunto de las mismas. Con el fin de poder realizar estas comparaciones es necesario elaborar series de indicadores económicos, siendo los números índices uno de ellos.

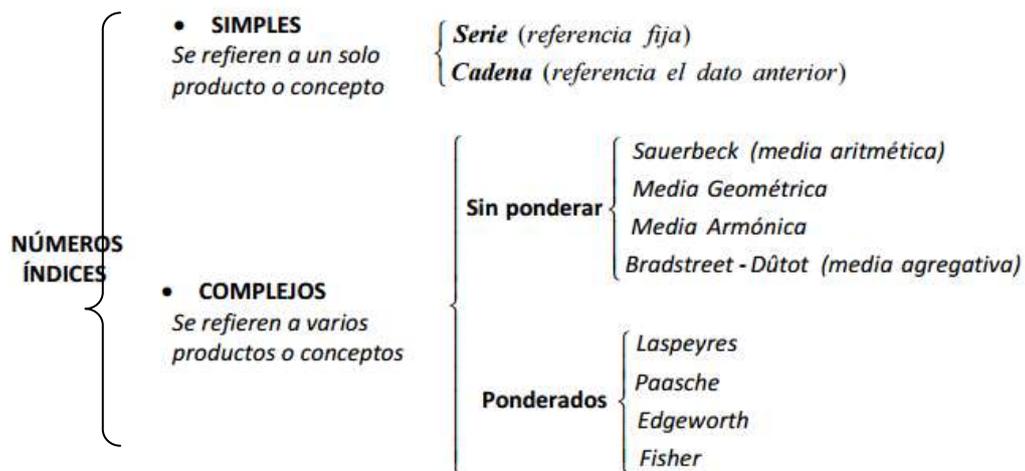
En síntesis podemos decir que los números índices constituyen una técnica para analizar y comparar un conjunto de datos en distintos momentos del tiempo y/o del espacio. Los números índices pueden tener distinta naturaleza:

- **NATURALEZA ESTADÍSTICA**, cuando se obtienen sin tener en cuenta las posibles relaciones funcionales de las magnitudes en estudio;
- **NATURALEZA FUNCIONAL**, cuando se obtienen suponiendo una relación funcional entre los valores de las variables y su entorno.

Mediante los números índices se pretende estudiar las variaciones de un fenómeno complejo por medio de una expresión que permita comparar dos o más situaciones distintas en el tiempo y/o el espacio.

La teoría de los números índices se ha desarrollado, fundamentalmente, para el estudio de las variaciones de precios, tratando de medir el nivel general de precios e inversamente, el poder adquisitivo del dinero. Sin embargo, la aplicabilidad de estos indicadores no se limita al estudio de los precios, utilizándose en todos los campos de la actividad humana que se pueden observar y cuantificar estadísticamente. En economía tienen un gran empleo, existiendo números índice de salarios, producción, precios, comercio exterior, etc.

En resumen, podemos decir que un número índice, indica, mediante sus variaciones, los cambios de una magnitud que no es susceptible de medición exacta en sí misma, ni de una evaluación directa en la práctica. Atendiendo a la naturaleza estadística, podemos establecer la siguiente clasificación de los números índice:



4.1.2.- Números Índices simples.

Los números índices simples se refieren a un solo artículo o concepto, lo cual se traduce a trabajar con una variable unidimensional. **Son simples relaciones o porcentajes entre los valores de un artículo o concepto correspondientes a dos épocas o lugares que desean compararse.** La comparación se realiza entre el valor correspondiente a un periodo fijo (periodo base) y el valor alcanzado por la magnitud en cualquier otro momento t . Formalicemos el concepto. Dada una serie temporal $\{H_t\}$, los números índices se obtienen dividiendo cada uno de los valores de la variable en cada momento por el valor que tomó la variable en el instante de referencia, denominado periodo base. Definimos el índice de la magnitud H y lo denotamos por $I_{t/0}(H)$ a:

$$I_{t/0}(H) = \frac{H_t}{H_0}$$

Siendo: H_t el valor de la variable en el momento t .
 H_0 el valor de la variable en el momento 0.

El índice así definido nos da el tanto por uno en que se ha modificado la magnitud H desde el periodo 0 al periodo t .

Normalmente se utiliza el índice en términos porcentuales:

$$I_{t/0}(H) = \frac{H_t}{H_0} \times 100$$

4.1.2.1- Números Índices simples en serie.

El caso más sencillo de índice simple es el de serie. En general, en un índice simple de base fija, en el cual, tenemos la siguiente situación:

- Una variable X medida en los tiempos t_0, t_1, \dots, t_n .
- Los valores de X en esos tiempos: x_0, x_1, \dots, x_n
- Tomamos t_0 como período base y x_0 como valor del período base.
- El índice I para la magnitud anterior es: $I_{t/0} = \frac{x_t}{x_0}$

**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

Que, por tanto, mide el tanto por uno de variación de la magnitud X entre el período base y el actual. También se puede expresar en tanto por ciento.

Ejemplos de este tipo de índice son:

- **Precio relativo:** razón entre precios de los dos periodos
- **Cantidad relativa:** razón entre las cantidades producidas o vendidas
- **Valor relativo:** razón entre el valor producido o vendido. El valor es igual al producto del precio por la cantidad.

En general, el período base no tiene que ser necesariamente el primero, sino que se puede elegir otro especialmente significativo: En el siguiente ejemplo, la empresa inició unas importantes reformas de infraestructura el año 1995. Por esta razón se ha elegido este como año de referencia para los pasados y los anteriores.

Año	Producción	Índice _{t 1988}	Índice _{t 1988} %	Índice _{t 1995}	Índice _{t 1995} %
1988	0,61	1,00	100,00	0,64	64,21
1989	0,82	1,34	134,43	0,86	86,32
1990	0,85	1,39	139,34	0,89	89,47
1991	0,95	1,56	155,74	1,00	100,00
1992	1,12	1,84	183,61	1,18	117,89
1993	1,02	1,67	167,21	1,07	107,37
1994	0,97	1,59	159,02	1,02	102,11
1995	0,95	1,56	155,74	1,00	100,00
1996	1,13	1,85	185,25	1,19	118,95
1997	1,37	2,25	224,59	1,44	144,21
1998	1,52	2,49	249,18	1,60	160,00
1999	1,49	2,44	244,26	1,57	156,84
2000	1,51	2,48	247,54	1,59	158,95

Esta operación es un cambio de base. Como interpretación de los índices, podemos señalar que en el año 1996 la producción fue un 85, 25% más alta que el año 1988 (185, 25% – 100% = 85,25%), mientras que fue un 19% más alta que en el año 1995.

4.1.2.2- Números Índices simples en cadena.

A diferencia de los anteriores, el índice simple en cadena se calcula dividiendo el dato de cada período por el del inmediatamente anterior, es decir, tenemos:

- Una variable X medida en los tiempos t_0, t_1, \dots, t_n .
- Los valores de X en esos tiempos: x_0, x_1, \dots, x_n
- El índice I para la magnitud anterior es: $I_{t|(t-1)} = \frac{x_t}{x_{t-1}}$

Con los datos de la siguiente tabla:

Año	Trimestre	Mujeres activas (miles)	Base(2009-3º)
2009	3	10089,4	-----
2009	4	10139,3	$(10139,3 / 10089,4) \cdot 100 = 100,49$
2010	1	10213,3	$(10213,3 / 10139,3) \cdot 100 = 100,73$
2010	2	10250,5	$(10250,5 / 10213,3) \cdot 100 = 100,36$
2010	3	10265,2	$(10265,2 / 10250,5) \cdot 100 = 100,14$

Relevamiento de Mujeres Activas en España

Los índices en cadena reflejan la variación porcentual entre trimestres del número de mujeres activas en España.

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

En esta línea, en el segundo trimestre del 2010 el número de mujeres activas fue un 0,36% superior al dato del trimestre anterior.

4.1.2.3- Números Índices complejos.

Los números índices complejos hacen referencia a varios artículos o conceptos a la vez (magnitudes complejas) y su evolución en el espacio y/ó el tiempo.

Supongamos que una empresa tiene tres productos A, B y C; cada uno de los cuales tiene su correspondiente precio (P_a , P_b y P_c). Si nos interesara la evolución de cada precio individualmente, hallaríamos los índices simples de P_a , P_b y P_c , pero si lo que queremos analizar es la evolución del precio general de la empresa, tendremos que tener en cuenta la evolución conjunta de todos ellos. Esto lo podemos hacer de dos formas:

- Suponiendo que cada producto tiene la misma importancia relativa dentro de la empresa, en este caso calcularíamos **los INDICES COMPLEJOS SIN PONDERAR**.
- Suponiendo que cada producto tiene distinta importancia relativa dentro de la empresa. Calcularíamos los **INDICES COMPLEJOS PONDERADOS**.

4.2 HERRAMIENTAS ESTADISTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

Expectativas de logro:

- Informarse sobre el papel de los métodos estadísticos en la administración de los procesos de producción.
- Conocer las herramientas estadísticas más utilizadas para mejorar los procesos de producción y reducir sus defectos.

Contenidos:

- 4.2.1. Conceptos básicos acerca de control de calidad y graficas de control;
- 4.2.2. Los Métodos Estadísticos;
 - 4.2.2.1. Hojas de Registros;
 - 4.2.2.2. Histogramas;
 - 4.2.2.3. Diagramas de Pareto;
 - 4.2.2.4. Diagramas de Dispersión;
 - 4.2.2.5. Diagramas Causa-Efecto;
 - 4.2.2.6. Gráficos de Control;
 - 4.2.2.7. Diagramas de Flujo;
 - 4.2.2.8. Estratificación.

4.2.1. Introducción

Los métodos estadísticos son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las herramientas estadísticas son precisamente herramientas: no servirán si se usan inadecuadamente.

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

Con frecuencia se intenta reducir los defectos de producción remontándose directamente a la causa del defecto. Pero, en la mayoría de los casos, las causas encontradas por medio de ese enfoque no son verdaderas. Es por ello, que el primer paso para encontrar la verdadera causa es una *observación cuidadosa* del fenómeno del defecto. Luego de esa observación cuidadosa, la verdadera causa será evidente.

Las herramientas estadísticas **dan objetividad y precisión** a las observaciones. Las premisas de la manera de pensar estadísticamente son:

1. Dele mayor importancia a los hechos que a los conceptos abstractos.
2. No exprese los hechos en términos de sentimientos o de ideas. Utilice cifras derivadas de los resultados específicos de la observación.
3. Los resultados de las observaciones, acompañados como están por el error y la variación, son parte de un todo oculto.
4. Acepte como información confiable, la distribución normal que aparece cuando hay un gran número de observaciones.

El papel de los métodos estadísticos en la administración de los procesos de producción ¿Qué causa los productos defectuosos?

Mucha gente piensa que debido a los estrictos requisitos de calidad que deben cumplir los productos y a los muchos factores que pueden causar un defecto, los productos defectuosos son inevitables.

Sin embargo, independientemente de los tipos de productos o de las clases de métodos de producción utilizados, la causa de los defectos es universal.

La variación es la causa de los productos defectuosos. Los elementos que en ella dependen son:

- Material;
- Mano de obra;
- Máquina;
- Método.

No importa cuántos productos se fabriquen, todos ellos deben ser idénticos mientras las cuatro condiciones anteriores sean idénticas. Es decir, todos los productos cumplirán o no cumplirán los requisitos. Todos ellos serán defectuosos si los materiales, las maquinarias, el personal y/o método de trabajo o la inspección son inadecuados. En ese caso, se producirán productos defectuosos exactamente idénticos. Mientras no haya fallas en las cuatro condiciones mencionadas, los productos que resulten deben ser todos "idénticamente" productos no defectuosos.

Con respecto a los productos que se fabrican en serie y en masa, es casi imposible que todos ellos salgan defectuosos. Algunos son defectuosos mientras que otros no lo son. En otras palabras los productos defectuosos y los buenos salen mezclados.

Los productos defectuosos son causados por las variaciones. Si estas variaciones se reducen, seguramente disminuirán los productos defectuosos. Éste es un principio sencillo y sólido, aplicable cualesquiera que sean los tipos de productos o las clases de métodos de producción utilizados.

Diagnóstico de los Procesos

El proceso de encontrar las causas de los productos defectuosos entre muchos factores se llama diagnóstico de procesos. Para reducir el número de productos defectuosos, la primera acción es hacer un diagnóstico correcto para ver cuáles son las verdaderas causas de los defectos; segundo tomar las acciones necesarias para solucionar las causas identificadas.

Hay muchos métodos que se utilizan en los distintos sectores productivos. Algunos utilizan la intuición, otros dependen de la experiencia. Aun otros recurren al análisis estadístico de los datos, y hasta se puede usar la investigación experimental.

“Los métodos estadísticos proporcionan un medio eficaz para desarrollar una nueva tecnología y controlar la calidad de los procesos de manufactura”.

Conceptos básicos acerca de control de calidad y graficas de control;

Concepto de Calidad

Calidad es la totalidad de funciones y características de un producto o servicio que atañen a su capacidad para satisfacer necesidades expresas o implícitas.

- **Calidad del Diseño:** Es el grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado; en la medida que las características previstas, los materiales y las formas concebidas por el diseñador cumplen con las necesidades del usuario.
- **Calidad del Producto:** Es el grado de concordancia entre el producto y sus especificaciones. Siendo el grado en el que el proceso de manufactura y mano de obra han reproducido el producto lo más cercano del diseño original.

Control de Calidad:

Es el proceso mediante el cual se miden las características de un producto, se comparan los valores con las normas establecidas y se adoptan las medidas correctivas convenientes cuando no se ajustan a las normas.

4.2.2. Los Métodos Estadísticos;

La estadística y los métodos estadísticos siguen haciendo grandes progresos, pero no es necesario saberlo todo para promover el Control de calidad y la Gestión Empresarial, por el contrario, de hecho, puede ser perjudicial enseñar demasiadas cosas, por ello la enseñanza de los métodos estadísticos debe realizarse según el nivel de los usuarios, teniendo en cuenta las condiciones reales de los puesto de trabajo donde se vayan a utilizar.

Los métodos estadísticos se dividen en tres categorías de acuerdo con su nivel de dificultad y son:

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

- **Método Estadístico Avanzado:** Este está dirigido a ingenieros especialistas y a algunos ingenieros de Control de Calidad.
 1. Métodos Avanzados de diseñar experimentos.
 2. Análisis de multivariados.
 3. Técnicas avanzadas de fiabilidad.
 4. Métodos avanzados de ensayos sensoriales.
 5. Diversos métodos de investigación de operaciones.
 6. Otros métodos.
- **Método Estadístico Intermedio:** Este está dirigido a los ingenieros en general y a los supervisores.
 1. Teoría del muestreo.
 2. Inspección Estadística por muestreo.
 3. Diversos Métodos de realizar estimaciones y pruebas estadísticas.
 4. Uso del papel probabilístico binomial.
 5. Correlación simple y análisis de regresión.
 6. Técnicas Sencillas de fiabilidad.
 7. Métodos de utilización de ensayos sensoriales.
 8. Métodos de diseñar experimentos.
- **Método Estadístico Elemental:** Este está dirigido a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios de base, pasando por los directivos medios.
 1. Hojas de Registros;
 2. Gráficas de Barras e Histogramas;
 3. Diagramas de Pareto;
 4. Diagramas de Dispersión;
 5. Diagramas Causa-Efecto;
 6. Estratificación;
 7. Gráficos de Control;
 8. Diagramas de Flujo.

Las características que tienen en común las Herramientas de Control de Calidad anteriores, es que todas son visuales y que tienen forma de gráficos o diagramas. Estas Herramientas se utilizan habitualmente, permitirán que se resuelva hasta un noventa y cinco por ciento de los problemas de una empresa. Por lo que las dos categorías restantes se necesitaran solamente para resolver un cinco por ciento de los casos.

4.2.2.1. Hojas de Registros;

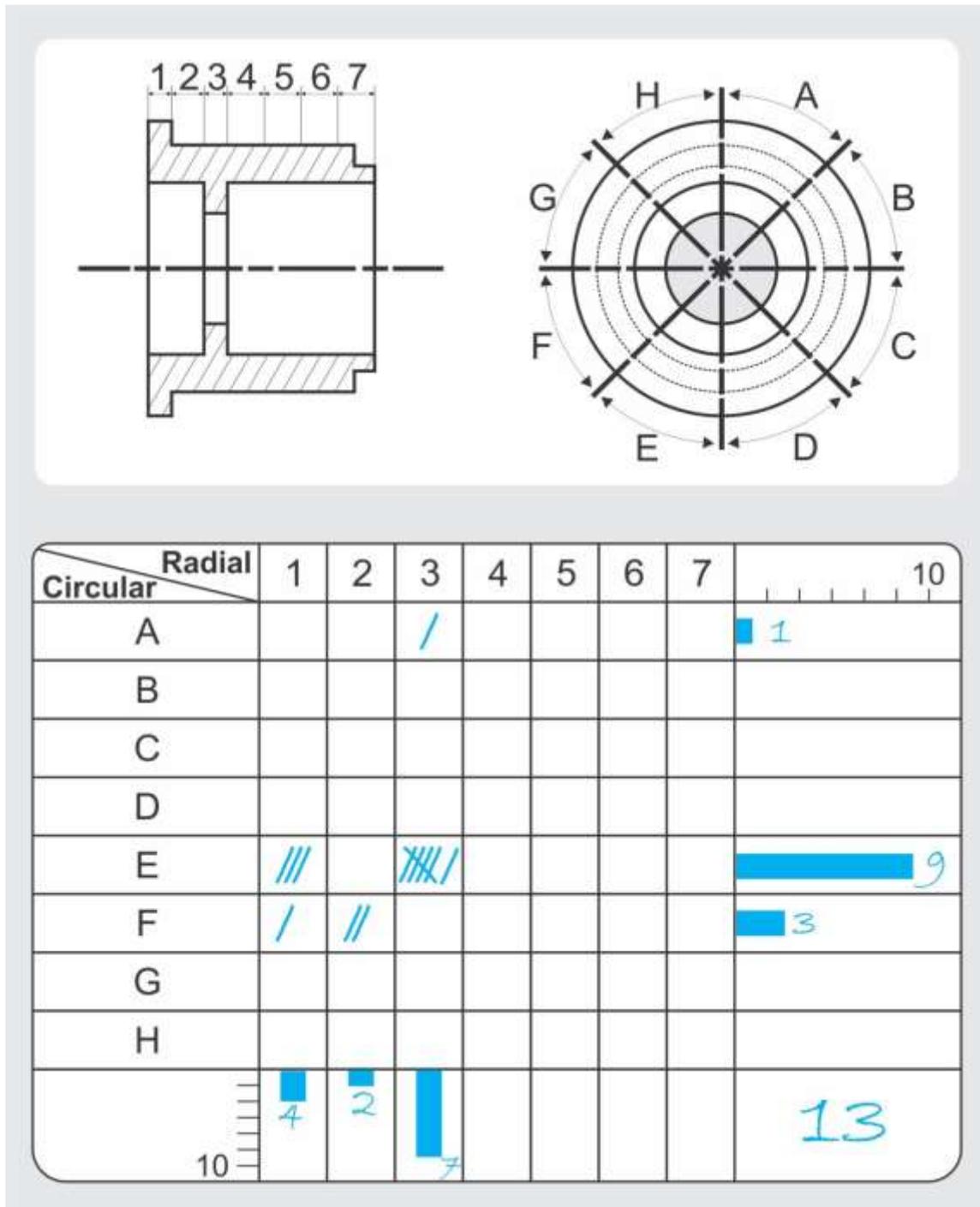
En lo que respecta a la recolección de información fiable para llegar a una conclusión, es esencial que el objetivo sea claro y que se obtengan datos que reflejen los hechos con claridad. Además, en situaciones reales es importante que los datos se recojan en forma clara y fácil de usar. Una **hoja de registro** es un formato preimpreso en el cual aparecen ítems que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente. Sus objetivos principales son dos:

- Facilitar la recolección de datos;

**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

❖ **Hoja de Registro de Localización de Defectos:**

Los defectos externos, tales como rayones u otros, se encuentran en toda clase de productos y en muchas plantas se están haciendo esfuerzos para reducir este tipo de defecto. La hoja de registro de localización de defectos tiene un papel importante en la solución de este problema. Generalmente, muchas de registro de este tipo tienen diagramas o ilustraciones amplias en las cuales se hacen los registros, de manera que pueda observarse el sitio de la ocurrencia del defecto.



**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

❖ **Hoja de Registro de las Causas y Efectos:**

Generalmente, la mayoría de los estudios cuyo objetivo es encontrar las causas de los defectos implican combinar los datos sobre las causas con los datos correspondientes de los defectos, manteniéndolas en orden claramente correspondiente y analizándolas luego mediante estratificación por las causas o haciendo diagramas de dispersión. Sin embargo, este tipo de manejo de datos es posible hacerlo en una hoja de registro si el caso es sencillo.

Equipo	Operario	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Máquina 1	A	○○ x	○ x	○○○ 	○ xx	○○○ xxx	○○○ xxx	○○○ x	○ xx	○○○ 	○○ 	○ 	○ xx
	B	○ xx	○○ xxx	○○○○ xx	○○ xx	○○○○ xx	○○○○ x	○○○ xx	○○ x	○○ xx	○○○ 	○○ x	○○○ xx
Máquina 2	C	○○ x	x	○○ 		○○○ 	○○○○ x	○○ 	○ 	○○ 	○○ 	○ 	○ △
	D	○○ x	○ x	○○ △	○○ 	○○ △	○○○ x	○○ 	○○ △	○○ △	○ 	○○ x	○ xx

○ : Rayado en la superficie X : Porosidad △ : Terminado defectuoso
 ● : Forma inadecuada □ : Otros

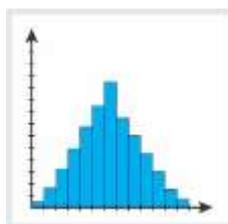
4.2.2.2. Histogramas:

Los datos obtenidos de una muestra sirven como base para decidir sobre la población. Mientras más grande sea la muestra, más información obtendremos sobre la población. Pero un aumento en el tamaño de la muestra también implica un aumento en la cantidad de datos, y esto puede llegar a hacer difícil comprender la población a partir de esos datos, aun cuando se organicen en tablas. En ese caso, necesitamos un método que nos permita comprender la población de un vistazo. Un **histograma** responde a esta necesidad. La organización de un buen número de datos en un histograma nos permite comprender la población de manera objetiva.

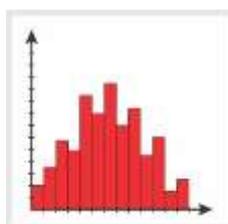
- **Como leer lo Histogramas:**

Es posible obtener información útil sobre el estado de una población mirando la forma del histograma. Las siguientes son formas típicas, y podemos usarlas como indicios para analizar el proceso:

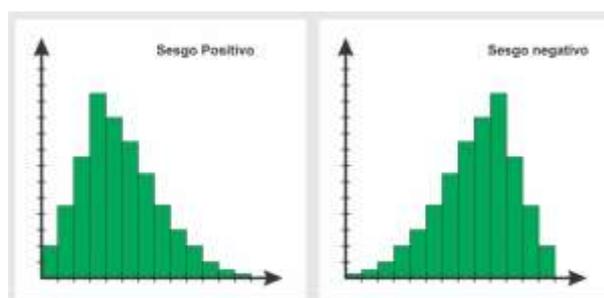
- a) **Tipo general:** el valor de la *media* del histograma está en el centro de los datos. La frecuencia es mayor en el centro y disminuye gradualmente hacia los extremos. La forma es simétrica.



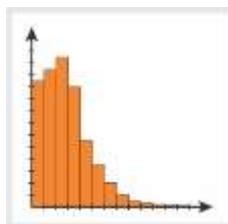
- b) **Tipo peineta (multi-modal):** Cada tercera clase tiene una frecuencia menor.



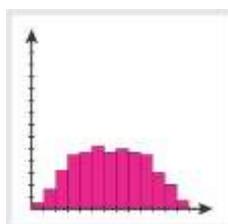
- c) **Tipo con sesgo positivo o negativo:** Forma asimétrica. El valor de la *media* del histograma está localizado en la izquierda (positivo) o derecha (negativo) del centro del rango. La frecuencia disminuye de manera más bien brusca hacia un lado de la media, y de manera gradual del otro lado.



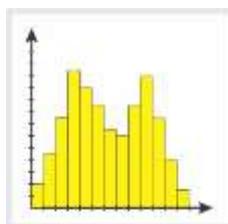
- d) **Tipo de precipicio:** Forma asimétrica. El valor de la *media* del histograma está localizado al extremo izquierdo o derecho, lejos del centro de rango. La frecuencia disminuye bruscamente de un lado y gradualmente del otro.



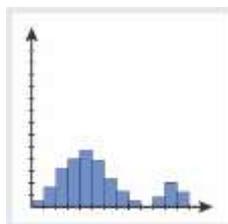
- e) **Tipo planicie:** Las frecuencias forman una planicie, porque las clases tienen más o menos las mismas frecuencias, excepto aquellas de los extremos.



- f) **Tipo de doble pico o bimodal:** La frecuencia es baja cerca del centro del rango de la información, y hay un pico a cada lado.



- g) **Tipo de pico aislado:** Se presenta un pequeño pico aislado de un histograma de tipo general.



- **La comparación de Histogramas con los límites de especificación:**

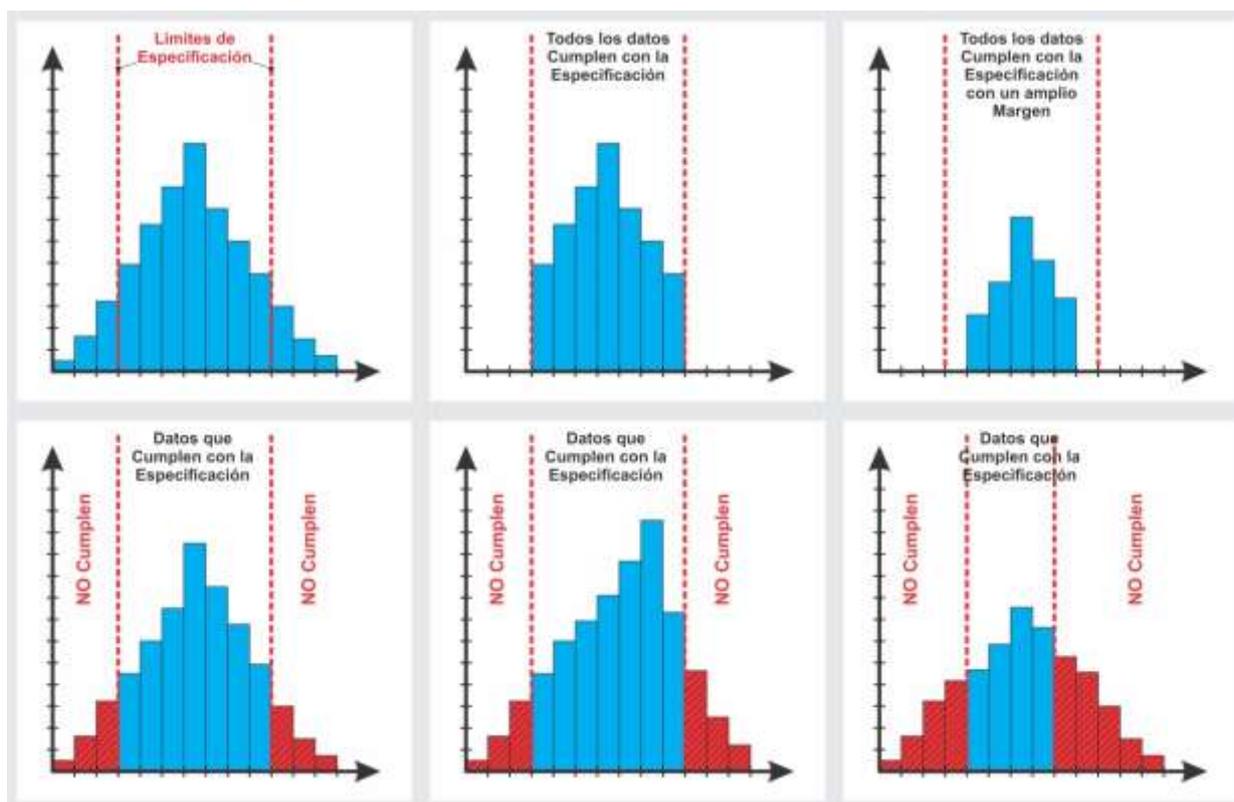
Si hay una especificación, dibuje sobre el histograma, con líneas, los límites de la especificación, para comparar la distribución con la especificación. Luego observe si el histograma está localizado razonablemente dentro de los límites. Utilice estos como referencia para evaluar la población.

Cuando el histograma satisface la especificación:

- Seguir trabajando para mantener este estado, dado que las especificaciones son logradas.
- Si gran parte de los datos quedan dentro de los límites pero hay datos que exceden, realizar la tareas para corregir estos últimos o rever los límites.

Cuando el histograma no satisface la especificación:

- Es necesario tomar medidas para acercar la media al centro de especificación.



4.2.2.3. Diagramas de Pareto;

Hay que aclarar primero que *los problemas de calidad se presentan como pérdidas*. Por lo que es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos **pocos defectos vitales**, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros **muchos defectos triviales**. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problema con eficiencia.

Los diagramas de Pareto sirven para clasificar los problemas de calidad en los pocos vitales y los muchos triviales.

En muchos casos, la mayoría de los efectos y de su costo se deben a un número relativamente pequeño de causas.

**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

• **Como Elaborar Diagramas de Pareto:**

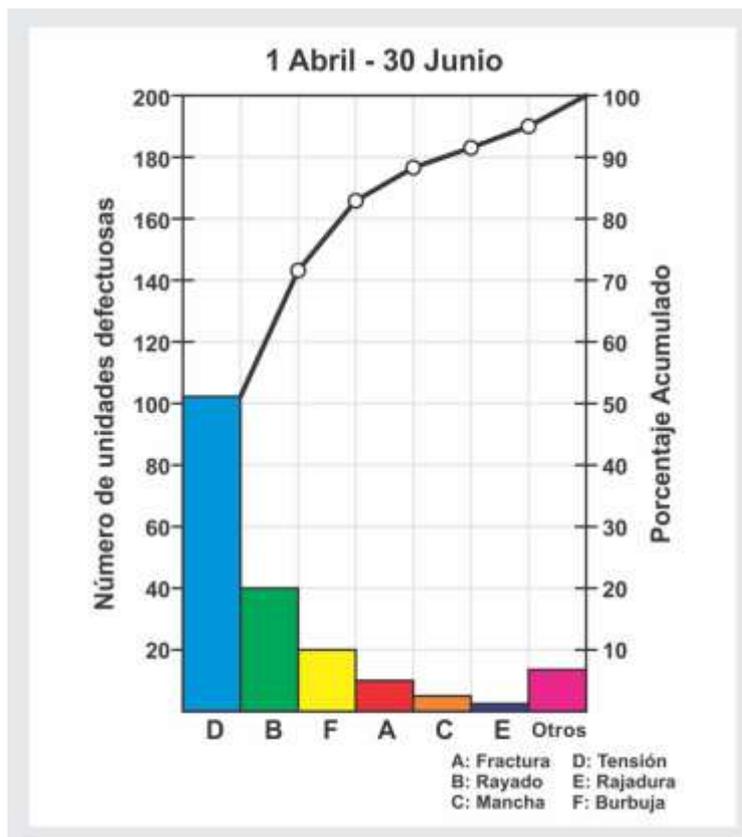
- 1º Paso: Decida qué problema se van a investigar y cómo recoger los datos.
 1. Decida qué clase de problema son los que usted quiere investigar.
 2. Decida qué datos va a necesitar y cómo clasificarlos.
 3. Defina el método de recolección de los datos y el período de duración de la recolección.
- 2º Paso: Diseñe una tabla para el conteo de datos, con espacio suficiente para registrar los totales.

Tipo de Defecto	Conteo	Total
Fractura	///	10
Rayado	/// //	42
Mancha	///	6
Tensión	/// //	104
Rajadura	///	4
Burbuja	///	20
Otros	///	14
Total		200

- 3º Paso: Diligencie la tabla del conteo y calcule los totales.
- 4º Paso: Elabore una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.

Tipo de Defecto	Número de Defectos	Total Acumulado	Composición Porcentual	Porcentaje Acumulado
Fractura	104	104	52	52
Rayado	42	146	21	73
Mancha	20	166	10	83
Tensión	10	176	5	88
Rajadura	6	182	3	91
Burbuja	4	186	2	93
Otros	14	200	7	100
Total	200	—	—	—

- 5º Paso: Organice los ítems por orden de cantidad y llene la tabla de datos.
- 6º Paso: Dibuje dos ejes verticales y un eje horizontal.
 1. Eje Verticales:
 - Eje izquierdo: marque este eje con una escala de 0 hasta el total general.
 - Eje derecho: marque este eje con una escala desde 0% hasta 100%.
 2. Eje Horizontal:
 - Divida este eje en un número de intervalos igual al número de ítems clasificados.
- 7º Paso: Construya el diagrama.
- 8º Paso: Dibuje la curva acumulada.



- 9º Paso: Escriba en el diagrama cualquier información necesaria.
 1. Información sobre el diagrama: título, cifras significativas, unidades, etc.
 2. Información sobre los datos: período de tiempo, tema y lugar de la investigación, número total de datos.
- **Existen dos tipos de diagrama de Pareto:**
 1. **Diagrama de Pareto de FENÓMENOS:** en el cual se relacionan los resultados indeseables, como Calidad, Costo, Entrega, Seguridad, y se utiliza para averiguar cuál es el principal problema.
 2. **Diagrama de Pareto de CAUSAS:** en el cual se relacionan los resultados indeseables, como Operario, Máquina, Materia prima, Método operacional.
- **Sugerencias para elaborar diagramas de Pareto:**
 1. Prueba varias clasificaciones y construya muchas clases de diagramas.
 2. No es conveniente que el ítem *otros* represente un porcentaje de los más altos.
 3. Si los datos se pueden expresar en valores monetarios hágalo. En la administración, los costos constituyen una importante escala de medición.
- **Sugerencias para usar diagramas de Pareto:**
 1. Si un ítem se puede solucionar fácilmente, debe afrontarse de inmediato aunque sea de poca importancia.
 2. No deje de hacer un diagrama de Pareto en los distintos niveles de operación que tiene la organización.

4.2.2.4. Diagramas de dispersión;

En la práctica, frecuentemente es necesario estudiar la relación de correspondencia de dos variables. Para estudiar la relación entre dos variables puede usarse lo que se llama *diagrama de dispersión*.

Las dos variables pueden enmarcarse de la siguiente manera:

- a) Una característica de calidad y un factor que le afecta,
- b) Dos características de calidad relacionadas,
- c) Dos factores relacionados con una sola característica de calidad.

Para comprender la relación entre éstas, es importante, en primer lugar, hacer un diagrama de dispersión y comprender la relación global.

• **Como realizar un Diagrama de Dispersión:**

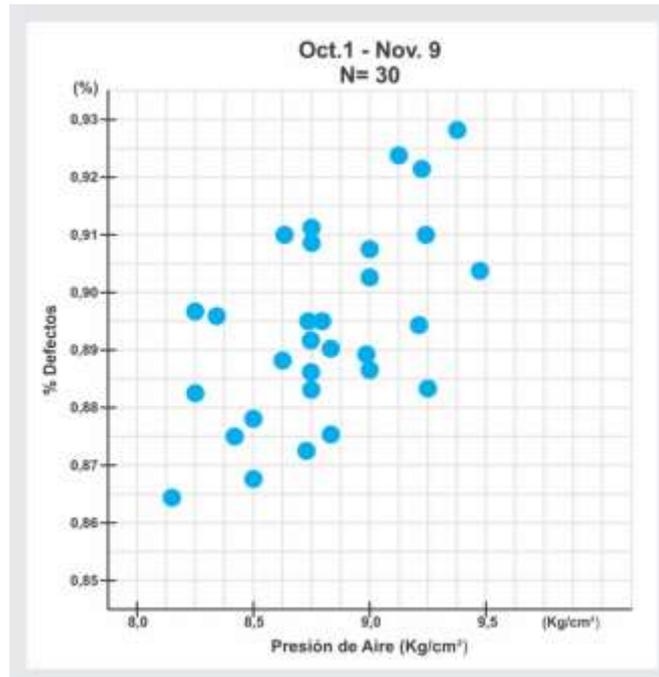
- 1º Paso: reúna pares de datos (x,y), cuyas relaciones usted quiere estudiar, y organice esta información en una tabla. Es deseable tener al menos 30 pares de datos.

Fecha	Presión de Aire (Kg/cm ²)	Porcentaje de Defectos (%)	Fecha	Presión de Aire (Kg/cm ²)	Porcentaje de Defectos (%)
Oct. 1	8,6	0,889	Oct. 22	8,7	0,892
2	8,9	0,884	23	8,5	0,877
3	8,8	0,874	24	9,2	0,885
4	8,8	0,891	25	8,5	0,866
5	8,4	0,874	26	8,3	0,896
8	8,7	0,886	29	8,7	0,896
9	9,2	0,911	30	9,3	0,928
10	8,6	0,912	31	8,9	0,886
11	9,2	0,895	Nov. 1	8,9	0,908
12	8,7	0,896	2	8,3	0,881
15	8,4	0,894	5	8,7	0,882
16	8,2	0,864	6	8,9	0,904
17	9,2	0,922	7	8,7	0,912
18	8,7	0,909	8	9,1	0,925
19	9,4	0,905	9	8,7	0,872

- 2º Paso: Encuentre los valores mínimo y máximo para x e y. Decida las escalas que va a usar en los ejes vertical y horizontal de manera que ambas longitudes sean aproximadamente iguales, lo cual hará al diagrama más fácil de leer.
- 3º Paso: registre los datos en el gráfico. Cuando se obtengan los mismos valores en diferentes observaciones, muestre estos puntos haciendo círculos concéntricos, o registre el segundo punto muy cercano del primero.
- 4º Paso: registre todos los aspectos que puedan ser de utilidad. Cerciérese de que se incluyan todos los ítems siguientes de manera que cualquier persona, además de la persona que hizo el diagrama, pueda comprenderlo de un vistazo:
 - Título del diagrama,
 - Período de tiempo,
 - Número de pares de datos,
 - Título y unidades de cada eje,

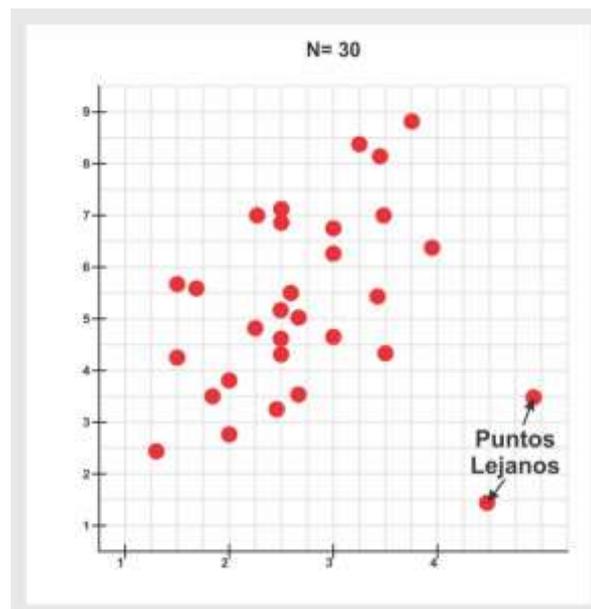
UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

- Nombre (etc.) de la persona que hizo el diagrama.



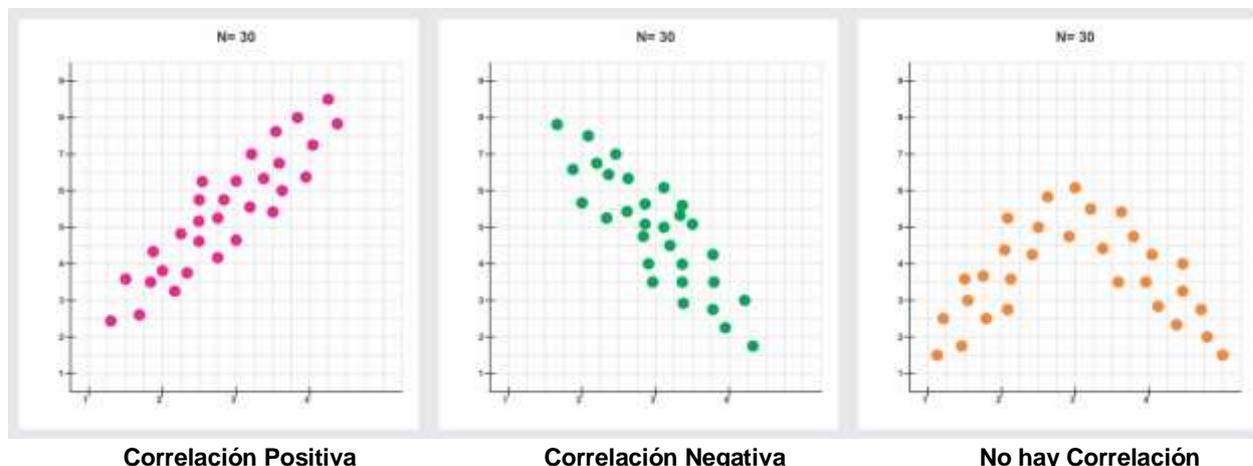
- **Como leer los diagramas:**

Es posible leer la distribución general de los pares de datos de un diagrama de dispersión. Al hacerlo, lo primero es examinar si hay o no puntos muy apartados en el diagrama. Puede generalmente suponerse que estos puntos apartados del grupo principal son el resultado de errores de medición o de registro de datos, o fueron causados por algún cambio en las condiciones de operación. Es necesario excluirlos en los análisis de correlación pero hay que darle debida atención para saber su origen.



• **Tipos de formas de dispersión:**

- **Correlación Positiva:** y crece con x.
- **Correlación Negativa:** y disminuye a medida que aumenta x.
- **No hay correlación:** a medida que x aumenta, y cambia en forma de curva.



• **Cálculo de los Coeficientes de Correlación:**

Para estudiar la relación entre x e y es importante hacer primero un diagrama de dispersión, sin embargo, para comprender la fuerza de la relación en términos cuantitativos, es útil calcular el **coeficiente de correlación**.

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}}$$

Donde:

$$S(xx) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

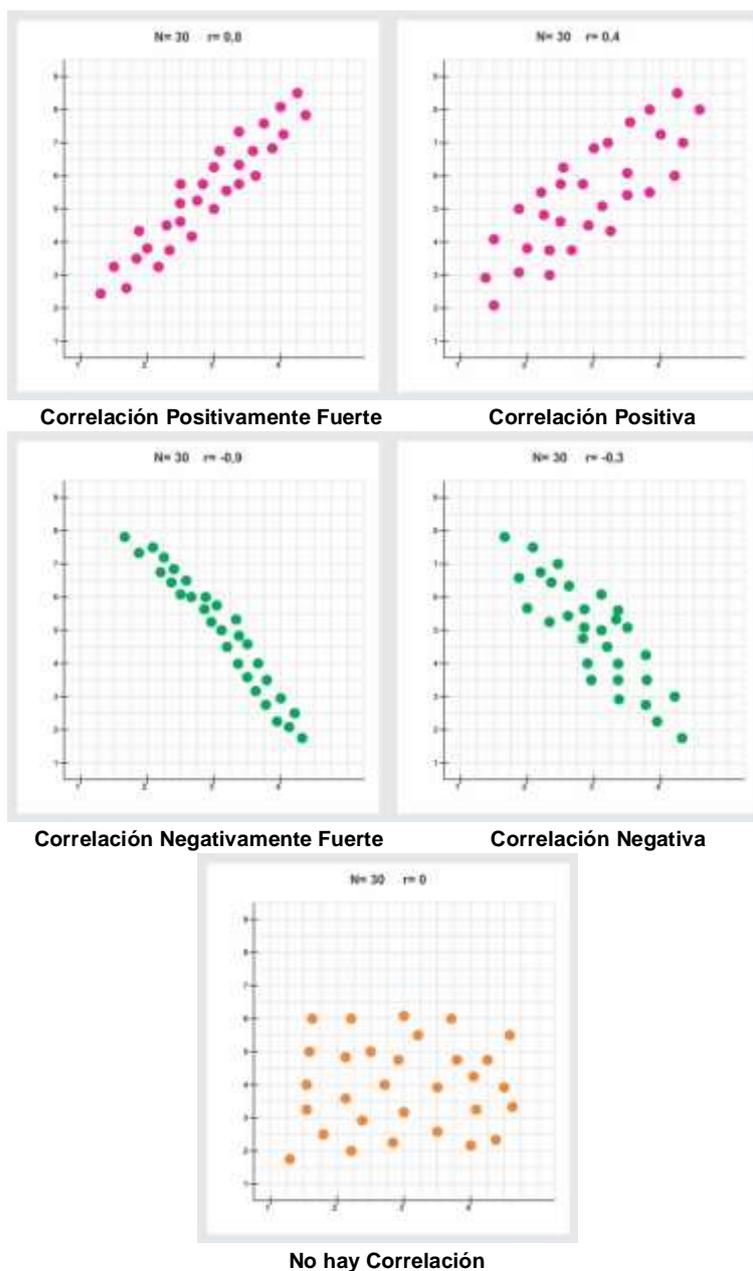
$$S(yy) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

“n” es el número de pares de datos, y S(xy) se llama la **covarianza**. El coeficiente r se encuentra en el rango $-1 \leq r \leq 1$. Si el valor de r es mayor a 1, claramente ha ocurrido un error de cálculo, y debe calcularse de nuevo.

Si r es cercano a 1, tenemos una **correlación positivamente fuerte**. Si r es cercano a -1, tenemos una **correlación negativamente fuerte**. Si el coeficiente es cercano o igual a cero, **no hay correlación**.

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.



• Análisis de Regresión:

Supongamos que producimos envases plásticos con el proceso de inyección-soplado. Realizamos un diagrama de dispersión entre **presión de aire de soplado** y **espesor de pared** de los envases, luego calculamos el **coeficiente de correlación** y este nos da una **correlación negativamente fuerte**. Es decir, que a medida que aumenta la presión del aire las paredes de los envases disminuyen. *Si queremos cuantificar ese hecho debemos realizar un análisis de regresión.*

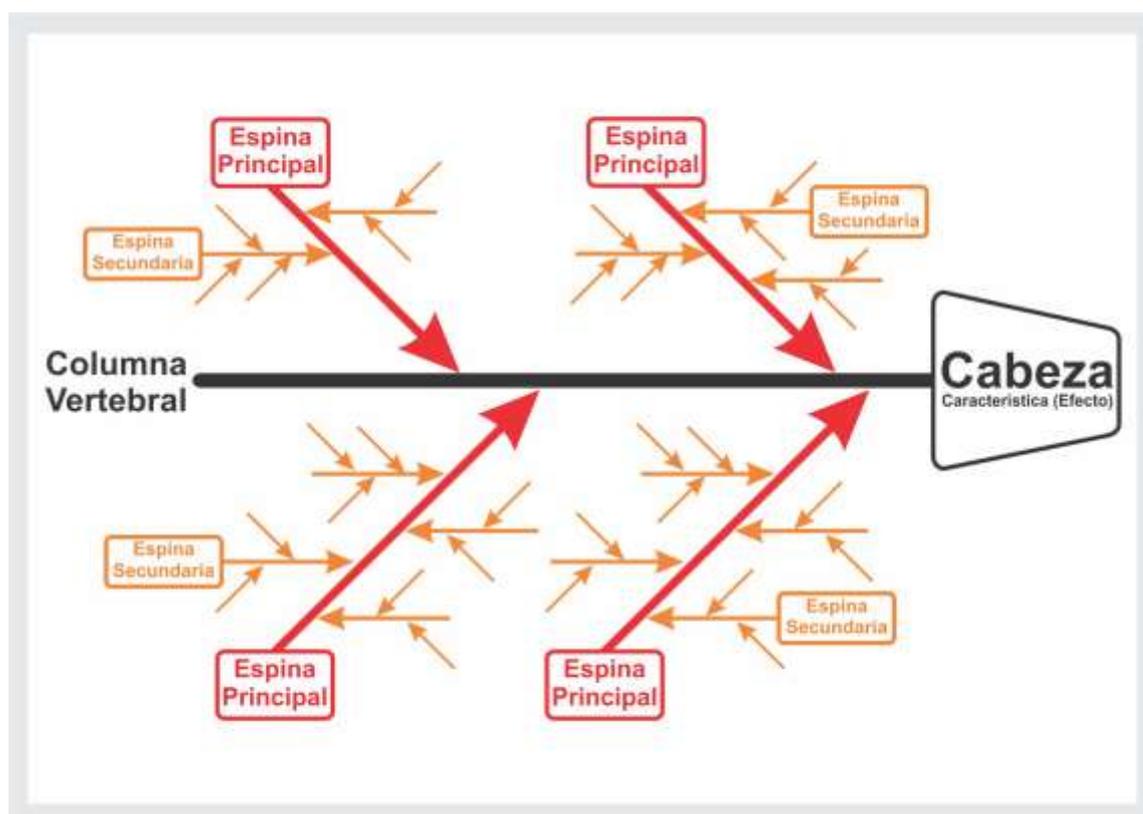
4.2.2.5. Diagramas causa-efecto:

El resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar la relación *causa-efecto* de esos factores. Podemos determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistémicamente. Es difícil solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto en forma sencilla y fácil es un **diagrama de causa-efecto**.

El diagrama muestra la relación entre una característica de calidad y los factores.

Cómo elaborar una Diagrama de Causa-Efecto:

- Estructura del Diagrama:



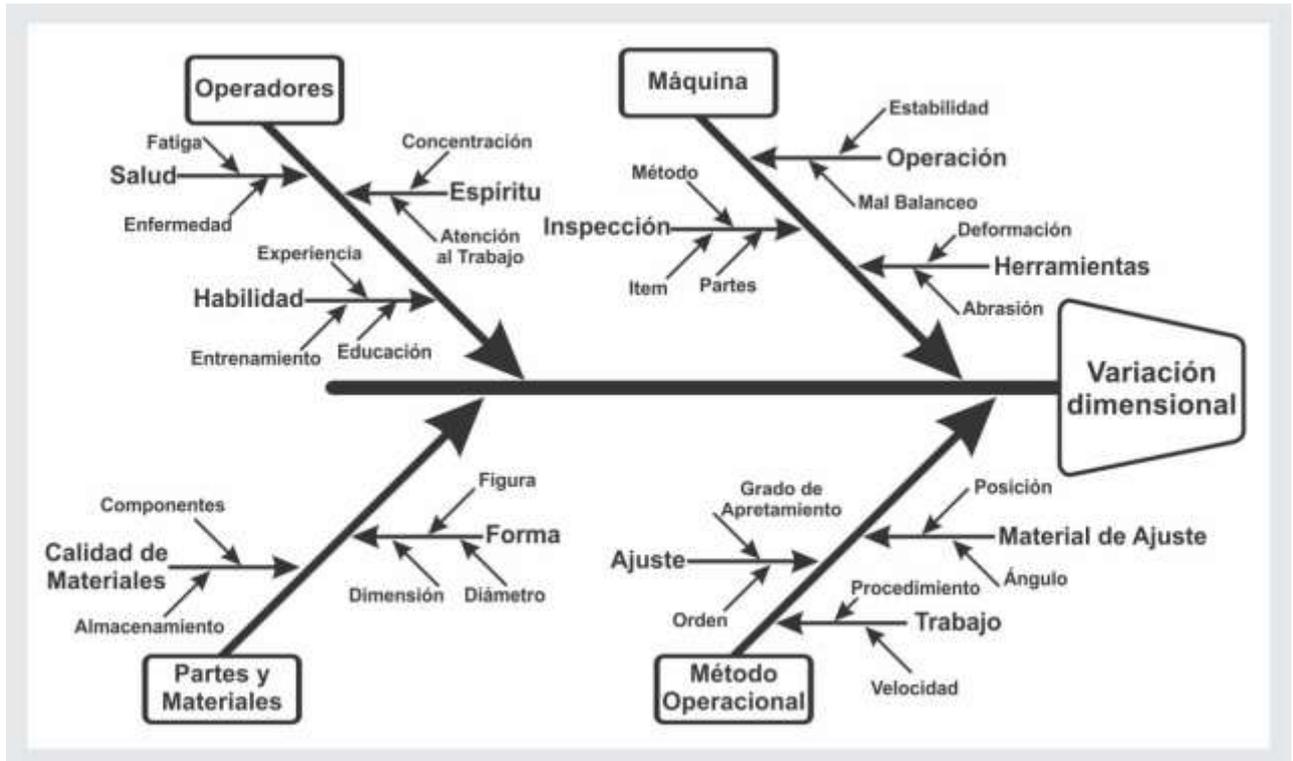
- **Paso 1:** Describa el efecto o atributo de calidad.
- **Paso 2:** Escoja una característica de calidad y escríbala en el lado derecho de la hoja, dibuje de izquierda a derecha la línea de la columna vertebral y encierre la característica en un cuadrado. En seguida, escriba las causas primarias que afectan a la característica de calidad, en forma de espina principal, encerados también en cuadrados.
- **Paso3:** Estriba las causas (secundarias) que afectan a las espinas principales, y escriba las causas (terciarias) que afectan a las anteriores.
- **Paso 4:** Asigne la importancia de cada factor, y marque los factores particularmente importantes que aparecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.
- **Paso 5:** Registre cualquier información que pueda ser de utilidad.

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

Ejemplo:

Una empresa productora y proveedora de partes para la fabricación de muebles de estructura tubular de acero, detectó a través de análisis de control de calidad problemas con las dimensiones de las partes provista a sus clientes.

A partir del efecto detectado elaboró el siguiente diagrama de causa-efecto:



4.2.2.6. Gráficos de control:

Una gráfica de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central, y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en las gráfica que representa el estado del proceso. La finalidad de esta es poder eliminar una variación anormal, distinguiendo las variaciones debidas a **causas asignables** de aquellas a **causas al azar**.



Gráfica de control

- **Causas debidas al azar:** son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso. Las causas aleatorias son de difícil identificación y eliminación.
- **Causas asignables:** significa que hay factores que pueden ser investigados. Es evitable y no se puede pasar por alto. Las causas asignables sí pueden ser descubiertas y eliminadas.

Tipos de Gráficas de Control:

Hay dos tipos de gráficas de control, una para **valores continuos** y otra para **valores discretos**.

Valor Característico	NOMBRE
Valor Continuo	Gráfica $\bar{x}-R$ (Valor promedio y Rango) Gráfica x (Variable de medida)
Valor Discreto	Gráfica pn (Número de unidades defectuosas) Gráfica p (Fracción de unidades defectuosas) Gráfica c (Número de defectos) Gráfica u (Número de defectos por unidad)

- **Gráfica $\bar{x} - R$:** esta se usa para controlar y analizar un proceso en el cual la característica del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud o peso, y estos se ordenan en rangos.
- **Gráfica x :** esta se usa para controlar y analizar un proceso en el cual la característica del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud o peso, y estos no se ordenan en rangos.

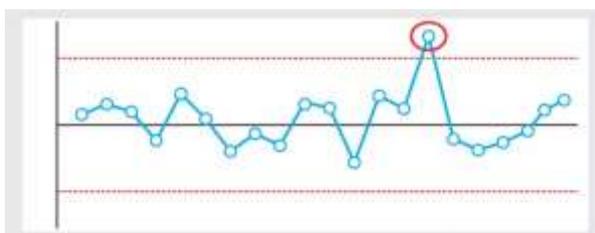
UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

- **Gráfica pn , Gráfica p** : estas gráficas se usan cuando las características de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica pn del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica p de la fracción de defectos se usa para una muestra de tamaño variable.
- **Gráfica c , Gráfica u** : estas se usan para controlar y analizar un proceso por los defectos de un producto, tales como rayones en placas de metal, número de soldaduras defectuosas en una plaqueta o tejidos desigual en telas. Una gráfica c se usa para un producto cuyas dimensiones son constantes, mientras que una gráfica u se usa para un producto de dimensión variable.

Interpretación de las Gráficas de Control:

Para la interpretación de los gráficos de control, de medias y recorrido, pueden seguirse las normas siguientes:

- **Norma 1:** Cuando un sólo punto está fuera de los límites de control, puede estar señalando la ausencia de control del proceso. No obstante, esta probabilidad sería pequeña por lo que tal vez no sea oportuno efectuar cambios.



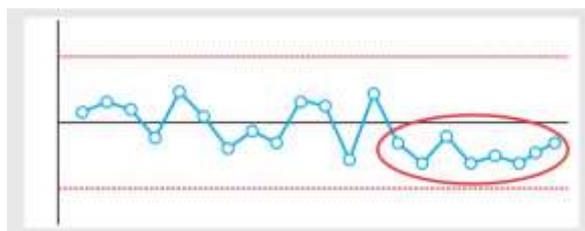
- **Norma 2:** Si al menos 2 ó 3 puntos sucesivos están en el mismo lado de la línea media, y más de dos unidades sigma (dos desviaciones típicas) alejados de esta línea, estará sugerida una falta de control del proceso. Si el tercer punto consecutivo está alejado de la línea media en la medida indicada, pero en el otro lado, la misma conclusión sería válida.



- **Norma 3:** En el caso de que 4 ó 5 valores sucesivos se situaran en el mismo lado, alejados de la línea central más de 1 sigma, se apuntaría un déficit en la estabilidad o control del proceso.



- **Norma 4:** Igualmente, estaría indicada esta falta de control cuando al menos 7 valores sucesivos estuvieran situados en el mismo lado de la línea media. Esto mostraría una inadecuada distribución de esos puntos.



4.2.2.7. Diagramas de flujo:

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales. Facilita también la selección de indicadores de proceso.

Beneficios del Diagrama de Flujo:

En primer lugar, facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión. El conjunto de actividades, relaciones e incidencias de un proceso no es fácilmente discernible a priori. La diagramación hace posible aprehender ese conjunto e ir más allá, centrándose en aspectos específicos del mismo, apreciando las interrelaciones que forman parte del proceso así como las que se dan con otros procesos y subprocesos.

- **Permiten definir los límites de un proceso.** A veces estos límites no son tan evidentes, no estando definidos los distintos proveedores y clientes (internos y externos) involucrados.
- El diagrama de flujo **facilita la identificación de los clientes**, es más sencillo determinar sus necesidades y ajustar el proceso hacia la satisfacción de sus necesidades y expectativas.
- **Estimula el pensamiento analítico** en el momento de estudiar un proceso, haciendo más factible generar alternativas útiles.

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

- **Proporciona un método de comunicación** más eficaz, al introducir un lenguaje común, si bien es cierto que para ello se hace preciso la capacitación de aquellas personas que entrarán en contacto con la diagramación.
- Un diagrama de flujo **ayuda a establecer el valor agregado** de cada una de las actividades que componen el proceso.
- Igualmente, constituye una excelente **referencia para establecer mecanismos de control y medición de los procesos**, así como de los objetivos concretos para las distintas operaciones llevadas a cabo.
- **Facilita el estudio y aplicación de acciones** que redunden en la mejora de las variables tiempo y costes de actividad e incidir, por consiguiente, en la mejora de la eficacia y la eficiencia.
- Constituye **el punto de comienzo indispensable para acciones de mejora, rediseño o reingeniería**.

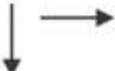
Elaboración del Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo debe ser realizado por un equipo de trabajo en el que las distintas personas aporten, en conjunto, una perspectiva completa del proceso, por lo que con frecuencia este equipo será multifuncional y multijerárquico.

1. **Determinar el proceso a diagramar.**
2. **Definir el grado de detalle.** El diagrama de flujo del proceso puede mostrar a grandes rasgos la información sobre el flujo general de actividades principales, o ser desarrollado de modo que se incluyan todas las actividades y los puntos de decisión. Un diagrama de flujo detallado dará la oportunidad de llevar a cabo un análisis más exhaustivo del proceso.
3. **Identificar la secuencia de pasos del proceso.** Situándolos en el orden en que son llevados a cabo.
4. **Construir el diagrama de flujo.** Para ello se utilizan determinados símbolos. Cada organización puede definir su propio grupo de símbolos. En la figura anterior se mostraba un conjunto de símbolos habitualmente utilizados. Al respecto cabe decir que en la figura "Conector de proceso" es frecuentemente utilizado un círculo como símbolo. Para la elaboración de un diagrama de flujo, los símbolos estándar han sido normalizados.
5. **Revisar el diagrama de flujo del proceso.**

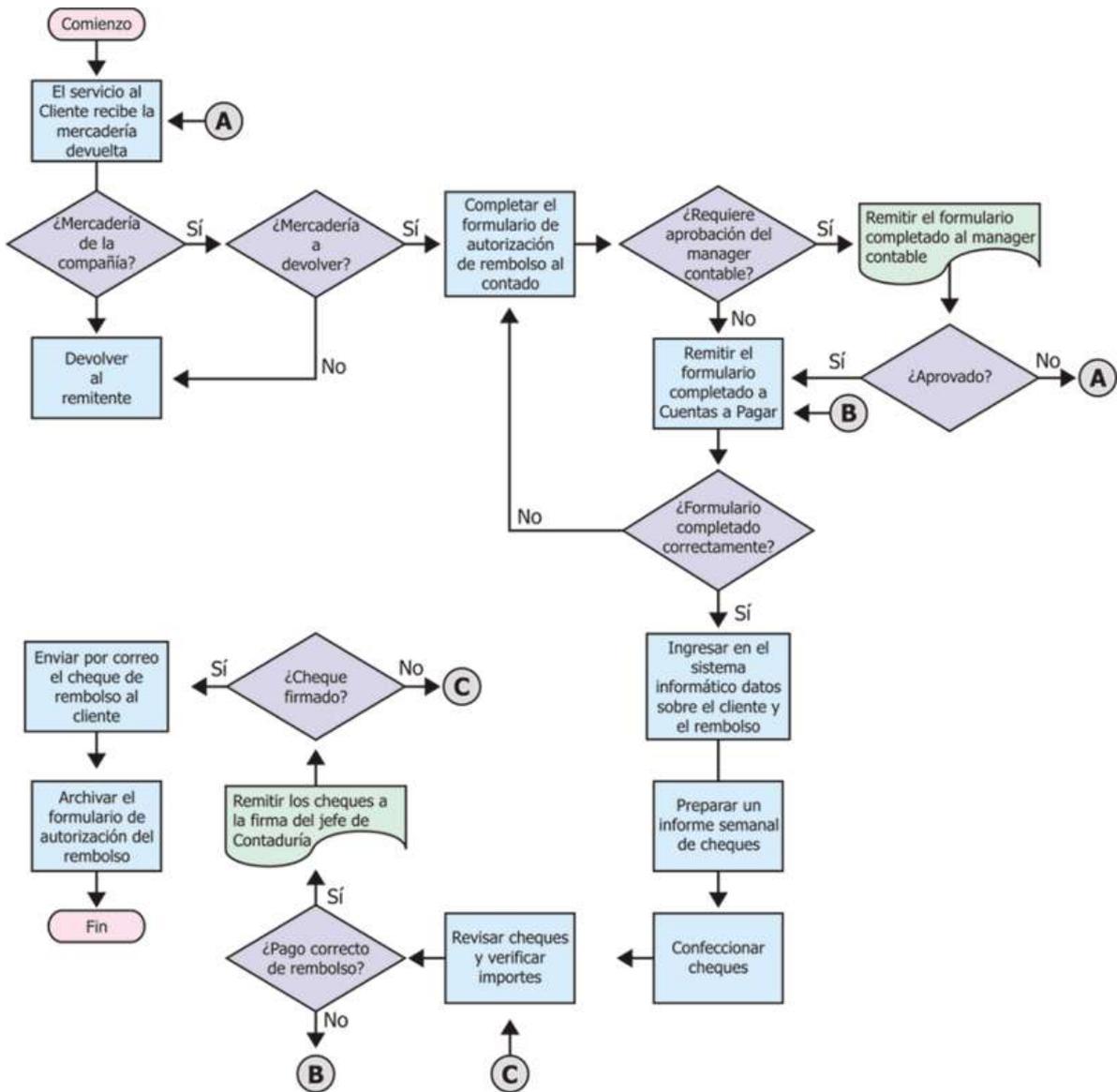
**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

Simbología (más utilizada) para Elaborar un Diagrama de Flujo:

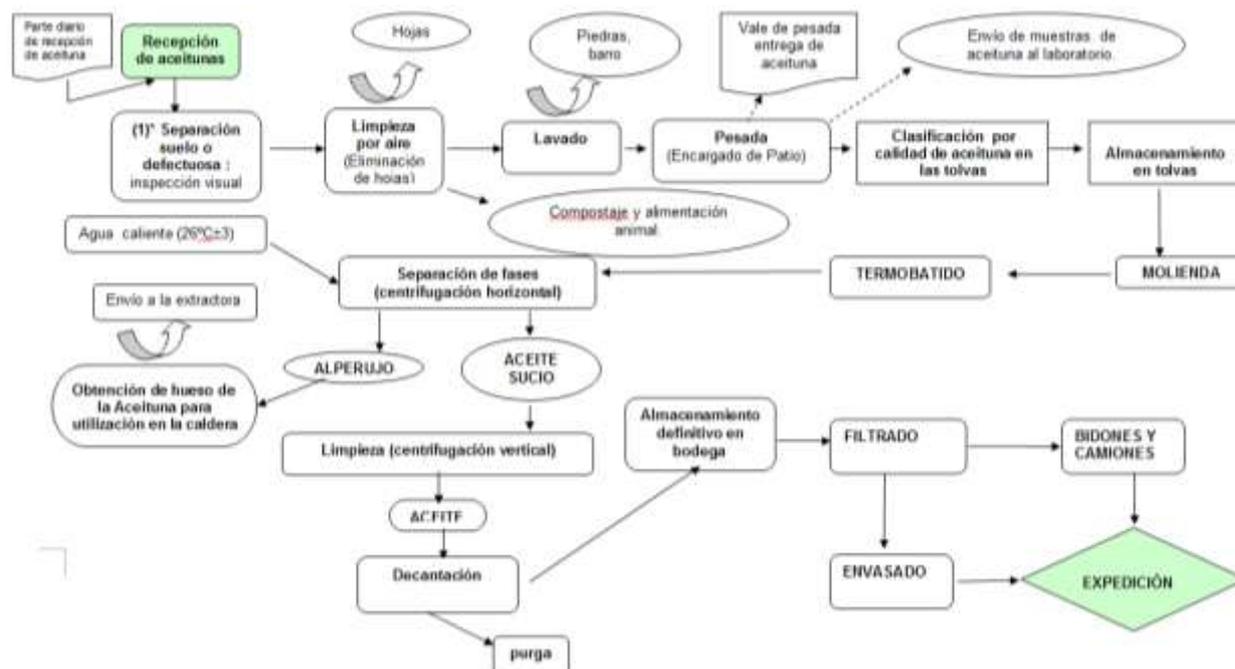
Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	Inicio / Fin	Indica el Inicio y el Final del Diagrama de Flujo
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Indica la salida y entrada de datos
	Almacenamiento / Archivo	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección y Medición	Indica la supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento de sus componentes.
	Operación e Inspección	Representa el hecho de verificar la naturaleza y calidad de los insumos y productos.
	Transporte	Indica cada vez que un bien se mueve o traslada a otro departamento, oficina, etc.
	Entrada de Bienes	Indica productos o materiales que ingresan al proceso.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un bien, documento o información.
	Líneas de Flujo	Indica el camino que unen los elementos del diagrama de flujo.

Ejemplos:

1. Diagrama de Flujo para Reembolso de mercadería.



2. Diagrama de Flujo del Proceso de Recepción de Aceituna y Obtención de Aceite



4.2.2.8. Estratificación;

Cuando los valores observados se dividen en dos o más subpoblaciones, según la condición que existe en el momento de recoger los datos, estas subpoblaciones se llaman **estratos**, y la división de los datos se llama **estratificación**.

Los valores observados siempre van acompañados de alguna variación. Por tanto, cuando los datos se estratifican según los factores que se cree pueden causar la variación, las causas de la variación se hacen más fácilmente detectables. Este método puede usarse efectivamente para mejorar la calidad del producto al reducir la variación y mejorar el promedio del producto.

Por lo general, la estratificación se hace según:

- Los materiales,
- Las máquinas,
- Las condiciones de operación
- Los trabajadores.

**UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS
A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.**

Ejemplos:

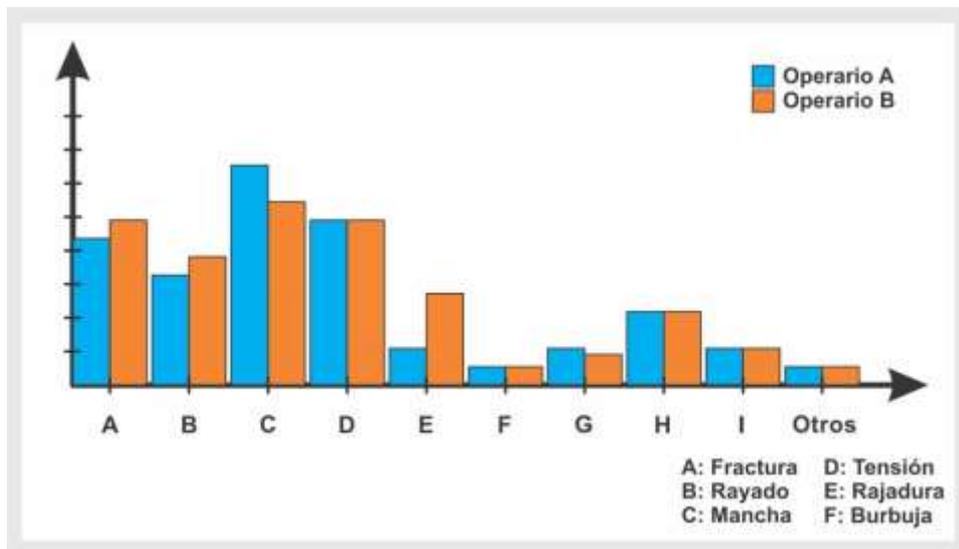
Hoja de registro estratificada por: máquina, operario, días y turno.

Equipo	Operario	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Máquina 1	A	○○ x ●	○ x	○○ 	○ xx	○○ xxx ●	○○○ xxx	○○○○ x ●●	○ xx	○○○ 	○○ 	○ 	xx ●
	B	○ xx ●	○○ xxx ●	○○○○ xx	○○ xx	○○○○ xx ●	○○○○ x ●	○○○ xx	○○ x ●●	○○ xx	○○○ ●	○○ x	○○○ xx ●
Máquina 2	C	○○ x □	x	○○ 	 ●	○○○ 	○○○○ x	○○ 	○ 	○○ 	○○ 	○ 	○ △ □
	D	○○ x	○ x	○○ △	○○ 	○○ △	○○○ x	○○ 	○○ 	○○ △	○○ △△ □	○ 	○○ x □

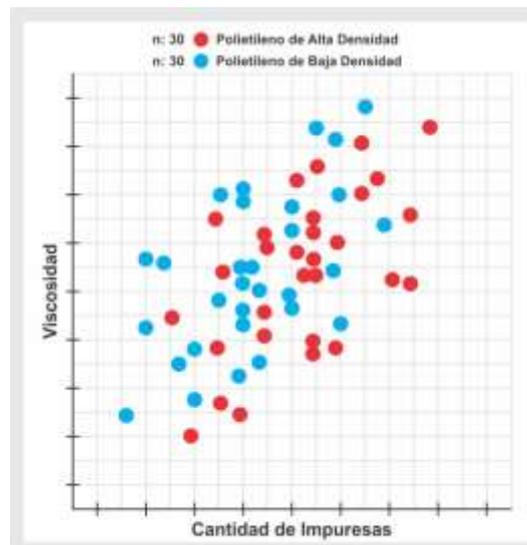
○ : Rayado en la superficie X : Porosidad △ : Terminado defectuoso
● : Forma inadecuada □ : Otros

UNIDAD N° 4: INDICES - HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

- Histograma de fallas estratificado por: operario:



- Diagrama de dispersión de cantidad de impurezas en cuanto a viscosidad:



- Características de calidad de partes manufacturadas por dos máquinas con sus operarios: