

21

HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y SU EVALUACIÓN:

ÍNDICE:

21.1 Introducción

21.2 Concepto general de mejora continua

21.2.1 Actuaciones claves para la programación de la mejora continua

21.2.2 Identificación de las fuentes de información de la organización

21.2.3 Identificación y selección de oportunidades de mejora

21.2.4 Selección de equipos de mejora

21.2.5 Asignación de misión a los equipos de mejora

21.3 Actuaciones clave para la resolución de problemas de calidad

21.3.1 Definir el problema y poner en marcha acciones contenedoras

21.3.2 Identificar y priorizar las causas raíz del problema

21.3.3 Definir la solución del problema

21.3.4 Implantar la solución y confirmar resultados

21.4 Herramientas

21.5 Diagramas de Causa-Efecto

21.6 Planillas de Inspección

21.7 Gráficos de Control

21.8 Diagramas de Flujo

21.9 Histogramas

21.10 Gráficos de Pareto

21.11 Diagramas de Dispersión

VOLVER

21.1 INTRODUCCIÓN

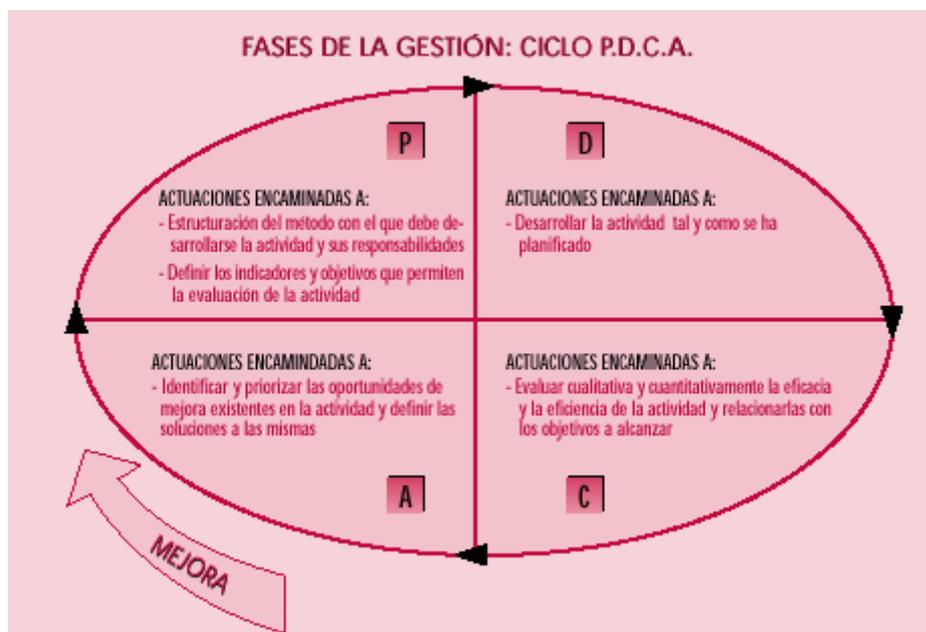
El objetivo del presente documento es disponer de una guía básica pero completa de una metodología estructurada de probada eficacia para el desarrollo de la mejora continua de los problemas de calidad de una organización.

Si bien no pretende ser un manual exhaustivo de aplicación, sí se recogen todos los pasos fundamentales a dar para organizar las acciones de mejora más interesantes para la empresa, constituir los equipos adecuados para tratarlas y para la resolución de problemas de mejora específicos.

VOLVER

21.2 CONCEPTO GENERAL DE MEJORA CONTINUA

El proceso de gestión de cualquier actividad de la organización debe estar estructurado en cuatro tipos de actuaciones que se representan habitualmente mediante el ciclo P.D.C.A.



La mejora continua es la parte de la gestión encargada de **ajustar las actividades que desarrolla la organización** para proporcionarles **una mayor eficacia y/o una eficiencia**.

Al analizar los procesos de la organización y sus posibilidades de mejora aparecen diferentes circunstancias:

a) El proceso tiene un nivel de funcionamiento muy deficiente, con deficiencias en muchos de sus aspectos y está muy alejado del cumplimiento de sus objetivos.

Tratamiento: modificación en profundidad de su planteamiento y estructuración (Q.F.D., Reingeniería de procesos, etc.)

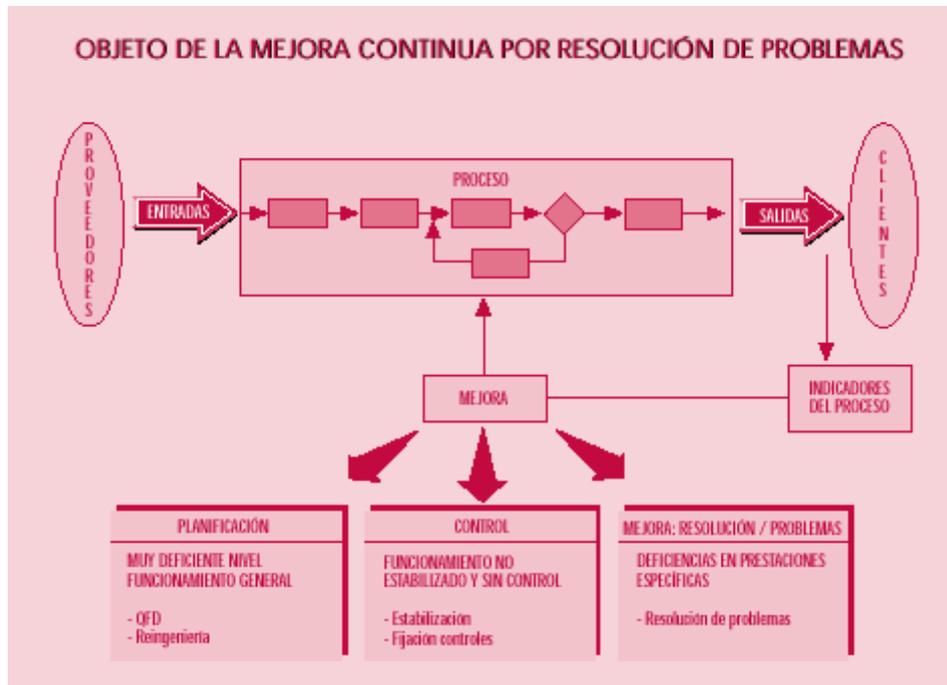
b) El proceso tiene un funcionamiento muy desestructurado, no se siguen procedimientos homogéneos entre las diferentes personas que lo llevan a cabo y no está en situación estabilizada y de control.

Tratamiento: estabilización de las actividades y la fijación de elementos de control (técnicas de control).

c) El proceso tiene un funcionamiento deficiente y no alcanza alguno de sus objetivos de eficacia o de eficiencia, se desea por tanto mejorar alguna de sus prestaciones (mejorar el

nivel de calidad del producto o del servicio, reducir los tiempos de ciclo, bajar los costes, etc.)

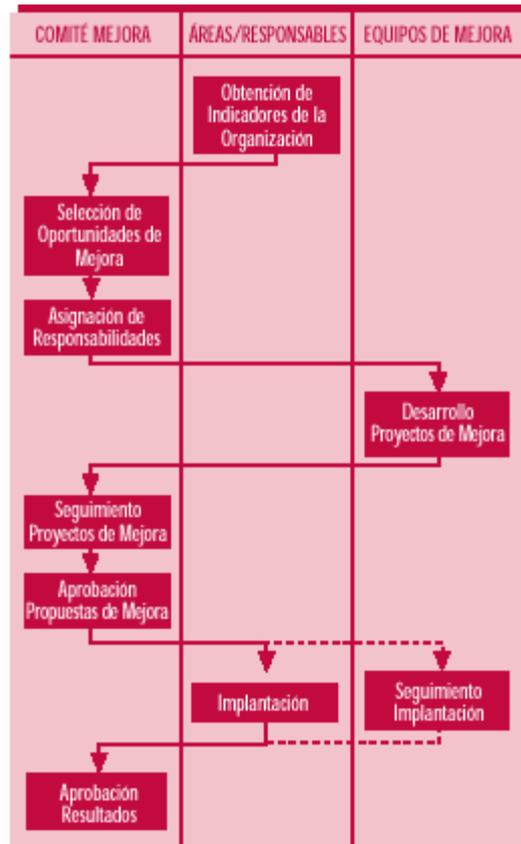
Tratamiento: identificación de las causas que generan dichas deficiencias para pasar a su solución (herramientas de resolución de problemas).



Las actividades de la empresa que podrán identificar, priorizar, organizar y solucionar las oportunidades de mejora de la organización mediante las técnicas de solución de problemas son:

Siendo:

- Comité de Mejora: grupo de responsables máximos de la empresa o de alguno de sus ámbitos de trabajo.
- Áreas / responsables: personas o colectivos donde descansa la responsabilidad de la ejecución de las actividades de la organización.
- Equipos de mejora: grupo de personas a las que se asigna la responsabilidad de la solución de un problema específico.



VOLVER

21.2.1 ACTUACIONES CLAVE PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA

Para que la empresa pueda tener un adecuado nivel de desarrollo en la mejora continua, requiere inicialmente ser capaz de generar y organizar correctamente sus oportunidades de mejora, para lo cual debe realizar el siguiente proceso:



Estas actividades deben ser asumidas por el Comité de Dirección o Comité de Mejora de la Organización, para dirigir y supervisar la mejora continua de sus ámbitos de responsabilidad:

Planificar la mejora	Coordinar y dirigir las actividades de los equipos de mejora	Reconocer los logros de los equipos de mejora
Identificando oportunidades de mejora	Centralizando y distribuyendo la información	Dar retroalimentación positiva tanto al equipo como a sus miembros
Priorizando y seleccionando dichas oportunidades de mejora	Orientando las actuaciones de los equipos en función de las estrategias	
Estableciendo recursos necesarios (formación, tiempo, personas, etc.)	Reordenando la asignación de recursos	
Asignando responsabilidades para la mejora	Evaluando la efectividad de las acciones de mejora	

VOLVER

21.2.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

- Para dotar a un sistema de mejora continua de capacidad de supervivencia, es necesario disponer de un sistema de información que permita la identificación sistemática de oportunidades de mejora relevantes para los responsables de la organización.
- Los principales elementos de un sistema de información adecuado pueden ser:

Indicadores de proceso	- Indicadores de eficacia - Indicadores de eficiencia
Indicadores de satisfacción de clientes	- Indicadores directos de percepción del cliente - Indicadores de reclamaciones / quejas
Indicadores de satisfacción de empleados	- Indicadores directos de satisfacción - Indicadores indirectos
Indicadores económicos	- Generales (contabilidad) - Específicos de costes de productos / Servicios (internos / externos)
Indicadores de competencia	(en aquellas empresas u organizaciones que se mueven en un mercado competitivo o que disponen de organizaciones similares en ámbitos diferentes)

- Este sistema de indicadores puede ser simple, a pesar de que puede “asustar” al enunciarse de esta forma cuando se refiere a una empresa pequeña.

VOLVER

21.2.3 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

- A partir de cada fuente de información disponible en la organización extractaremos aquellos aspectos del funcionamiento que son deficientes, y valoraremos su importancia para la organización mediante los siguientes pasos:

- a) Para cada fuente de información de la organización se observan las deficiencias más relevantes.
- b) Para cada deficiencia se debe estimar su magnitud, lo cual será simple para deficiencias obtenidas de sistemas de información cuantificados, donde ya están medidas.
- c) Utilizando una matriz multicriterio, priorizar las deficiencias identificadas valorando el impacto en satisfacción de clientes, de empleados y en resultados económicos a partir de:
 - El tipo de problema de que se trata.
 - Su magnitud estimada / medida.

SELECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA RELEVANTES PARA LA ORGANIZACIÓN									
FUENTES INFORMACIÓN	OPORTUNIDADES MEJORA EXISTENTES		PRIORIZACIÓN						Σ
			Impacto Satisfacción Clientes - P = 2		Impacto Resultados Económicos - P = 2		Impacto Satisfacción Empleados - P = 1		
	Deficiencia	Cuantificación	V	V x P	V	V x P	V	V x P	
INDICADORES SATISFACCIÓN CLIENTES	Reclamación por pedidos retrasados	2,8%	3	6	3	6	1	1	13
	Insatisfacción sobre atención telefónica	5,2 sobre 10	2	4	1	2	5	5	11
INDICADORES PROCESO	Tiempos ciclo producción excesivo en modelo XJ	48 horas	4	8	2	4	4	4	16
	Mermas excesivas en m.p. en línea 3	14% en peso	1	2	4	8	2	2	12
INDICADORES ECONÓMICOS	Costes por defectos en modelo ZH	24 M.ptas./ año	5	10	5	10	3	3	23

Para los problemas más relevantes identificados y seleccionados, deberemos comprobar que cumplen las características necesarias para su tratamiento mediante la metodología y herramientas de resolución de problemas:

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS A TRATAR		EJEMPLO							
		PROB. A		PROB. B		PROB. C		PROB. D	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
CRÓNICOS	Son problemas continuados, no recientes y específicos.	X		X		X		X	
MANEJABLES	Tienen una complejidad y un tamaño que permitirá a un equipo de personas de la organización estudiarlo y solucionarlo en un tiempo prudencial (no superior a 6 meses) y con los conocimientos técnicos existentes en la empresa	X			X	X		X	

DE MEJORA	Respuestas afirmativas a	¿Estamos intentando llegar a un nuevo nivel de rendimiento en un proceso o producto / servicio ya existente?	X		X		X		X
		¿Tenemos defectos específicos medidos / medibles u oportunidades de mejora de rendimientos o de resultados?	X		X		X		X
		¿Estamos intentando encontrar la causa raíz de un problema?	X		X			X	X

	Respuestas negativas a	¿Estamos tratando de encontrar necesidades para un determinado producto o servicio?		X		X		X	X
		¿Estamos tratando de establecer un proceso / producto / servicio nuevo?		X		X		X	X
		¿Estamos tratando de controlar / medir algo?		X		X		X	X

PROB. A: Costes por defecto en modelo ZH
 PROB. B: Tiempos de ciclo de producción excesivos en modelo XJ
 PROB. C: Reclamaciones por pedidos retrasados
 PROB. D: Mermas excesivas de materia prima en línea 3

- A partir de aquí podemos asignar un orden de prioridad a aquellos problemas detectados que son relevantes y que cumplen las características (crónicos, manejables, de mejora) en función de criterios tales como:

- . El impacto en el negocio ya valorado anterior-mente.
- . La urgencia de la solución del problema.
- . Los riesgos de abordar el problema.
- . La posible resistencia al cambio al abordarlo.
- . Etc.

Ejemplo: Se decide que el problema a tratar va a ser: “Coste por defectos en el modelo ZH”.

VOLVER

21.2.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEJORA

- Para cada una de las oportunidades de mejora que la organización decida convertir en proyecto de mejora, se debe establecer cuál es el grupo de personas que tiene una mayor capacidad para alcanzar una solución óptima para la empresa.

- El proceso a seguir será el siguiente:

a) Identificar los departamentos o áreas de la organización más directamente relacionados con el problema.

AREAS A IMPLICAR	MOTIVO
AQUELLAS DONDE SE OBSERVAN LOS SINTOMAS DEL PROBLEMA	- INTERÉS EN LA RESOLUCIÓN - CONOCIMIENTO DIRECTO DE SINTOMAS
AQUELLAS DONDE PUEDEN ESTAR LAS CAUSAS DEL PROBLEMA	- MINIMIZAR LA RESISTENCIA AL CAMBIO - CONOCIMIENTO DIRECTO DE CAUSAS
AQUELLAS QUE PUEDEN CONTRIBUIR AL DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	- AGILIZAR Y FACILITAR EL PROCESO

Ejemplo: Áreas donde se observan los síntomas: Comercial, porque recibe reclamaciones Producción, que detecta defectos.
 Áreas donde pueden estar las fuentes de los problemas: Producción, por posibles deficiencias en el proceso productivo.
 Ingeniería, por deficiencias en el diseño.
 Compras, por deficiencias en las materias primas.
 Áreas que pueden contribuir: Dirección de planta, para coordinar.

b) Seleccionar el “nivel jerárquico” que debe integrar el equipo.

TIPO DE PROBLEMA	NIVEL	MOTIVO
ORGANIZATIVO O DE GESTIÓN	ALTO	CONOCIMIENTO DE GESTIÓN CAPACIDAD DE DECISIÓN
OPERATIVO	BAJO	CONOCIMIENTO DIRECTO DEL PROBLEMA SOLUCIONES SIMPLES Y BARATAS

c) Elegir a las personas adecuadas para el equipo.

Una vez elegidas áreas y niveles, se selecciona a los participantes en el equipo:

- Cada componente del equipo debe tener:
- Conocimiento directo, detallado y personal del problema.
- Tiempo para trabajar en el equipo y el proyecto.
- Características y actitud adecuadas al trabajo en equipo (capacidad de comunicación, res-peto, compromiso, interés, etc.)
- “Representatividad” en la organización (experiencia, representatividad, autoridad, imagen).
- El equipo en su conjunto debe estar equilibrado respecto de las personalidades de sus componentes.

A veces es conveniente incluir la figura de un “Facilitador” para ayudar a los componentes del equipo.

- Facilitador: persona neutral para el problema (no implicado en él), conocedora de la metodología y de las herramientas para la resolución de problemas de calidad, que tendría como responsabilidades fundamentales:
 - Formar a los componentes en la metodología y en las herramientas.
 - Garantizar su uso adecuado en la resolución del problema objeto de estudio.
 - Moderar y favorecer el trabajo en equipo.
 - Fomentar el consenso en la toma de decisiones.

VOLVER

21.2.5 ASIGNACIÓN DE MISIÓN A LOS EQUIPOS DE MEJORA

Una vez elegido el problema a solucionar y el equipo de mejora adecuado para solucionarlo, es necesario aportar a este equipo los datos existentes y marcarles el objetivo de mejora que deben conseguir:

a) Descripción del Problema a Resolver.

La descripción del problema se realiza:

1. Describiendo los síntomas de la existencia del mismo.

Síntoma: Señal aparente y observable de la existencia de una disfunción en la organización, pro-ceso, producto o servicio.

2. De forma:

Específica Explica exactamente lo que está mal, distinguiéndolo de otros problemas de la organización

Observable Dando clara evidencia del problema

Medible Indica el alcance del problema en términos cuantificables (cuánto /cuántos / cuántas veces / etc.)

Aséptica Sin especificar o sugerir: causas, culpables, soluciones

b) Establecimiento del Objetivo o Misión del

Equipo.

El objetivo debe formularse:

1. Especificando claramente lo que la organización quiere y puede alcanzar (basado en el aspecto del problema más importante para la organización).

2. De forma cuantificada.

3. De forma "aséptica", sin especificar o sugerir causas, culpables o soluciones.

Ejemplo:

Síntomas del problema:

Reclamaciones de clientes por defectos en el producto ZH
Retiradas de producto y reprocesos en Producción
Sobrecostos de 42 Millones de pesetas

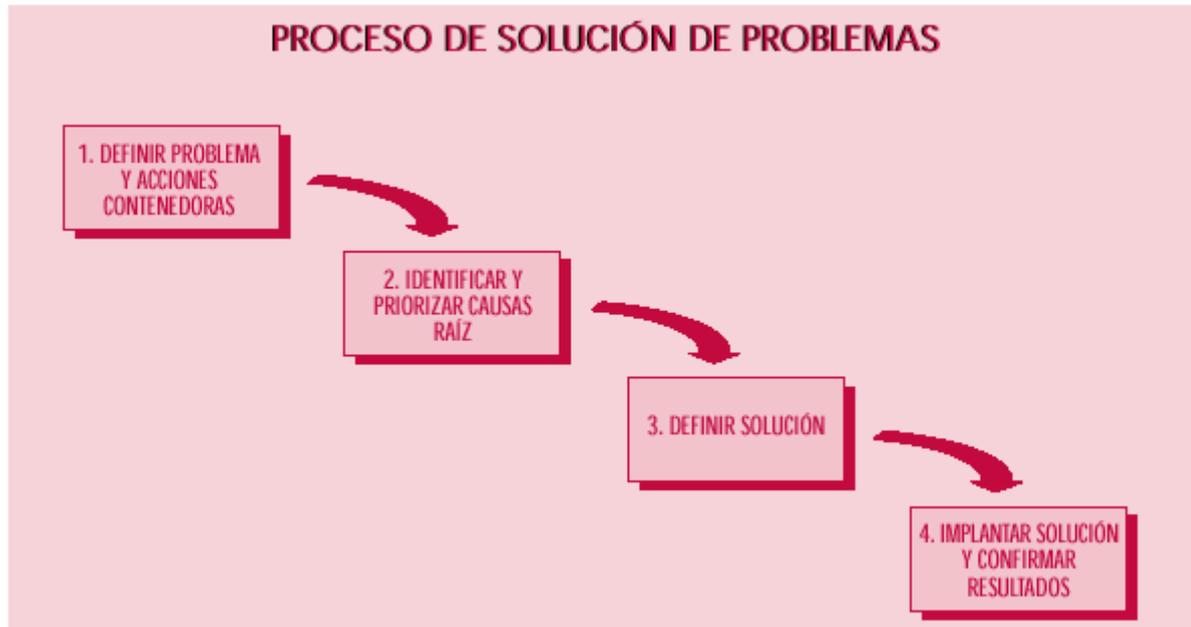
Objetivo del equipo:

Reducir los sobrecostos generados por los defectos generados en el proceso de producción del modelo ZH hasta 10 Millones de pesetas

VOLVER

21.3 ACTUACIONES CLAVE PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CALIDAD

- A continuación, se procede a explicar brevemente en qué consiste cada una de las etapas de la resolución de problemas que cada equipo de mejora debe recorrer para dar una solución fiable y eficaz.



VOLVER

21.3.1 DEFINIR EL PROBLEMA Y PONER EN MARCHA ACCIONES CONTENEDORAS

OBJETIVO

Se trata de que los componentes del equipo comenten sus diferentes puntos de vista sobre el problema, sus síntomas, las circunstancias y consecuencias que rodean al mismo, etc. De esta forma todos pueden partir con una visión más completa de:

- . Los **síntomas** (señales aparentes y observables de la existencia de alguna disfunción en la organización, proceso, producto o servicio).
- . Los **objetivos** a alcanzar en el proceso de resolución del problema.

PROCESO

Para realizar este paso será necesario que cada componente del equipo aporte información adicional que permita responder a preguntas como:

- . Qué ocurre (síntomas).
- . Dónde ocurre.
- . Desde cuándo ocurre.
- . Cómo se ha venido resolviendo hasta ahora.
- .Cuál es el impacto económico del problema y/o el impacto en el negocio.

Al adquirir estos datos básicos sobre el problema, se debe analizar el impacto que el problema está teniendo en los clientes y en la propia organización. En función de la gravedad de dicho impacto, los responsables de la resolución del problema deben analizar

la conveniencia de poner en marcha acciones contenedoras que “minimicen” en un corto plazo el efecto del problema sobre su entorno.

Ejemplo:

Comercial: señala que el descontento de los clientes está creciendo a pesar de la adecuada gestión y resolución de las reclamaciones. Durante los últimos dos meses se han perdido dos clientes debido al problema de defectos en el modelo ZH.

Producción: señala el descontento que genera en los trabajadores el tener que trabajar dos veces en la retirada y reprocesado de productos defectuosos cuando se produce el ZH, repercutiendo en la productividad.

HERRAMIENTAS

Las herramientas más útiles para realizar este paso son:

HERRAMIENTAS

Recogida de datos (*)

Gráficos de representación

Diagramas de flujo (*)

Estratificación (*)

Diagrama de Pareto (*)

DIFICULTADES

Las posibles dificultades para desarrollar adecuadamente este paso son:

a) La unificación de la visión sobre el problema cuando el trabajo se realiza en equipo, ya que, inicialmente, los componentes del mismo tienen una visión parcial y sesgada, en función del trabajo que desarrollen. Cada persona debe explicar claramente y basándose en hechos su visión del problema.

b) Sobrepassar la profundidad de un análisis básico sobre los síntomas y efectos del problema, tratando de obtener las respuestas (causas y soluciones) de forma rápida, sin recorrer todo el proceso de resolución de problemas. Sólo se debe realizar una descripción de los hechos evidentes.

VOLVER

21.3.2 IDENTIFICAR Y PRIORIZAR LAS CAUSAS RAÍZ DEL PROBLEMA

OBJETIVO

Este paso tiene por objeto la identificación de aquellas causas que, teniendo un efecto significativo sobre el problema, son controlables, es decir, se puede actuar sobre ellas directamente para eliminarlas o minimizar su efecto.

Causas raíz: Aquellas causas que teniendo un efecto significativo sobre el problema, son controlables.

Ejemplo:

No se puede considerar causa controlable el mal diseño del modelo, porque significaría que hay que partir de cero y realizar un nuevo diseño. Podrían ser consideradas causas controlables la forma de determinada pieza del conjunto, que genera fatiga y rompe muy pronto, o la tolerancia de determinada medida, que genera problemas de ajustes posteriores.

PROCESO

Para realizar una identificación de causas fiable y eficaz, es necesario trabajar con la siguiente secuencia de actividades:

a) Analizar en profundidad los síntomas y el entorno del problema, de forma que se adquiera el conocimiento suficiente para poder intuir las posibles causas del mismo.

Para ello:

- Se estratifica o segmentan los valores que permiten cuantificar los síntomas en función de las variables que pueden influir en los mismos.
- Se analiza en detalle el proceso en el que se produce el problema.
- Se analiza en detalle la morfología del problema, cuando éste se traduce en un elemento físico defectuoso.

b) Formular las posibles causas en las que los responsables de la resolución del problema pueden pensar a raíz del análisis de síntomas.

c) Contrastar la veracidad de cada una de dichas posibles causas mediante pruebas objetivas, y evaluar el grado de contribución, de cada causa contrastada, al problema, ya que, en general, los problemas responden a más de una causa.

Ejemplo:

Se realiza un estudio detallado de los síntomas del problema, encontrándose que:

- Un 75% de las reclamaciones indican que se ha producido una rotura en la válvula de cierre del modelo.
- Un análisis de las roturas indica que en el 95% de los casos está originada por la rotura del eje de giro.

Tras este análisis, se decide realizar una tormenta de ideas para encontrar posibles causas de rotura de los ejes. Una vez ordenadas y comprobadas, teniendo en cuenta la morfología de las roturas y la parte del proceso de producción donde intervienen los ejes se encuentran como causas raíz:

- Causa raíz 1: El material utilizado en la fabricación del eje es propenso a la rotura por fatiga (60% defectos).
- Causa raíz 2: En el proceso de montaje se fuerza el eje para colocarlo en la posición adecuada (30% defectos)

HERRAMIENTAS

Las herramientas más útiles para realizar este paso son:

ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS DE UTILIDAD
Análisis de síntomas	Diagrama de flujo Diagrama de Pareto Recogida de datos Estratificación Histogramas
Formulación de posibles causas	Tormentas de ideas Diagrama causa-efecto
Comprobación de teorías	Recogida de datos Histogramas Gráfico de Control Diagrama de dispersión Estratificación

DIFICULTADES

Las posibles dificultades para desarrollar adecuadamente este paso son:

- a) Una estructuración y profundidad deficientes en el análisis de síntomas y del entorno del problema provoca la imposibilidad de centrarse en los aspectos del problema más importantes y la obtención de listas muy amplias de posibles causas, difíciles de comprobar. Debe profundizarse al máximo posible en la obtención de información sobre los síntomas.
- b) Es frecuente la existencia de causas preconcebidas que limitan la posibilidad de encontrar todas las causas reales. Utilizar procesos creativos (Tormenta de Ideas) para obtener la lista de posibles causas, y comprobarlas hasta descubrir mediante hechos y datos las que son reales.
- c) El importante esfuerzo a realizar en esta fase del proceso para la obtención y análisis de datos, hace que muchos equipos desistan de dicho esfuerzo y trabajen por intuición, lo que resta eficacia y fiabilidad a los resultados finales.
- d) No es frecuente que los responsables de la resolución de un problema estén familiarizados con la recogida y análisis de datos, por lo que se producen errores en la determinación de los datos a recoger y en la selección de las herramientas de análisis posterior. Esto trae como consecuencia multiplicaciones del esfuerzo a realizar, desmotivación por falta de avance en el proyecto y conclusiones erróneas.

VOLVER

21.3.3 DEFINIR LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

OBJETIVO

Diseñar, de forma completa, la solución más adecuada para eliminar o minimizar el problema objeto de estudio.

PROCESO

Con objeto de alcanzar una solución optimizada, es necesario desarrollar las siguientes actividades:

- a) Listar todas las posibles soluciones a las causas raíz detectadas por los responsables de la resolución del problema, de forma que se recojan todas las ideas al respecto.
- b) Evaluar las diferentes alternativas de solución en función de criterios que permitan la optimización de la solución final adoptada, como:
 - Impacto o eficacia en la resolución del problema.
 - Resistencia al cambio de los impactos producidos por la solución.
 - Coste de la solución
 - Tiempo de implantación.
 - Relación coste / beneficio.

Ejemplo:					
CAUSA	SOLUCIÓN	EFICACIA	COSTE	TIEMPO	RESISTENCIA AL CAMBIO
Material eje propenso a fatiga	Cambio Materia Prima	Alta	2 M. / año	2 meses	Alta
	Cambio diseño	Alta	4 M.	3 meses	Baja

Solución elegida: Se decide optar por la primera solución, que, aunque tiene un coste superior, garantiza unos resultados óptimos que permitirán eliminar el problema de forma definitiva, si bien puede presentar una alta resistencia por parte de Compras.

c) Diseñar en detalle la solución más idónea.

Una vez seleccionada aquella posible solución que parece aportar mayores “beneficios”, es necesario diseñar en detalle:

- Nuevos procesos y procedimientos de actuación.
- Nuevas instalaciones o modificaciones a las existentes.
- Necesidades de personal y recursos materiales.

Diseñar el sistema de control de la nueva situación de forma que permita la medición periódica del nuevo proceso y el mantenimiento de los resultados alcanzados.

Para ello será necesario definir:

- Los parámetros a controlar y sus estándares de funcionamiento.
- Los procedimientos de actuación para el control y ante las desviaciones.
- Los recursos necesarios para el funcionamiento del sistema de control.

d) Comprobar la eficacia de la solución diseñada mediante pruebas piloto, ensayos parciales, simulaciones, implantaciones controladas, etc., según permitan las circunstancias y el tipo de solución diseñada.

HERRAMIENTAS

- Las herramientas de mayor utilidad para esta fase de la metodología propuesta para la resolución de problemas son:

ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS DE UTILIDAD
Listado de posibles soluciones	Tormenta de ideas
Evaluación de alternativas de solución	Jurado de opinión
	Matriz multicriterio
	Recogida de datos
Comprobación de la eficacia de la solución	Recogida de datos
Diseño de solución idónea y diseño del sistema de control	Diagrama de flujo
	Diagramas matricial
	A.M.F.E.
	Q.F.D.
	Diseño Experimentos

DIFICULTADES

a) Es frecuente que los responsables de la resolución del problema, una vez identificada la causa o causas raíz, se dejen llevar por el impulso de adoptar la solución más inmediata o que primero aparece en la discusión, sin tener en cuenta la existencia de otras posibilidades y la necesidad de optimizar las características de la solución adoptada. Debe plantearse un proceso creativo (Tormenta de Ideas) en el que todos aporten las posibles soluciones que se les ocurran.

b) Es frecuente la imposibilidad de obtener el consenso en la valoración de alternativas, ya que los componentes del equipo tratan de potenciar la solución que más les favorece a cada uno. Es necesario, antes de comenzar la evaluación de alternativas de solución, fijar los criterios de evaluación.

c) Es frecuente, igualmente, no profundizar en el diseño de la solución y/o su sistema de control, ya que este trabajo creativo de detalle requiere organización y práctica, de forma que una vez se aprueba la implantación, los responsables de la misma no disponen de la información, de los criterios y de los recursos necesarios, por lo que ésta se retrasa enormemente.

Una solución no debe darse por concluida hasta que no tiene el suficiente detalle para que sus responsables la puedan poner en marcha sin dudas y en el sentido que el equipo considera que soluciona el problema.

VOLVER

21.3.4 IMPLANTAR LA SOLUCIÓN Y CONFIRMAR RESULTADOS

OBJETIVO

El objetivo a perseguir en esta fase es que la solución diseñada se aplique de forma sistemática y con éxito.

Ya que de nada sirve haber llegado a una solución óptima si ésta no llega a implantarse, la implantación de la solución debe llevarse a cabo con gran rigor.

PROCESO

Una implantación efectiva depende básicamente de los siguientes aspectos:

- . La cooperación del personal implicado en dicha implantación.
- . El conocimiento del personal implicado sobre lo que es necesario hacer para alcanzar la mejora fijada (formación).
- . La disponibilidad de los recursos necesarios para la implantación.

Por ello deben darse los siguientes pasos:

a) Tratamiento de la resistencia

Todo cambio lleva asociado una resistencia al mismo por parte de los afectados por él, independientemente de que el cambio sea beneficioso o no.

Esta consideración debe tenerse en cuenta a lo largo de todo el proceso de resolución de problemas, por lo que éste debe ser participativo y transparente.

Ahora bien, es especialmente importante tenerlo en cuenta en las fases de diseño e implantación de la solución.

Se debe:

- Identificar las fuentes más probables de resistencia y de apoyo a la solución.
- Valorar y priorizar dichas fuentes en función del impacto.
- Identificar las acciones para vencer los obstáculos que se presenten, en base a:
 - La participación.
 - La información.
 - Tratar con los "líderes" de la resistencia.
 - Dar tiempo suficiente para asumir el cambio.
 - Tratar a los implicados en el cambio con dignidad.
 - Incluir las medidas o acciones definitivas en el plan de implantación de la solución.

Ejemplo:

Se prevé una posible resistencia por parte de Compras al cambio de materia prima, ya que:

- La materia prima actual es utilizada para la fabricación de otras piezas.
- La nueva materia prima prevista es un 5% más cara.

Por ello se hace una presentación al departamento de Compras en donde se explican los beneficios económicos que se van a obtener (Ahorro de 25 M anuales por defectos que se eliminan).

Y se prepara un plan de contacto con proveedores para obtener la nueva materia prima en un plazo de 2 meses.

b) Desarrollo del Plan de Implantación

Será necesario establecer un plan en el que aparezcan:

- Actividades a realizar para la implantación (formación, procedimientos, cambios de instalaciones y de personas, etc.)
- Responsables de las actividades.
- Plazos de realización de las mismas.
- Sistemática de seguimiento del plan.

c) Control y ajuste de la solución en la operativa diaria

En función de las dificultades o deficiencias que se observen y de los resultados del control realizado.

Ejemplo:

Tras la implantación de la solución, se comprueba que:

- Las reclamaciones de clientes referentes a defectos en el modelo ZH han disminuido en un 70%.
- Los defectos en producción se han reducido en un 95%, ya que la nueva pieza no presenta problemas de ajuste en el montaje.

HERRAMIENTAS

Las herramientas más utilizadas en esta fase del proyecto de mejora son:

ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS DE UTILIDAD
Tratamiento de la resistencia	Tormenta de ideas Jurado de opinión Matriz multicriterio
Desarrollo del Plan de Implantación	Diagrama de flechas (PERT) Diagrama de GANT Diagrama de decisiones de acción (PDPC)
Control y ajuste de la solución	Recogida de datos Histogramas Estratificación Gráficos de control

DIFICULTADES

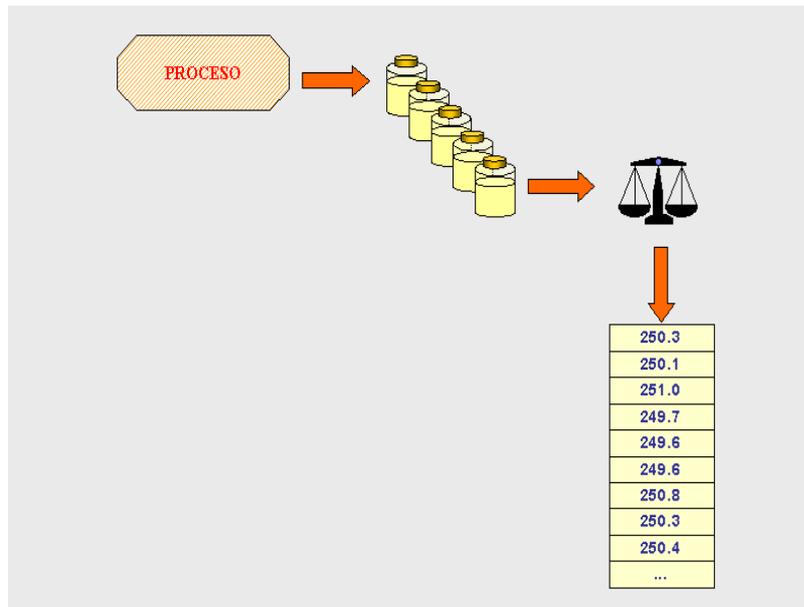
Tener en cuenta la resistencia al cambio y saber valorarla no siempre es fácil, ya que los responsables de la resolución del problema son importantes partidarios del cambio que ellos mismos han diseñado. El equipo debe ponerse en el lugar de aquellos a los que impacta la solución y que no están en el equipo (empatía).

VOLVER

21.4 Herramientas

Todo proceso productivo es un sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo. El proceso genera una salida (output), que es el producto que se quiere fabricar. La calidad del producto fabricado está determinada por sus *características de calidad*, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado. Por ejemplo, si la salida del proceso son frascos de mayonesa y la característica de calidad fuera el peso del frasco y su contenido, veríamos que a medida que se fabrica el producto las mediciones de peso varían al azar, aunque manteniéndose cerca de un valor central.

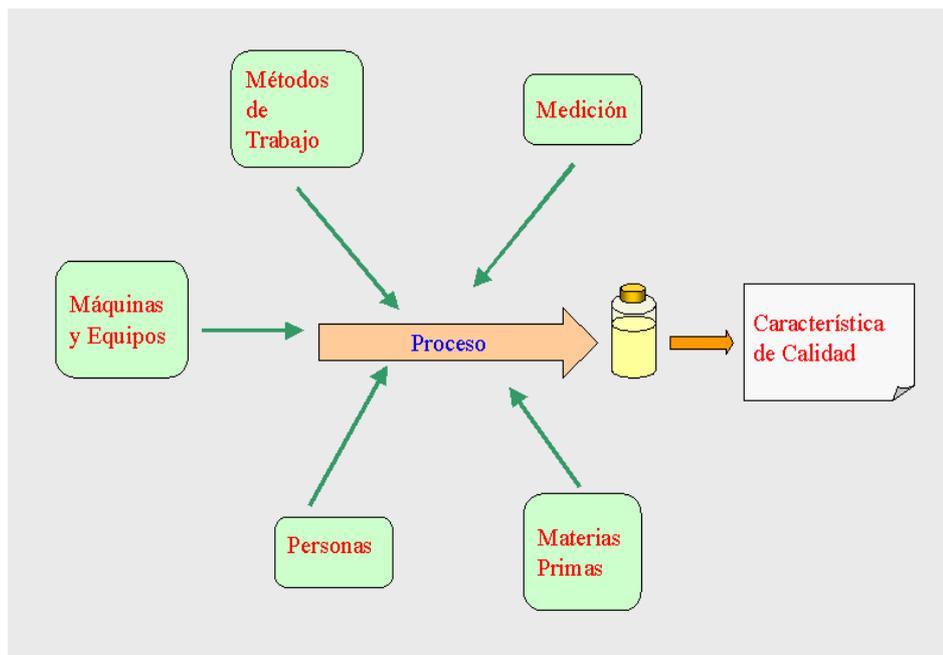


El peso de los frascos llenos *fluctúa* alrededor de los 250 grs. Si la característica de calidad fuera otra, como el contenido de aceite, el color de la mayonesa o el aspecto de la etiqueta también observaríamos que las sucesivas mediciones fluctúan alrededor de un valor central.

El valor de una característica de calidad es un *resultado* que depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo. Por ejemplo, en el caso de la producción de mayonesa es necesario establecer que cantidades de aceite, huevos y otras materias primas se van a usar. Hay que establecer a que velocidad se va a agitar la mezcla y cuanto tiempo. Se debe fijar el tipo y tamaño de equipo que se va a utilizar, y la temperatura de trabajo. Y como éstas se deben fijar muchas otras variables del proceso.

La variabilidad o fluctuación de las mediciones es una consecuencia de la fluctuación de todos los factores y variables que afectan el proceso. Por ejemplo, cada vez que se hace un lote de mayonesa hay que pesar el aceite según lo que indica la fórmula. Es imposible que la cantidad pesada sea exactamente igual para todos los lotes. También se producirán fluctuaciones en la velocidad de agitación, porque la corriente eléctrica de la línea que alimenta el agitador también fluctúa. Y de la misma manera, de lote a lote cambiará la cantidad pesada de los demás componentes, el tiempo de agitación, la temperatura, etc. Todos estos factores y muchos otros condicionan y determinan las características de calidad del producto.

En el proceso de fabricación de mayonesa intervienen equipos donde hacer la mezcla, materias primas (aceite, huevos, condimentos, etc.), procedimientos de trabajo, personas que operan los equipos, equipos de medición, etc.:



¿Para qué se miden las características de calidad? El análisis de los datos medidos permite obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del proceso y aceptar o rechazar lotes de producto. En todos estos casos es necesario tomar decisiones y estas decisiones dependen del análisis de los datos. Como hemos visto, los valores numéricos presentan una fluctuación aleatoria y por lo tanto para analizarlos es necesario recurrir a *técnicas estadísticas* que permitan visualizar y tener en cuenta la variabilidad a la hora de tomar las decisiones.

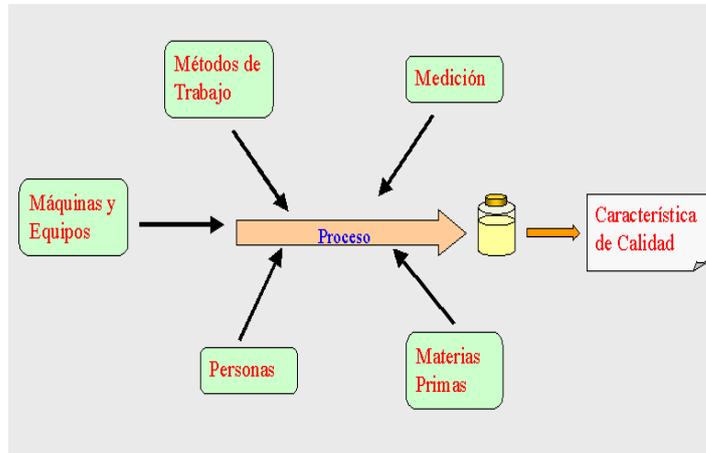
Siguiendo el pensamiento del Dr. Kaoru Ishikawa, en los módulos siguientes vamos a explicar algunas de estas técnicas, que se conocen como Las 7 Herramientas de la Calidad. Estas son:

1. Diagramas de Causa-Efecto
2. Planillas de Inspección
3. Gráficos de Control
4. Diagramas de Flujo
5. Histogramas
6. Gráficos de Pareto
7. Diagramas de Dispersión

VOLVER

21.5 Diagramas de Causa-Efecto

Hemos visto en la introducción como el valor de una característica de calidad depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo. Vamos a continuar con el ejemplo de fabricación de mayonesa para explicar los Diagramas de Causa-Efecto:

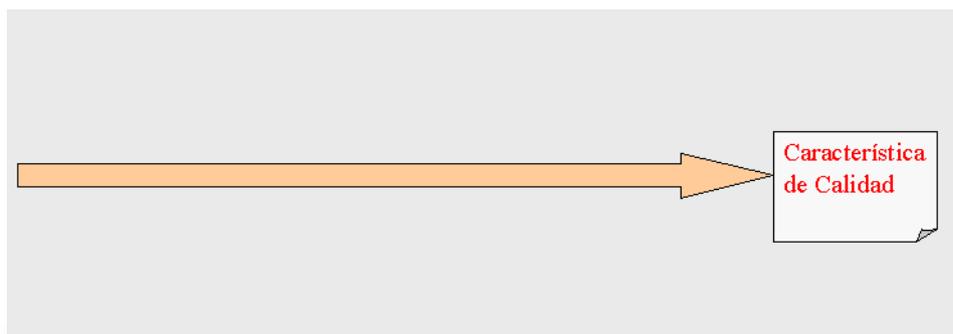


La variabilidad de las características de calidad es un *efecto* observado que tiene múltiples *causas*. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, debemos investigar para identificar las causas del mismo. Para ello nos sirven los *Diagramas de Causa - Efecto*, conocidos también como *Diagramas de Espina de Pescado* por la forma que tienen. Estos diagramas fueron utilizados por primera vez por Kaoru Ishikawa.

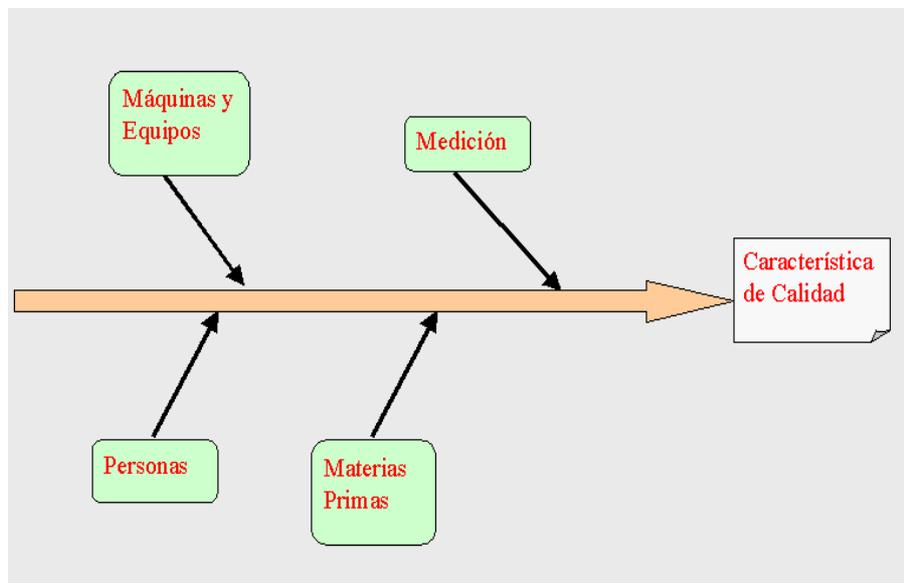
Para hacer un Diagrama de Causa-Efecto seguimos estos pasos:

1. Decidimos cual va a ser la característica de calidad que vamos a analizar. Por ejemplo, en el caso de la mayonesa podría ser el peso del frasco lleno, la densidad del producto, el porcentaje de aceite, etc.

Trazamos un flecha gruesa que representa el *proceso* y a la derecha escribimos la característica de calidad:



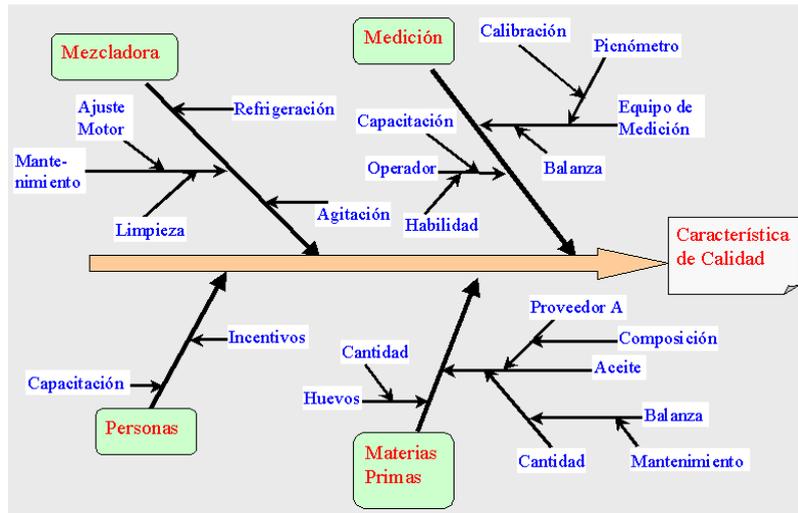
2. Indicamos los factores causales más importantes y generales que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando flechas secundarias hacia la principal. Por ejemplo, Materias Primas, Equipos, Operarios, Método de Medición, etc.:



3. Incorporamos en cada rama factores más detallados que se puedan considerar causas de fluctuación. Para hacer esto, podemos formularnos estas preguntas:

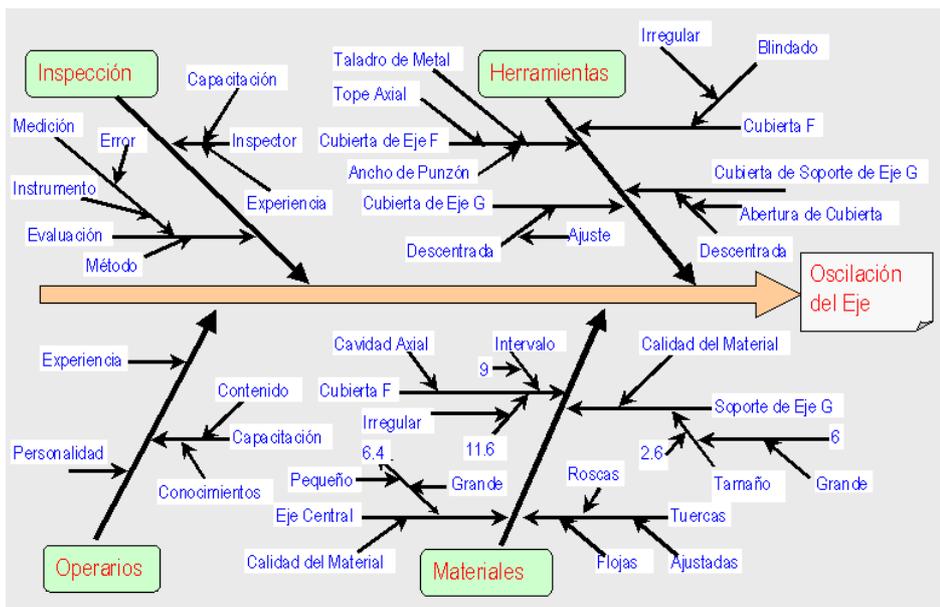
- ¿Por qué hay fluctuación o dispersión en los valores de la característica de calidad? Por la fluctuación de las Materias Primas. Se anota Materias Primas como una de las ramas principales.
- ¿Qué Materias Primas producen fluctuación o dispersión en los valores de la característica de calidad? Aceite, Huevos, sal, otros condimentos. Se agrega Aceite como rama menor de la rama principal Materias Primas.
- ¿Por qué hay fluctuación o dispersión en el aceite? Por la fluctuación de la cantidad agregada a la mezcla. Agregamos a Aceite la rama más pequeña Cantidad.
- ¿Por qué hay variación en la cantidad agregada de aceite? Por funcionamiento irregular de la balanza. Se registra la rama Balanza.
- ¿Por qué la balanza funciona en forma irregular? Por que necesita mantenimiento. En la rama Balanza colocamos la rama Mantenimiento.

Así seguimos ampliando el Diagrama de Causa-Efecto hasta que contenga todas las causas posibles de dispersión.



3. Finalmente verificamos que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones *Causa-Efecto* deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama está terminado.

Veamos un ejemplo de la Guía de Control de Calidad de Kaoru Ishikawa, publicada por UNIPUB (N. York). Se trata de una máquina en la cual se produce un defecto de rotación oscilante. La característica de calidad es la *oscilación* de un eje durante la rotación:



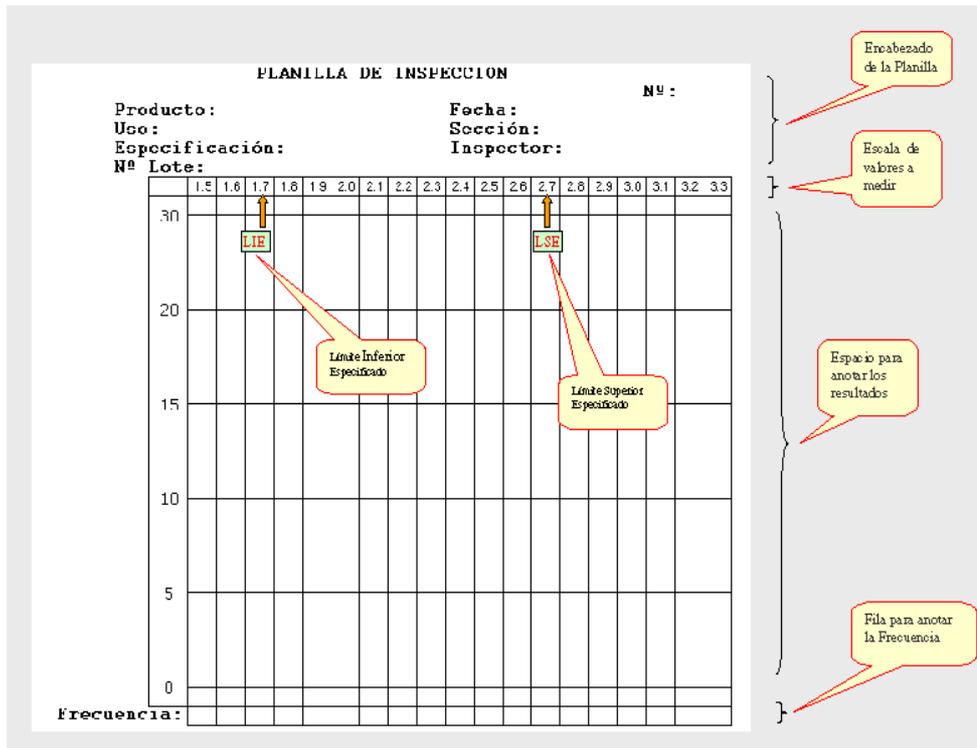
Un diagrama de Causa-Efecto es de por sí educativo, sirve para que la gente conozca en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los Efectos y sus Causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

VOLVER

21.6 Planillas de Inspección

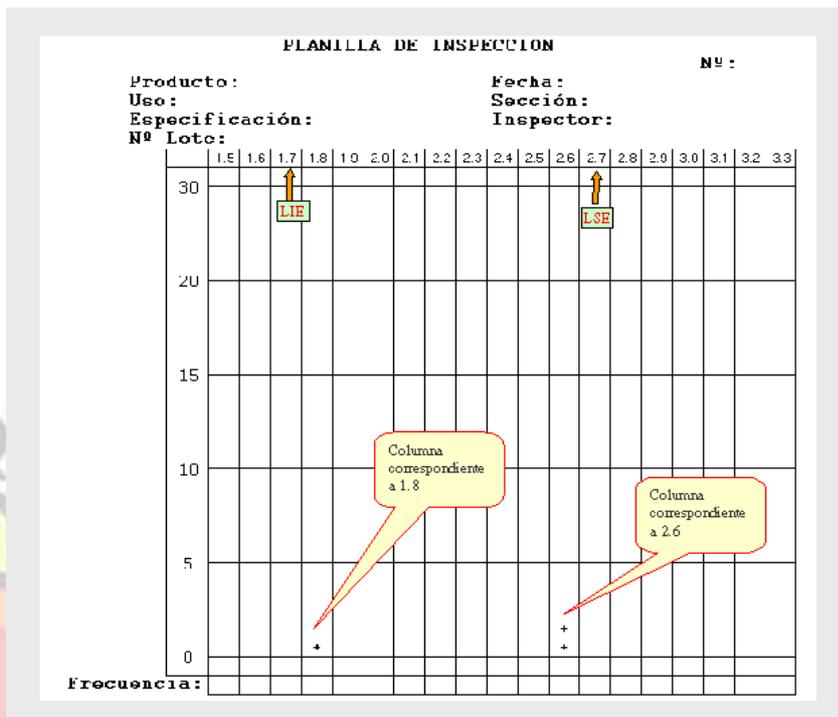
Los datos que se obtienen al medir una característica de calidad pueden recolectarse utilizando *Planillas de Inspección*. Las Planillas de Inspección sirven para anotar los resultados a medida que se obtienen y al mismo tiempo observar cual es la tendencia central y la dispersión de los mismos. Es decir, no es necesario esperar a recoger todos los datos para disponer de información estadística.

¿Cómo realizamos las anotaciones? En lugar de anotar los números, hacemos una marca de algún tipo (*, +, raya, etc.) en la columna correspondiente al resultado que obtuvimos.

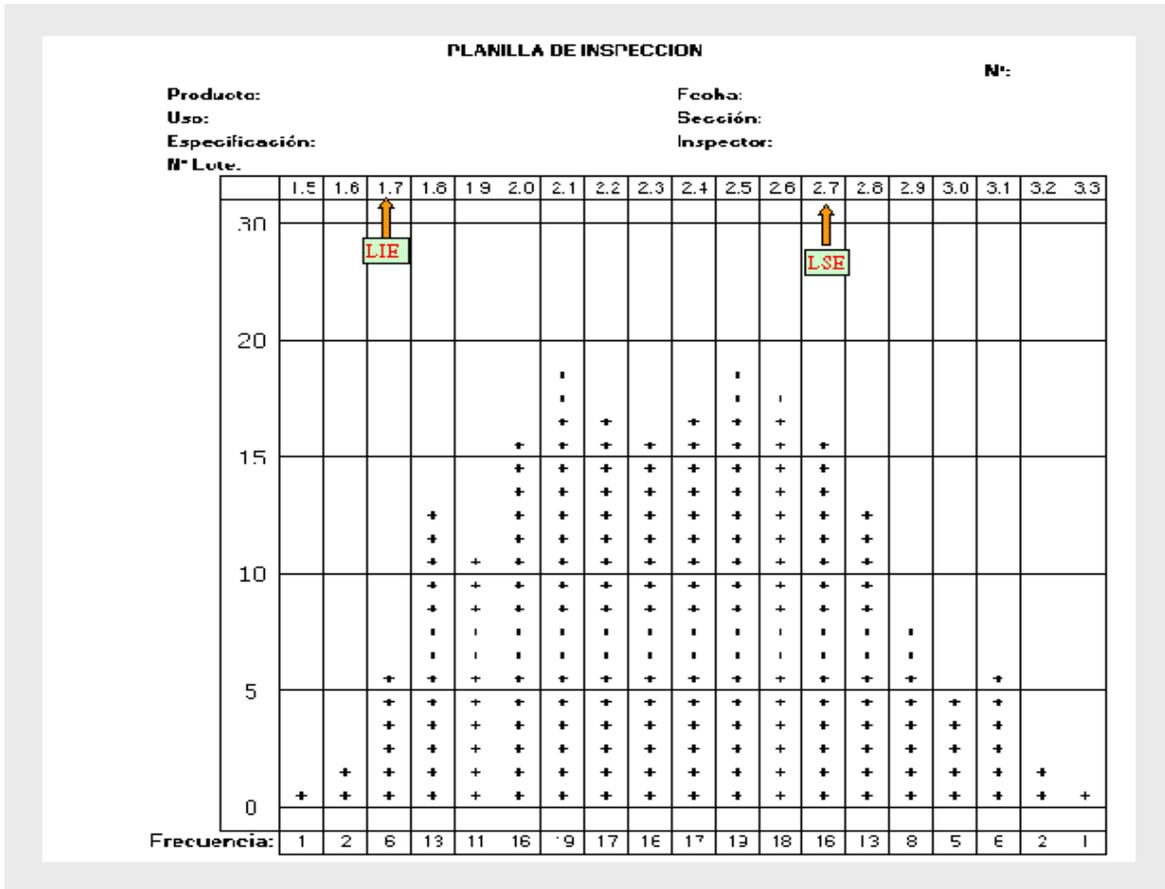


Vamos a suponer que tenemos un lote de artículos y realizamos algún tipo de medición. En primer lugar, registramos en el encabezado de la planilla la información general: Nº de Planilla, Nombre del Producto, Fecha, Nombre del Inspector, Nº de Lote, etc. Esto es muy importante porque permitirá identificar nuestro trabajo de medición en el futuro.

Luego realizamos las mediciones y las vamos anotando en la Planilla. Por ejemplo, si obtuvimos los tres valores siguientes 1.8, 2.6, 2.6 y los registramos con un signo + quedaría así:



Después de muchas mediciones, nuestra planilla quedaría como sigue:



Para cada columna contamos el total de resultados obtenidos y lo anotamos al pie. Esta es la *Frecuencia* de cada resultado, que nos dice cuáles mediciones se repitieron más veces.

¿Qué información nos brinda la Planilla de Inspección? Al mismo tiempo que medimos y registramos los resultados, nos va mostrando cual es la *Tendencia Central* de las mediciones. En nuestro caso, vemos que las mismas están agrupadas alrededor de 2.3 aproximadamente, con un pico en 2.1 y otro en 2.5 . Habría que investigar por que la distribución de los datos tiene esa forma. Además podemos ver la *Dispersión* de los datos. En este caso vemos que los datos están dentro de un rango que comienza en 1.5 y termina en 3.3 . Nos muestra entonces una información acerca de nuestros datos que no sería fácil de ver si sólo tuvieramos una larga lista con los resultados de las mediciones.

Y además, si marcamos en la planilla los valores mínimo y máximo especificados para la característica de calidad que estamos midiendo (LIE y LSE) podemos ver que porcentaje de nuestro producto cumple con las especificaciones.

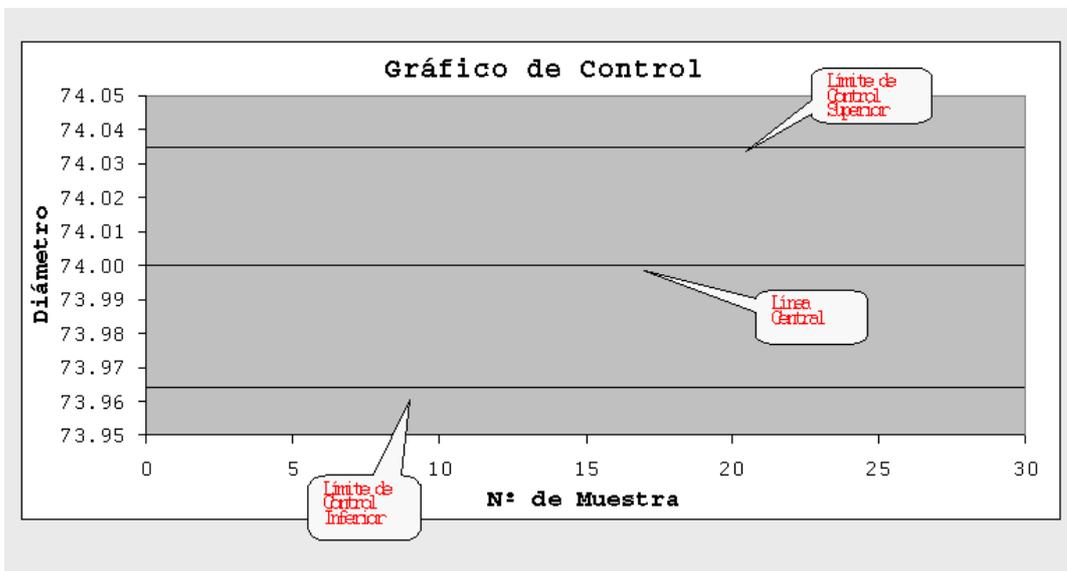
VOLVER

21.7 Gráficos de Control

Un gráfico de control es una carta o diagrama especialmente preparado donde se van anotando los valores sucesivos de la característica de calidad que se está controlando. Los datos se registran durante el funcionamiento del proceso de fabricación y a medida que se obtienen.

El gráfico de control tiene una **Línea Central** que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y **Límites Superior e Inferior** que también se calculan con datos históricos.

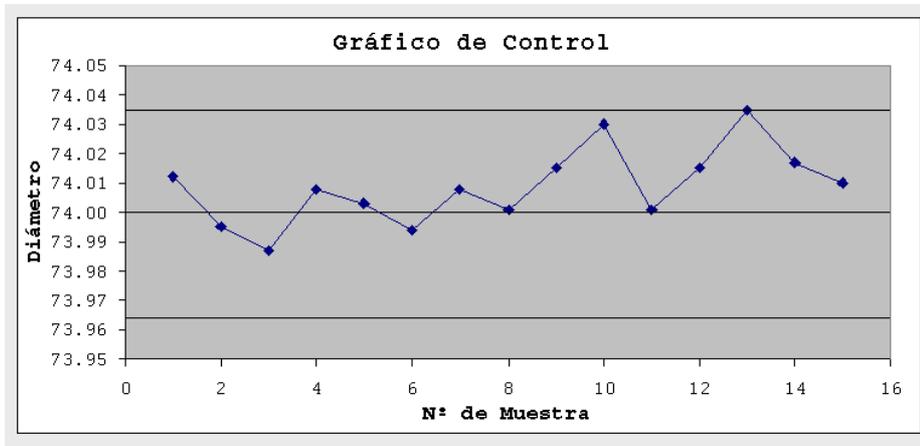
Por ejemplo, supongamos que se tiene un proceso de fabricación de anillos de pistón para motor de automóvil y a la salida del proceso se toman las piezas y se mide el diámetro. Las mediciones sucesivas del diámetro de los anillos se pueden anotar en una carta como la siguiente:



Por ejemplo, si las 15 últimas mediciones fueron las siguientes:

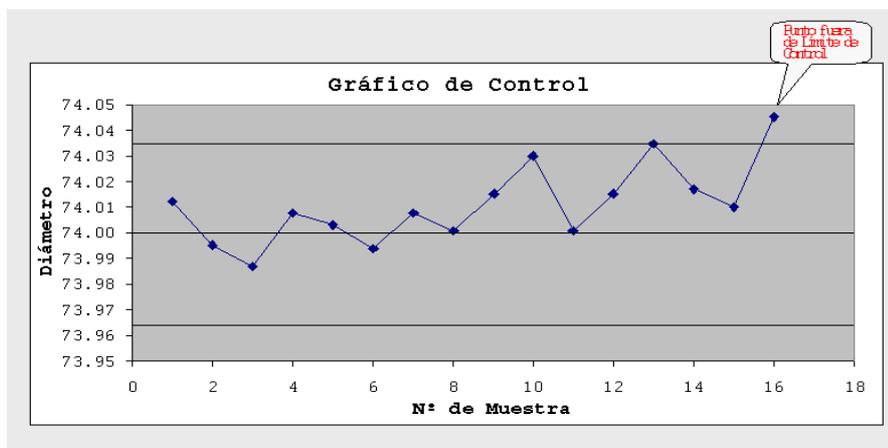
N° Muestra	Diámetro
1	74.012
2	73.995
3	73.987
4	74.008
5	74.003
6	73.994
7	74.008
8	74.001
9	74.015
10	74.030
11	74.001
12	74.015
13	74.035
14	74.017
15	74.010

Entonces tendríamos un Gráfico de Control como este:



Podemos observar en este gráfico que los valores fluctúan al azar alrededor del valor central (Promedio histórico) y dentro de los límites de control superior e inferior. A medida que se fabrican, se toman muestras de los anillos, se mide el diámetro y el resultado se anota en el gráfico, por ejemplo, cada media hora.

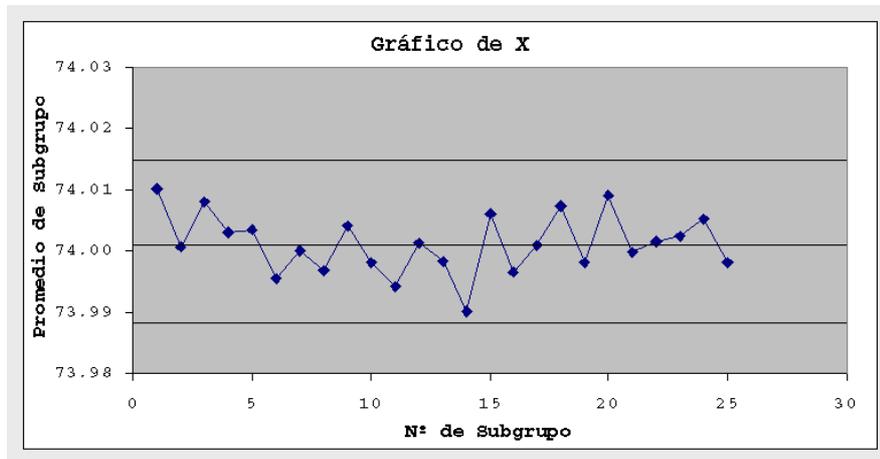
Pero ¿Qué ocurre cuando un punto se va fuera de los límites? Eso es lo que ocurre con el último valor en el siguiente gráfico:



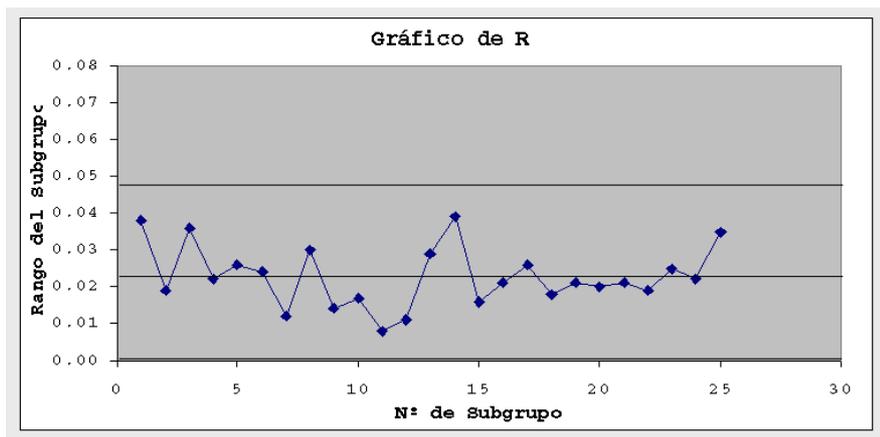
Esa circunstancia puede ser un indicio de que algo anda mal en el proceso. Entonces, es necesario investigar para encontrar el problema (**Causa Asignable**) y corregirla. Si no se hace esto el proceso estará funcionando a un nivel de calidad menor que originalmente.

Existen diferentes tipos de Gráficos de Control: Gráficos X-R, Gráficos C, Gráficos np, Gráficos Cusum, y otros. Cuando se mide una característica de calidad que es una *variable continua* se utilizan en general los Gráficos X-R. Estos en realidad son dos gráficos que se utilizan juntos, el de **X** (promedio del subgrupo) y el de **R** (rango del subgrupo). En este caso se toman muestras de varias piezas, por ejemplo 5 y esto es un subgrupo. En cada subgrupo se calcula el promedio **X** y el rango **R** (Diferencia entre el máximo y el mínimo).

A continuación podemos observar un típico gráfico de X:



Y lo que sigue es un gráfico de R:

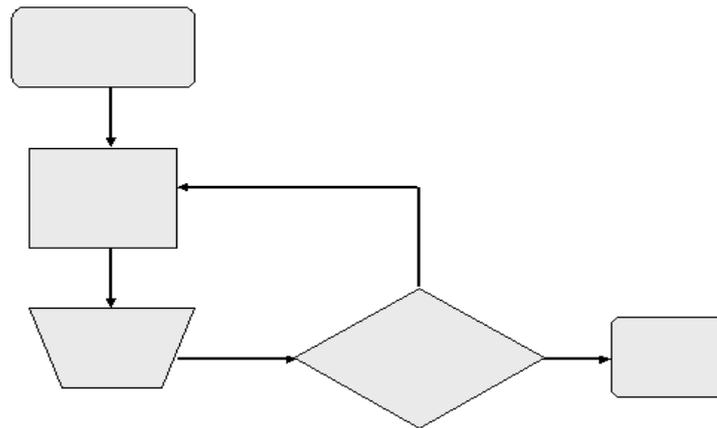


El gráfico de X permite controlar la variabilidad *entre* los sucesivos subgrupos y el de R permite controlar la variabilidad *dentro* de cada subgrupo.

VOLVER

21.8 Diagramas de Flujo

Diagrama de Flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Esta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos utilizados usualmente:



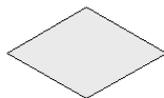
Los símbolos gráficos para dibujar un diagrama de flujo están más o menos normalizados:



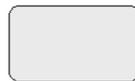
Símbolo de operación, dentro del cual se hace una breve descripción de la misma



Símbolo de operación manual



Símbolo de decisión, a partir del cual el proceso se bifurca en dos caminos



Símbolo utilizado para marcar el comienzo o el fin de un proceso

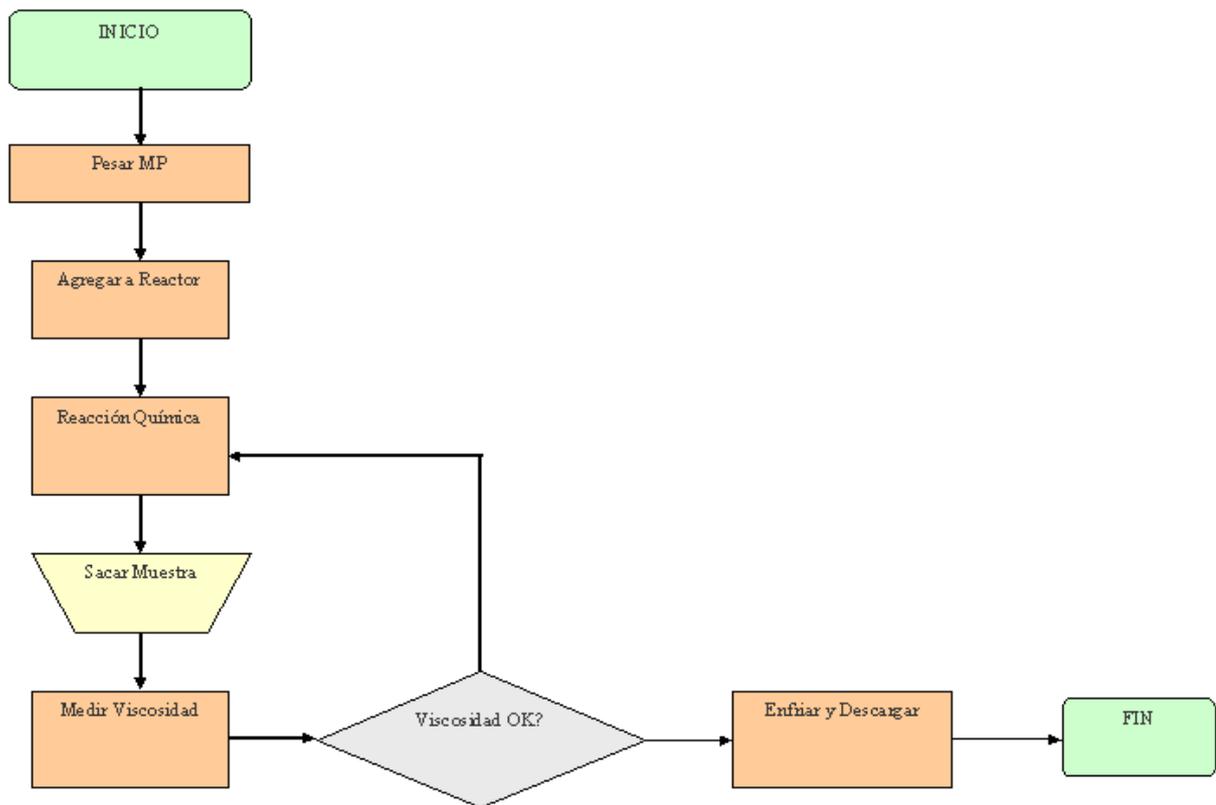


Líneas de flujo, que indican el camino que une los elementos del diagrama



Símbolo de documento

Existen otros símbolos que se pueden utilizar. Lo importante es que su significado se entienda claramente a primera vista. En el ejemplo siguiente, vemos un diagrama de flujo para representar el proceso de fabricación de una resina (Reacción de Polimerización):



Algunas recomendaciones para construir Diagramas de Flujo son las siguientes:

- ✓ Conviene realizar un Diagrama de Flujo que describa el proceso real y no lo que está escrito sobre el mismo (lo que se supone debería ser el proceso).
- ✓ Si hay operaciones que no siempre se realizan como está en el diagrama, anotar las excepciones en el diagrama.
- ✓ Probar el Diagrama de Flujo tratando de realizar el proceso como está descrito en el mismo, para verificar que todas las operaciones son posibles tal cual figuran en el diagrama.
- ✓ Si se piensa en realizar cambios al proceso, entonces se debe hacer un diagrama adicional con los cambios propuestos.

VOLVER

21.9 Histogramas

Un histograma es un gráfico o diagrama que muestra el número de veces que se repiten cada uno de los resultados cuando se realizan mediciones sucesivas. Esto permite ver alrededor de que valor se agrupan las mediciones (Tendencia central) y cual es la dispersión alrededor de ese valor central.

Supongamos que un médico dietista desea estudiar el peso de personas adultas de sexo masculino y recopila una gran cantidad de datos midiendo el peso en kilogramos de sus pacientes varones:

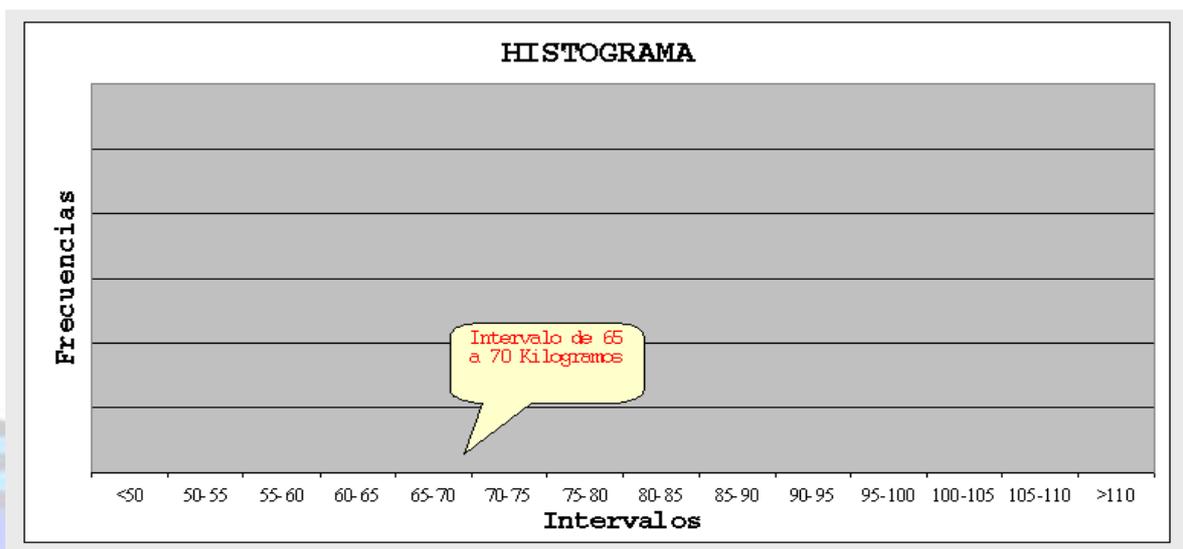
74.6	74.6	81.6	75.4	69.8	68.4
74.5	85.9	65.8	63.5	95.7	69.4
77.0	113.7	57.8	69.9	74.5	74.3
70.7	77.9	74.5	63.7	77.0	63.2
79.4	76.4	77.0	72.1	70.7	68.4
74.6	95.7	70.7	71.6	79.4	76.9
85.2	78.4	79.4	69.4	74.6	75.4
81.6	84.6	74.6	69.8	85.2	74.8
67.9	97.4	85.2	83.5	81.6	78.9
63.7	74.5	81.6	69.7	67.9	77.0
72.1	77.0	67.9	68.4	63.7	76.7
71.6	70.7	63.7	70.7	72.1	77.0
69.4	79.4	72.1	79.4	71.6	70.7
69.8	74.6	71.6	74.6	69.4	79.4
83.5	85.2	69.4	85.2	69.8	74.6
83.5	81.6	69.8	81.6	83.5	85.2
74.9	67.9	83.5	67.9	79.3	81.6
73.2	63.7	74.9	63.7	76.3	67.9
70.7	70.7	73.2	67.5	79.8	63.7
79.4	79.4	70.7	85.3	70.7	72.1
88.6	74.6	79.4	88.6	79.4	71.6
70.7	85.2	74.6	70.7	74.6	69.4
79.4	81.6	85.2	79.4	85.2	69.8
70.7	67.9	81.6	74.6	81.6	83.5
79.4	63.7	67.9	85.2	67.9	67.9
74.6	72.1	63.7	81.6	63.7	63.7
85.2	71.6	72.1	67.9	72.1	70.7
81.6	69.4	71.6	63.7	71.6	73.2
67.9	69.8	69.4	72.1	69.4	70.7
63.7	83.5	69.8	71.6	69.8	79.4
72.1	83.5	83.5	69.4	83.5	74.6
71.6	69.7	85.2	69.8	69.8	63.7
69.4	68.4	81.6	83.5	83.5	72.1
69.8	70.7	63.7	72.1	83.5	71.6
83.5	79.4	72.1	71.6	72.1	69.4
67.9	71.6	71.6	69.4	71.6	69.8

Así como están los datos es muy difícil sacar conclusiones acerca de ellos.

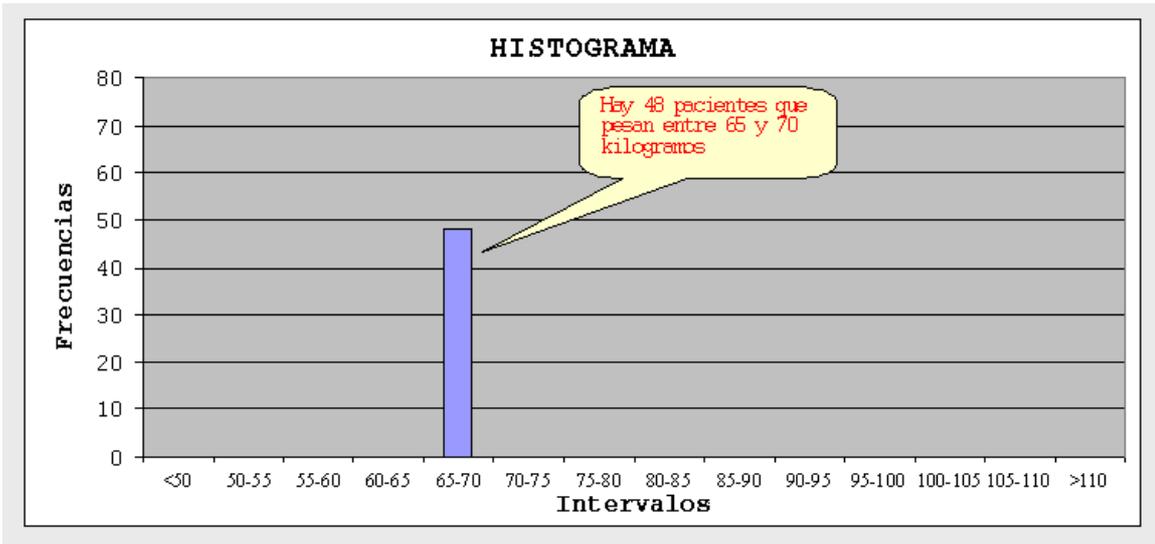
Entonces, lo primero que hace el médico es agrupar los datos en intervalos contando cuantos resultados de mediciones de peso hay dentro de cada intervalo (Esta es la frecuencia). Por ejemplo, ¿Cuántos pacientes pesan entre 60 y 65 kilos? ¿Cuántos pacientes pesan entre 65 y 70 kilos? :

Intervalos	Nº Pacientes (Frecuencia)
<50	0
50-55	0
55-60	1
60-65	17
65-70	48
70-75	70
75-80	32
80-85	28
85-90	16
90-95	0
95-100	3
100-105	0
105-110	0
>110	1

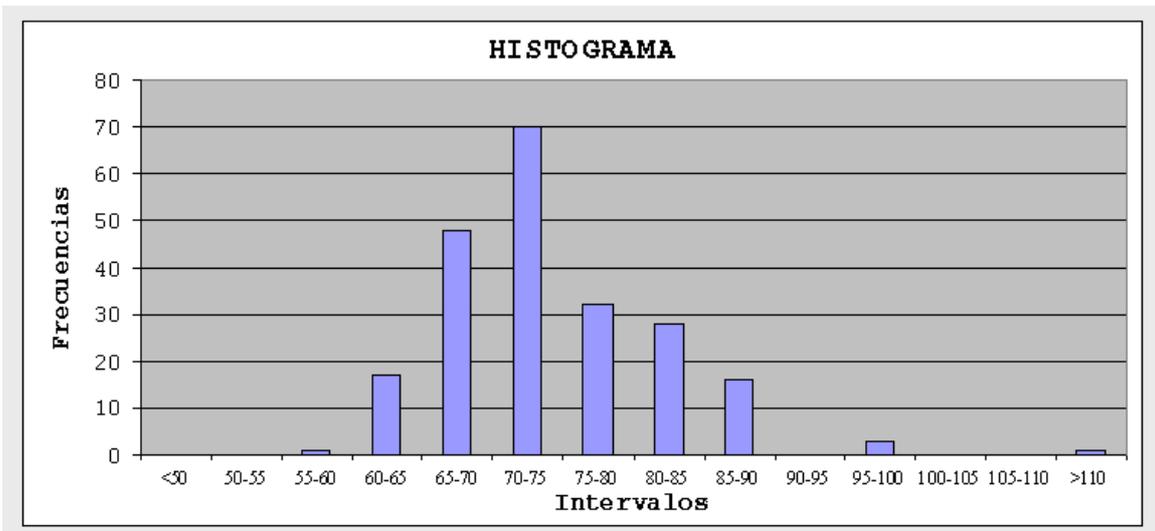
Ahora se pueden representar las frecuencias en un gráfico como el siguiente:



Por ejemplo, la tabla nos dice que hay 48 pacientes que pesan entre 65 y 70 kilogramos. Por lo tanto, levantamos una columna de altura proporcional a 48 en el gráfico:



Y agregando el resto de las frecuencias nos queda el histograma siguiente:



¿Qué utilidad nos presta el histograma? Permite visualizar rápidamente información que estaba oculta en la tabla original de datos. Por ejemplo, nos permite apreciar que el peso de los pacientes se agrupa alrededor de los 70-75 kilos. Esta es la *Tendencia Central* de las mediciones. Además podemos observar que los pesos de todos los pacientes están en un rango desde 55 a 100 kilogramos. Esta es la *Dispersión* de las mediciones. También podemos observar que hay muy pocos pacientes por encima de 90 kilogramos o por debajo de 60 kilogramos.

Ahora el médico puede extraer toda la información relevante de las mediciones que realizó y puede utilizarlas para su trabajo en el terreno de la medicina.

VOLVER

21.10 Diagramas de Pareto

El Diagrama de Pareto es un histograma especial, en el cual las frecuencias de ciertos eventos aparecen ordenadas de mayor a menor. Vamos a explicarlo con un ejemplo.

Supongamos que un fabricante de heladeras desea analizar cuales son los defectos más frecuentes que aparecen en las unidades al salir de la línea de producción. Para esto, empezó por clasificar todos los defectos posibles en sus diversos tipos:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema
Motor no detiene	No para el motor cuando alcanza Temperatura
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría
Burlete Def.	Burlete roto o deforme que no ajusta
Pintura Def.	Defectos de pintura en superficies externas
Rayas	Rayas en las superficies externas
No funciona	Al enchufar no arranca el motor
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente
Gavetas Def.	Gavetas interiores con rajaduras
Motor no arranca	El motor no arranca después de ciclo de parada
Mala Nivelación	La heladera se balancea y no se puede nivelar
Puerta Def.	Puerta de refrigerador no cierra herméticamente
Otros	Otros Defectos no incluidos en los anteriores

Posteriormente, un inspector revisa cada heladera a medida que sale de producción registrando sus defectos de acuerdo con dichos tipos.

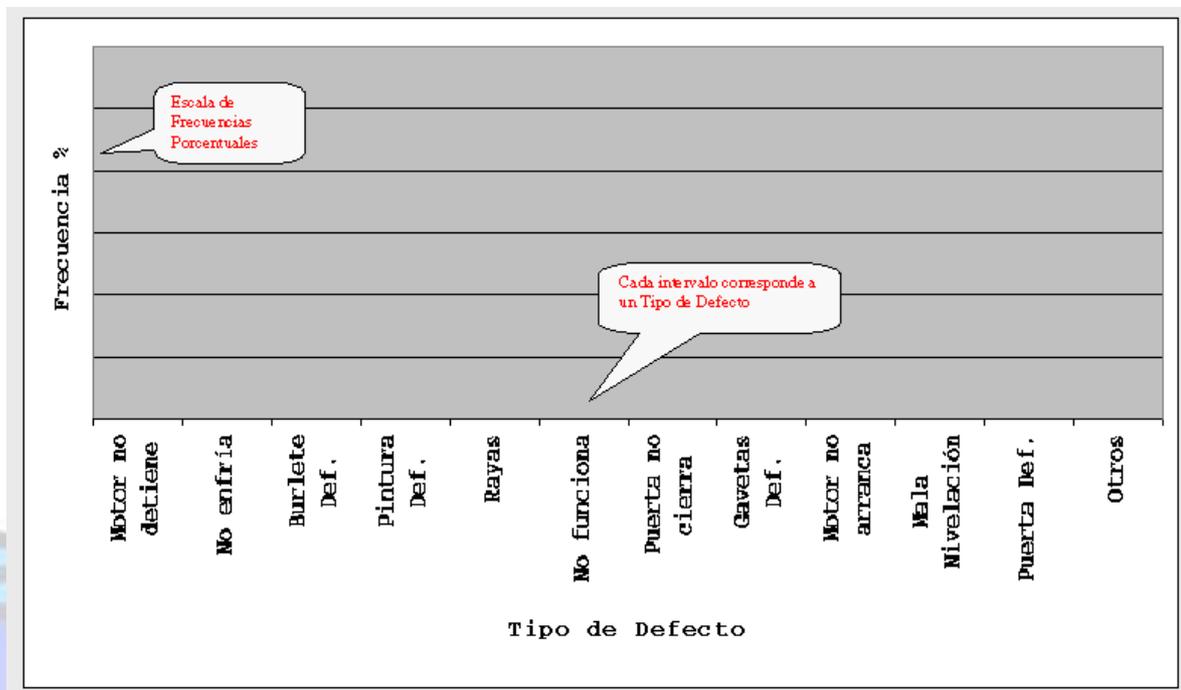
Después de inspeccionar 88 heladeras, se obtuvo una tabla como esta:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Nº
Burlete Def.	Burlete roto o deforme que no ajusta	9
Pintura Def.	Defectos de pintura en superficies externas	5
Gavetas Def.	Gavetas interiores con rajaduras	1
Mala Nivelación	La heladera se balancea y no se puede nivelar	1
Motor no arranca	El motor no arranca después de ciclo de parada	1
Motor no detiene	No para el motor cuando alcanza Temperatura	36
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	27
No funciona	Al enchufar no arranca el motor	2
Otros	Otros Defectos no incluidos en los anteriores	0
Puerta Def.	Puerta de refrigerador no cierra herméticamente	0
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente	2
Rayas	Rayas en las superficies externas	4
Total:		88

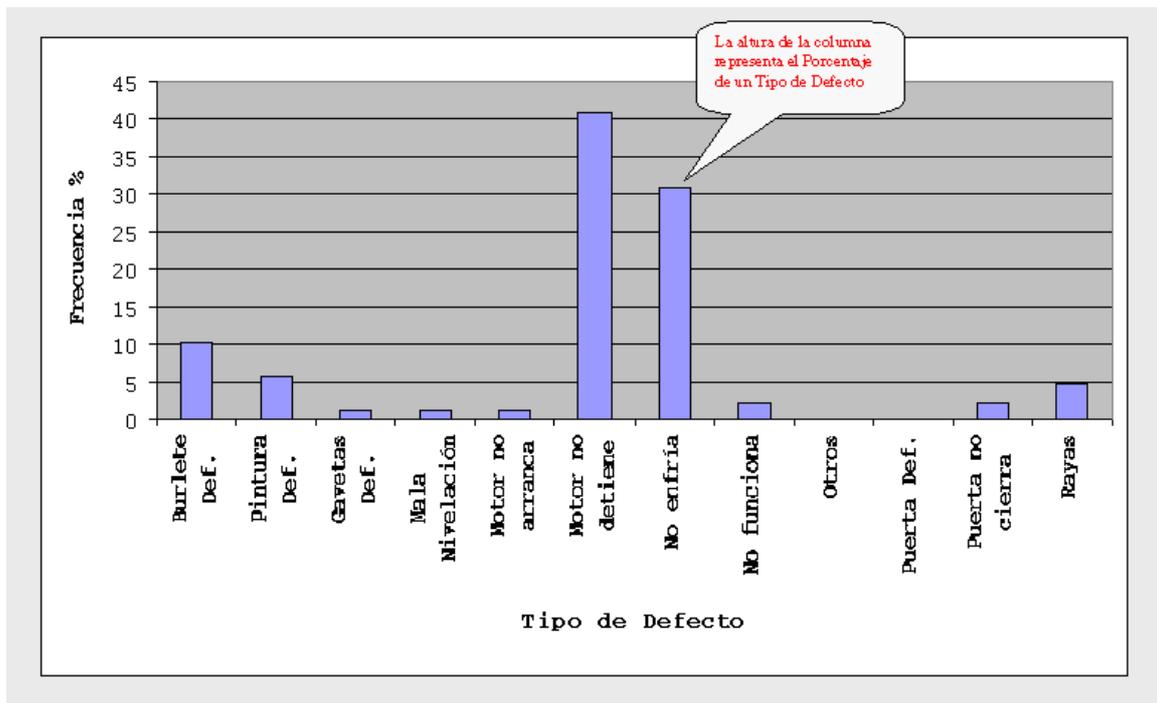
La última columna muestra el número de heladeras que presentaban cada tipo de defecto, es decir, la frecuencia con que se presenta cada defecto. En lugar de la frecuencia numérica podemos utilizar la frecuencia porcentual, es decir, el porcentaje de heladeras en cada tipo de defecto:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec.	Frec. %
Burlete Def.	Burlete roto o deforme que no ajusta	9	10.2
Pintura Def.	Defectos de pintura en superficies externas	5	5.7
Gavetas Def.	Gavetas interiores con rajaduras	1	1.1
Mala Nivelación	La heladera se balancea y no se puede nivelar	1	1.1
Motor no arranca	El motor no arranca después de ciclo de parada	1	1.1
Motor no detiene	No para el motor cuando alcanza Temperatura	36	40.9
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	27	30.7
No funciona	Al enchufar no arranca el motor	2	2.3
Otros	Otros Defectos no incluidos en los anteriores	0	0.0
Puerta Def.	Puerta de refrigerador no cierra herméticamente	0	0.0
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente	2	2.3
Rayas	Rayas en las superficies externas	4	4.5
Total:		88	100

Podemos ahora representar los datos en un histograma como el siguiente:



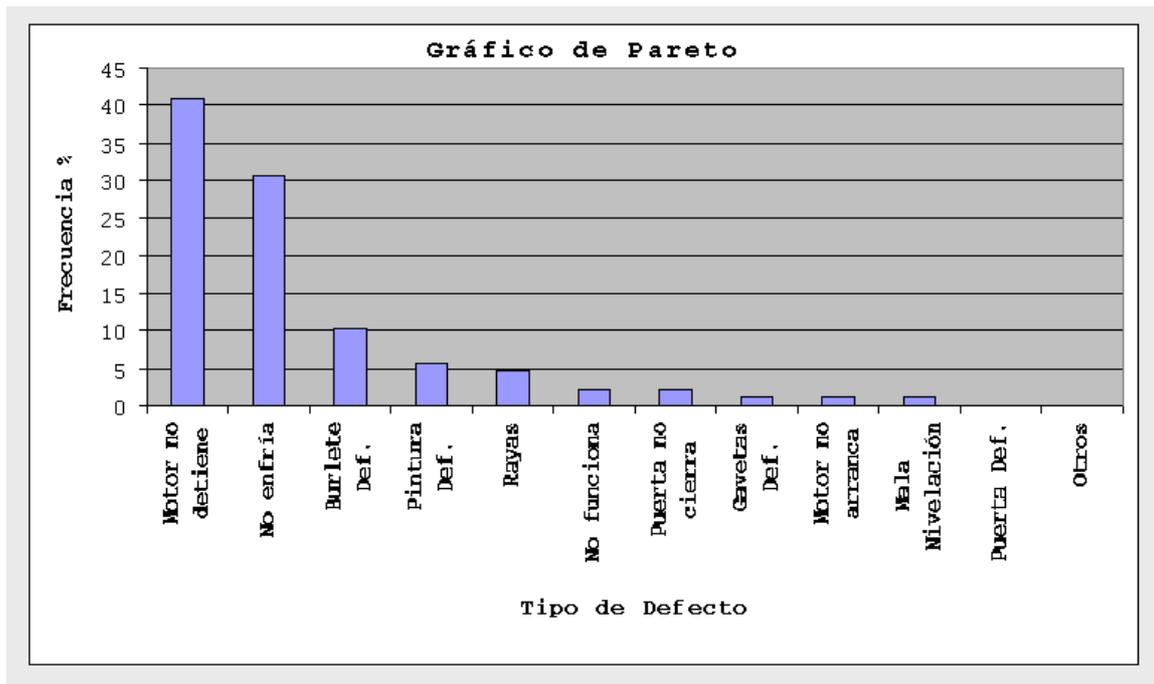
A continuación, en cada intervalo dibujamos una columna de altura proporcional al porcentaje de heladeras que presenta ese tipo de defecto (Última columna de la tabla):



Pero ¿Cuáles son los defectos que aparecen con mayor frecuencia? Para hacerlo más evidente, antes de graficar podemos ordenar los datos de la tabla en **orden decreciente de frecuencia**:

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec.	Frec. %
Motor no detiene	No para el motor cuando alcanza Temperatura	36	40.9
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	27	30.7
Burlete Def.	Burlete roto o deforme que no ajusta	9	10.2
Pintura Def.	Defectos de pintura en superficies externas	5	5.7
Rayas	Rayas en las superficies externas	4	4.5
No funciona	Al enchufar no arranca el motor	2	2.3
Puerta no cierra	La puerta no cierra correctamente	2	2.3
Gavetas Def.	Gavetas interiores con rajaduras	1	1.1
Mala Nivelación	La heladera se balancea y no se puede nivelar	1	1.1
Motor no arranca	El motor no arranca después de ciclo de parada	1	1.1
Otros	Otros Defectos no incluidos en los anteriores	0	0.0
Puerta Def.	Puerta de refrigerador no cierra herméticamente	0	0.0
Total:		88	100

Lo que obtenemos se llama **Diagrama de Pareto** o **Gráfico de Pareto**:



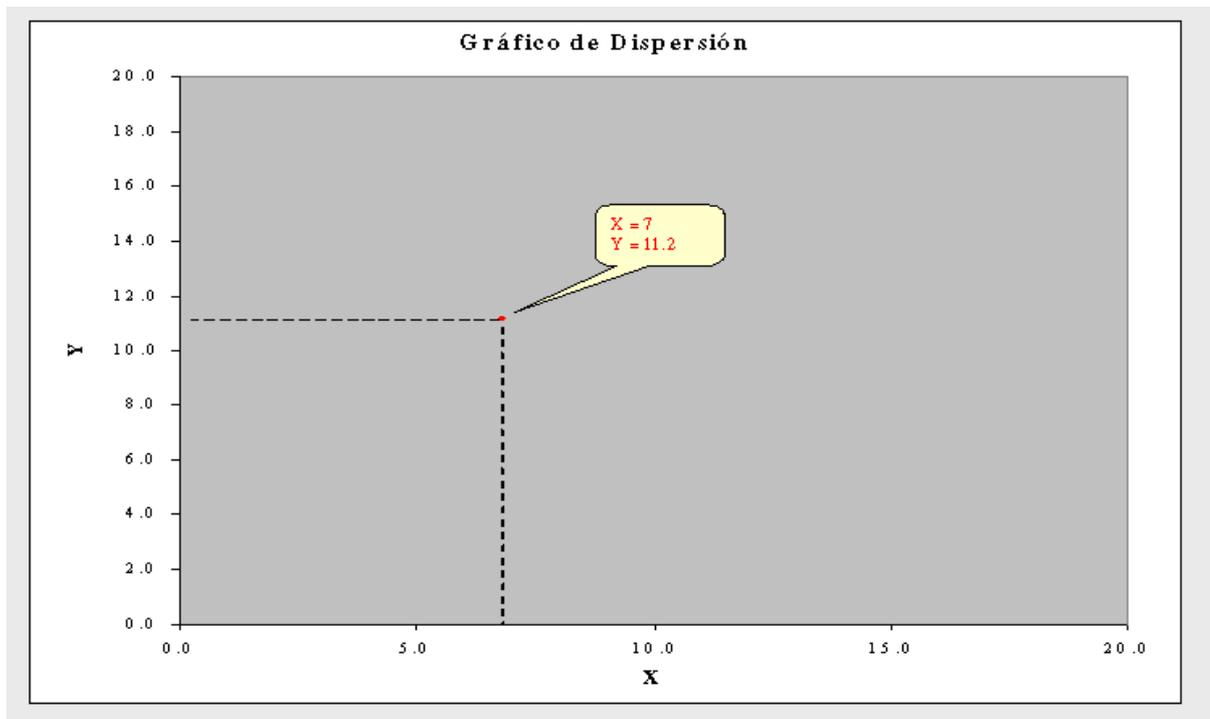
Ahora resulta evidente cuales son los tipos de defectos más frecuentes. Podemos observar que los 3 primeros tipos de defectos se presentan en el 82 % de las heladeras, aproximadamente. Esto nos conduce a lo que se conoce como Principio de Pareto: *La mayor parte de los defectos encontrados en el lote pertenece sólo a 2 ó 3 tipos de defectos, de manera que si se eliminan las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los defectos.*

VOLVER

21.11 Diagramas de Dispersión

Los Diagramas de Dispersión o Gráficos de Correlación permiten estudiar la relación entre 2 variables. Dadas 2 variables X e Y, se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de X aumenta proporcionalmente el valor de Y (Correlación positiva) o si cada vez que aumenta el valor de X disminuye en igual proporción el valor de Y (Correlación negativa).

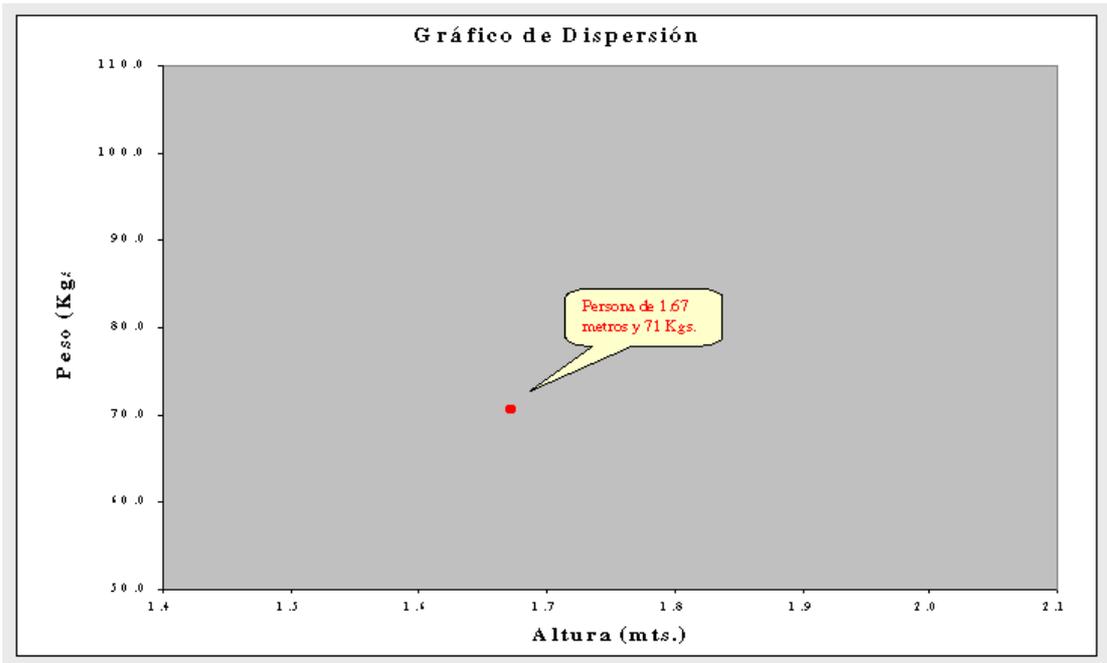
En un gráfico de correlación representamos cada par X, Y como un punto donde se cortan las coordenadas de X e Y:



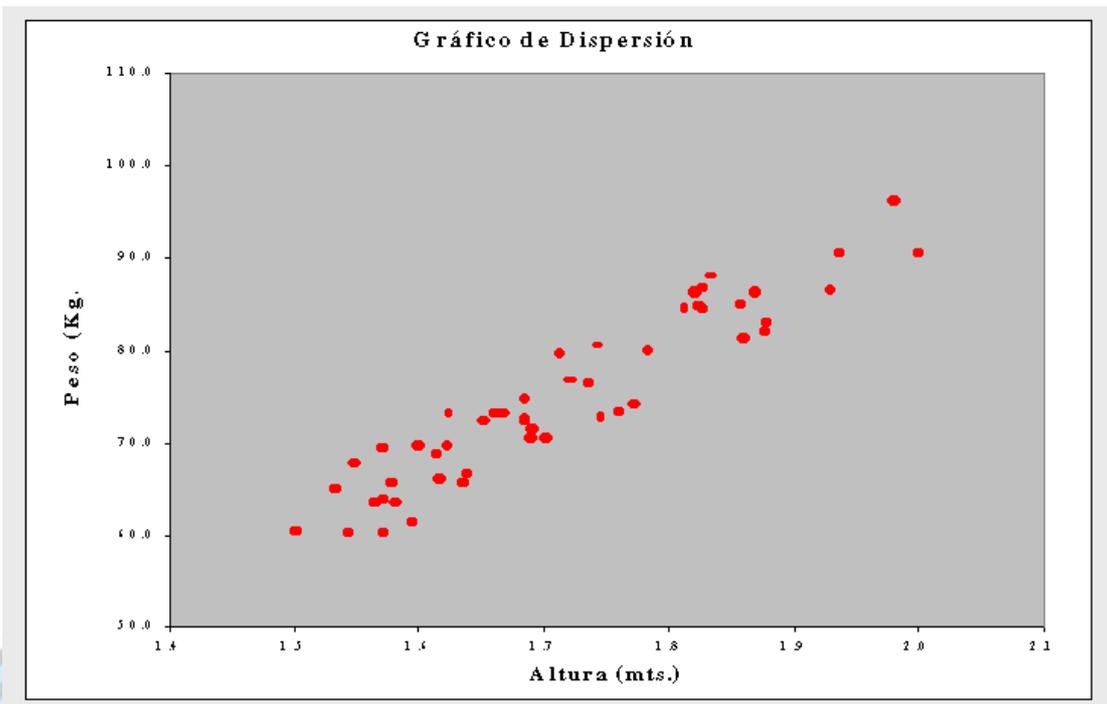
Veamos un ejemplo. Supongamos que tenemos un grupo de personas adultas de sexo masculino. Para cada persona se mide la altura en metros (Variable X) y el peso en kilogramos (Variable Y). Es decir, para cada persona tendremos un par de valores X, Y que son la altura y el peso de dicha persona:

Nº Persona	Altura (m)	Peso (Kg.)	Nº Persona	Altura (m)	Peso (Kg.)
001	1.94	95.8	026	1.66	74.9
002	1.82	80.5	027	1.96	88.1
003	1.79	78.2	028	1.56	65.3
004	1.69	77.4	029	1.55	64.5
005	1.80	82.6	030	1.71	75.5
006	1.88	87.8	031	1.90	91.3
007	1.57	67.6	032	1.65	66.6
008	1.81	82.5	033	1.78	76.8
009	1.76	82.5	034	1.83	80.2
010	1.63	65.8	035	1.98	97.6
011	1.59	67.3	036	1.67	76.0
012	1.84	88.8	037	1.53	58.0
013	1.92	93.7	038	1.96	95.2
014	1.84	82.9	039	1.66	74.5
015	1.88	88.4	040	1.62	71.8
016	1.62	69.0	041	1.89	91.0
017	1.86	83.4	042	1.53	62.1
018	1.91	89.1	043	1.59	69.8
019	1.99	95.2	044	1.55	64.6
020	1.76	79.1	045	1.97	90.0
021	1.55	61.6	046	1.51	63.8
022	1.71	70.6	047	1.59	62.6
023	1.75	79.4	048	1.60	67.8
024	1.76	78.1	049	1.57	63.3
025	2.00	90.6	050	1.61	65.2

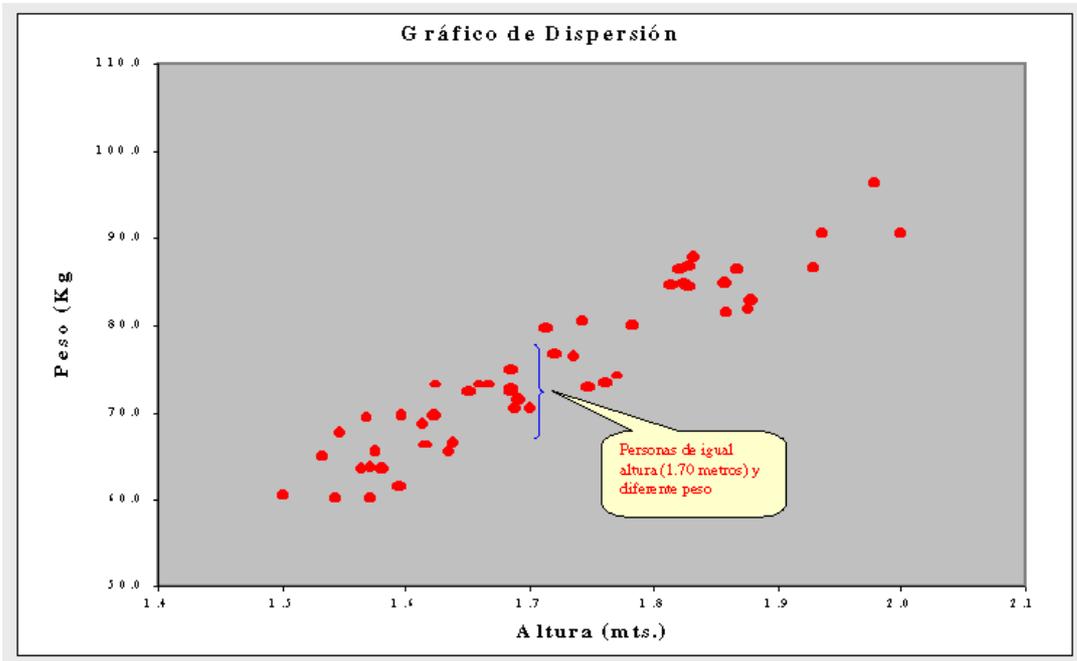
Entonces, para cada persona representamos su altura y su peso con un punto en un gráfico:



Una vez que representamos a las 50 personas quedará un gráfico como el siguiente:

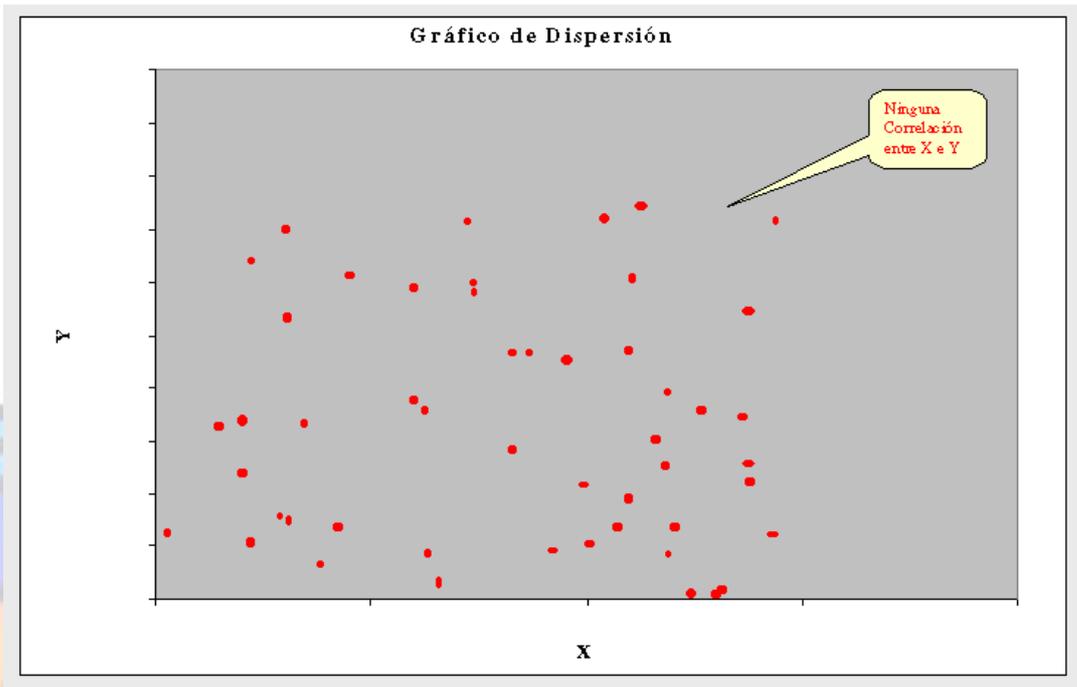


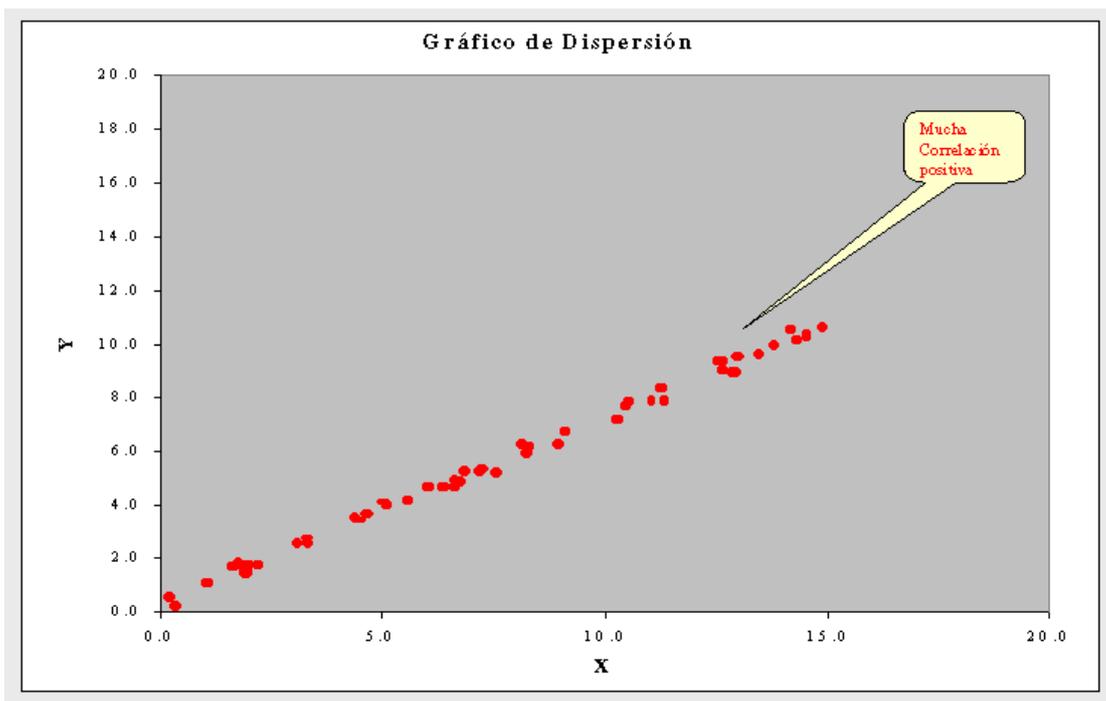
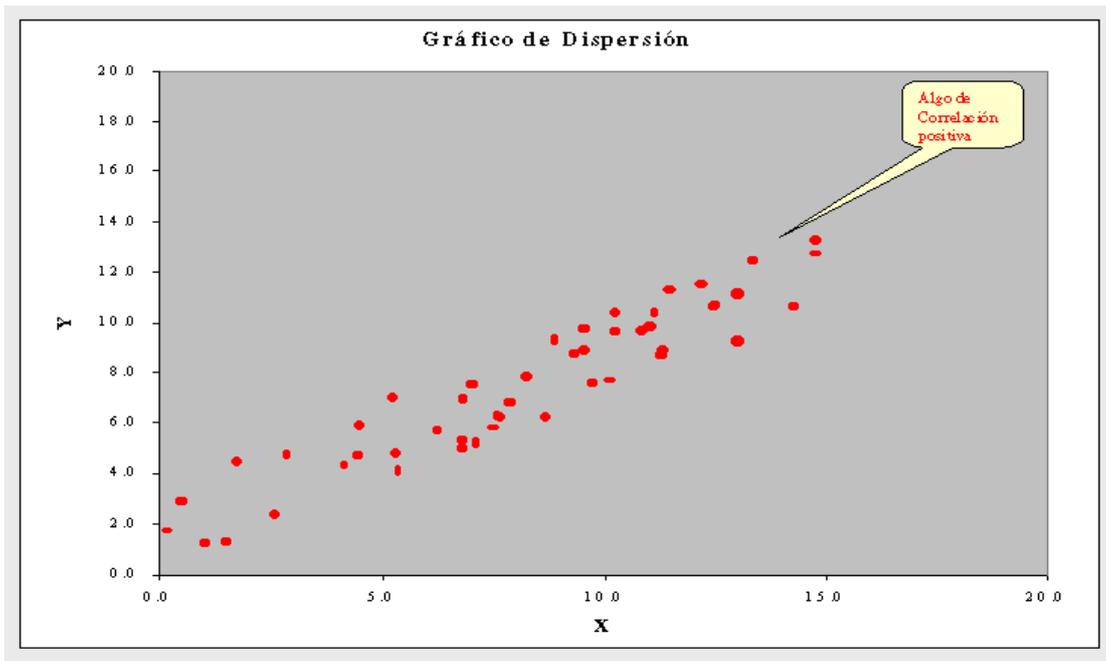
¿Qué nos muestra este gráfico? En primer lugar podemos observar que las personas de mayor altura tienen mayor peso, es decir parece haber una correlación positiva entre altura y peso. Pero un hombre bajito y gordo puede pesar más que otro alto y flaco. Esto es así porque no hay una correlación total y absoluta entre las variables altura y peso. Para cada altura hay personas de distinto peso:

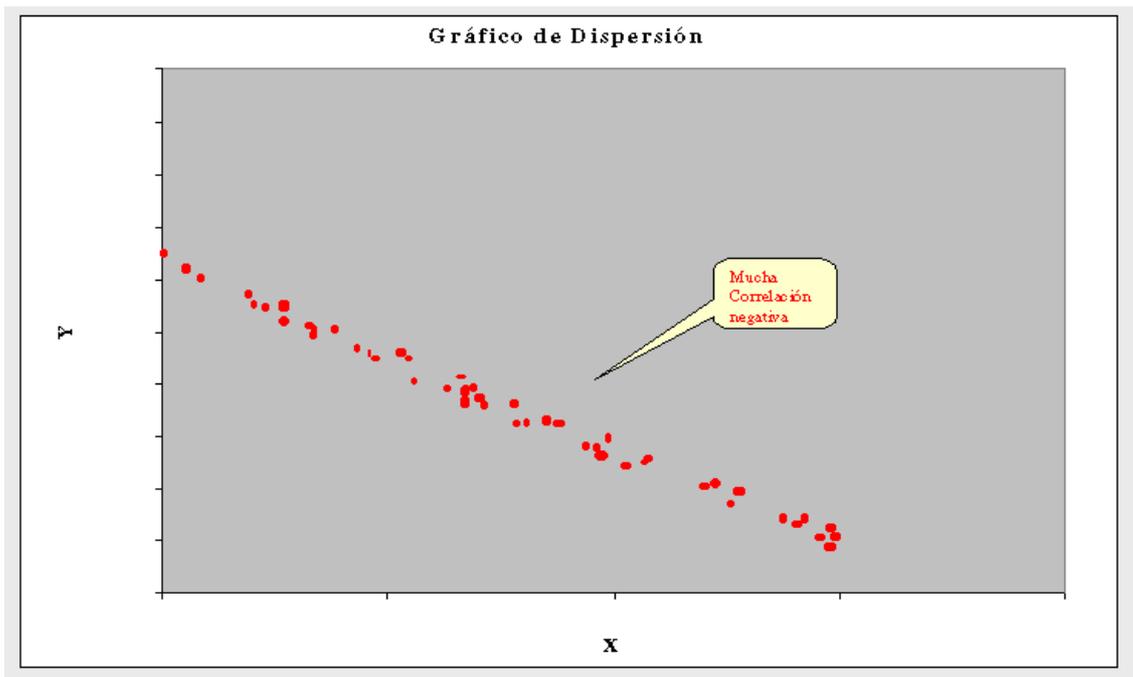
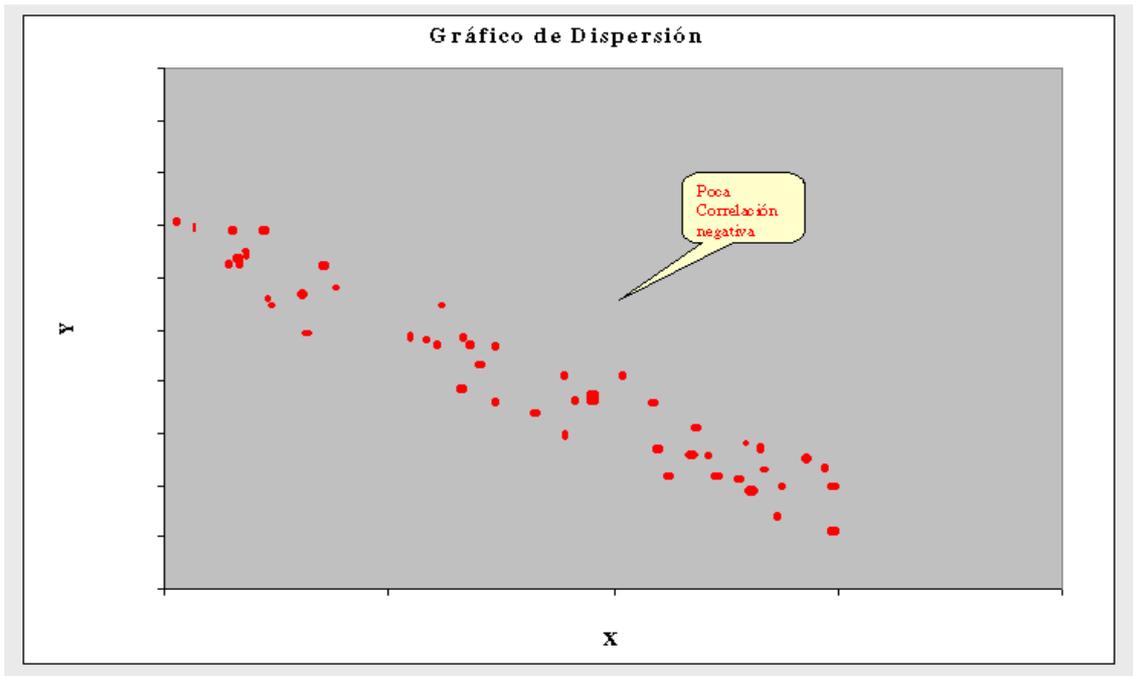


Sin embargo podemos afirmar que existe *cierto grado de correlación* entre la altura y el peso de las personas.

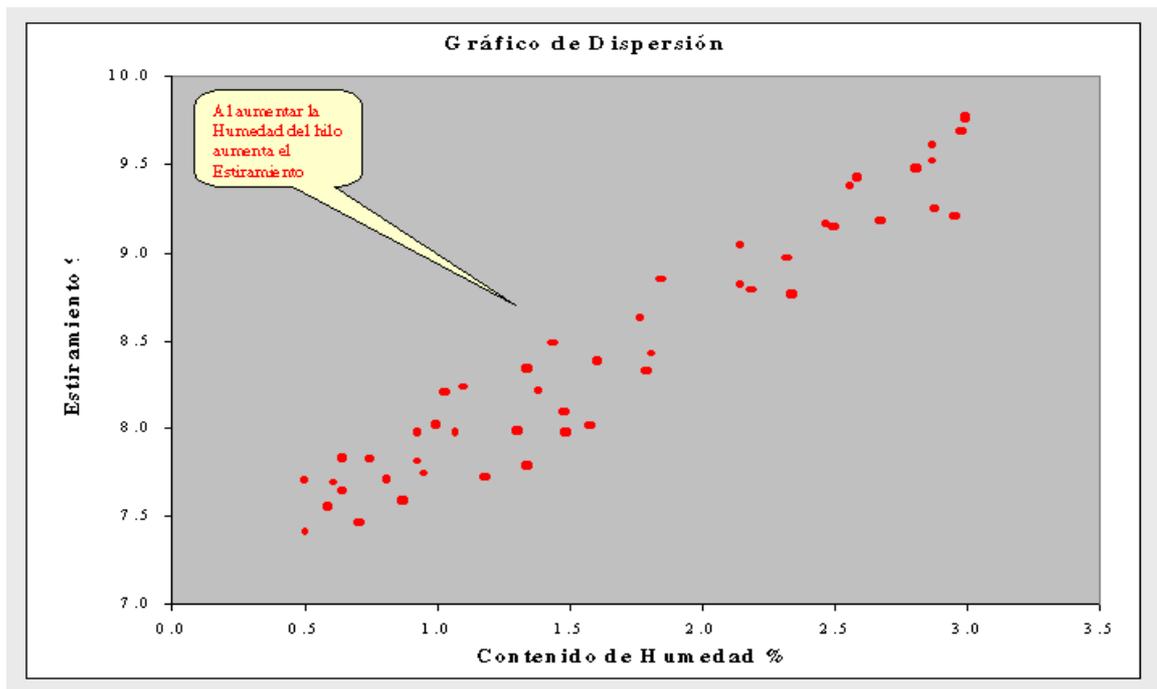
Cuando se trata de dos variables cualesquiera, puede no haber ninguna correlación o puede existir alguna correlación en mayor o menor grado, como podemos ver en los gráficos siguientes:







Por ejemplo, en el siguiente gráfico podemos ver la relación entre el contenido de Humedad de hilos de algodón y su estiramiento:



VOLVER