

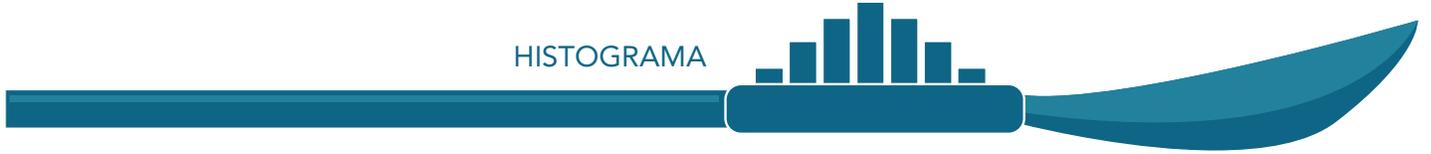


HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

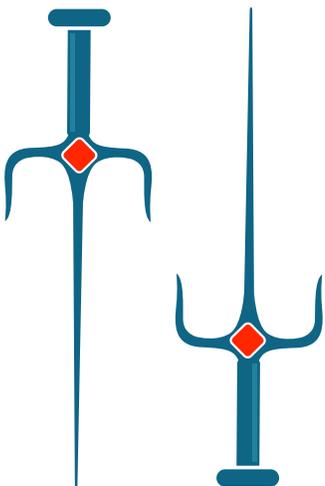
EDWIN GARRO



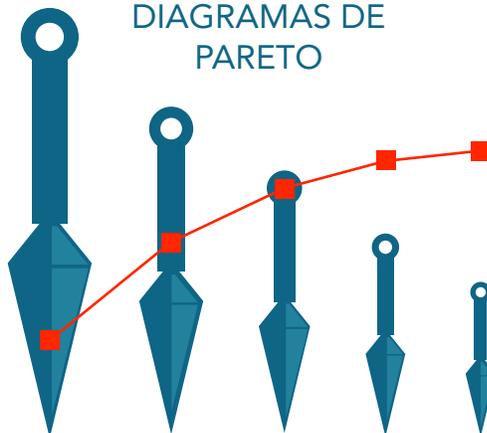
HERRAMIENTAS
DE LA
CALIDAD



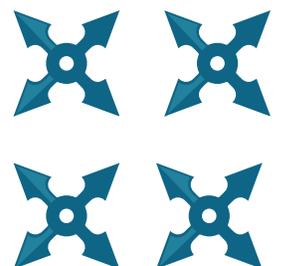
DIAGRAMAS DE FLUJO



DIAGRAMAS DE PARETO



HOJAS DE VERIFICACIÓN



LA LEYENDA DEL GUERRERO BENKEI Y EL ORIGEN DE LAS 7 HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD

Para empezar, “la historia detrás de la historia” de por qué siete, y no ocho, o setenta:

Fue muy posiblemente el gran maestro [Kaoru Ishikawa](#) quien compiló las siete herramientas inspirado en las siete armas del guerrero Benkei.

“El término ‘*Siete Herramientas del Control de Calidad*’ recibe su nombre de las siete armas del famoso guerrero, Benkei. Este Sōhei (monje guerrero) poseía siete armas, que usaba para ganar todas sus batallas. Similarmente, de mi propia experiencia, usted encontrará que podrá resolver el 95% de todos los problemas a su alrededor si usa sabiamente las siete herramientas del control de calidad.” Kaoru Ishikawa

Listemos las siete herramientas para estar claros, y luego hablemos un poco sobre este tal fulano Benkei:

- Histograma
- Diagrama de Causa y Efecto
- Hoja de Verificación
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Flujo
- Diagrama de dispersión
- Gráficos de Control

Verdaderamente las “Naciones Unidas” de la solución de problemas con herramientas japonesas, inglesas, italianas, de Estados Unidos, y si estiramos liberalmente la historia hasta griegas. Bueno ahí las iremos tratando semana a semana (¿cuál será la griega?).

EL GUERRERO BENKEI Y SUS SIETE ARMAS

Musashibo Benkei (1155 – 1189) fue un guerrero monje japonés, conocido por su gran estatura, su lealtad y honor. Entrenado desde pequeño como monje budista, Benkei probablemente aprendió el uso de la naginata, un asta con un afilado cuchillo al final. La naginata requería de mucho entrenamiento y habilidad.

Cuando Benkei salió del monasterio se colocó en el puente Gojo (Goyobashi) en Kyoto, donde venció a 999 guerreros y coleccionó 999 espadas, hasta que fue derrotado por Minamoto no Yoshitsune en su duelo número mil.

Benkei luego acompañó a Yoshitsune, luchando a su lado por el resto de su vida. Cuando Yoshitsune, acorralado en el Castillo de Koromogawa, decidió cometer suicidio ritual (seppuku) Benkei cuidó la entrada del castillo para protegerlo, venciendo a más de trescientos soldados. Benkei murió de pie y su cuerpo permaneció de pie hasta mucho después de la batalla, nadie se atrevía a acercarse al guerrero cubierto de flechas y heridas.

El éxito de Benkei estaba en el uso maestro de sus siete armas. Saber escoger el arma adecuada y usarla con honor y sabiduría era el secreto del éxito del enorme guerrero. A continuación la lista de las siete armas:

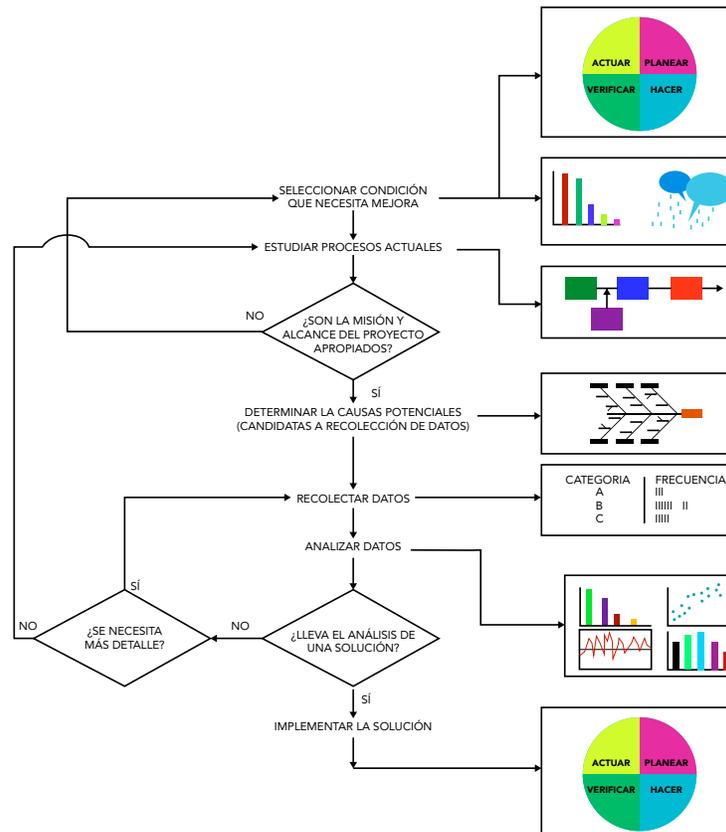
- Masakari – Hacha
- Kumade – Asta larga con varios ganchos al final
- Naginata – Asta con un afilado cuchillo al final
- Hizuchi – Una forma de mazo de madera
- Nokogiri – Una forma de serrucho
- Tetsubo – Un palo largo de hierro o acero con con picos
- Sasumata – Larga como una lanza con forma de tenedor al final

Así como Benkei creó fama y temor entre sus contemporáneos con su dominio de sus siete armas, así nosotros los de calidad y mejora continua debemos hacernos un campo en nuestras empresas por el uso ordenado y metódico de nuestras siete herramientas. Ah, y usémoslas siempre con sabiduría y honor.



MÉTODO CIENTÍFICO DE BOLSILLO

Estaba pensando en qué orden presentar las 7 herramientas y recordé dos cosas: la primera, la figura de abajo que aparece en los libros de mi buen amigo Bill Wortman, CEO del Quality Council of Indiana.



Y la segunda, la importancia de utilizar este “método científico de bolsillo”, para evitar que nuestro cerebro brinque a la primera conclusión que se le ocurra. El orden del pensamiento va a determinar el orden de uso de nuestros venerados instrumentos para solucionar problemas.

EL CEREBRO Y SU EXTRAORDINARIA CAPACIDAD PARA CONCLUIR EQUIVOCADAMENTE

Una vez que el cerebro cree en algo, hará lo que sea para demostrar que tiene razón, inclusive buscará los datos que confirmen lo que piensa. Este fenómeno se conoce como sesgo de confirmación. En el momento en que tengamos que solucionar un problema el cerebro brincaré a una solución basado en “causas raíz” sin ninguna base, y peor aún buscará solamente los datos que confirmen lo que ya cree. El método científico en cambio, le permite al cerebro empezar de cero, descartando más que probando. Y muy importante, estableciendo causalidad de forma no absoluta, reconociendo que siempre puede mejorarse la respuesta actual.

Si bien existen otros ciclos de pensamiento nos vamos a basar en el vetusto PDCA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar, en español) de Walter Shewhart, que es no otra cosa que la aplicación del método científico a la forma de resolver problemas todos los días.

Volviendo a Wortman y su figura de resolución de problemas, podemos establecer un “método científico de bolsillo” que tiene los siguientes pasos:

- 1- Seleccione las condiciones que necesitan ser mejoradas.
- 2- Estudie los procesos actuales.
- 3- Determine las causas potenciales.
- 4- Recolecte datos.
- 5- Analice datos.
- 6- Implemente la solución.

El orden del uso de las herramientas básicas para este flujo es entonces:

Seleccione las condiciones que necesitan ser mejoradas

- Diagrama de Pareto
- Tormenta de Ideas

Estudie los procesos actuales

- Diagrama de Flujo

Determine las causas potenciales

- Diagrama de Causa y Efecto

Recolectar datos

- Hoja de Verificación

Analizar datos

- Diagrama de Pareto
- Histograma
- Gráficos de Control y Gráficos de Corrida
- Diagramas de Dispersión

Implementar la solución

- La voluntad y disciplina para implementar y mantener la solución.

Ese es el orden en que presentaremos nuestras herramientas, iniciando en el próximo blog con usos, historias, chismes, etc. del Diagrama de Pareto.

Por hoy les dejo para que piensen: cuando se trata de solución de problemas, tome la ruta de lo que podría ser, no de lo que cree que es, y haga experimentos basado en entender y no en demostrar. Verá la paz que trae el método científico.

DIAGRAMA DE PARETO

LA IMPORTANCIA DE EMPEZAR POR LO IMPORTANTE

El primero que se sorprendería con el vasto uso del Diagrama de Pareto sería el mismísimo Vilfredo Pareto, que como veremos más adelante NO es el creador de nuestra herramienta de calidad de hoy (*spoiler alert...*).

DEFINICIÓN Y USOS

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras ordenadas de mayor a menor. Las barras representan frecuencias o costos de categorías que tienen un significado determinado, por ejemplo errores, quejas, defectos, departamentos, tipos de productos, etc. El gráfico de barras se presenta en una escala numérica absoluta y en una segunda escala se presenta una línea de porcentaje acumulado.

Típicamente se relaciona al Pareto con la regla 80/20 (80% de los problemas provienen de 20% de las causas, el 80% de las ventas proviene de 20% de los productos, etc.) sin embargo la regla 80/20 es solamente una referencia que hace énfasis en lo que Joseph Juran llamaba los pocos vitales y muchos triviales, siempre habrá unas pocas categorías que acumularán la mayoría del porcentaje total.

NOTA: Juran cambió posteriormente la frase pocos vitales y muchos triviales a pocos vitales y muchos útiles, haciendo referencia a que todo colabora en la consecución de las metas.

Entre los principales usos del diagrama de Pareto están:

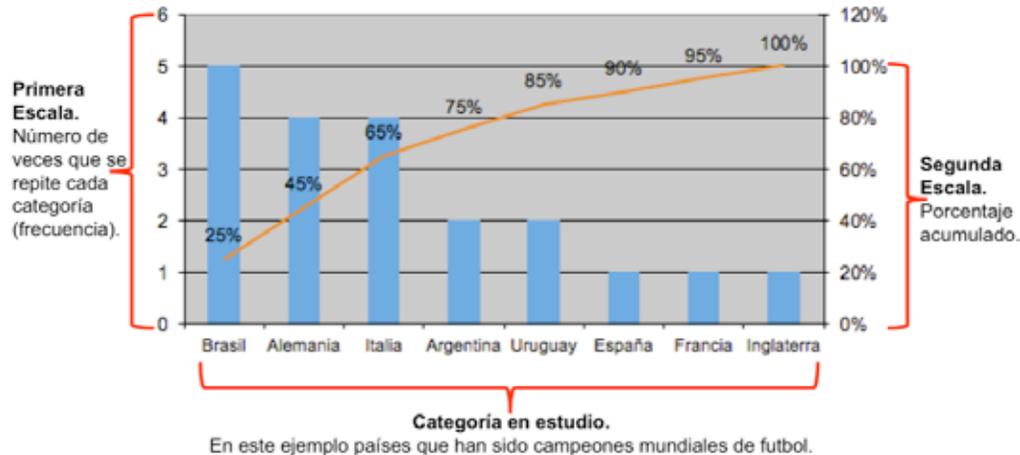
- Cuando se quiere descubrir cuáles son los principales problemas de calidad.
- Cuando se quiere descubrir cuáles son las principales causas de los problemas de calidad.
- Cuando se quiere estudiar cuáles son los mayores contribuyentes al costo de un producto o servicio.

En general se usa cuando se quiere actuar sobre una situación y hay varios posibles cursos de acción que compiten por nuestra atención.

EJEMPLO

De acuerdo con la página www.losmundialesdefutbol.com un total de 77 países han participado en la fase final de los campeonatos mundiales de fútbol. En las 20 series finales, desde Uruguay 1930 hasta Brasil 2014 solamente 8 países han sido campeones mundiales, y de esos Brasil, Alemania e Italia acumulan el 65% de los trofeos de Campeón Mundial.

Diagrama de Pareto. Campeones Mundiales de Futbol:



PASOS PARA HACER UN DIAGRAMA DE PARETO

Para hacer un Pareto siga los siguientes pasos:

- 1- Decida sobre la categoría que utilizará para acumular los datos.
- 2- Decida cuales mediciones son apropiadas. Lo más común es usar frecuencias, costos y tiempo.
- 3- Decida sobre el período de tiempo que usará, ¿una semana?, ¿un mes?, ¿un año?
- 4- Recolecte los datos o recopíelos de datos ya existentes.
- 5- Determine el total para cada categoría.
- 6- Ordene las categorías de mayor a menor frecuencia.
- 7- Calcule el porcentaje de cada categoría.
- 8- Haga la suma acumulada de los porcentajes. Para cada categoría sume el porcentaje de esa categoría más el acumulado de las categorías anteriores.
- 9- Grafique primero las barras de frecuencias por categoría (primera escala, a la izquierda).
- 10- Grafique luego la línea de porcentajes acumulados (segunda escala, a la derecha).

Aunque construir un Pareto es bastante sencillo existen muchos recursos para su construcción automática. El ejemplo de los campeones mundiales de futbol se hizo con una plantilla en [Excel](#) disponible en la página de la [American Society for Quality](#). Una búsqueda en internet dará como resultado decenas de estas plantillas.

Recursos más elaborados incluyen software estadístico y de control de calidad como StatSolver, JMP, Minitab y demás de amplio uso.

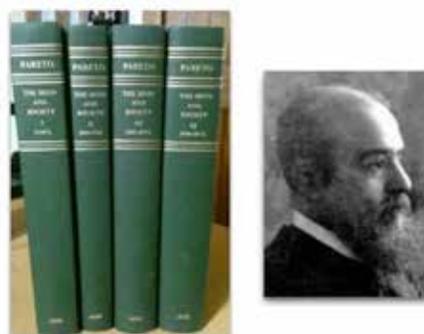
También es importante incluir el código para ejecutar un [Pareto en R](#), reconociendo que este recurso será cada vez más utilizado por los profesionales de la nueva ciencia de datos dadas las limitaciones del software estadístico tradicional.

LA COMPLICADA HISTORIA DE LA AUTORÍA DEL DIAGRAMA DE PARETO

La cosa se pone buena cuando escudriñamos la historia de la herramienta.

Fue Joseph Juran quien propuso usar el “principio de Pareto” para trabajar sobre los principales problemas de calidad y su causas. Cómo Juran le llegó al pensamiento de Pareto es más o menos así:

Vilfredo Federico Damaso Pareto (1848 – 1923), nacido en Francia, de nacionalidad italiana, fue un brillante ingeniero, sociólogo, economista, científico político y filósofo, reconocido por su monumental obra *Trattato di Sociologia Generale* (1916), publicado en inglés como *The Mind and Society* en 1935. Pareto utilizó el conocimiento de su tiempo en química, física y mecánica para estudiar el comportamiento del ser humano, convirtiéndose en pionero de la economía conductual (nuestro comportamiento en la toma de decisiones está regido mucho más por lo emocional que por lo racional). Elementos de sus estudios sobre la distribución de la riqueza aparecen en varias de sus publicaciones (por ejemplo *Écrits sur la courbe de la répartition de la richesse*) donde desarrolla su Distribución de Probabilidad de Pareto que es una distribución exponencial negativa truncada a la izquierda y con un pronunciado sesgo a la derecha. No está claro si Pareto se basó en datos de la distribución de la riqueza en Italia, o en datos más formales de Inglaterra. Don Vilfredo poseía él mismo una gran fortuna lo que le dio oportunidad de dedicarse al pensamiento y la filosofía desde su Villa Angora, en Céligny Suiza, así llamada por el cariño a sus 18 gatos angora.



Vilfredo Pareto y los cuatro volúmenes de *The Mind and Society*

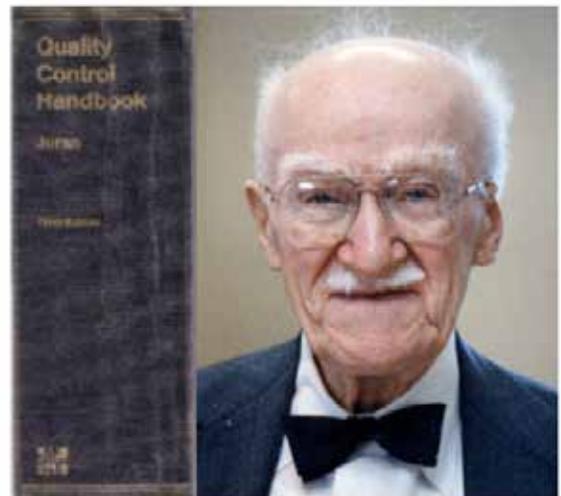
Probablemente Pareto nunca expresó directamente el principio 80/20 como popularmente se cree. Su mente andaba mucho más elevada que eso, como muestra el siguiente comentario de alrededor de 1902:

“Las moléculas de las cuales se compone el agregado social no se quedan en reposo; algunos individuos se enriquecen a sí mismos, otros se empobrecen a sí mismos”

El fisiólogo y químico de Harvard Lawrence Henderson, creó, en los 1930s, el [Círculo de Pareto](#), o Culto de Pareto, dedicado a la convergencia entre ciencias para explicar fenómenos económicos y sociológicos. Gracias a Henderson el pensamiento de Pareto se extendió por los Estados Unidos.

La última parte de esta intrincada red la soluciona el mismo Joseph Juran en una publicación de 1975 llamada [The Non-Pareto Principle; Mea Culpa](#). En los años 1930s el futuro gurú de la calidad tomó la posición de ingeniero industrial corporativo de Western Electric. Como parte de su trabajo hacía constantes visitas a otras empresas. En una de esas visitas

conoció a Merle Hale, encargado de salarios ejecutivos en General Motors. Hale le mostró sus investigaciones de salarios basado en modelos matemáticos construidos por Pareto. A Juran le gustó el concepto y profundizó sobre los estudios de mala distribución de la riqueza. En años posteriores, en diferentes posiciones y trabajos, fue desarrollando su principio universal de “pocos vitales y muchos triviales”. A finales de los años 1940s, cuando estaba compilando la primera versión de su Manual de Control de la Calidad, escribió sobre el “principio de Pareto de distribución desigual aplicado a la distribución de la riqueza y a la distribución de pérdidas de calidad”.



Erróneamente la forma en que se redactó este párrafo se generalizó como el principio universal de Pareto, aplicable al control de la calidad y otros campos. En realidad Juran lo que quiso decir era que así como había un principio de distribución desigual de la riqueza también había un principio universal de distribución desigual de problemas de calidad. Para terminar de enredar la situación, los gráficos que acompañan a ese texto fueron inventados por el economista Max. O Lorenz en 1905, tampoco Pareto tuvo relación con los gráficos utilizados.

Fue entonces Joseph Juran quien creó el principio universal de los pocos vitales y los muchos triviales (o muchos útiles como dijimos al principio), y quien erróneamente lo llamó principio de Pareto. Definitivamente una excelente y sencilla herramienta con una “paternidad” complicada.

EL DIAGRAMA DE FLUJO CAMINAR Y DOCUMENTAR EL PROCESO

¿Cómo fluye? O más bien, ¿cómo no fluye? Es lo visualizamos cuando dibujamos paso a paso desde el inicio hasta el final lo que sucede en un proceso. Veremos también cómo esta herramienta tuvo unos excelentes padres de familia en todo el sentido de la palabra.

DEFINICIÓN Y USOS

¿Qué es un proceso? Una forma sencilla de definirlo es: una serie de acciones o pasos hechos en un cierto orden para alcanzar un resultado particular.

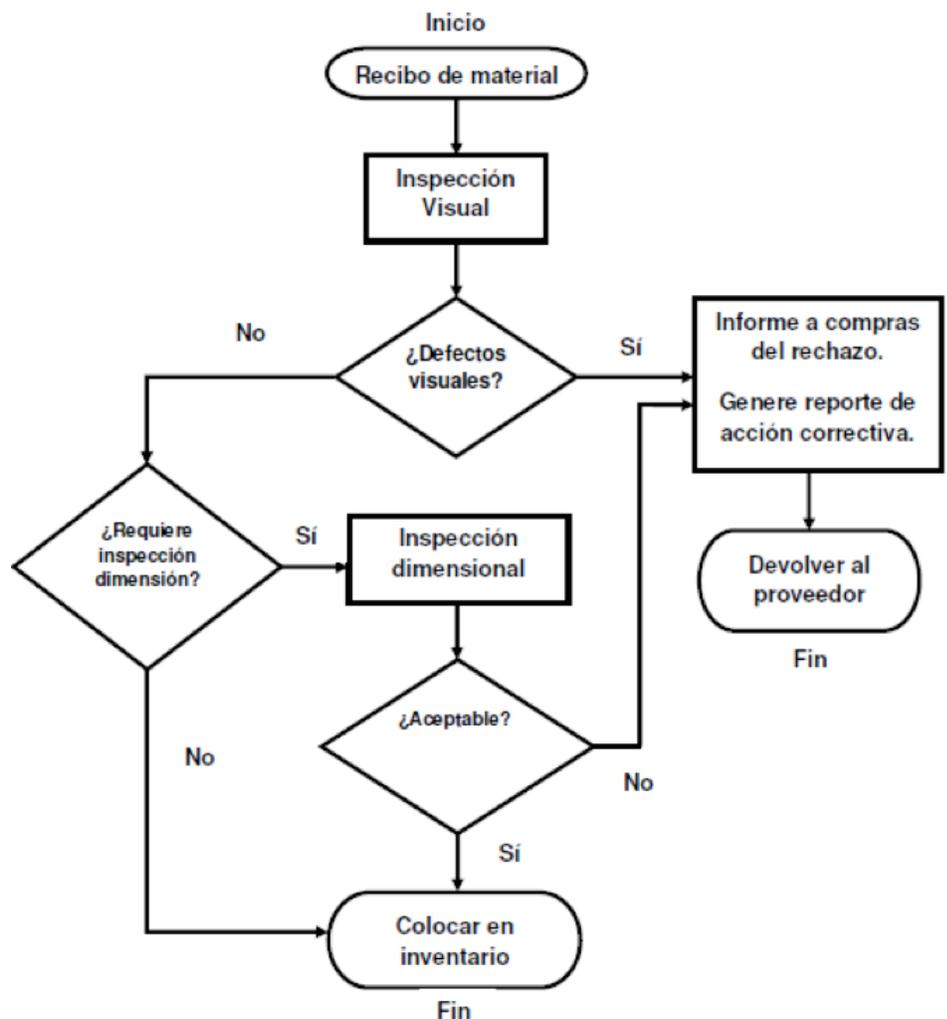
El diagrama de flujo es una descripción de los pasos de un proceso en su orden secuencial. Incluye la secuencia de acciones, los materiales o servicios que entran y salen, las decisiones que se deben tomar, las personas involucradas, el tiempo que toma cada paso y otras mediciones que sean importantes.

Se usa para:

- Entender cómo se hace un proceso.
- Estudiar un proceso para mejorarlo.
- Comunicar a otros cómo se hace un proceso.
- Llegar a un consenso antes de estandarizar un proceso.
- Documentar un proceso.
- Diseñar un proceso.

EJEMPLO

En el siguiente ejemplo, tomado del [CSSGB Primer en Español](#) se muestran las figuras básicas para construir un diagrama de flujo para realizar una inspección de entrada de un material.



Las figuras o íconos básicos del diagrama de flujo son los siguientes:



Inicio y final



Proceso



Decisión



Dirección del flujo

Y es importante agregar los siguientes:



Entradas / Salidas

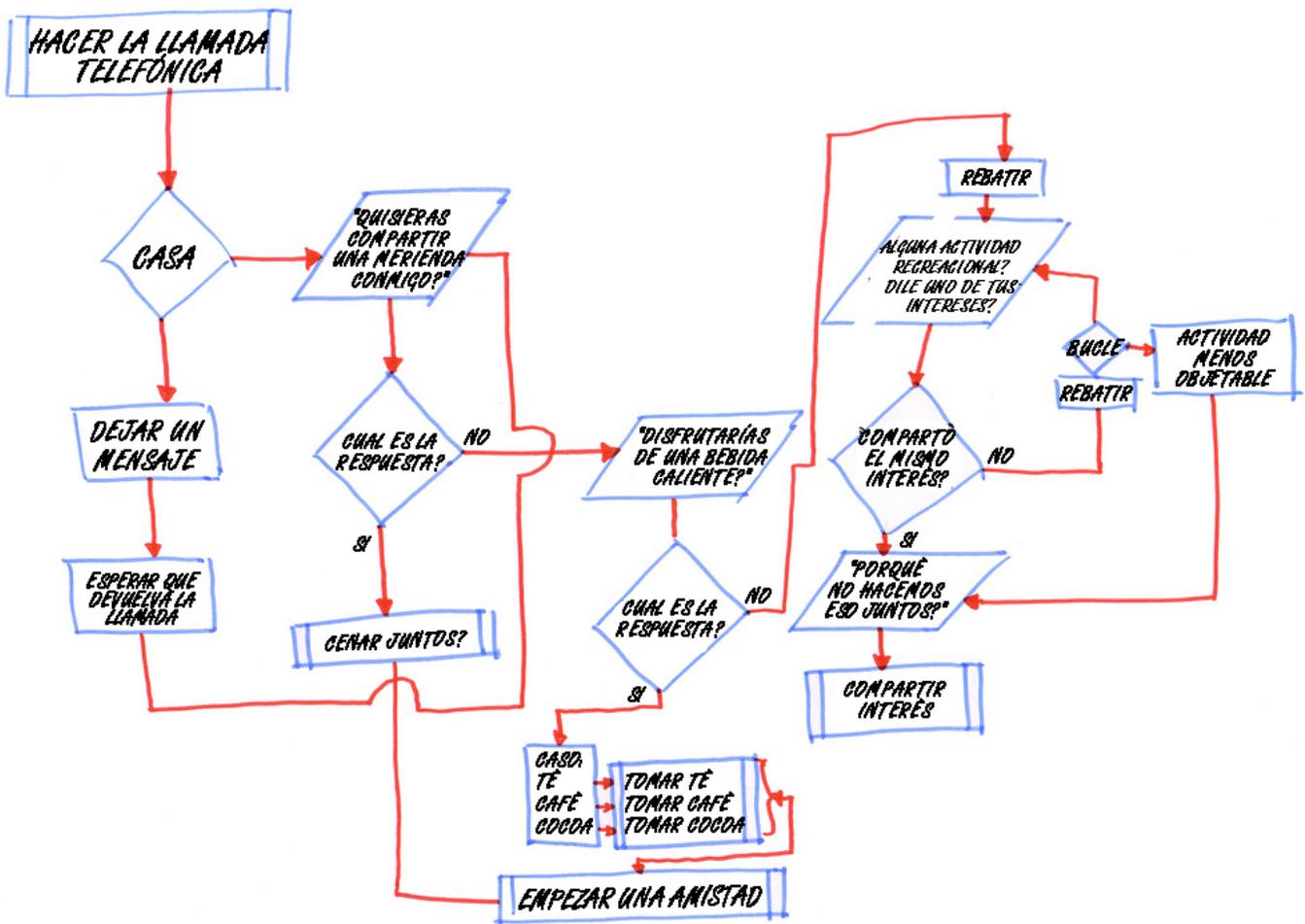


Documento



Conector

Hasta Sheldon Cooper, el personaje de la serie The Big Bang Theory nos recuerda la utilidad de un diagrama de flujo con su famoso Algoritmo de la Amistad.



PASOS PARA HACER UN DIAGRAMA DE FLUJO

- 1- Definir el proceso que se va a diagramar.
- 2- Definir los límites del proceso, dónde empieza y dónde termina.
- 3- Definir el nivel de detalle que se va a incluir en el diagrama.
- 4- Listar las actividades que forman parte del proceso.
- 5- Ordenar las actividades en la secuencia apropiada.
- 6- Cuando todas las actividades están incluidas agregar las flechas de flujo.
- 7- Revisar el resultado con los dueños del proceso. Preferiblemente caminar el proceso si no se hizo antes.

RECURSOS Y PLANTILLAS

Existen un sinnúmero de recursos web y aplicaciones para hacer diagramas de flujo. Inclusive los programas básicos de Microsoft Office incluyen los íconos más usados. En el año 2000 Microsoft adquirió el programa Visio y lo convirtió en parte de Office. El software de Business Process Management como [Bizagi](#) incluye versiones gratuitas de construcción de diagramas. En la página de ASQ se puede bajar gratis esta [plantilla para Excel](#).

LOS QUERIDOS PAPÁ Y MAMÁ DEL DIAGRAMA DE FLUJO

El primer uso del término diagrama de flujo se lo debemos a los precursores del estudio del trabajo Frank y Lillian Gilbreth. En 1921 Gilbreth presentó su propuesta de un método formal y estructurado de documentar un proceso en la reunión anual de la ASME (American Society of Mechanical Engineers) bajo el nombre "[Process Charts: First Steps in Finding the One Best Way to do Work](#)".

Rápidamente los diagramas de flujo en sus diferentes formas se convirtieron en herramienta básica



de la ingeniería industrial. Los Gilbreth además inventaron los **Therbligs** (18 movimientos básicos para el estudio del trabajo), hicieron énfasis en eliminar los movimientos innecesarios (lo que los llevó a constantes desacuerdos y enfrentamientos con Frederick Taylor). Frank Gilbreth fue quien sugirió la creación del puesto de “caddy” un auxiliar que le pasa los instrumentos quirúrgicos a los cirujanos durante las operaciones.

Además de ser los pioneros de la ingeniería industrial y el estudio del trabajo, Frank y Lillian Gilbreth son recordados por su numerosa familia (12 hijos) que quedó plasmado en el libro “**Cheaper by the Dozen**” (Más Barato por Docena) escrito por sus hijos Frank Jr. y Ernestine en 1948, y que dio lugar a tres películas. La numerosa familia constantemente colaboraba en los experimentos de sus padres. Frank falleció a los 55 años de un ataque al corazón mientras hablaba por teléfono con su esposa. Lillian lo sobrevivió por 48 años más y continuó con las investigaciones sobre el estudio del trabajo y se encargó de la familia.

Así es como el diagrama de flujo viene de una numerosa y querida familia. Frank y Lillian pueden estar orgullosos de este hijo nacido en 1931 que tantos beneficios nos ha dado en la mejora continua de las operaciones.

EL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO EMPEZAR A VER EL PORQUÉ DE LOS PROBLEMAS

Una herramienta, muchos nombres, diagrama de causa y efecto, diagrama de Ishikawa, diagrama de espina de pescado. Y un dúo padre e hijo que cambió la historia de la calidad en Japón y en el mundo.

DEFINICIÓN Y USOS

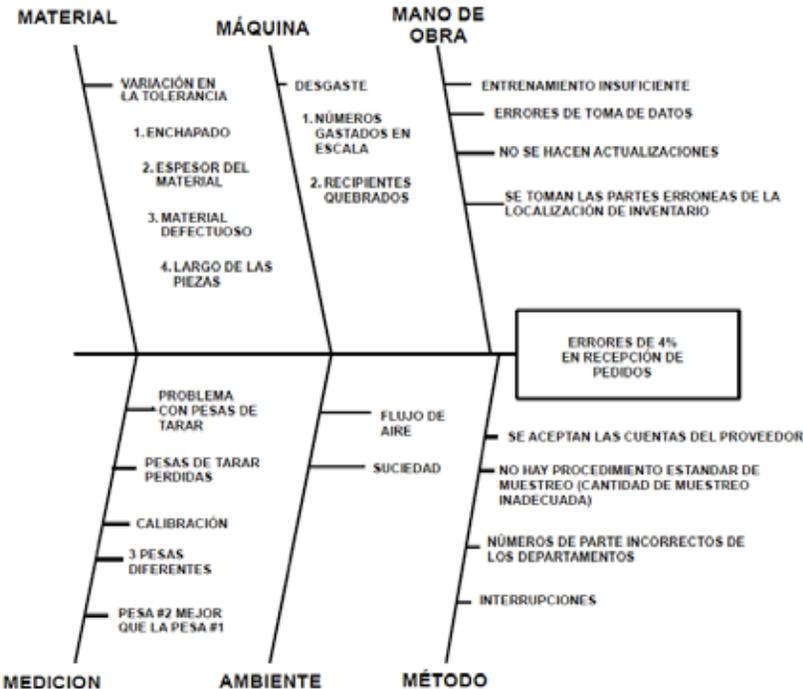
El diagrama de causa y efecto ayuda a identificar las posibles causas de un problema de forma ordenada y estructurada.

Se usa para:

- Identificar las posibles causas de un problema.
- Ordenar las posibles causas en categorías.
- Documentar de manera rápida las causas.

EJEMPLO

El siguiente ejemplo tomado del CSSGB Primer en Español muestra un diagrama de causa y efecto utilizando la técnica de las 5 Ms y 1 A (material, máquina, mano de obra, método, medición y ambiente).



PASOS PARA HACER UN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

- 1- Póngase de acuerdo en el la definición del problema (efecto).
- 2- Escriba el problema en el rectángulo de la derecha.
- 3- Haga una tormenta de ideas sobre las categorías principales del problema.

Use las categorías genéricas si se le dificulta iniciar:

Para manufactura use las 5 Ms y 1 A:

- Material
- Máquina
- Mano de Obra
- Método
- Medición
- Ambiente

Para servicios use las 4 Ps:

- Procesos
- Políticas
- Personal
- Planta – tecnología

- 4- Para cada categoría hágase la pregunta ¿Por qué pasa esto (el efecto)? Y escriba las ideas como ramas de la categoría principal. NOTA: trate siempre de escribir causas que puedan ser medidas y probadas o descartadas científicamente.
- 5- Para cada rama vuélvase a preguntar ¿Por qué pasa esto (el efecto)? Y Escriba las ideas como sub-ramas de la rama principal.
- 6- Convierta en hipótesis las principales causas (puede priorizar mediante votación o multi-votación)

RECURSOS Y PLANTILLAS

La mejor manera de construir un diagrama de causa y efecto es utilizar una gran pizarra blanca, o un pliego de papel, post-its y marcadores. Así se le saca más provecho a su naturaleza de tormenta de ideas. También existen gran cantidad de recursos gratis en línea como esta [hoja de Excel](#) de la ASQ.

Lo recomendable es pasarlo en limpio luego de desarrollarlo, modificarlo, borrarlo, volver a escribirlo, quitar ideas, poder ideas, hasta que todos queden satisfechos.

ORIGEN DE LA HERRAMIENTA Y EL DUO PIONERO DE LA CALIDAD JAPONESA (PADRE E HIJO)

El creador de esta increíble herramienta es el Dr. Kaoru Ishikawa (1915 – 1989). Ingeniero químico y doctor en ingeniería mecánica. Ishikawa ideó el diagrama en 1943 cuando le explicaba a un grupo de ingenieros de la empresa Kawasaki Steel Works como varios factores se podían ordenar e interrelacionar.

Pero el pionero de la calidad japonesa y el creador del diagrama causa y efecto, no son la misma persona, aunque están estrechamente relacionadas. Kaoru simplemente siguió, casi al pie de la letra, la carrera de su padre Ichiro Ishikawa (1885 – 1970). Fue Ichiro quien convenció a los industriales japoneses de la importancia de implementar métodos y sistemas de calidad desde la alta gerencia. Ambos fueron parte importante del desarrollo de JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineers), organización que siempre ha sido el centro del movimiento de excelencia de Japón.

Las carreras de padre e hijo contienen una larga intersección, que los convirtió en los mentores de la siguiente generación de expertos de la calidad.

Así es como el hijo siguió adelante para crear los círculos de calidad, el concepto de calidad total, y muy importante, lo que algunos llaman “la democratización” de la estadística como herramienta de trabajo práctica. Keiko Ishikawa, viuda del maestro, escribió el 1993 el libro Kaoru Ishikawa – [The Man and Quality Control](#).



Que orgullo para Ichiro que su hijo superara sus logros, y deseando que nuestros hijos sean muy exitosos y muy felices, y nos superen con creces, terminamos con la referencia de nuestra tercera herramienta básica de la calidad.

LA HOJA DE VERIFICACIÓN LA FUERZA DE LA TOMA DE DATOS

También se le conoce como hoja de toma de datos, hoja de cuenta, hoja de comprobación, hoja de chequeo (que conste que la [RAE](#) nos advierte que “chequear” o “chechar” son anglicismos, aunque de uso generalizado y aceptable). Ninguna otra de nuestras herramientas puede presumir de tantísima longevidad con sus aproximadamente treinta y cinco mil años de existencia.

DEFINICIÓN Y USOS

Una hoja de verificación es un formato prediseñado para la recolección estructurada de datos. Se puede adaptar a gran cantidad de usos más allá de recolectar datos, principalmente como “check list” para actividades, proyectos e instrucciones de trabajo.

Se usa para:

- Recolectar mediciones de forma estructurada.
- Recolectar frecuencias de defectos y otros problemas.
- Recolectar frecuencias de eventos como por ejemplo tipos de servicios solicitados por los clientes.
- Recolectar datos sobre la localización de defectos y problemas de calidad.
- Recolectar datos que pueden indicar patrones de eventos, defectos y problemas.
- Como lista de chequeo (check list) para dar seguimiento a una serie de actividades y tareas.

EJEMPLO

En el siguiente ejemplo es posible recolectar información específica sobre la ocurrencia de cinco defectos y se agrega un espacio para “otros”. Además también es posible tomar la información por día (del [Primer de Green Belt en Español](#) de QCI y PXS).

Días de la Semana							
Errores	1	2	3	4	5	6	Total
Luz defectuosa							40
Cierres flojos							16
Rayones							21
Partes faltantes							3
Contacto sucios							32
Otros							9
Total	19	19	16	19	23	25	121

Se puede hacer un análisis preliminar de la concentración de defectos y la concentración de los días en que ocurren. Asumiendo que el día 6 (sábado) solamente se trabajan unas pocas horas preocupa la cantidad de defectos, particularmente rayones, observados ese día. Igualmente el defecto luz defectuosa parece ser consistente día con día.

PASOS PARA HACER UNA HOJA DE VERIFICACIÓN

- 1- Decida cuál evento, proceso, situación o problema va a observar.
- 2- Desarrolle definiciones operacionales claras de lo que va a observar (en el ejemplo anterior hay que definir de previo cada defecto) incluyendo fotos, dibujos, esquemas, y todo lo que pueda facilitar la recolección de los datos.
- 3- Decida sobre el periodo de tiempo de recolección de los datos.
- 4- Diseñe la hoja, formato o plantilla. Si va a recolectar frecuencias diseñe su formato de tal forma que solamente requiera marcas. Si va a escribir números asegúrese de tener el espacio adecuado y de indicar el número de decimales correcto.
- 5- Pruebe la hoja por un período corto de tiempo con las personas que van a tomar la información.
- 6- Agregue las decisiones que deben tomarse cuando se registran problemas particulares o se llega a una frecuencia acordada.

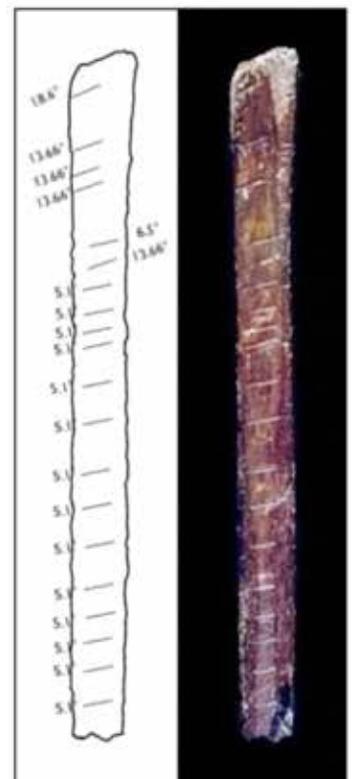
RECURSOS Y PLANTILLAS

La hoja de verificación se puede hacer fácilmente en una hoja de Excel. Como en todos los casos anteriores existen una gran cantidad de formatos prediseñados disponibles en internet. Este [formato](#) se puede bajar de la página de ASQ y sirve hasta para diez defectos para cada día de la semana.

TREINTA Y CINCO MIL AÑOS DE HISTORIA Y CONTANDO

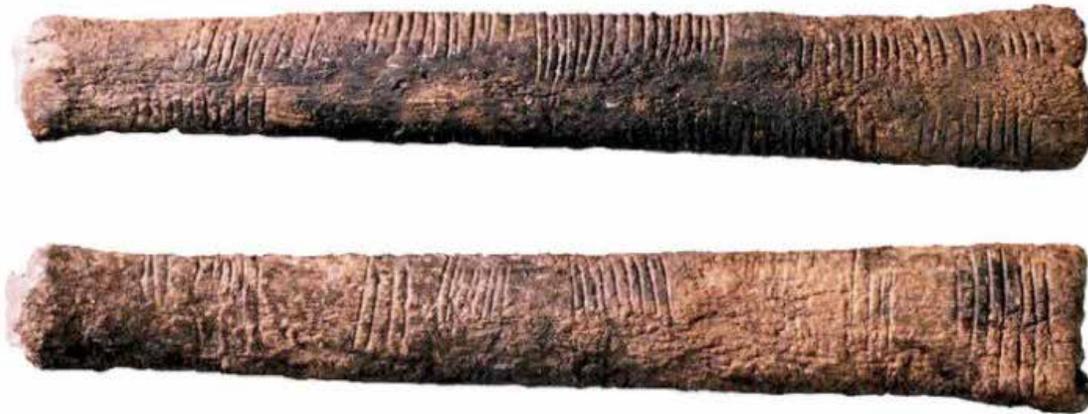
En inglés otro nombre común para nuestra herramienta de hoy es tally sheet. Tally viene del inglés antiguo talye, y esta palabra a su vez se remonta, al menos en parte, al término en latín talea, pieza delgada de madera.

Piezas delgadas de madera o de hueso fueron las primeras formas de toma de datos. Las dos más antiguas conocidas hasta ahora son el Hueso de Lebombo, una parte del peroné de un mandril, y los Huesos de Ishango, también coincidentemente peronés de mandril.



El Hueso de Lebombo, cuya edad estimada es de 35,000 años, fue encontrado en lo que hoy es Suazilandia un pequeño estado africano sin salida al mar localizado entre Sur África y Mozambique. Las veintinueve marcas del Hueso de Lebombo probablemente se refieren a alguna forma de medición de tiempo, posiblemente un calendario.

Los Huesos de Ishago (que son dos), de aproximadamente 22,000 años, fueron encontrados en la República Democrática del Congo, un enorme país en África Central, por cierto no muy democrático. Los Huesos de Ishago van más allá de simples marcas y se consideran la primera calculadora de la historia. Estos dos huesos parecen seguir una sucesión matemática, hacen referencia a números primos, y su uso específico es un misterio, algunos dicen que siguen un ciclo menstrual asociado a la luna y otros que es un sistema numérico–astronómico completo (más información [aquí](#)).



Treinta y cinco mil años de instrumentos de recolección de datos nos dicen que la puerta de entrada a una buena investigación es la toma de buena información que nos dirija correctamente hacia posibles causas raíz, concentraciones, patrones y, finalmente, soluciones efectivas.

EL HISTOGRAMA LA FOTO DEL PROCESO EN UN SOLO GRÁFICO.

Con el histograma iniciamos el recuento de las herramientas de mayor peso estadístico. Excelente para entender si una variable importante de un proceso está dentro de especificaciones, y para visualizar la forma de la distribución de los datos. Gracias a Inglaterra por este importante invento.

DEFINICIÓN Y USOS

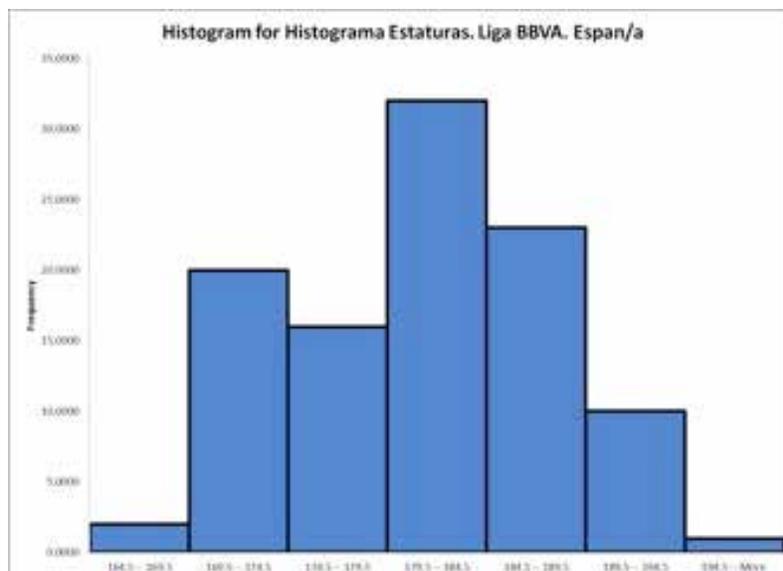
El histograma muestra cuantos datos de una variable de interés ocurren en un rango específico.

Se usa para:

- Datos numéricos.
- Ver la forma de la distribución de datos, especialmente para ver si esa forma es aproximadamente normal.
- Ver si un proceso está dentro de especificaciones.
- Ver si un proceso ha cambiado en dos momentos específicos del tiempo.
- Determinar si los resultados de dos o más procesos son diferentes.

EJEMPLO

Se buscaron en internet las estaturas de 104 futbolistas de los cuatro primeros lugares del futbol de España (Liga BBVA) al 29 de enero de 2017 (Real Madrid, Barcelona, Sevilla y Atlético de Madrid). Se generó un histograma usando [StatSolver](#) con el siguiente resultado:



Es fácil ver que el promedio está entre 179.5 cm. y 184.5 cm. que corresponde a la barra más alta. También se puede ver que hay muy pocos jugadores pequeños (menos de 169.5 cm.) y también muy pocos jugadores de más de 194.5 cm. Precisamente la representación visual de los datos es la gran virtud del histograma.

PASOS PARA HACER UN HISTOGRAMA

- 1- Defina la variable en estudio y la forma de medir y recolectar los datos.
- 2- Recolecte al menos 50 datos que correspondan al mismo periodo de tiempo, con las mismas características, y de forma consecutiva.
- 3- Determine el número preliminar de barras usando un número cercano a \sqrt{n} , donde n es el número de datos. Ajuste el número de barras hacia arriba o hacia abajo según su juicio. Nunca haga menos de 4 ni más de 20 barras
- 4- Determine el número de rangos dividiendo el total de datos entre en número de barras escogido. Procure utilizar un decimal más que los datos en los límites de rango para que así ningún número quede exactamente en un límite. Ajuste según sea necesario.
- 5- Determine el número de datos (frecuencia) que pertenece a cada celda o categoría.
- 6- Dibuje los límites de celda en el eje X.
- 7- Complete la altura de la barra con el número de datos (frecuencia) obtenido en el paso 5.

NOTA: Puede resultar tedioso hacer los histogramas a mano. Las aplicaciones estadísticas de mayor uso como Excel, StatSolver, Minitab, JMP o R, fácilmente permiten hacerlos como en el ejemplo anterior.

RECURSOS Y PLANTILLAS

El menú de “data analysis” es el recurso más inmediato a disposición para hacer un histograma. [Aquí](#) puede seguir los pasos para activar la herramienta sino la tiene ya activada. Además de los softwares indicados anteriormente también puede seguir paso a paso esta guía para hacer un histograma a mano.

ORIGEN DEL HISTOGRAMA, UN LEGADO DEL IMPERIO INGLÉS

La palabra histograma se compone de las raíces griegas “istos” (mástil, poste) y gram-ma (algo escrito). Que quede claro que no constituía una palabra compuesta griega como tal, sino que fue el gran estadístico inglés Karl Pearson (1857 – 1936) quien acuñó el término. Pearson dio una serie de conferencias en 1892 con el nombre “La



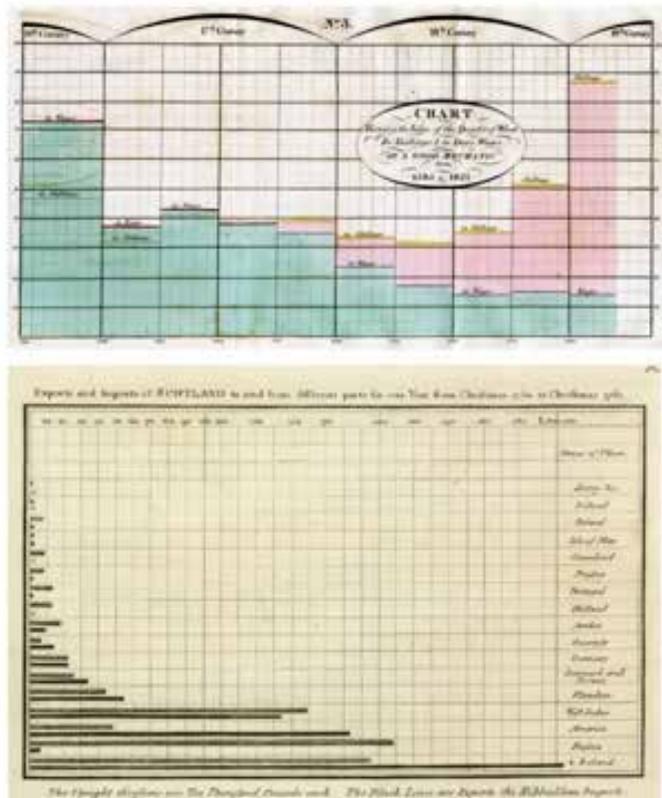
Karl Pearson

Geometría de la Estadística” y fue ahí donde utilizó por primera vez el nombre.

El antepasado más directo del histograma es el gráfico de barras. La primera referencia a los gráficos de barras data del año 1786 en el libro “The Commercial and Political Atlas” del economista político escocés William Playfair (1759 – 1823). Las ilustraciones de Playfair bien se pueden considerar los primeros infogramas.



William Playfair



Ilustraciones del libro The Commercial and Political Atlas (1786)

Cuantas veces no hemos hecho un histograma. Nunca se hubiera imaginado Pearson que su invento de 1892 llegaría a ser tan usado por la comunidad de calidad y mejora continua.

GRÁFICOS DE CONTROL ENTENDER LA VARIACIÓN

La gran familia de gráficos de control incluye cerca de veinte diferentes variaciones, algunas para datos continuos, otras para datos discretos, pero siempre bajo el mismo principio: cómo se comporta una variable en el tiempo. Con la invención de los gráficos de control, y los conceptos de causas asignables y causas comunes de variación, Walter Shewhart creó las bases para un vasto universo que hoy conocemos como excelencia operacional.

DEFINICIÓN Y USOS

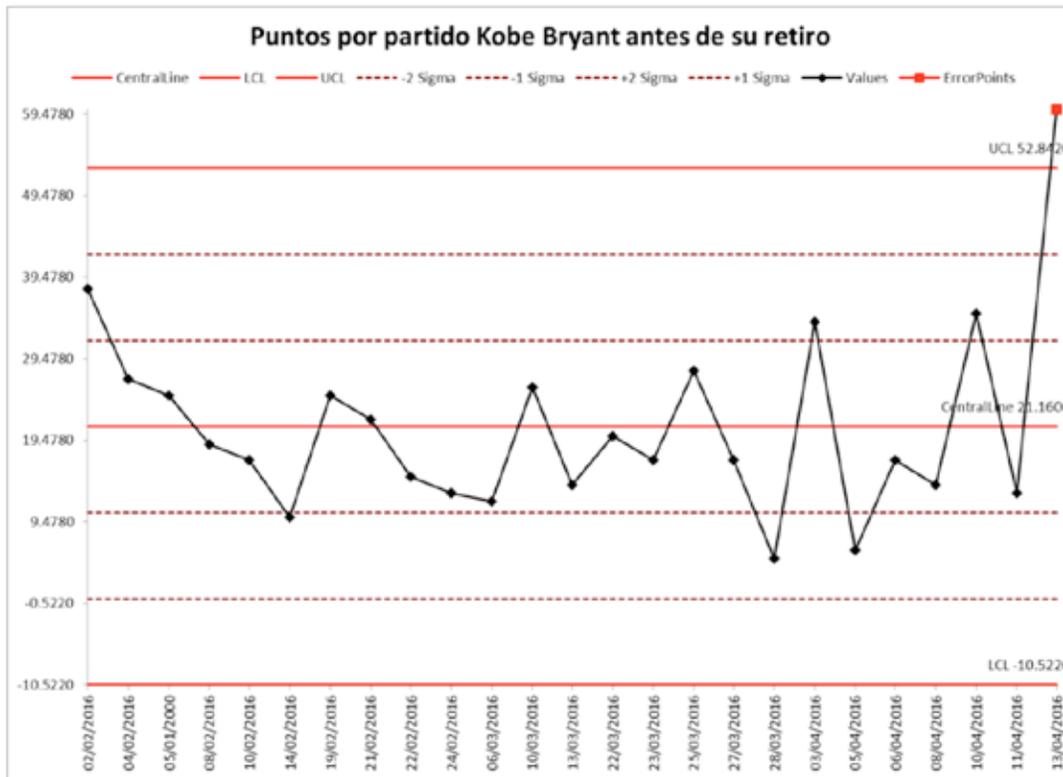
Son gráficos de línea para visualizar si una variable de interés cambia en el tiempo. El eje X siempre representa una unidad de tiempo (horas, días, semanas, meses). La forma más simple es el gráfico de corrida, donde simplemente se grafica el comportamiento de la variable en el tiempo. En su forma completa se agregan tres líneas. Primero una línea central que se calcula como el promedio de todos los datos, y luego dos límites de control que se calculan como ± 3 desviaciones estándar del promedio. Bajo un supuesto de normalidad 99.73% de los datos deberían estar dentro de los límites de control si solamente hay causas comunes de variación. Cuando un dato se sale de alguno de los dos límites el analista de calidad hace la pregunta ¿qué pasó diferente? e investiga si hubo una causa asignable de variación.

Se usa para:

- Monitorear variables de proceso.
- Monitorear variables de calidad de procesos o servicios.
- Determinar si un proceso es estadísticamente estable.
- Distinguir cuando la variación se debe a causas especiales.
- Determinar si un proyecto de mejora tuvo el efecto deseado.

EJEMPLO

El jugador de baloncesto profesional Kobe Bryant se retiró al finalizar la temporada regular 2015 – 2016. Se tomaron los datos ([estadísticas de ESPN](#)) de los puntos que anotó en sus últimos 25 juegos, tomando en cuenta que hubiera jugado al menos 12 minutos (un cuarto). Se omitieron los partidos en que no participó o donde jugó menos de un cuarto debido a lesiones. Se desarrolló un gráfico de control para puntos individuales en StatSolver que se muestra a continuación.



En su último partido como jugador profesional contra el Utah Jazz, Bryant recibió apoyo extra de sus compañeros de equipo, y también la ayuda (en la forma de débil defensa) del contrincante. No es de extrañar que los 60 puntos que anotó la noche del 13 de abril del 2016 sea un punto fuera de control. El analista se pregunta ¿qué pasó diferente? En este caso la respuesta es que todos (propios y contrarios) jugaron para que Kobe Bryant se luciera en su última noche.

PASOS PARA HACER UN GRÁFICO DE CONTROL

- 1- Escoja el tipo de gráfico adecuado para su variable de estudio.
- 2- Determine la unidad de tiempo apropiada para su estudio.
- 3- Determine la cantidad de tiempo para la recolección de los datos (generalmente se inicia con 25 muestras).
- 4- Calcule el promedio de las muestras.
- 5- Calcule los límites de control para las muestras.
- 6- Grafique los datos.
- 7- Busque signos de ausencia de control.
- 8- Investigue las causas especiales de variación (si hay datos fuera de control).
- 9- Elimine los puntos fuera de control y recalculé los límites.
- 10- Use los límites finales de control hasta que suceda una nueva causa asignable de variación o cuando se cumpla un periodo acordado de revisión de límites.

NOTA: el signo más obvio de que puede existir una causa especial de variación es encontrar un dato fuera de los límites de control. También existen otras señales, patrones y tendencias que se resumen en las reglas del Western Electric.

Regla 1: Un dato fuera de los límites tres sigma.

Regla 2: 2 de 3 puntos consecutivos más allá de límites 2 sigma.

Regla 3: 4 de 5 puntos consecutivos más allá de límites 1 sigma.

Regla 4: 8 puntos consecutivos de un solo lado de la línea central.

Existen otras reglas ([Reglas de Nelson](#)) que también se han incorporado con los años para tratar tendencias, corridas y otras señales.

RECURSOS Y PLANTILLAS

La mayoría de softwares estadísticos incluyen un módulo para gráficos de control. También existen gran cantidad de plantillas en Excel, un ejemplo es esta [plantilla](#) para variable continua de ASQ.

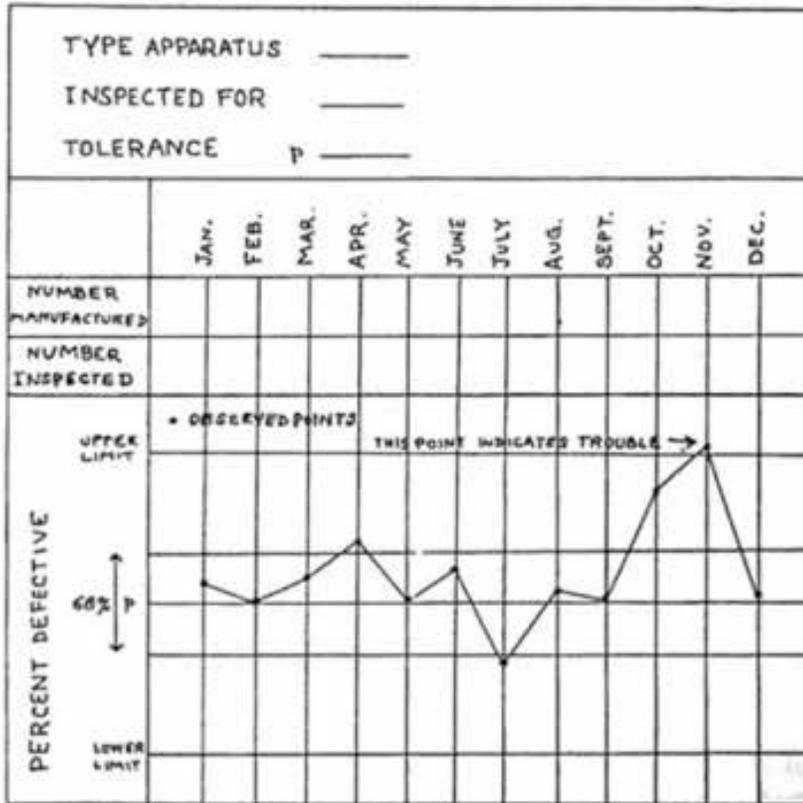
EL MEMO QUE CAMBIÓ LA HISTORIA DEL CONTROL DE CALIDAD

Walter Shewhart (1891 – 1967) es el papá de los papás del movimiento de la calidad. Tuvo entre sus asistentes a Deming y a Juran, y trabajo al lado de Dodge y Romig (tablas de muestreo de aceptación).

Doctor en física, se unió en 1918 al departamento de ingeniería de inspección de la fábrica de teléfonos Western Electric en Hawthorne, Illinois. La empresa conocía ya que constantes ajustes al proceso aumentaban la variación y degradaban la calidad. El 16 de mayo de 1924 Shewhart envió un memorándum a su supervisor George Edwards (luego primer presidente de ASQ), un tercio de la página mostraba el primer gráfico de control y el resto de la página indicaba cómo usarlo. Este es el primer gráfico de control hecho a mano por Shewhart.

Parte del texto decía lo siguiente: “La forma adjunta de reporte está diseñada para indicar si las variaciones





observadas en el porcentaje de aparatos defectuosos de un tipo dado son significativas; esto es, para indicar si el producto es satisfactorio o no”. Referencia en el libro Cultures of Control de Miriam R. Levin, 2005.

Los gráficos de control se convirtieron en herramienta importante para Western Electric y en 1931 Shewhart publica su monumental libro “Economic Control of Quality of Manufactured Product” que reta los procesos de inspección de calidad y dan inicio a la era de la administración de la calidad. La ASTM (American Society for Testing Materials) adoptó

los gráficos de Shewhart en 1933. Durante la Segunda Guerra Mundial el ejército de Estados Unidos incorporó los gráficos de control en la normas Z.1, Z.2 y Z.3.

Deming, discípulo y gran amigo de Shewart, definía a buen gerente como aquel que sabía interpretar un gráfico de control y actuar correctamente sobre las causas especiales de variación. Ojalá más y más profesionales puedan aprender a VER variación con esta gran herramienta que empezó como un memo en 1931.

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN EN BUSCA DE RELACIONES

Entre 70 y 80 por ciento de los gráficos presentados en investigaciones científicas son diagramas de dispersión ([Edward Tufte](#) citado por Michael Friendly y Daniel Denis en [The Early Origins and Development of the Scatterplot](#)). Para algunos, esta herramienta en 2D (dos dimensiones) es una de las más grandes invenciones en toda la historia de la estadística. Para nosotros los ejecutores de la mejora continua, la calidad y la excelencia, es la puerta a explicar la causalidad entre variables.

DEFINICIÓN Y USOS

El diagrama de dispersión grafica pares de datos (x,y) en una cuadrícula de dos ejes para buscar relaciones entre ambas variables. Si existe relación, los puntos seguirán la forma de una recta o una curva.

Se usa cuando:

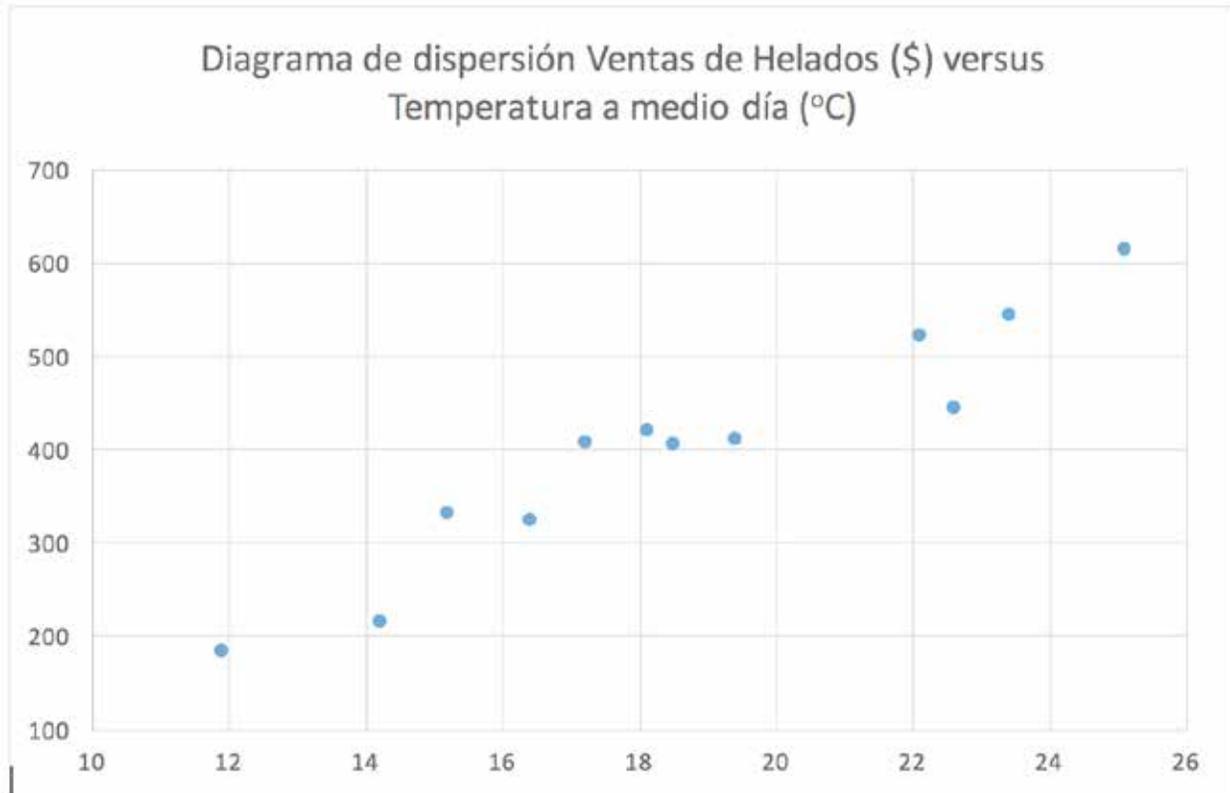
- Se quiere establecer si existe relación entre dos variables.
- Se sabe que existe relación entre dos variables y se quiere modelar esa relación.
- Se quiere formalizar una causa raíz mediante análisis estadístico.

EJEMPLO

Una heladería le da seguimiento a sus ventas con respecto a la temperatura a medio día. El estudio se realiza por doce días consecutivos. Los datos son los siguientes:

Temp (oC)	Ventas (\$)
14.2	215
16.4	325
11.9	185
15.2	332
18.5	406
22.1	522
19.4	412
25.1	614
23.4	544
18.1	421
22.6	445
17.2	408

La temperatura es la variable independiente que vamos a colocar en el eje x, y las ventas son la variable dependiente y van en el eje y. El diagrama de dispersión resultante es el siguiente:



El resultado muestra una relación entre las ventas y la temperatura. Conviene hacer un estudio más profundo de regresión y correlación y establecer si un aumento en temperatura causa un aumento en la venta de helados (levemente modificado de www.mathisfun.com).

PASOS PARA HACER UN DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

1. Recolecte los pares de datos (x,y) donde se sospecha que existe una relación.
2. Dibuje el diagrama colocando la variable independiente en el eje horizontal, y la variable dependiente en el eje vertical.
3. Para cada par de datos ponga un punto donde se interceptan x y y.
4. Busque visualmente patrones en los puntos.
5. Si los datos forman una línea o una curva obvia se puede decir que las variables están correlacionadas.
6. Continúe con el análisis de regresión y correlación para validar matemáticamente el resultado visual (NOTA: la parte matemática se tratará posteriormente en un blog dedicado al tema).

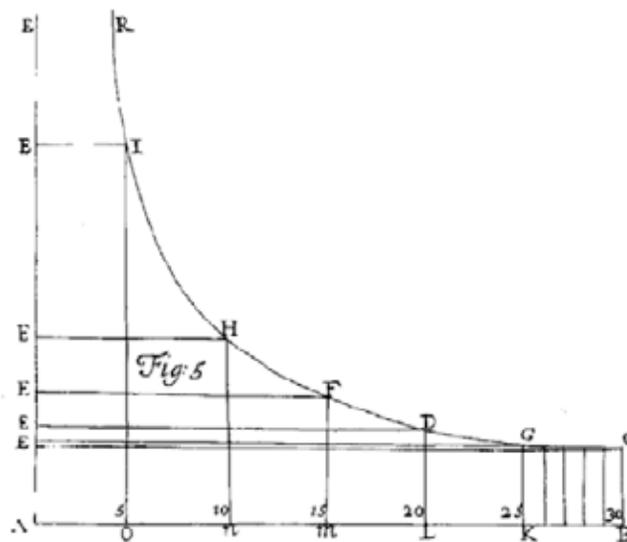
RECURSOS Y PLANTILLAS

Es muy sencillo hacer un diagrama de dispersión en Excel. En este [enlace](#) están las instrucciones para su construcción.

Todo software estadístico cuenta con procedimientos para la realización del diagrama de dispersión y el análisis de regresión. Con los años el análisis estadístico-matemático de la herramienta ha avanzado considerablemente, más allá de los conceptos básicos de regresión y correlación. El tema y sus alcances se tratará en otros blogs más adelante.

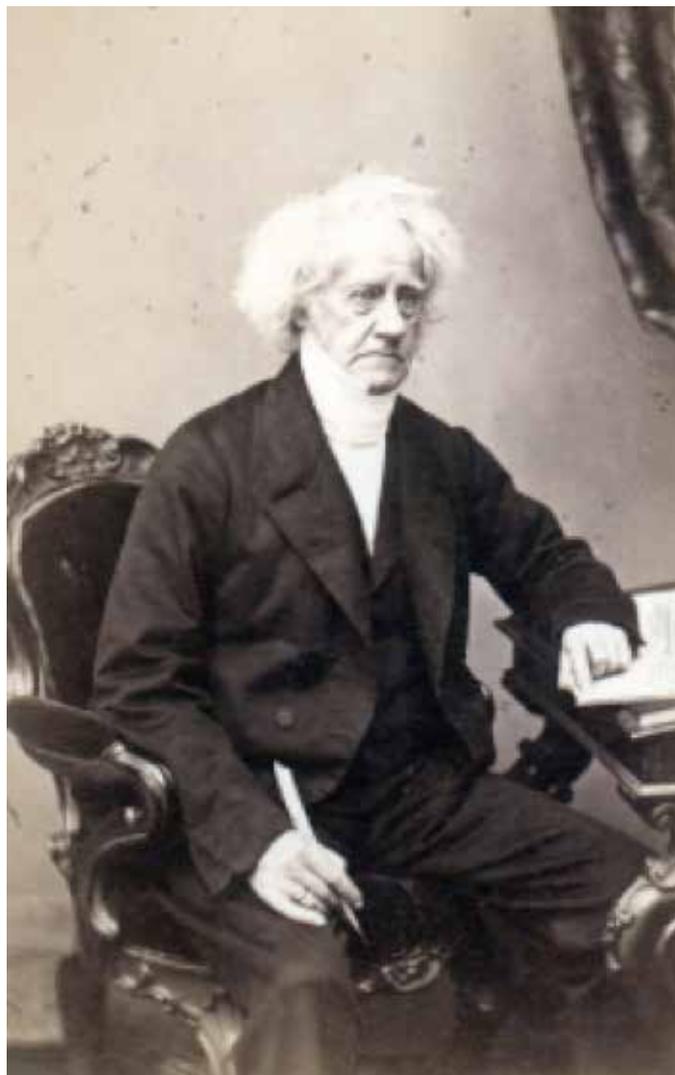
UNA HISTORIA CON MUCHOS CONTRIBUYENTES

El diagrama de dispersión es el producto de la contribución de grandes matemáticos y estadísticos a lo largo de cientos de años de desarrollo. El sistema de coordenadas fue introducido por Descartes y Fermat en los 1630s. Edmund Halley (1656 – 1742), por cierto mucho más que simplemente el astrónomo que predijo la trayectoria del famoso cometa que lleva su nombre, dibujó uno de los primeros gráficos bivariados relacionado presión barométrica con altura (ver siguiente figura):



Francis Galton (1822 – 1911) desarrolló buena parte de la teoría de regresión, y de hecho fue él quien propuso el nombre “regresión” como tal en la publicación [Regresión a la mediocridad en estatura hereditaria](#) (padres muy altos tienden a tener hijos más pequeños). Posteriores desarrollos de Karl Pearson (1857 – 1936) nos llevaron a la teoría de regresión y correlación. Interesantemente ni Galton ni Pearson crearon el diagrama de dispersión tal como lo conocemos hoy, el honor el corresponde a Sir John Frederick William Herschel (1792 – 1871), matemático, astrónomo, químico, inventor, fotógrafo, entre otras profesiones. El 13 de enero de 1832,

Herschel presentó su publicación *On the investigation of the orbits of revolving double stars* a la Royal Astronomical Society en Inglaterra. Acompañó su presentación de cuatro figuras que constituyen los primeros diagramas de dispersión formales. La publicación se puede conseguir en diferentes foros académicos, sin embargo las cuatro figuras, que al parecer, no fueron reproducidas por costos de impresión, no han sido encontradas aún en los archivos de la Royal Astronomical Society. La buena noticia es que aún faltan por abrir docenas de cajas de documentos asociados a Herschel.



Sir John Frederick William Herschel

Con el diagrama de dispersión el analista inicia su camino hacia la explicación de la relación entre variables, eso sí, siempre recordemos que correlación no siempre significa causalidad.



HERRAMIENTAS
DE LA
CALIDAD