



# HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

---

Material de referencia para la UNIDAD TEMÁTICA N° 3 de la Cátedra de Gestión de Calidad de la Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, UNCuyo

## Objetivo

---

El objetivo de este documento es ayudar a la comprensión de las principales Herramientas utilizadas en Gestión de la Calidad, su utilidad y aplicación.

Autor: Ing. Leticia Simoncini

Agosto 2021



## Tabla de contenido

1. Introducción .....	3
2. Herramientas para la Estandarización .....	5
Herramientas para la Estandarización de Procesos y Métodos.....	5
Herramientas para la Estandarización de Productos o Servicios.....	6
3. Herramientas para Recogida de Datos.....	7
Hoja de Recogida de Datos .....	7
Gráficos de Control .....	10
Diagrama de Flujo .....	13
4. Herramientas para Análisis y Toma de Decisiones .....	15
Diagramas de Afinidad .....	15
Diagrama matricial .....	17
Diagramas de priorización.....	18
Despliegue de la Función Calidad QFD.....	19
AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos .....	23
5 Por Qué.....	26
Diagrama de Ishikawa de Causa-Efecto o Espina de Pez .....	29
Histograma .....	31
Diagrama de Pareto .....	32
Diagrama de Correlación.....	36
5. Referencias del Autor .....	38

## Bibliografía:

- Juran's Quality Handbook – Joseph M. Juran and A. Blanton Godfrey - Fifth Edition – McGraw-Hill
- Calidad – Pablo Alcalde San Miguel – 1° Edición, 3° Reimpresión 2009 – Thompson Paraninfo
- La Meta – Eliyahu M. Goldratt
- Ingeniería Industrial On Line - <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- Gestión de la Calidad (ISO 9001:2008). Ed. Vértice.

## 1. Introducción

Hemos visto en temas anteriores, conceptos indispensables para comprender qué es la Calidad y por qué es necesario que las Organizaciones se gestionen CULTURALMENTE alineadas con prácticas de Calidad. Hemos hablado de Productos, de Procesos, de Sistemas, de Mapas de Procesos, de Indicadores, de Objetivos, de Normas, de Gestión, de TQM, de Auditorías, de Requisitos, y la pregunta que naturalmente debería surgir en todos nosotros a partir de que tomamos conocimiento de estos conceptos es **¿CÓMO?**

1. ¿Cómo defino un PRODUCTO y los REQUISITOS que debe cumplir?
2. ¿Cómo defino el PROCESO capaz de producir esos productos y qué REQUISITOS deberá cumplir dicho proceso?
3. ¿Cómo establezco o diseño un INDICADOR que sea capaz de monitorear un proceso?
4. ¿Cómo propongo un OBJETIVO de Calidad a un proceso o a un sector de la organización?
5. ¿Cómo defino un SISTEMA de GESTIÓN que sea capaz de cumplir con las NORMAS?
6. ¿Cómo respondo a las AUDITORÍAS internas o externas a las que deben ser sometidos mis productos, procesos y sistemas?
7. ¿Cómo defino los REQUISITOS que deben cumplir mis productos y procesos?
8. ¿Cómo, cómo, cómo....? .....

El camino que nos lleva hacia esa CULTURA DE CALIDAD, que en la práctica se conoce como CALIDAD TOTAL, exige un gran cambio de paradigmas, ya que:

- establece y mantiene un liderazgo,
- desarrolla al personal y lo hace trabajar en equipo,
- exige enfocar los esfuerzos de calidad total hacia el cliente
- requiere de la planificación de cada uno de los pasos para lograr la excelencia en sus operaciones.

El hacer esto exige vencer obstáculos que se irán presentando a lo largo del camino. Estos obstáculos, traducidos en problemas, se deben resolver conforme se presentan. Para esto es necesario basarse:

- en hechos,
- en el sentido común,
- en la experiencia o la audacia.

De allí surge la necesidad de aplicar herramientas de medición, análisis y de grupo o creatividad de fácil comprensión.

Pues bien, en este documento pretendo proponerles algunas (de las muchas) herramientas que nos permiten responder a varios de los interrogantes presentados, al menos a los más frecuentes y sencillos que se presentan a diario en la tarea de un Ingeniero Industrial comprometido a transitar el camino que lo lleve hacia la Calidad Total.

Para estructurar los conceptos, me pareció interesante proponer una clasificación de estas HERRAMIENTAS según su uso más frecuente y la manera en que deben ser desarrolladas e

implementadas, pero seguramente encontrarán otras formas de clasificarlas, según otros criterios que serán igualmente válidos en tanto sean debidamente explicados y justificados.

En esta clasificación encontramos:

1. **Herramientas para la Estandarización:** El término estandarización proviene del término *standard*, aquel que refiere a un modo o método establecido, aceptado y usualmente seguido para realizar determinado tipo de actividades o funciones. Un estándar también hace referencia a un parámetro que debe cumplirse para asegurar un determinado resultado. Podemos entonces identificar herramientas para la:
  - a. Estandarización de procesos: son aquellas que establecen explícita y detalladamente cómo deben realizarse las actividades que forman parte de un proceso. Entre estos encontramos a los Procedimientos y a las Instrucciones de Trabajo como ejemplos de documentos propios de cada organización, o podemos encontrarnos con normas de aplicación voluntaria o de aplicación legal u obligatoria.
  - b. Estandarización de productos y servicios: son aquellas que establecen explícita y detalladamente los requisitos técnicos con los que debe cumplir un producto o servicio. Entre estos encontramos a las Especificaciones o Fichas Técnicas como ejemplos de documentos propios de cada organización, o podemos encontrarnos con normas de aplicación voluntaria o de aplicación legal u obligatoria.
2. **Herramientas para Recogida de Datos:** Son aquellas que nos permiten la obtención concreta y real de datos que medimos objetivamente, así como las que nos permiten la representación gráfica estructurada de los mismos, estos datos pueden ser:
  - a. *Continuos:* Cualquier variable medida en forma continua o a través de una escala que puede dividirse en forma infinita. Los ejemplos principales incluyen tiempo, dinero expresado en una moneda específica (AR\$, U\$S....), diámetro, longitud, espesor, peso, temperatura, velocidad...
  - b. *Discretos o atributos:* Corresponden a los obtenidos a partir de un recuento, proporción o porcentaje de una característica o categoría. Estos pueden ser entrega en término, cantidad de producto conforme (o NC), cantidad de producto reprocesado, cantidad de quejas de clientes, cantidad de llamadas perdidas, cantidad de fallos identificados, cantidad de clientes satisfechos... Con frecuencia los datos de los procesos de servicio son discretos.
3. **Herramientas para Análisis y Toma de Decisiones**
  - a. **en Grupos Interdisciplinarios:** Son aquellas que nos permiten estructurar información obtenida de grupos de trabajo que generalmente no es producto de mediciones objetivas, son más bien resultado de la experiencia, de la percepción y de la sensación de las personas que participan, lo que introduce cierto grado de subjetividad a los resultados obtenidos. Por ello debemos tener en cuenta este aspecto tan importante a la hora de tomar decisiones únicamente basadas en ellas. Pero son extremadamente



útiles en los casos en que carecemos de mediciones concretas y normalmente se utilizan como punto de partida para establecer posibles variables a medir.

- b. **de Datos:** Son aquellas que nos permiten realizar el análisis de los datos, para que a partir de ellos seamos capaces de tomar decisiones, definir acciones, establecer planes o controles, etc. En general, se apoyan en las anteriores a partir de la utilización de los datos obtenidos por aquellas.

De acuerdo a esta caracterización, podemos entender que las Herramientas para el Análisis de Datos se apoyan y necesitan de las otras dos para ser implementadas. De manera que las decisiones y/o acciones se establecen en base al análisis realizado a partir de datos objetivos, así como también de información producto de la experiencia de las personas que conocen profundamente el proceso en cuestión y/o las metodologías y técnicas específicas.

## 2. Herramientas para la Estandarización

### Herramientas para la Estandarización de Procesos y Métodos

Para lograr la estandarización de los procesos y métodos que se llevan a cabo en una organización, las herramientas más comúnmente utilizadas son los procedimientos y las instrucciones de trabajo.

Los procedimientos especifican y detallan cada una de las actividades que deben llevarse a cabo para asegurar que el proceso sea realizado siempre de la misma manera, independientemente de quién las realice. En el procedimiento deberá establecerse qué herramientas o maquinarias deben utilizarse en cada operación, deben indicarse los tiempos de permanencia o duración de cada operación, qué materias primas o insumos deben incorporarse, cómo y en qué cantidades. También indicar quiénes son los responsables de realizar cada una de las tareas. La mayoría también incluyen qué tipo de información habilita la realización y/o finalización de una tarea. En fin, todos aquellos parámetros que permitirán asegurar que el producto o servicio obtenido cumplan con los requerimientos establecidos a dicho producto o servicio.

La norma ISO 9001:2015, en su requerimiento 7.5 establece qué información mínima debe constar en un procedimiento, que en definitiva es información documentada (según la terminología utilizada en esta norma). Entre los cuales podemos citar que es fundamental la identificación del procedimiento, es decir, que debería tener un título, una fecha de emisión o vigencia, un autor que se haga responsable de lo que se establece en dicho documento, entre otros requerimientos básicos, que recomiendo revisar directamente en la norma citada.

En su estructura, un procedimiento normalmente incluye:

1. **Objetivo:** debe especificarse de un modo preciso cuál es el objetivo/s de dicho procedimiento.
2. **Alcance:** además es importante delimitar el procedimiento, es decir, si su cumplimiento es por ejemplo sólo para un determinado departamento, si es de obligado cumplimiento para toda la organización etc.

3. Referencias: en caso necesario se establecerán los documentos relaciones con el procedimiento que sean precisos como pudieran ser normativas, leyes, otros procedimientos etc.
4. Definiciones: en caso necesario deberían incluirse las definiciones de algunos términos que sean empleados en el procedimiento y que por su complejidad o por su ambigüedad sea importante delimitar.
5. Responsabilidades: un aspecto fundamental para que los procedimientos sean útiles es la clara delimitación de las responsabilidades del mismo
6. Diagrama de flujo del proceso: es muy útil que en el procedimiento se incluya un diagrama de flujo que permita visualmente identificar las etapas u operaciones que deben llevarse a cabo en el proceso
7. Método: explicación de cómo deben llevarse a cabo las distintas actividades incluyendo además la identificación de documentos, de fichas, de registros que permiten la realización de cada tarea y de aquellos que dan conformidad de la realización de las mismas (cuando esto sea necesario y aplicable).

## Estandarización de Procesos o Métodos > PROCEDIMIENTO

The image shows two pages from a technical document titled "AUDITORÍAS 785 AMBIENTALES A3a".

The left page (Figura 1 de 4) contains a "REGISTRO DE REVISIONES" table with the following data:

Revisión	Descripción	Fecha	Redactó	Revisó	Aprobó
0	Emisión	12/7/2019	J. Nocica	L. Simoncini	A. Caballero
1	Inclusión del F3-014 en el Manual de Procedimientos	31/8/2020	J. Nocica	L. Simoncini	A. Caballero

Below the table is the "OBJETO" and "ALCANCE" sections, followed by a "PROCEDIMIENTO" section with a flowchart titled "DIAGRAMA DEL PROCESO DE INSPECCIÓN AMBIENTAL SEGUN LA RESOL 791 DE LA SEN".

The right page (Figura 2 de 4) contains an "Introducción" section with text about the investigation's scope and objectives, and a list of bullet points detailing the process and its objectives.

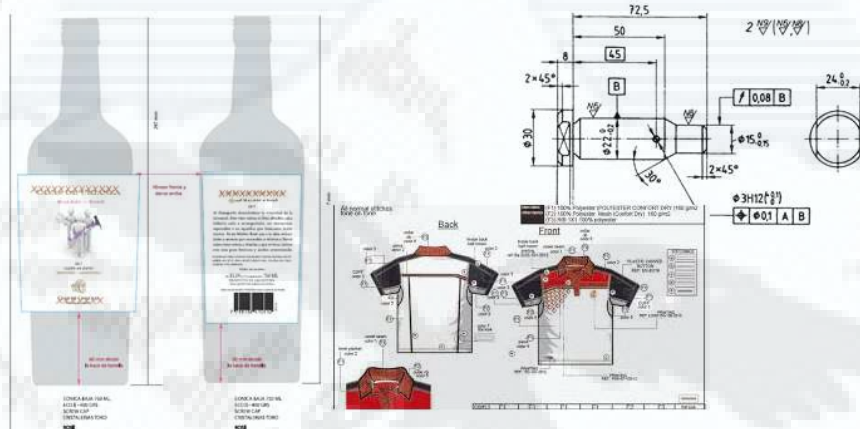
## Herramientas para la Estandarización de Productos o Servicios

En este caso, nos referimos a herramientas que nos permitirán establecer de forma específica y detallada los requerimientos que deberán cumplir los productos o servicios que se obtienen tras ser obtenidos a partir de la aplicación de un procedimiento. En general, estos requerimientos se establecen en la especificación técnica del mismo.

Dependerá de la complejidad del producto o servicio, la extensión y complejidad de la especificación técnica que lo describe. El plano dimensional de una pieza puede ser considerado como la especificación técnica de la misma, la foto de una botella en la que se indique la posición de etiquetas y capuchón también podría considerarse como la especificación técnica para la operación de vestido manual de una botella de vino, ya que en la foto se visualizarían correctamente los colores de

etiquetas y capuchón, se podrían incluir las cotas dimensionales que indiquen dónde se deben colocar las etiquetas. En otro extremo de complejidad, una especificación técnica para proveer de un servicio técnico específico como podría ser la instalación de una línea de producción en una planta podría ser un conjunto de documentos que incluyan los planos dimensionales y constructivos de las máquinas, el layout de instalación en la planta, la especificación de cada uno de los materiales que serán utilizados en las maquinarias que serán instaladas, un plan que determine los plazos de desarrollo, instalación y puesta a punto de la línea.

## Estandarización de Productos o Servicios > ESPECIFICACIÓN TÉCNICA



### 3. Herramientas para Recogida de Datos

#### Hoja de Recogida de Datos

La hoja de recogida de datos es un sencillo y práctico instrumento que sirve para recoger los datos de una forma estructurada y documentada. Estas hojas pueden tener muy distintas formas, según el tipo de datos, el lugar y número que vayan a recogerse. Como ya mencionamos, los datos recogidos con este instrumento suelen emplearse para el posterior desarrollo de otras herramientas.

Lo esencial de los datos es que el propósito esté claro y que los datos reflejen la verdad, siendo fáciles de recoger y de usar. Una vez fijadas las razones que hacen necesaria la implementación de esta herramienta, se deben analizar las siguientes cuestiones:

- Cómo se deben recoger los datos y con qué tipo de documento se realizará.
- Cómo se debe utilizar la información recogida.
- Cómo se analizará.
- Quién debe ser el encargado de la recogida de los datos.
- Con qué frecuencia se debe realizar la recogida de datos.
- Y dónde se realizará.

Normalmente estas cuestiones deben ser respondidas luego de haber realizado el análisis del proceso (industrial o administrativo) a partir del mapeo correspondiente, ya que implementar una Hoja de Recogida de Datos equivale a establecer un Punto de Control en dicho proceso.



Podemos encontrar Hojas de Recogida de Datos típicas, que tienen nombres específicos, entre ellas podemos citar a:

- **Planillas de Inspección:** Las planillas de inspección son una herramienta de recolección y registro de información. La principal ventaja de éstas es que dependiendo de su diseño sirven tanto para registrar resultados, como para observar tendencias y dispersiones, lo cual hace que no sea necesario concluir con la recolección de los datos para disponer de información de tipo estadístico. El diseño de una planilla de inspección precisa de un análisis estadístico previo, ya que en ella se preestablece una escala para que en lugar de registrar números se hagan marcaciones simples.

Supongamos que tenemos un lote de artículos y efectuamos la medición del peso de estos. Por ejemplo si obtuvimos los 3 valores siguientes: 1,7 - 2,5 - 2,5. Cada anotación la representaremos con el signo +.

PLANILLA DE INSPECCIÓN																
Producto:	Ensamble A											N°: _____				
Característica de Calidad:	Peso total del ensamble															
Magnitud:	Peso - Kilogramos															
Fecha	19-ago-12															
Proceso	ENS - 01 - M2															
N° de lote	3758 - T2															
Inspector	Ing. Salazar															
Escala	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Frecuencia																
30																
25																
20																
15																
10																
5																
0																
Frecuencia			1									2				





Podemos suponer que al finalizar la jornada laboral, nuestra planilla podría lucir de esta manera:

PLANILLA DE INSPECCIÓN																
Producto:	Ensamble A										N°: _____					
Característica de Calidad:	Peso total del ensamble															
Magnitud:	Peso - Kilogramos															
Fecha:	19-ago-12															
Proceso:	ENS - 01 - M2															
N° de lote:	3758 - T2															
Inspector:	Ing. Salazar															
Escala	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Frecuencia																
30																
25																
20								+	+							
15								+	+	+						
10						+	+	+	+	+						
5				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
0		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Frecuencia	0	1	1	5	5	13	20	21	17	18	10	10	5	2	1	0

Con lo que es posible observar cómo, al mismo tiempo que registramos nuestros resultados, la planilla nos va mostrando cual es la tendencia central de las mediciones y el rango de las observaciones.

- **Check-list:** son Hojas de Recogida de Datos ampliamente utilizadas para evitar olvidos y asegurarse que las cosas se hacen de acuerdo con un procedimiento rutinario establecido, es decir, para verificar que un producto o servicio (en proceso o terminado) cumpla con determinados requerimientos, también pueden utilizarse para verificar instalaciones, máquinas o herramientas a modo de controles complementarios a las operaciones de mantenimiento preventivo, etc.

Un ejemplo de Check-list es el que se utiliza en inspecciones de tanques de combustibles, para determinar las condiciones técnicas del mismo y certificar o no su aptitud.

<b>UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN:</b> Avenida F s/n - Puerto Mar del Plata		<b>MATRÍCULA:</b> DD	
		<b>FABRICANTE:</b> DD	
		<b>CIT:</b> 229236	
<b>RESULTADO DE INSPECCIONES DE CONDICIÓN EXTERNAS e INTERNAS</b> (Indicar el estado de los siguientes componentes, marcando en el casillero de la columna apropiada. Si resulta insatisfactorio, explicar la deficiencia en la sección "comentarios").			
<b>Componentes del sistema</b>	<b>Satisfactorio</b>	<b>Insatisf</b>	<b>No Aplicable</b>
Cimientos y soportes del tanque/escaleras/barandas/plataforma	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Asentamientos diferenciales	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Recinto de contención	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pared del tanque (espesores/soldaduras)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Techo del tanque	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fondo del tanque/piso (espesores/soldaduras)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Test de impermeabilización del tanque	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ampliatoria 1:</b>			
	<b>Satisfactorio</b>	<b>Insatisf</b>	<b>El tanque no puede Retornar al servicio</b>
			<b>No Aplicable</b>
Accesorios: válvulas/bombas/niveles/pantallas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipamiento auxiliar (incluyendo cañerías)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Método de detección de fugas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de protección catódica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revestimiento interior	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protección contra el deterioro externo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ampliatoria 2:</b>			
Techo presenta deterioro de pintura			

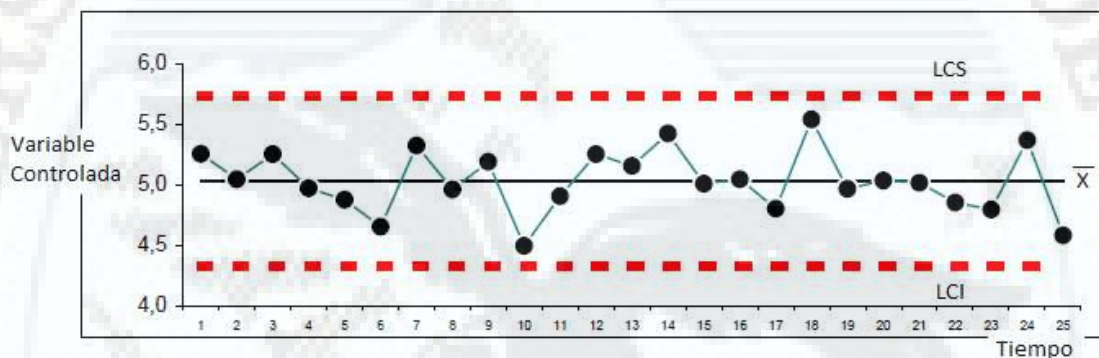
## Gráficos de Control

Los Gráficos o Cartas de Control son diagramas preparados donde se van registrando valores sucesivos de la característica de calidad que se está estudiando. Los datos se registran durante el funcionamiento y a medida que se obtienen permiten un control visual del proceso. Suministran una base para la acción que servirá para que los responsables de la toma de decisiones actúen a partir de la información que revela dicho gráfico.

Los Gráficos de Control se utilizan para conocer qué parte de variabilidad de un proceso es debida a *variaciones aleatorias* y qué parte a la existencia de *sucesos o acciones individuales*. Nos permiten conocer si un proceso es estable o no.

Para poder comprender, y mucho más aún, para poder diseñar una Carta de Control, es imprescindible entender que estamos hablando de una herramienta estadística que nos permite, entre otras cosas, “controlar el proceso” sólo si previamente fuimos capaces de CARACTERIZAR dicho proceso. Para lo cual, después de haber mapeado correctamente el proceso, se debe establecer la característica o variable de control que mediremos y que corresponderá a aquella a través de la cual seamos capaces de establecer una relación directa con el resultado del proceso. Esto es, deberemos establecer una característica a medir a la SALIDA del proceso, o subproceso que necesitamos controlar.

Una Carta de Control es un gráfico en el cual se representan las mediciones a lo largo del tiempo, de la variable controlada, como puede verse en la figura a continuación.



En el eje de abscisas se representa el tiempo, en el eje de ordenadas, la unidad en la que medimos la variable controlada. Observamos una línea central que corresponde a la Media Estadística de los valores medidos ( $\bar{X} = \mu$ ), y dos líneas entre las cuales se ubican los puntos medidos (LCS y LCI).

LCS y LCI son los Límites de Control Superior e Inferior respectivamente, y en la gran mayoría de los casos, corresponden a los valores obtenidos estadísticamente para una Distribución Normal, es decir:

$$LC = \mu \pm 3\sigma$$

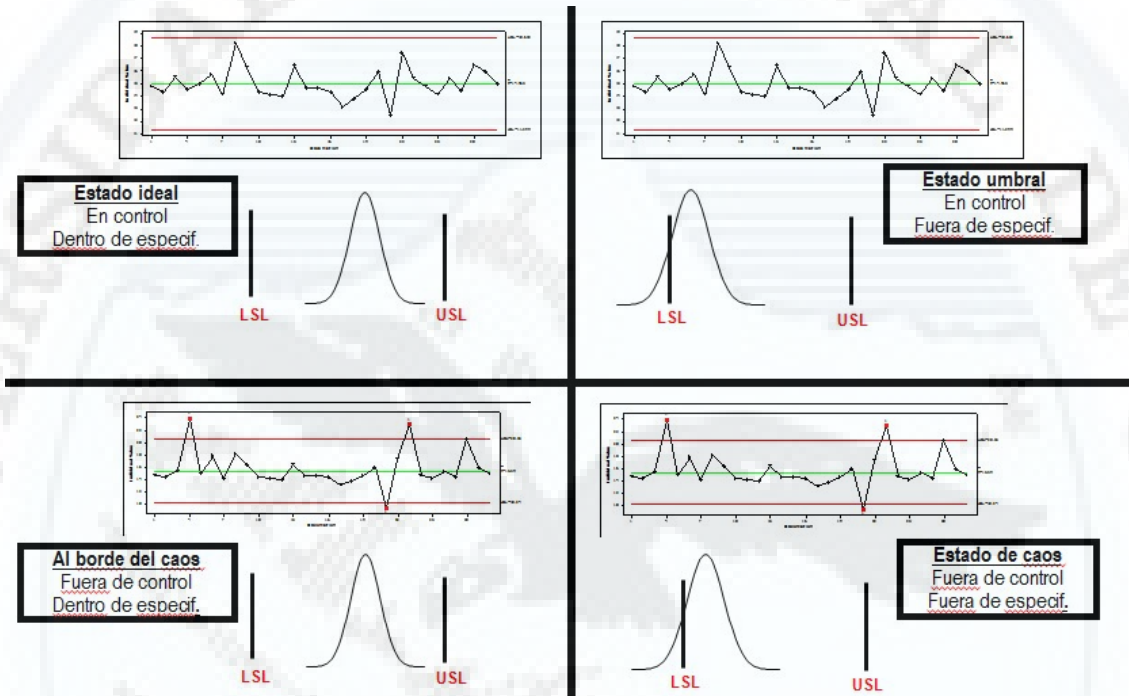
Para lo cual  $\sigma$  es la Desviación Estándar de la Distribución Normal.

De lo dicho precedentemente, podemos comprender que los LC son CARACTERÍSTICAS del proceso que estoy evaluando y nos permiten visualizar el rango de variación de los datos obtenidos, es decir, la variabilidad del proceso. No debemos confundir, como ocurre comúnmente, Límites de Control con Límites de Especificación.

Los Límites de Especificación (LE) son aquellos que corresponden a los especificados para el producto o servicio y debemos determinarlos técnicamente a partir de los requerimientos del Cliente. Estos sí son establecidos externamente. No así los LC.

Puede suceder que nuestro proceso sea capaz de cumplir con los LE establecidos, en tal caso los LC estarán incluidos o serán iguales a los LE, o puede suceder que nuestro proceso no sea capaz de cumplirlos, en cuyo caso uno o ambos LC excederán los LE.

Entender estos conceptos y las diferencias entre ambos límites (de Control y de Especificación) es lo que nos permite luego comprender los conceptos asociados a la Capacidad de un Proceso. Pero no es, por ahora, tema de estudio. Sin embargo, sí es útil para concluir la comprensión de ambos conceptos analizar los gráficos a continuación, que muestran los posibles estados de un proceso.



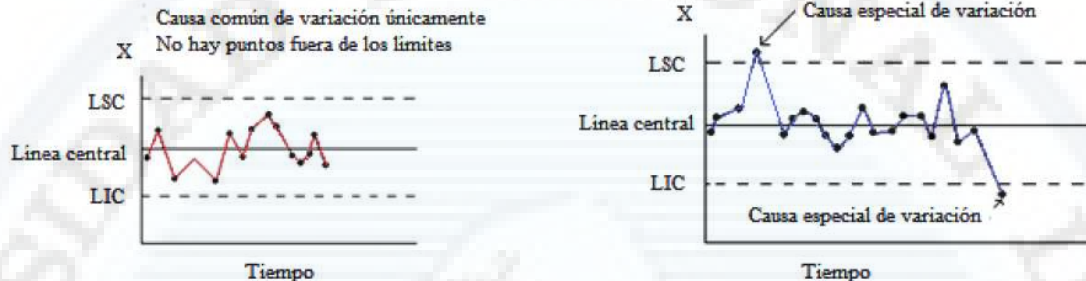
LSL: Lower Specification Limit / Límite Inferior de Especificación  
 USL: Upper Specification Limit / Límite Superior de Especificación

De lo dicho precedentemente, podemos caracterizar un proceso determinado a partir de la confección de su Gráfico de Control, el cual nos permite monitorear la variación en una característica del producto o servicio a lo largo del tiempo. Los Gráficos de Control se utilizan para estudiar el desempeño pasado, para evaluar las condiciones presentes, o para predecir los resultados futuros. La información obtenida al analizarlos constituye la base para el proceso de mejoramiento.

Visualizar los LC en el Gráfico de Control nos permite establecer si la variación en los datos medidos es consecuencia sólo de la aleatoriedad del proceso o no. Por lo tanto, un proceso será estable cuando repita por sí mismo los resultados durante un período largo de tiempo. En este caso, los resultados seguirán una Distribución Estadística Normal, y estaremos en presencia de lo que se denominan Causas Comunes de variación, y son producto de la aleatoriedad normal del proceso. La única manera de modificar estas variaciones es modificando algún parámetro intrínseco del proceso.

Si en cambio, al monitorear nuestro proceso, detectamos valores que aparecen por fuera de los LC, las causas que dan origen a estos puntos se conocen como Causas Especiales y representan grandes fluctuaciones o patrones en los datos que no son inherentes al proceso. Estas fluctuaciones a menudo son causadas por cambios en el proceso que representan problemas para corregir u oportunidades

para aprovechar. Algunas organizaciones se refieren a las causas especiales de variación como causas asignables de variación.



Por último, cabe mencionar que en situaciones reales, y en organizaciones que disponen de un Sistema de Gestión de la Calidad sólido es muy común que nos encontremos que las Cartas de Control son elaboradas a partir de los datos obtenidos al completar Hojas de Recogida de Datos diseñadas específicamente para el monitoreo del proceso en cuestión.

## Diagrama de Flujo

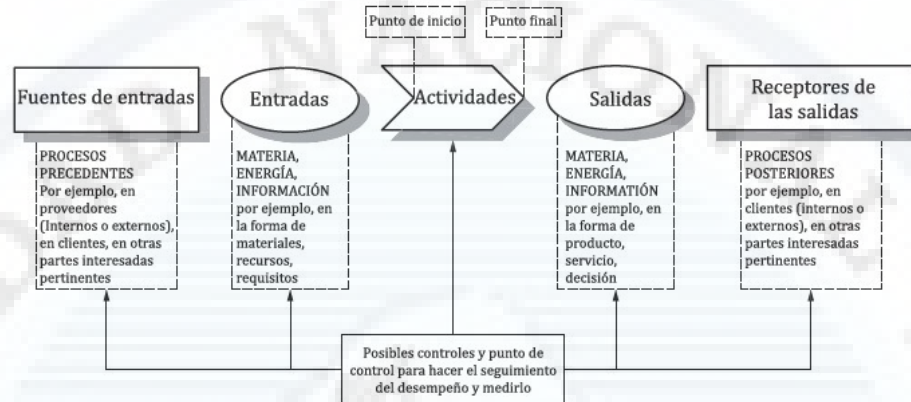
Si retomamos la definición de Proceso, como una secuencia de tareas que transforman entradas en salidas, definiremos a esta herramienta, Diagrama de Flujo, como una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso y las operaciones que tienen lugar al estudiar características del mismo. Esta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos usualmente estandarizados, y de conocimiento general.

El Diagrama de Flujo es una herramienta muy sencilla pero muy poderosa ya que nos permite visualizar el proceso y a partir de ello, caracterizarlo, o lo que es lo mismo MAPEARLO.

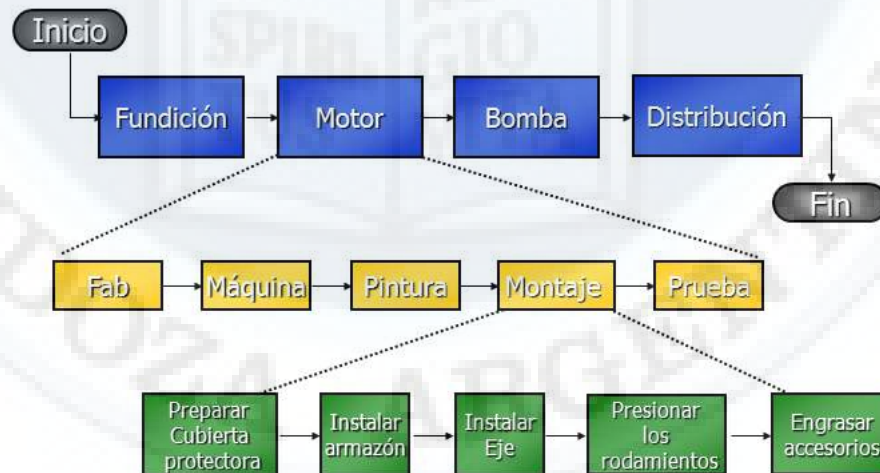
Hay muchas maneras de graficar a un proceso a través de un Diagrama de Flujo, todas ellas son representaciones más o menos detalladas en función de qué necesitamos visualizar. Según el grado de detalle, podemos realizar:

- Mapas de Alto Nivel o SIPOC: Se utilizan normalmente para describir a un proceso de manera general en no más de 5 ó 6 etapas identificando Entradas, Salidas, Proveedores y Clientes para el proceso en forma general. Son comúnmente utilizados para poder determinar con mayor facilidad el alcance del proceso en estudio.

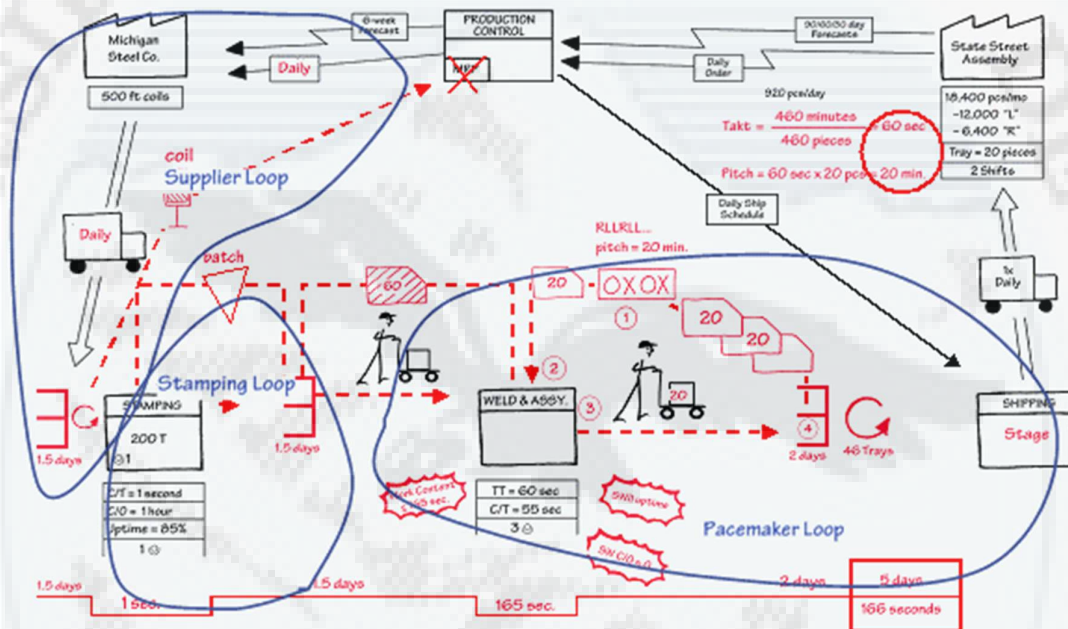
Un ejemplo de Mapa de Alto Nivel se presenta en la ISO 9001:2015



- Mapas Detallados del Proceso:** Estos diagramas, como su nombre lo indica, son representaciones gráficas mucho más detalladas del proceso, en la cual es importante identificar cada etapa con precisión. Se utilizan normalmente para determinar puntos críticos del proceso y evaluar la necesidad de establecer controles o monitoreos al mismo para asegurar la estabilidad del proceso. Estos diagramas se utilizan normalmente previamente a la definición del punto en el cual se diseñarán Cartas de Control. Es importante destacar que el mismo proceso, por ejemplo el de mecanizado de barras de acero para obtener ejes de bombas centrífugas, puede tener grandes variaciones de una planta a otra, e incluso para una misma planta pueden existir más de un proceso, variando en p.e. si dispone de tornos manuales o de CNC, la cantidad y el momento para realizar inspecciones, etc; incluso puede variar el alcance que cada uno decide darle, esto es el inicio y fin del proceso pueden ser diferentes en cada caso. Podemos también, tener tantos Diagramas de Flujo como niveles de acuerdo a la actividad que estamos analizando, y lo que en un Mapa de Alto Nivel puede ser una Actividad, en un Mapa Detallado puede transformarse en un Proceso en sí mismo, tal como puede verse en el Diagrama Top-Down que se muestra a continuación.



- Mapas de Cadena de Valor: Un Mapa de la Cadena de Valor amplía la utilidad de los mapas de proceso mediante el agregado de más datos, además de las Entradas y Salidas, tales como: flujo de material e información; parámetros operativos como temperaturas, concentraciones, dimensiones geométricas, cantidad de órdenes de compra/entrega emitidas, etc...; plazos de proceso; plazos de entrega; cantidad de maquinarias, operarios o personal asignados a cada operación; etc....



## 4. Herramientas para Análisis y Toma de Decisiones

### Diagramas de Afinidad

El Diagrama de Afinidad es una herramienta que sintetiza un conjunto de datos verbales (ideas, opiniones, temas, expresiones,...) agrupándolos en función de la relación que tienen entre sí. Se basa en el principio de que muchos de estos datos verbales son afines, por lo que pueden reunirse bajo unas pocas ideas generales.

Normalmente se emplea cuando se tiene una gran cantidad de información proveniente de distintas fuentes, y quiere realizarse un análisis de los datos que lleve a la extracción de conclusiones. Permite extraer de un amplio conjunto de información las ideas clave. Esta herramienta sirve para el estudio creativo de un tema.

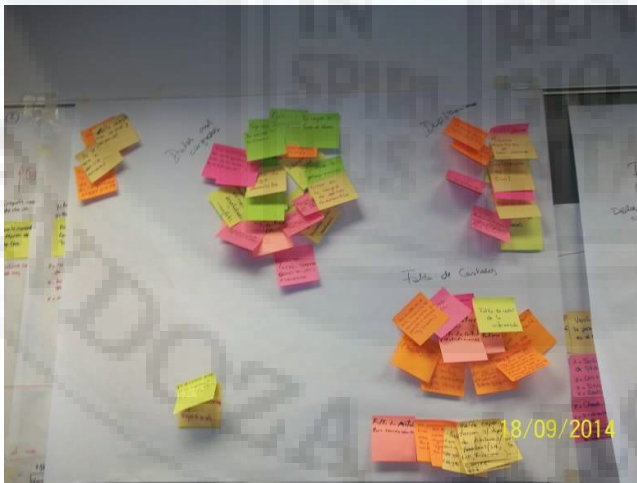
El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Formar un equipo de trabajo.
2. Reunir las ideas o datos (los datos pueden proceder de estudios o encuestas a clientes reclamos, o directamente a través de un brainstorming de un grupo de trabajo).

3. Se transcriben todas las ideas en tarjetas.



4. Se leen en voz alta todas las tarjetas y en caso necesario se dan explicaciones sobre el contenido de las mismas.
5. A continuación se colocan las tarjetas de tal forma que todos los miembros del grupo puedan verlas, pero sin darles de momento ningún orden determinado, es decir, colocación aleatoria.
6. Agrupación de las tarjetas: Agrupamos las tarjetas que tienen puntos comunes, se recomienda no establecer más de 10 grupos pero esta norma tiene que ser contemplada como una mera recomendación. Es muy importante que en este proceso participen activamente todos los miembros del equipo.
7. A continuación hay que buscar un nombre para cada uno de los grupos. El nombre debe representar el hilo común de las tarjetas agrupadas bajo el mismo (si hay un grupo con un elevado número de tarjetas puede estudiarse la opción de crear un cierto número de subgrupos dentro del mismo).
8. Una vez terminadas las agrupaciones, puede dejarse un cierto tiempo para la discusión de los resultados o para realizar cambios en las categorías y/o clasificaciones hechas.







9. A continuación y en función de los contenidos de los que se trate, pueden seguirse distintos planteamientos. Por ejemplo si lo que se están discutiendo son los problemas a solucionar en un departamento, puede continuarse dando prioridades a los grupos de problemas que se han establecido mediante esta herramienta y a continuación pasar a decidir qué medidas van a establecerse para eliminar los problemas a los que se les ha asignado una máxima prioridad. Otro ejemplo sería si hemos realizado el diagrama de afinidad para analizar los grupos de clientes a los que nos dirigimos, pasaríamos a establecer una estrategia para cada uno de los grupos. O en otros casos quizá el paso más apropiado a continuación sea establecer o estudiar las relaciones entre los distintos grupos. Como vemos las posibilidades de análisis que nos ofrece esta herramienta son muy amplias.

En el ejemplo que se ve en las fotos, el objetivo era identificar las causas que generaban irregularidades en los datos cargados en la Base de Datos del sistema donde se registraban a los clientes de una entidad financiera.

Como se ve, con esta herramienta se logró agrupar en sólo 3 categorías las causas que originaban el problema:

1. Datos mal cargados,
2. Duplicidad en la información,
3. Falta de control de los datos

## Diagrama matricial

Estos diagramas sirven para representar relaciones y la importancia de las mismas. Se basa en la idea de que si se sitúa un conjunto de elementos en las columnas de la misma matriz, los puntos de intersección de las filas y columnas indicarán la relación de ambos conjuntos.

Por ejemplo si queremos conocer las relaciones entre los distintos directores y los informes de costes y el manual de calidad podemos emplear la siguiente matriz:

	Director general	Director Calidad	Director financiero
Informe costes de Calidad	●	●	◇
Elaborac. manual de calidad	●	◇	●

● Información/Cooperación  
◇ Responsabilidad directa

De esta forma vemos que el director general es informado o colabora en el informe de costes del manual de calidad. El director de calidad es informado del informe de costes y es responsable directo de la elaboración del manual de calidad. Por último el director financiero es responsable directo del informe de costes y es informado o colabora en el manual de calidad.

Otro ejemplo de Diagrama Matricial es el que se utilizó en el caso de una empresa de contratación de personal, para definir responsabilidades en el programa de desarrollo e implementación de mejoras a los procesos operativos de la compañía.

AGENTE	PREPARACIÓN	PROYECTO	IMPLEMENTACIÓN	ESTABILIZACIÓN
Sponsor	●	●	●	●
Change Manager	●	●	●	●
Especialista Lean-SS	●	●	●	●
Equipo Ch.Mngmnt	●	●	●	●
Dotación	●	●	●	●

En esta matriz, todos deben estar involucrados en el proceso global, y el tamaño del círculo que se representa en la intersección del Agente con la Etapa del Proceso de Mejora, indica el nivel de responsabilidad que tiene cada uno: mayor tamaño del círculo indica mayor necesidad de involucramiento y de responsabilidad.

## Diagramas de priorización

Los Diagramas de Priorización, también llamados Matrices de Priorización o Matriz Multicriterio, son una herramienta para la toma de decisiones y como su propio nombre indica, se emplean para priorizar ideas, actividades, características, riesgos, etc... Para ello precisa de unos criterios de ponderación claros y conocidos.

Se evalúan distintas opciones puntuándolas respecto a criterios de interés para un problema, de manera que se intenta objetivar la elección. Pero aun así, el resultado tiene un importante grado de subjetividad ya que dependerá de los criterios que la persona o grupo de estudio establezcan.

Para elaborar y utilizar la matriz de priorización debemos seguir rigurosamente los siguientes pasos:

1. Primer paso: elaborar una lista con las opciones del problema a calificar.
2. Segundo paso: escoger criterios.
3. Tercer paso: diseñar la matriz señalando las opciones y los criterios.
4. Cuarto paso: ponderar los criterios para evaluar las diferentes opciones.
5. Quinto paso: otorgar a cada opción un valor, resultado de operar las calificaciones de cada criterio.
6. Sexto paso: valorar los resultados.

Los criterios deben establecerse previamente y deben cumplir una serie de requisitos:



- ✓ La lista debe ser elaborada por el grupo de trabajo.
- ✓ Han de ser diferentes para cada situación.
- ✓ Pueden ser medibles.
- ✓ La cantidad óptima para una matriz es de cuatro a lo sumo, aunque puede haber más.
- ✓ Si un criterio puede ser exigible para todas las opciones, se empleará para eliminar aquellas que no lo cumplan.

### Despliegue de la Función Calidad QFD

QFD: Quality Function Deployment o Casa de la Calidad HOQ: House Of Quality

El QFD es una adaptación un poco más compleja de una Matriz de Priorización, y que se utiliza específicamente para resolver el principal problema que a menudo se presenta entre Clientes y técnicos de desarrollo ya que utilizan diferentes lenguajes de comunicación. Por ejemplo, un Cliente puede desear que una impresora sea muy rápida, lo que en lenguaje técnico podría traducirse como “la velocidad de impresión será de 20 páginas por minuto, la velocidad del carro de impresión será de 600 caracteres por minuto, la tinta será de grado de densidad mínimo...”

El QFD es una herramienta que sirve para tener en cuenta esta situación y facilitar la traducción de los deseos del Cliente en especificaciones técnicas del producto o servicio y diseñar o re-diseñar procesos optimizados para cumplir con dichas especificaciones asegurando que:

- Conocemos exactamente lo que desea el cliente
- Definimos con claridad las características y requisitos del producto o servicio
- Reducimos el tiempo de desarrollo del producto o servicio
- Eliminamos procesos que no agregan valor

En resumen, el QFD es una herramienta que optimiza los tiempos ya que nos permite traducir las necesidades de los Clientes en especificaciones técnicas para el producto que queremos ofrecer y en requerimientos técnicos para los procesos que elaborarán dichos productos.

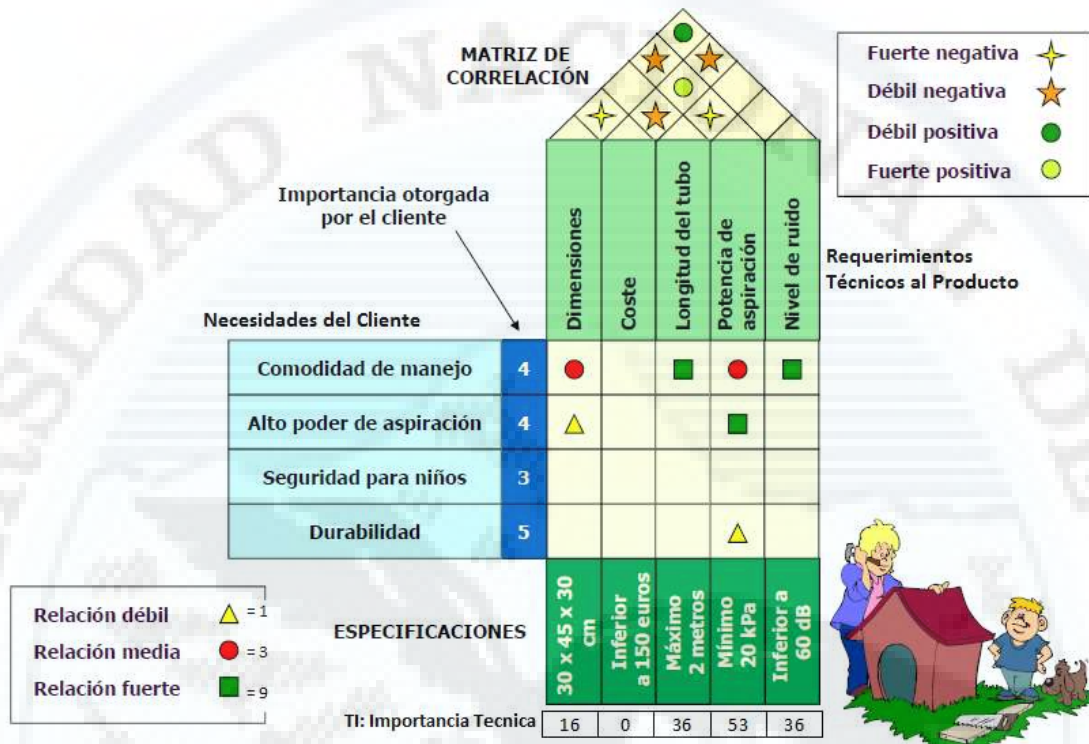
El QFD es una valiosa herramienta de soporte de decisiones, pero NO determina qué decisiones deben tomarse.

¿Cómo se construye el QFD?

Exactamente de la misma manera que se construye una matriz de priorización.

1. Se establecen los requisitos y características
2. Se relacionan los Qué y los Cómo
3. Se establece el nivel de importancia

A continuación se ve un esquema muy didáctico de cuáles son las partes componentes de una QFD, que resulta muy útil comprender cómo proceder a su construcción.

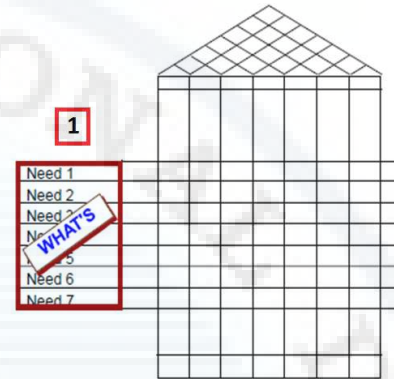


Si siguiendo el orden en que se debe identificar cada componente de la QFD encontramos:

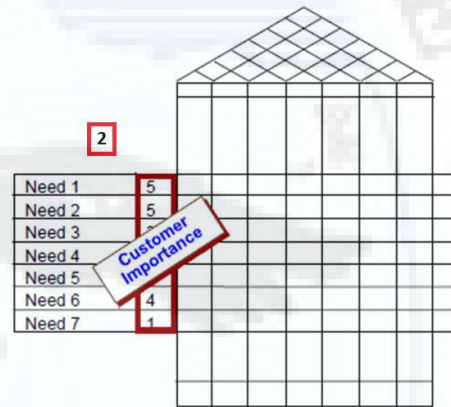
1. Las Necesidades y expectativas del Cliente, es decir los "Qué"
2. La Importancia que el Cliente otorga a cada necesidad
3. Los Requerimientos Técnicos al Producto a través de los cuales seremos capaces de satisfacer las necesidades del Cliente, es decir los "Cómo"
4. Las Relaciones, es decir cómo influyen los "Cómo" en los "Qué"
5. Las Especificaciones Técnicas que debe cumplir cada requerimiento
6. La Importancia Técnica TI (Technical Importance), que resulta de la sumatoria de los productos obtenidos entre el nivel de Importancia para el Cliente y el nivel de influencia de los "Cómo" en los "Qué"
7. La Matriz de Correlación, a través de la cual establecemos el impacto de los "Cómo" entre sí

Los pasos para confeccionar una QFD son:

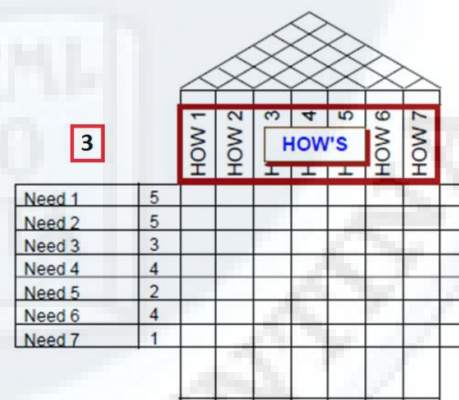
1. Establecer las Necesidades y expectativas del Cliente, es decir los “Qué”. Para ello es vital conocer en detalle al Cliente y/o al Mercado al cual van a ir dirigidos nuestros Productos o Servicios, en este caso nos apoyaremos en información proveniente de encuestas de mercadeo, encuestas de servicios de post-venta, jornadas de Brainstorming en las que participen directamente los Clientes, etc, etc. Es fundamental que quien defina estas necesidades sea el mismo Cliente, y no las establezcamos porque nos parece que es lo que el Cliente quiere, ya que si así lo hiciéramos, estaríamos partiendo de premisas incorrectas que sin duda nos harán obtener resultados erróneos.



2. Determinar la Importancia que el Cliente otorga a cada necesidad, de la misma manera que en el paso anterior, es el Cliente quien debe establecer esta característica y no nosotros, a través de los mismos medios que utilizamos para establecer las Necesidades.



3. Definir los Requerimientos Técnicos al Producto a través de los cuales seremos capaces de satisfacer las necesidades del Cliente, es decir los “Cómo”. En este caso sí es el equipo de desarrollo del producto o servicio el que lo define, generalmente a partir de sesiones de Brainstorming en las que participan las personas involucradas en el desarrollo del producto o servicio pudiendo participar personas que no estén directamente involucradas con el proyecto puntual de desarrollo en cuestión. A veces también se invita a clientes con conocimientos técnicos e incluso a proveedores ya que pueden aportar información importante para la definición de los requerimientos.



4. A partir de ahora debemos establecer las Relaciones, es decir cómo influyen los “Cómo” en los “Qué”. Esto se hace a partir de una valoración que se da a dicha relación, y que normalmente corresponde al esquema siguiente:

- a. H: Alta influencia (9)
- b. M: Media influencia (3)
- c. L: Baja influencia (1)

**4**

		HOW1	HOW2	HOW3	HOW4	HOW5	HOW6	HOW7
Need 1	5	H	L			L		M
Need 2	5			H				
Need 3	3				H			
Need 4	4		H					
Need 5	2					L		
Need 6	4	M			L	H		
Need 7	1			L			M	

*Relationship*

5. El paso siguiente es establecer Las Especificaciones Técnicas que debe cumplir cada requerimiento. Es decir, por ejemplo en el caso que se grafica más arriba para el diseño de una aspiradora, si uno de los requerimientos es la Potencia de Aspiración, la Especificación Técnica establece un mínimo valor de 20 kPa para el cumplimiento de este requerimiento.

6. El siguiente paso es calcular la Importancia Técnica TI (Technical Importance), que resulta de la sumatoria de los productos obtenidos entre el nivel de Importancia para el Cliente y el nivel de influencia de los “Cómo” en los “Qué”. Es importante destacar que el valor de TI únicamente permite rankear los COMO para su interpretación, indicando la máxima oportunidad de responder a TODOS los requerimientos del Cliente, pero no nos dice cuál es el más importante ni el que deberíamos atacar primero.

**6**

		HOW1	HOW2	HOW3	HOW4	HOW5	HOW6	HOW7
Need 1	CI	45	5	45		5		15
Need 2	5							
Need 3	3				9	9		3
Need 4	4		36					
Need 5	2			2				6
Need 6	4	12			4	36		
Need 7	1			1				
		57	41	48		50	6	21

$TI = \sum_{\text{column}} (CI \cdot \text{Strength})$

*Technical Importance*

7. Finalmente, confeccionamos la Matriz de Correlación, a través de la cual establecemos el impacto de los “Cómo” entre sí. En el ejemplo de la aspiradora, podemos ver cómo el Costo tiene una relación Fuerte Positiva con la Potencia de Aspiración, es decir, que mientras mayor sea la potencia de aspiración, mayor será el costo del producto.

**7**

		↑	↓	↓	↑	↓	↓	○
		HOW1	HOW2	HOW3	HOW4	HOW5	HOW6	HOW7
Need 1	5	H	L			L		M
Need 2	5			H				
Need 3	3				M	M	L	
Need 4	4		H					
Need 5	2			L				M
Need 6	4	M			L	H		
Need 7	1			L			M	
		57	41	48	13	50	6	21
		3 lbs	12 in.	3 mls	40 psi	3	8 am	1 mm

*Correlation Matrix*



A partir de esta herramienta, se simplifica considerablemente la difícil tarea de decidir qué requerimientos debemos considerar prioritarios al momento de desarrollar el producto o servicio. Si no se pueden satisfacer dos o más necesidades del cliente de alta prioridad en forma simultánea debido a razones técnicas o financiero, conocer el tipo de necesidad del cliente puede ayudar a formular compromisos que minimicen la influencia sobre la satisfacción del cliente.

Como dijimos previamente, el QFD permite traducir las necesidades de los Clientes en especificaciones técnicas para el producto que queremos ofrecer y en requerimientos técnicos para los procesos que elaborarán dichos productos. De este modo, el QFD se completa con la confección de cuatro matrices:

1. Matriz de Planificación del Producto o Servicio: relaciona las necesidades del cliente con las características del producto o servicio a diseñar. Sabemos qué queremos diseñar.
2. Matriz de desarrollo de los Componentes: los requerimientos de diseño obtenidos en la matriz precedente se traducen en los requerimientos a cada uno de los componentes del producto. Ahora sabemos cómo tiene que ser nuestro producto.
3. Matriz de Planificación del Proceso: los requerimientos de los componentes se convierten en requisitos del proceso. Esta matriz nos permite determinar cómo podemos producirlo.
4. Matriz de Planificación de la Calidad de Producción: relaciona los requisitos del proceso con Planes para asegurar la Calidad del producto o servicio, por ejemplo, tipos de controles, mantenimientos, normas, seguridad, etc. Determinamos cómo producir asegurando la Calidad de nuestro producto o servicio.

De manera que los “Cómo” de cada QFD se transforman en los “Qué” de la siguiente a partir de que se confecciona la primera.

Por último, me permito repetir una premisa muy importante: El QFD es una valiosa herramienta de soporte de decisiones, pero NO determina qué decisiones deben tomarse.

## **AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos**

Uno de los aspectos clave de la Gestión de la Calidad es la PREVENCIÓN, es decir, implementar acciones que consigan que la probabilidad de ocurrencia de fallos se minimice, y si fuera posible que se elimine. Es esta orientación lo que motivó la gran evolución que tuvo la norma ISO 9001:2015 respecto de su versión predecesora.

Una de las herramientas más comúnmente utilizada para implementar una Gestión del Riesgo eficaz es el AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

El AMFE se aplica a la hora de diseñar nuevos productos, servicios o procesos; o también en ocasión de un proyecto de mejora de un proceso existente. Su finalidad es estudiar los posibles fallos futuros (“modos de fallo”) de nuestro producto, servicio o proceso para posteriormente clasificarlos según su importancia. A partir de ahí, obtendremos una lista que nos servirá para priorizar cuáles son los modos de fallo más relevantes que debemos atender, ya sea por ser más peligrosos, más molestos para el usuario, más difíciles de detectar o más frecuentes; y cuáles son los menos relevantes de



los cuáles no nos debemos preocupar por ser poco frecuentes, por tener muy poco impacto negativo o porque son fáciles de detectar por la empresa antes de sacar el producto al mercado.

Refiriéndonos a los costos generados por fallos en los procesos de una organización (veremos en detalle estos conceptos en la UT5), podemos comprobar que los fallos en los procesos ocurren en todos los niveles de la organización, y su impacto es mayor cuanto más tardía es su detección. Con indicadores se puede entender mejor el proceso y asociarlo al riesgo operacional. Con la mejoría de los indicadores se demuestra que el riesgo asociado también está siendo mitigado.

Retomemos entonces el concepto de Riesgo:

**RIESGO es una CONTINGENCIA O PROXIMIDAD DE UN DAÑO O PÉRDIDA.**

**Matemáticamente es el PRODUCTO DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN SUCESO, POR LA GRAVEDAD ASOCIADA AL MISMO**

El AMFE nos permite:

- Predecir o vaticinar cuáles pueden ser los fallos potenciales que se pueden producir en el diseño y fabricación, detectando las causas.
- Disponer los medios, establecer acciones preventivas y correctivas para evitar que se puedan producir los fallos, y obtener mayor fiabilidad de los proyectos, procesos y medios de producción.
- Analizar y evaluar la eficacia de las acciones adoptadas, realizándolo con antelación suficiente, para que surta efecto.
- Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo, con el fin de que sean ellos mismos los que prevean los fallos, detecten las causas, propongan acciones preventivas y valoren los resultados.
- Reducir considerablemente el tiempo de lanzamiento y del costo, al no producirse fallos, no ser necesarios los rediseños y las modificaciones, eliminarse gran parte de los ensayos y pruebas, etc.
- Optimizar el proceso de mejora continua de la calidad, aprovechando el potencial humano, la recopilación metódica de la información, la posibilidad de participación del personal, teniendo en cuenta que, por medio del AMFE, se obtiene una visión global del proceso.
- Aumentar la fiabilidad de los productos y servicios y, en consecuencia, conseguir satisfacer al cliente.

Como el QFD, el AMFE requiere del trabajo en equipo de todas las personas vinculadas al producto, servicio o proceso en cuestión.

En el proceso de confección del AMFE, encontraremos varios puntos en común en la mecánica de confección del QFD ya que ambas se tratan de tipos específicos de matrices de priorización. Pero desde lo conceptual, es fundamental comprender que la aplicación de ambas herramientas es



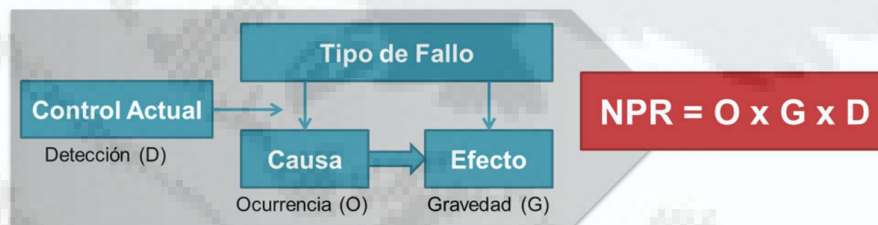
absolutamente diferente. El QFD permite traducir las necesidades y expectativas del Cliente respecto del producto, servicio o proceso, mientras que el AMFE apunta a minimizar la probabilidad de ocurrencia de fallos en el producto, servicio o proceso.

El AMFE se basa en la valoración del fallo según tres criterios diferentes:

1. **Frecuencia u Ocurrencia (O):** Probabilidad de ocurrencia o presentación del fallo.  
Para evaluar la Ocurrencia, podemos utilizar los siguientes criterios:
2. **Gravedad (G):** Importancia (repercusión y perjuicios) que reviste el fallo, según la percepción del cliente
3. **Detección (D):** Probabilidad de que el fallo no sea detectado antes de llegar el producto al cliente, o durante el uso

Estos tres criterios se utilizan para determinar el:

**NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR):** que es el producto de la valoración de la Ocurrencia (O), Gravedad (G) y Detección (D). Este es el valor que se utiliza para ordenar los problemas de diseño o de proceso por orden de importancia.



Los conceptos fundamentales en los que se apoya el AMFE son:

1. **Modo de fallo:** Es la forma en que se produce el fallo. Suele responder a la pregunta: ¿cómo se produjo el fallo? Modos de fallo típicos: Rotura. Deformación. Fuga. Cortocircuito
2. **Modo de fallo potencial:** Es cada modo de fallo posible, sin ser necesario que el fallo haya podido ocurrir realmente. Suele responder a preguntas como:  
¿En qué forma se concibe que podría fallar el producto o proceso?  
¿Cómo podría el componente dejar de cumplir las especificaciones?  
Modos de fallo potenciales pueden ser: Roto, Torcido, Suelto, Mal montado, Omitido, Que se traducen en lo que puede observar el cliente en el caso de que el fallo ocurra: Ruidos. Olores. Humos. Excesivo calentamiento. Partes que no funcionan. Mal aspecto. Etc.
3. **Causas potenciales de fallo:** Son todas las causas asignables a cada modo de fallo. Ejemplos : Material incorrecto. Manipulación inadecuada

El AMFE debe realizarse referido a productos completos (o sus procesos de fabricación) que no presenten un nivel de complejidad que los haga inabordables. Así, por ejemplo, no se podría realizar el AMFE de un automóvil en conjunto, sino que este sistema se debería descomponer en otros más sencillos llegando a partes o componentes en los que se centraría el estudio.



## 5 Por Qué

Esta es una herramienta muy simple y muy poderosa para encontrar las causas que originan los problemas. Básicamente consiste en preguntarse por qué se origina un problema o se ocasiona un fallo y encontrar las respuestas a estas preguntas.

En mi experiencia profesional he visto (y continúo viendo) cómo las empresas (en Mendoza) que la utilizan tienen dificultades con la correcta implementación de la herramienta, y la mayor dificultad radica en cómo formular las preguntas y cómo dar respuestas correctas a dichas preguntas. Puedo constatar que, aún entre profesionales, tienen dificultades para realizar este ejercicio, en general, originadas por dos razones principales:

1. La falta de método y de lógica para formular las preguntas y establecer las respuestas
2. La determinación de las respuestas sin realizar la necesaria verificación en terreno

Tomaremos un ejemplo para explicarla con mayor facilidad. Supongamos que estamos en una empresa de servicios que realiza la venta y distribución para diferentes bodegas, recibe un reclamo de un cliente en el que manifiesta que recibió mercadería errónea: debían recibir 50 cajas de vino A, y en cambio, recibieron 55 cajas de vino B.

En primera instancia, deben establecerse todas las causas posibles que podrían originar el problema, y que NO estén relacionadas entre sí, así por ejemplo, podríamos encontrar para el primer nivel de preguntas las siguientes posibilidades:

Problema o Defecto	Por qué 1
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega
	Bodega preparó un pedido incorrecto
	Distribución entregó un pedido incorrecto

Como vemos, en este primer nivel de posibles causas, el problema se originaría por causas que no estarían necesariamente vinculadas entre ellas. Esto es, tenemos tres caminos de investigación para resolver el problema. ¿Cómo deberíamos proceder para elegir cuál camino seguir?

La respuesta es de lo más sencilla: debemos ir a verificar en el terreno, lo que podríamos poner de manifiesto en nuestra tabla de la siguiente manera:

Problema o Defecto	Por qué 1	Comprobación
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega	Solicitar a Ventas la Nota de Pedido correspondiente
	Bodega preparó un pedido incorrecto	Solicitar a Bodega el registro de Pedido correspondiente
	Distribución entregó un pedido incorrecto	Solicitar a Distribución la Orden de Entrega correspondiente

Luego de verificar cada una de las respuestas en terreno, nos encontramos con las siguientes situaciones:



Problema o Defecto	Por qué 1	Comprobación
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega	Solicitar a Ventas la Nota de Pedido correspondiente: La Nota de Pedido NP01085 indicaba correctamente que se solicitaban 50 cajas de vino A
	Bodega preparó un pedido incorrecto	Solicitar a Bodega el registro Preparación de Pedido correspondiente: El Registro PP30821 indica que deben prepararse 55 cajas de vino B
	Distribución entregó un pedido incorrecto	Solicitar a Distribución la Orden de Entrega correspondiente: La Orden de Entrega OE67356 indica que se entregaron 55 cajas de vino B

La primera línea de investigación queda descartada, ya que se verifica que la nota de pedido fue correctamente transmitida a Bodega, esto hace que, para este caso, nuestro 5 Por Qué finalice en el primero de ellos.

Para las otras dos líneas, deberemos avanzar para intentar identificar qué generó el error, y nuestra tabla se vería de la siguiente manera:

Problema o Defecto	Por qué n° 1	Comprobación	Por qué n° 2
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega	Solicitar a Ventas la Nota de Pedido (NP) correspondiente: La Nota de Pedido NP01085 indica que se solicitaban 50 cajas de vino A	
	Bodega preparó un pedido incorrecto	Solicitar a Bodega el Registro de Preparación de Pedido (RPP) correspondiente: El Registro PP30821 indica que deben prepararse 50 cajas de vino B	Se confundieron dos notas de pedido Se alteró la información al confeccionar el RPP
	Distribución entregó un pedido incorrecto	Solicitar a Distribución la Orden de Entrega (OE) correspondiente: La Orden de Entrega OE67356 indica que se entregaron 55 cajas de vino B	Se entregó una orden que era para otro cliente El RPP estaba mal confeccionado

Ahora para cada una de las dos alternativas que estamos investigando aparecen dos causas posibles que generan el problema, la manera de proceder a continuación es la misma que antes: DEBEMOS VERIFICAR en terreno qué es lo que sucedió, esta verificación o comprobación debe estar siempre respaldada por datos concretos y comprobables que nos permitan descartar o ratificar el camino investigativo a seguir. De esta manera, nuestra tabla de 5 Por Qué podría ahora tomar esta forma:

Problema o Defecto	Por qué n° 1	Comprobación	Por qué n° 2	Comprobación
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega	Solicitar a Ventas la Nota de Pedido (NP) correspondiente: La Nota de Pedido NP01085 indica		

		que se solicitaban 50 cajas de vino A		
	Bodega preparó un pedido incorrecto	Solicitar a Bodega el Registro de Preparación de Pedido (RPP) correspondiente: El Registro PP30821 indica que deben prepararse 50 cajas de vino B	Se confundieron dos notas de pedido	Revisar todos los RPP del día y verificarlos con las NP recibidas: No se encontró ninguna coincidencia en otras NP que pudiera generar una confusión
			Se alteró la información al confeccionar el RPP	Idem a la anterior
	Distribución entregó un pedido incorrecto	Solicitar a Distribución la Orden de Entrega (OE) correspondiente: La Orden de Entrega OE67356 indica que se entregaron 55 cajas de vino B	Se entregó una orden que era para otro cliente	Revisar todas las OE del día y verificarlos con los RPP recibidos: Todas las otras entregas fueron correctamente efectuadas
			El RPP estaba mal confeccionado	Verificar la copia del RPP PP30821 que guarda Distribución: estaba adulterado, la cantidad aparecía corregida: 55 eld 50 cajas

Nuevamente se descartan dos líneas de investigación, y debemos continuar cuestionando las otras dos, lo que nos lleva a un 3° Por Qué para ellas, y la consiguiente comprobación.

Problema o Defecto	Por qué n° 1	Comprobación	Por qué n° 2	Comprobación	Por qué n° 3	Comprobación
Entrega de 50 cajas de vino A eld 55 de vino B	Ventas realizó mal el pedido a Bodega	Solicitar a Ventas la Nota de Pedido (NP) correspondiente: La Nota de Pedido NP01085 indica que se solicitaban 50 cajas de vino A				
	Bodega preparó un pedido incorrecto	Solicitar a Bodega el Registro de Preparación de Pedido (RPP) correspondiente: El Registro PP30821 indica que deben prepararse 50 cajas de vino B	Se confundieron dos notas de pedido	Revisar todos los RPP del día y verificarlos con las NP recibidas: No se encontró ninguna coincidencia en otras NP que pudiera generar una confusión		

		Se alteró la información al confeccionar el RPP	Idem a la anterior	No supieron confeccionar el RPP	Sólo 2 personas realizan esta tarea (JJ y FF), y ambas han sido debidamente capacitadas
				Alguien <b>decidió</b> cambiar la información	JJ explicó que no había stock de vino A, por lo que decidió preparar el pedido con vino B
Distribución entregó un pedido incorrecto	Solicitar a Distribución la Orden de Entrega (OE) correspondiente: La Orden de Entrega OE67356 indica que se entregaron 55 cajas de vino B	Se entregó una orden que era para otro cliente	Revisar todas las OE del día y verificarlos con los RPP recibidos: Todas las otras entregas fueron correctamente efectuadas		
		El RPP estaba mal confeccionado	Verificar la copia del RPP PP30821 que guarda Distribución: estaba adulterada, la cantidad aparecía corregida: 55 eld 50 cajas	Alguien <b>modificó la cantidad de cajas a entregar</b>	MM explicó que quedaban en stock 55 cajas de vino B, y tras obtener la aprobación de JJ, corrigió la cantidad de manera de liberar el depósito de cajas de vino B

Vemos finalmente, que en el 3° Por Qué hemos encontrado las causas que generaron el problema.

¿Necesitamos continuar estableciendo “Por Qués” hasta completar los 5?

De ninguna manera, en efecto, la cantidad de por qués que debemos formular se acaba cuando:

1. La comprobación nos demuestra que la causa queda desechada, como ya hemos podido ver en el ejemplo descrito más adelante
2. El siguiente por qué se transforma en una reformulación del anterior. En el ejemplo sería preguntar “¿Por qué JJ decidió preparar el pedido con vino B?”

Del mismo modo, ¿debemos limitar a 5 los por qués a formular?

Tampoco. Podemos incluir 6, 7... 10 o más por qués, en tanto no se cumpla alguna de las dos condiciones mencionadas más arriba

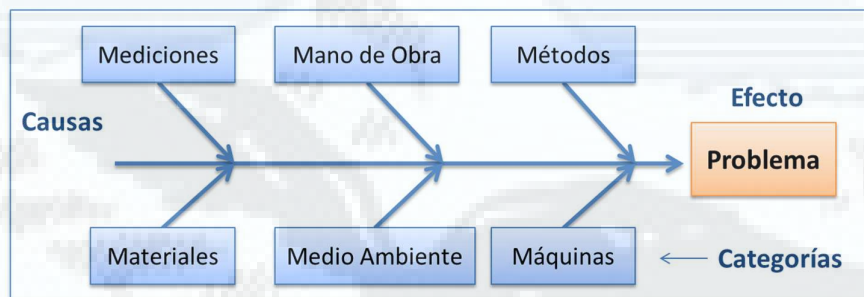
## Diagrama de Ishikawa de Causa-Efecto o Espina de Pez

El diagrama de Causa-Efecto también denominado Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pez es una herramienta muy eficaz para desarrollar un análisis estructurado o discusión sobre las causas que generan un determinado efecto.

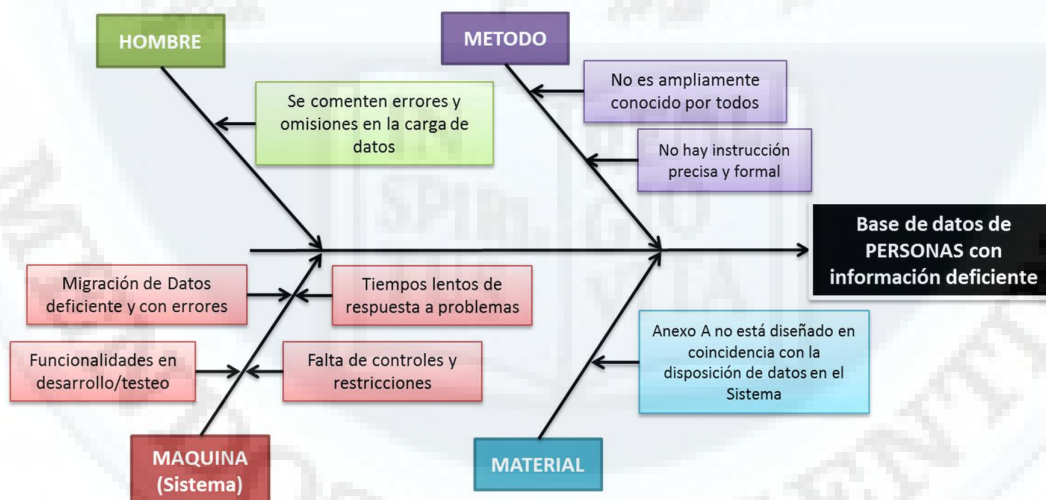
Representa la relación entre un efecto (problema) y sus causas potenciales. Además clasifica y relaciona los factores que afectan un proceso mientras haya pocos datos cuantificables disponibles, sirviendo como una guía de discusión para ayudar a determinar las causas principales de un problema.

Es una herramienta que ayuda a determinar la causa real del problema ya que muchas veces se confunden causas de problemas con síntomas o percepciones de las personas vinculadas al proceso. Se utiliza mucho para refinar las ideas generadas por la tormenta de ideas en causas más detalladas. Y también luego de la confección de un Diagrama de Afinidad, ya que nos permite clasificar las causas que pudimos haber agrupado previamente mediante el uso del diagrama.

La confección del Diagrama C-E es muy sencilla en sí. Se sitúa en el centro del diagrama una flecha apuntando hacia el efecto que se vaya a tratar. Se dibujan flechas que desembocan en esta flecha central, cada una dedicada a una categoría. Dentro de cada una de ellas se intentan identificar las causas principales y secundarias que pueden estar generando el problema.



Si utilizamos el ejemplo descrito en el apartado 3.1, en el cual el problema era que la Base de datos de PERSONAS del sistema tenía gran cantidad de errores, podríamos establecer el siguiente Diagrama C-E en el cual hemos categorizado las causas que habíamos agrupado aplicando el Diagrama de Afinidad.



Pero este diagrama no está completo, ya que aún nos queda lograr determinar la o las CAUSAS RAIZ que efectivamente genera el problema. Hasta ahora, en el C-E estamos viendo causas potenciales, pero no tenemos la certeza de que sean las reales, ni tampoco que sean las causas raíz.

Para completar el análisis y el diagrama C-E, podríamos valernos de la técnica de los 5 Por Qué descripta previamente.

## Histograma

El Histograma es una representación gráfica de la variación de un conjunto de datos, que nos muestra cómo se distribuyen los valores de una o varias características (variables) de los elementos de una muestra o población mostrando el grado de variación del mismo. Los datos son obtenidos mediante un determinado proceso, por ejemplo, a partir de la implementación de Hojas de Recogida de Datos.

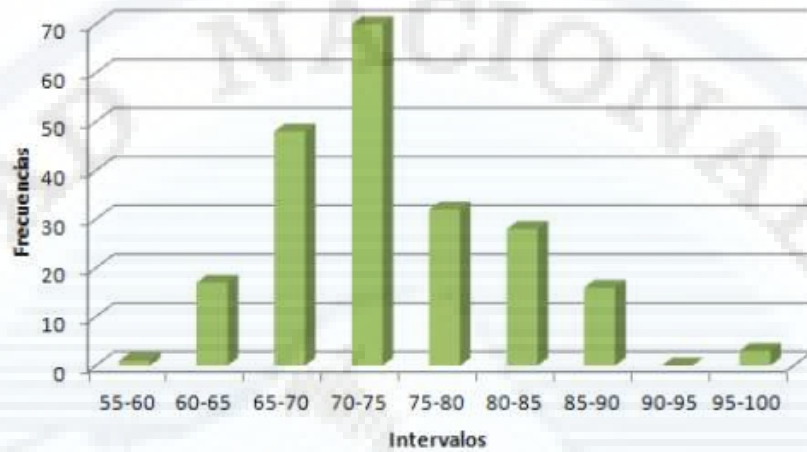
El Histograma es como una radiografía del proceso en un momento determinado y puede suministrar nos varias características como:

- Media de los valores del mismo (centrado).
- Distribución de las medidas (distribución).
- Tipo de distribución (forma).
- Visión clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio de sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación.

Supongamos que estamos realizando mediciones sucesivas del peso de sacos de papa en una central de acopio conforme estos llegan. Inicialmente teníamos un tabulado con observaciones individuales que agrupamos en los siguientes intervalos con su respectiva frecuencia:

Intervalo (kilogramos)	N° de sacos (frecuencia)
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

La representación en un Histograma sería la siguiente:



A partir del cual podemos ver claramente las características antes mencionadas.

## Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en éste los datos se ordenan por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enuncia, en el ámbito del Control de la Calidad, que el 20% de los tipos de defectos, representan el 80% de las No Conformidades

Se utiliza para determinar los problemas más importantes. También se utiliza para la implementación de la solución para conseguir el mayor nivel de mejora con el menor esfuerzo posible, obteniendo un ahorro de costos considerable a partir de la planificación de la resolución de problemas ya que distingue entre los pocos elementos esenciales de los muchos secundarios.

El objetivo entonces de un diagrama de Pareto es el de evidenciar prioridades, puesto que en la práctica suele ser difícil controlar todas las posibles No Conformidades de Calidad de un producto o servicio.

Supongamos que un proceso que produce refrigeradores desea establecer controles sobre los defectos que aparecen en las unidades que salen como producto terminado en la línea de producción. Para ello se hace imperativo determinar cuáles son los defectos más frecuentes.

En primer lugar se clasificaron todos los defectos posibles:

- Motor no detiene
- No enfría
- Burlete def.
- Pintura def.
- Rayas
- No funciona
- Puerta no cierra
- Gavetas def.
- Motor no arranca
- Mala nivelación





- Puerta def.
- Otros

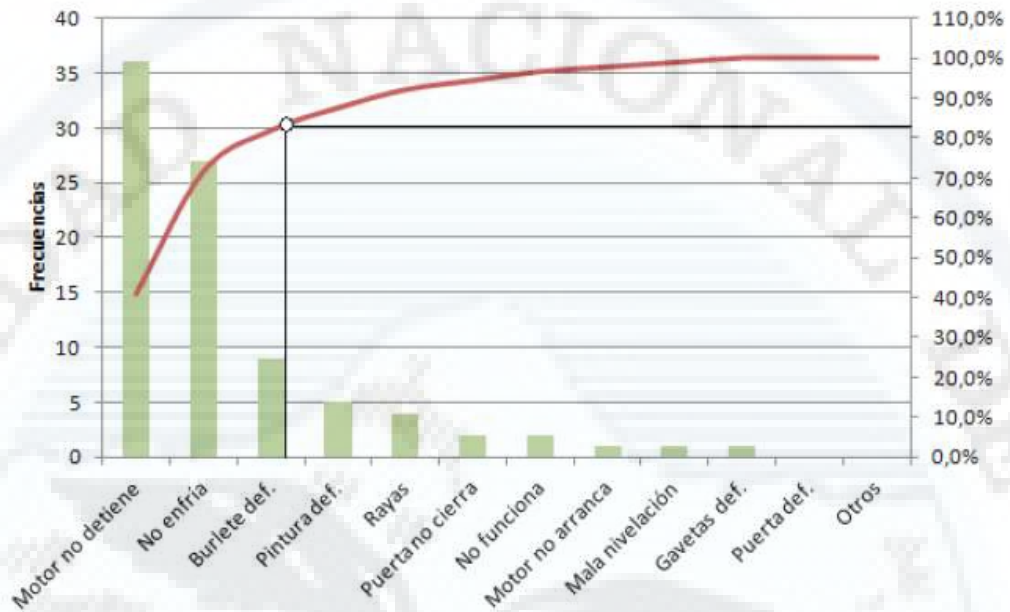
Después de inspeccionar 88 refrigeradores defectuosos, se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

Tipo de defecto	N°
Burlete def.	9
Pintura def.	5
Gavetas def.	1
Mala nivelación	1
Motor no arranca	1
Motor no detiene	36
No enfría	27
No funciona	2
Otros	0
Puerta def.	0
Puerta no cierra	2
Rayas	4
<b>Total</b>	<b>88</b>

Ordenamos los datos y anexamos una columna de frecuencias y otra de frecuencias acumuladas:

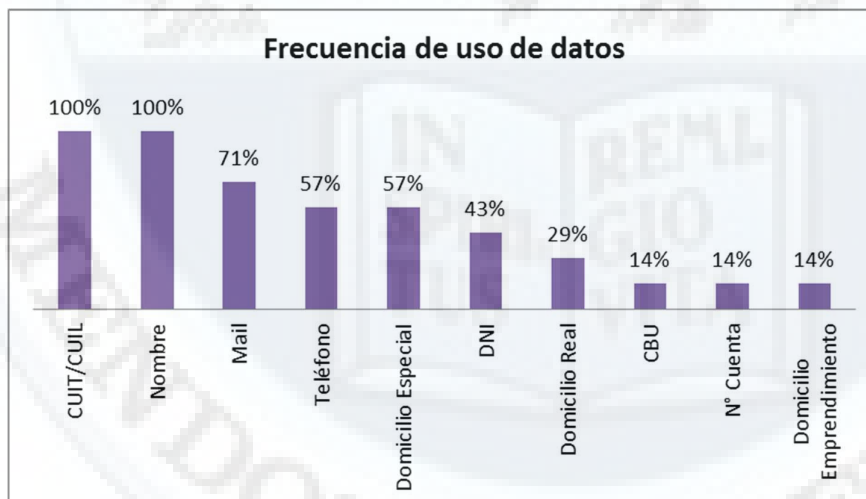
Tipo de defecto	N°	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Motor no detiene	36	40,9%	40,9%
No enfría	27	30,7%	71,6%
Burlete def.	9	10,2%	81,8%
Pintura def.	5	5,7%	87,5%
Rayas	4	4,5%	92,0%
Puerta no cierra	2	2,3%	94,3%
No funciona	2	2,3%	96,6%
Motor no arranca	1	1,1%	97,7%
Mala nivelación	1	1,1%	98,9%
Gavetas def.	1	1,1%	100,0%
Puerta def.	0	0,0%	100,0%
Otros	0	0,0%	100,0%
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>100,0%</b>	

Lo que obtenemos es lo que se conoce como Diagrama de Pareto:



En éste caso el 81,8% de los defectos del proceso corresponden al 25% de los tipos de defectos, es decir que tan solo solucionando las 3 principales inconformidades se solucionarían el 81,8% de unidades defectuosas.

En el caso del problema de la Base de Datos que citamos en la utilización de herramientas anteriores el Pareto se utilizó para determinar cuáles de los datos era utilizado con mayor frecuencia por los usuarios del sistema, lo que nos permitió establecer condiciones más rigurosas a estos datos al momento de implementar soluciones al problema en análisis.



En este caso, la herramienta está siendo utilizada con otra finalidad. No para determinar qué causas atacar prioritariamente, sino para definir qué datos son los más importantes a la hora de establecer restricciones y/o controles.



En ambos casos, el objetivo es administrar los recursos escasos ya que en una situación real, es prácticamente imposible controlar o solucionar todos los problemas.

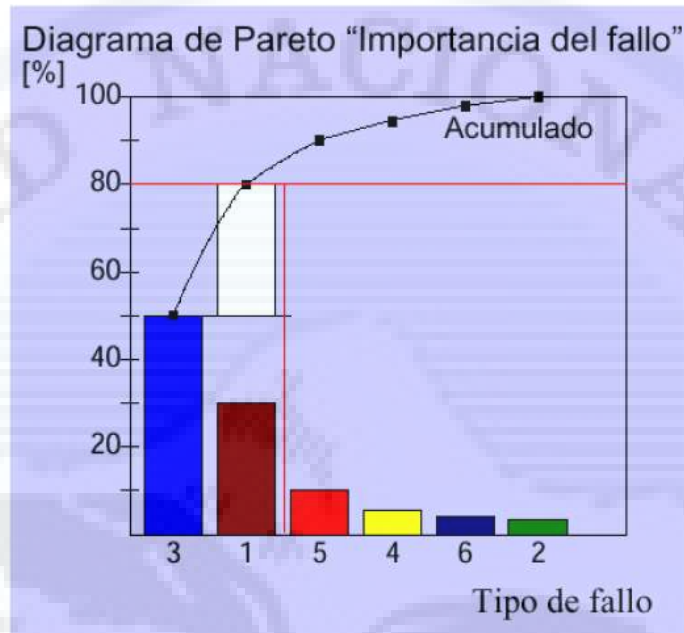
Por último, podríamos confeccionar un Pareto partiendo de los datos obtenidos a partir de un Diagrama de Priorización, si además de utilizar la frecuencia de ocurrencia de cada fallo, estableciéramos la importancia relativa o peso G de cada fallo.

Retomaremos el ejemplo que el Ing. Caballero presenta en los apuntes de años anteriores. Vamos a verlo detalladamente mediante un ejemplo de fallos aparecidos en un taller productivo.

Se han identificado 6 tipos de fallo (columna “tipo de fallo”) y para cada uno de esos fallos se han recogido el número de apariciones durante un mes (columna “Número de fallos”), es decir, la frecuencia. A continuación se ha otorgado un peso, en función del de la importancia (en este caso en función del gasto económico producido por la aparición de dicho fallo) a cada uno de los tipos de fallo (columna “peso relativo”). Se ha multiplicado el número de fallos de cada tipo por el peso relativo otorgado al mismo (columna “total”) y por último se ha calculado el porcentaje sobre cien que correspondería a cada tipo de fallo (columna “Porcentaje”).

Tipo de fallo	Número de fallos (n)	Peso relativo (G)	Total (n*G)	Porcentaje
1	15	2	30	30%
2	2	1	2	2%
3	10	5	50	50%
4	2	2,5	5	5%
5	2	5	10	10%
6	3	1	3	3%

Con ayuda de los datos de esta tabla podemos construir el diagrama de Pareto. En él hemos ordenado los fallos de mayor a menor en función de los resultados obtenidos en la columna “porcentajes”. Por último se calculan las frecuencias acumuladas.



Como resultado del diagrama podemos interpretar que si solucionamos los fallos 3 y 1 estaremos acabando con el 80% de los problemas del taller.

## Diagrama de Correlación

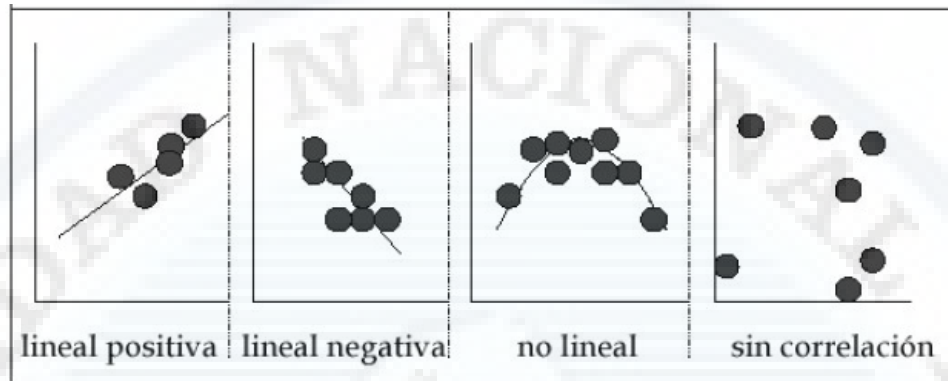
Entendemos por correlación la dependencia estadística entre dos variables aleatorias. Los diagramas de correlación muestran gráficamente esta dependencia.

El Diagrama de Correlación es una representación gráfica en un eje de coordenadas de los datos que se recogen sobre dos variables para poder estudiar si existe relación de causa-efecto entre ellas. Se utiliza para comprender si se encuentran vinculadas entre sí dos magnitudes y en qué medida. Sirve para verificar causas reales, definir y medir relaciones existentes entre dos variables. Se realiza en cuatro fases:

1. Recogida de datos.
2. Interpretación.
3. Representación de datos.
4. Medición de la correlación.

Puede ser de cuatro tipos:

1. De correlación positiva: al aumentar el valor de una variable, aumenta la de la otra.
2. De correlación negativa: cuando aumenta una variable la otra disminuye.
3. De correlación no lineal: la relación estadística entre las dos variables no está descrita por una recta.
4. Sin correlación.



Esta herramienta es adecuada para sacar conclusiones de determinadas relaciones del tipo de causa-efecto, como p. e. incremento del presupuesto en publicidad e incremento de ventas; incremento en requerimientos técnicos a un insumo e incremento en los plazos de entrega del mismo; disminución en la frecuencia de inspecciones al final de la línea de producción e incremento de probabilidad de encontrar producto NC en el Cliente, etc...



## 5. Referencias del Autor

### Ing. Leticia A. Simoncini

Ingeniero Industrial y Mecánico con doble titulación Franco-Argentina, egresada de la École Nationale d'Ingénieurs de Metz y la UNCuyo. Especialista Lean Six Sigma. Auditor Líder de Sistemas de Gestión de la Calidad IRCA CQI Delegate ID 24754.

Docente de la Cátedra de Gestión de la Calidad de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo. Más de diez años de experiencia en Gestión de la Calidad y Gestión de Recursos, Presupuestos e Inversiones en plantas industriales de gran envergadura. Se desempeñó como Gerente de Calidad en la planta Mendoza de Flowserve Corporation. También como Gerente Regional Latinoamérica de Gestión de Recursos, Gerente Local Argentina de Gestión de la Calidad y como Auditor Interno Regional Latinoamérica en la Dirección de Proyectos e Ingeniería de PSA Peugeot Citroen.

Más de seis años liderando proyectos de mejora y rediseño de procesos, y diseñando y dictando capacitaciones "In Company" para empresas y organizaciones como Verallia, DIAGEO, Manpower, Clínica Francesa, Fondo para la Transformación y el Crecimiento de Mendoza, Bodegas Norton, Bodega Clos de Chacras.

También forma parte del GAFI (Grupo de Auditorías de la Facultad de Ingeniería) de la UNCUYO, para el cual desarrolló el Sistema Integral de Gestión y está a cargo actualmente de su control e implementación.

