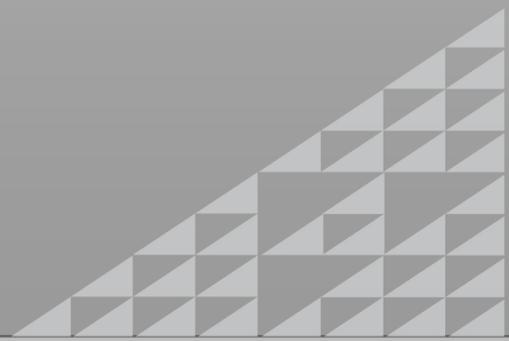


Técnicas y herramientas para el mejoramiento

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE y METROLOGÍA



Coordinadora PROCAME

PhD. Ligia Bermúdez Hidalgo

Equipo de trabajo:

MSc. José Castro Solís

MII. Olga Marta León Valverde

M.Sc. Manfred Murrell Blanco

Licda. Karla Vetrani Chavarría



1

ÍNDICE

NO CONFORMIDADES Y ANALISIS DE CAUSAS	0
1 ÍNDICE	2
2 PERFIL DEL CURSO	5
3 INTRODUCCIÓN	8
4 MEJORA CONTINUA.....	9
1. Ciclo de mejora continua	9
2. Trabajo no conforme.....	11
3. No conformidad	13
4. Acciones correctivas.....	14
5. Acciones preventivas.....	15
6. Tratamiento	16
7. Ejercicios	17
5 HERRAMIENTAS GRUPALES DE IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS	19
1. Generalidades	19
2. Lluvia de ideas.....	19
3. Grupo nominal	21
4. Campo de fuerzas.....	23
5. Ejercicios	25
6 HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS DE CAUSAS	26
1. Generalidades	26
2. Hojas de inspección.....	27
3. Diagrama de flujo	28
4. Diagrama causa-efecto	34

5.	Diagrama de Pareto	38
6.	Histograma.....	43
7.	Diagrama de dispersión.....	49
8.	Gráficas de control	56
8.1	Gráfica Promedio-Rango.....	57
8.2	Gráfica Mediana-Rango	61
8.3	Gráfica Promedio-Desviación Estándar.....	62
8.4	Gráfica Individual-Rango Móvil	62
8.5	Gráfica p	63
8.6	Gráfica np	63
8.7	Gráfica c.....	64
8.8	Gráfica u	64
9.	Ejercicios.....	65
7	HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS PARA LA MEJORA.....	68
1.	Generalidades.....	68
2.	Diagrama de afinidad.....	68
3.	Diagrama de relaciones.....	70
4.	Diagrama de árbol de decisiones.....	71
5.	Diagrama matricial.....	74
7.	Técnica de los cinco porqués	76
8.	Ejercicios.....	77
8	ELABORACIÓN DE PLANES DE ACCIÓN.....	79
1.	Consideraciones generales.....	79
2.	5W y 1H.....	79
3.	Diagrama de flechas o de red.....	80
4.	CPM.....	83
5.	Cronograma.....	86
6.	Gráfica de programación de decisiones de proceso.....	88
7.	Ejercicios.....	88
9	SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE EFICACIA DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS	90
PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA		

1. Seguimiento y cierre	90
2. Evaluación de eficacia.....	91
3. Ejercicios	92
10 TRATAMIENTO DE NO CONFORMIDADES DERIVADAS DE EVALUACIONES DEL ECA	93
1. Proceso de evaluación	93
2. Tratamiento de las no conformidades.....	97
3. Verificación de acciones correctivas	97
4. Toma de decisiones en ECA.....	98
5. Ejercicios	99
11 RESPUESTAS DE EJERCICIOS.....	100
1. Capítulo 4	100
2. Capítulo 5	100
3. Capítulo 6	101
4. Capítulo 7	103
5. Capítulo 8	104
6. Capítulo 9	105
7. Capítulo 10.....	106
11 BIBLIOGRAFIA.....	108

2

PERFIL DEL CURSO

Objetivo general

Al finalizar la actividad el participante será capaz de diferenciar no conformidades, acciones correctivas y preventivas así como seleccionar y aplicar las herramientas de análisis de causas más adecuadas para un caso en particular.

Objetivos específicos

- Conocer los conceptos de trabajos no conformes, no conformidad, acción correctiva y preventiva, así como sus requisitos mínimos.
- Estudiar el proceso de análisis de no conformidades especialmente el de determinación de causas.
- Aprender la aplicación de diferentes técnicas de identificación y análisis de causas.
- Estudiar el desarrollo de algunas de las herramientas básicas en aplicaciones como Excel y Visio.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en casos prácticos.

Dirigido a

Personal que labora en laboratorios de ensayo o calibración bajo un sistema de gestión basado en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

Contenido temático

- Conceptos básicos de mejora: Ciclo de mejora continua, trabajos no conformes, no conformidad, acción correctiva y preventiva, tratamiento
- Técnicas grupales de análisis de causas:

- Lluvia de ideas
 - Grupo nominal
 - Campos de fuerza
- Herramientas básicas de análisis:
 - Hojas de inspección
 - Diagrama de flujo
 - Diagrama causa-efecto
 - Diagrama de Pareto
 - Histograma
 - Diagrama de dispersión
 - Gráficas de control
- Herramientas administrativas de análisis:
 - Diagrama de afinidad
 - Diagrama de relaciones
 - Diagrama de árbol de decisiones
 - Diagramas matriciales
 - Matriz de análisis de datos
 - Técnica de los 5 porqué
- Elaboración de planes de acción
 - 5W+1H
 - Diagrama de flechas o de red
 - CPM
 - Cronograma
 - Gráfica de programación de decisiones de proceso
- Seguimiento y evaluación de eficacia de las acciones correctivas
 - Seguimiento y cierre
 - Evaluación de la eficacia
- Tratamiento de no conformidades derivadas de evaluaciones del ECA
 - Proceso de evaluación
 - Tratamiento de no conformidades
 - Verificación de acciones correctivas

Estrategia metodológica

- Estudio temático en manual del curso y presentaciones del mismo.
- Evaluación cualitativa y sistemática de los participantes a través de ejercicios prácticos.
- Recursos audiovisuales.

- Análisis de casos y prácticas.

Duración

40 horas. El curso se desarrollará en sesiones temáticas a través de la plataforma virtual de Procame y el estudiante deberá también efectuar ejercicios de aplicación.

Evaluación

- Examen final 40%
- Evaluaciones de contenidos temáticos 60%

3

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gestión se desarrollan como un mecanismo de aseguramiento de la calidad de los bienes y servicios que ofrece la entidad que los ha generado y en el caso particular de los laboratorios de ensayo y calibración, además deben garantizar la competencia técnica del mismo para el desarrollo de las pruebas que efectúan.

Sin embargo, ni los sistemas de gestión ni el desarrollo que enfrenta un laboratorio pueden ser estáticos, sino que deben ser perfectibles a través de los mecanismos de mejora continua que toda organización debe poseer. Para ello, la norma INTE-ISO/IEC 17025 nos presenta como pilares el tratamiento de los trabajos no conformes y las acciones correctivas y preventivas.

Ahora bien, para que estos mecanismos sean efectivos, el análisis de causas se convierte en fundamental, es por ello que en el presente documento se abordarán las diferentes herramientas utilizables para estos fines y algunas para el desarrollo de planes de acción que potencialicen el cambio requerido para subsanar el problema detectado y dar una vuelta al ciclo de mejora.

Sin embargo, conocer la técnica no será suficiente para garantizarle ese crecimiento permanente, eso se logrará con la compenetración de la voluntad y el intelecto de la vivencia diaria, cuando usted y su laboratorio no efectúan acciones correctivas o preventivas para cumplir un requisito de norma sino cuando exista un compromiso real hacia el mejoramiento continuo y hacia la excelencia.

Seguros que usted y su laboratorio aceptan ese reto, le invitamos a conocer para luego aplicar permanentemente...

4

MEJORA CONTINUA

1. Ciclo de mejora continua

En todos los sectores de la actividad técnica, económica, social y científica es necesaria la utilización de los más modernos instrumentos de medición para obtener resultados exactos y seguros, siendo estos a su vez factores obligatorios para la obtención de una alta productividad.

Todo sistema de producción o de gestión es sujeto de mejora. La condición humana lleva a la búsqueda de mejores condiciones en todo momento y lugar, por tanto los procesos son perfectibles y este es uno de los pilares de los procesos de calidad.

De hecho la mejora continua es uno de los principios determinados por los teóricos en la gestión de calidad y tipificados como tal por la ISO en su norma 9000.

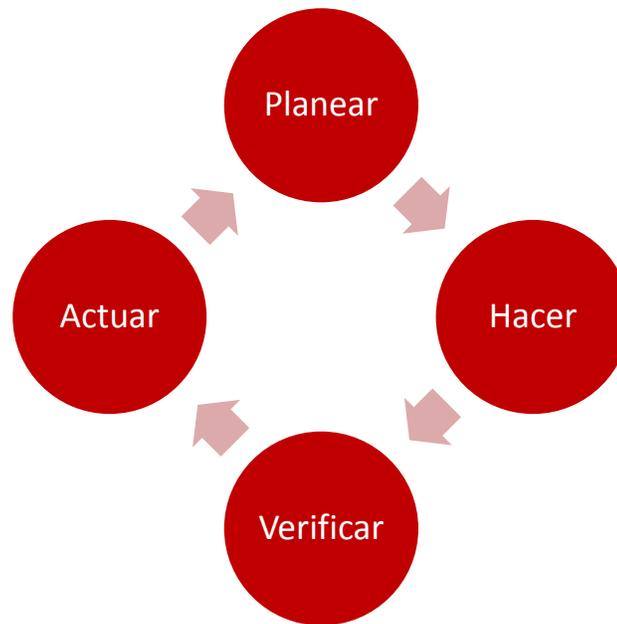
Ante ISO este principio engloba el concepto de que “la mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta”¹, siendo conceptualizada como una actividad permanente y recurrente para aumentar las capacidades internas de las empresas para alcanzar los requisitos establecidos para ellas y sus productos.

Ahora bien, la mejora continua es un proceso permanente que se ilustra como un ciclo, tal y como se visualiza en el diagrama 1 y es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart² en 1939. Sin embargo, como Edward Deming³ lo introduce en Japón se le comenzó a denominar como “Ciclo de Deming”.

¹ INTE-ISO 9004: 2000, 2001, p. 17

² Walter Andrew Shewhart (1891-1967) fue un físico, ingeniero y estadístico estadounidense, a veces conocido como el padre del control estadístico de la calidad.

Diagrama 1
Ciclo de mejora continua



Las cuatro actividades de este ciclo son:

-Planear: Se determinan las acciones a desarrollar para lograr el resultado esperado, también se incluye en esta fase la determinación de especificaciones y tolerancias de los procesos, así como las decisiones pertinentes sobre los controles a ejecutar que garantizan los objetivos. Debe efectuarse un trabajo detallado en esta fase tratando de no dejar a la suerte el logro a alcanzar.

-Hacer: Se refiere al desarrollo de las acciones previamente planeadas. Incluye el organizar, dirigir, asignar recursos y supervisar la ejecución. Durante esta fase se deben recopilar los datos necesarios para el control establecido.

³ Uno de los padres de la filosofía de calidad, William Edwards Deming (1900-1993) fue un estadístico estadounidense, profesor universitario, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total cuya aplicación permitió el desarrollo y crecimiento de Japón después de la Segunda Guerra Mundial.

-Verificar: Los datos recopilados se analizan para determinar si se cumplen las especificaciones establecidas y si se alcanzan los objetivos señalados. Como proceso de mejora, siempre se debe verificar que los resultados obtenidos son mejores a la condición previa, es decir evaluar la eficacia de las acciones tomadas.

-Actuar: Esta fase se refiere a la toma de decisiones y acciones tendientes a ajustar los resultados obtenidos a los deseados, puede implicar el inicio de un nuevo ciclo de mejora, el abandono del proyecto previsto o bien su incorporación como práctica generalizada.

Por otra parte, los principios que rigen la mejora continua son:

- Se requiere mejorar los procesos
- Es una actividad continua para lograr una eficiencia y eficacia superiores en el proceso
- Debe estar dirigido a la búsqueda constante de oportunidades para lograr el mejoramiento y no a esperar por un problema para descubrir las oportunidades
- Las acciones preventivas y correctivas mejoran los procesos de una organización y son actividades críticas para el mejoramiento

Las empresas deben poseer diferentes elementos que disparen este ciclo y para la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 (requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración), esta condición es inclusive la generadora de un requisito específico (el 4.10), que narra:

“El laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de su sistema de gestión mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.”

Así, hoy en día existe una obligación inherente a la mejora, no sobrevivirán ni los productos ni las empresas que no mejoren continuamente, pues otros sí lo harán y el desarrollo les hará obsoletos.

2. Trabajo no conforme

Una de las fuentes clásicas para el disparo de la mejora es la detección y el análisis serio y objetivo de los trabajos no conformes. Por definición estos son trabajos en los que se da un incumplimiento de los requisitos del cliente o los requisitos internos, es decir los establecidos por la organización a través de sus procedimientos.

En este campo, si un proceso genera un producto, ensayo o calibración que viole los requisitos de tolerancia del método establecido o las especificaciones del producto se tendría un trabajo no conforme; pero la mayor fuente de opciones la da el incumplimiento de requisitos internos.

Por ejemplo, si se aplica incorrectamente un proceso, si no se efectúa un método tal y como está definido en la organización, si las condiciones ambientales salieron de control durante una prueba, si los insumos usados para la prueba no son los adecuados o perdieron su vigencia, si un equipo empleado traspasó el periodo de calibración o si los resultados de un certificado de calibración muestran que un equipo está fuera del error máximo permisible, se está ante condiciones que generan trabajos no conformes que muchas veces no son documentados en los laboratorios.

Existe entre los laboratorios la errónea creencia que lo bueno es no tener trabajos no conformes, pero cuando se encuentran entidades sin este tipo de registros lo que se cuestiona es sino será que el laboratorio no cuenta con la destreza de observar lo que está haciendo y pierde oportunidades de oro para la mejora.

No es malo detectar y tratar los trabajos no conformes, en cambio si lo es no hacerlo, implica no tener la capacidad de identificarlos o no tener la preocupación por trabajar con calidad.

La norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 solicita sobre este tema⁴:

-Una política y un procedimiento para el tratamiento de los trabajos no conformes.

⁴ En su apartado 4.9

-Que se defina quién tiene la autoridad para tomar las decisiones necesarias y la reanudación de trabajos.

-Que se evalúe la importancia, se hagan las correcciones pertinentes y se decida sobre la aceptación del trabajo.

-Que se avise al cliente cuando es necesario e inclusive que se anule el trabajo cuando se requiera.

-Que se abran acciones correctivas cuando el análisis del trabajo no conforme determine que el caso podría volver a ocurrir o cuando se tenga dudas sobre el cumplimiento de las políticas propias.

Así los registros de trabajos no conformes deben permitir la trazabilidad de estos elementos, deben contener un campo claro donde se consignen las decisiones sobre importancia, reanudación, anulación, comunicación al cliente y apertura de acción correctiva.

La gestión del trabajo no conforme implica el análisis del evento y si no es solo de mera corrección se siguen los pasos de una acción correctiva.

3. No conformidad

Las no conformidades son declaraciones de incumplimiento de requisitos de norma o de procedimientos, detectadas a través de un proceso de auditoría interna o de una evaluación de entidades que declaran reconocimiento, en nuestro país el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

Tales declaraciones deben ser tratadas por el laboratorio como oportunidades de mejora y deberán ser analizadas bajo el proceso de acciones correctivas que posea la entidad.

Las no conformidades detectadas por un equipo de evaluadores del ECA durante una intervención, serán clasificadas como mayores o menores. Los criterios vigentes determinan que una no conformidad será mayor si pone en riesgo los resultados de los ensayos o calibraciones, siendo menor en caso contrario. La declaración de no conformidades, así como de oportunidades de mejora, son parte del informe final de la evaluación, que es entregado al laboratorio al finalizar la reunión de cierre.

Las no conformidades de una evaluación o de una auditoria interna deben ser atendidas y en caso de que “pongan en duda la eficacia de las operaciones o la exactitud o validez de los resultados de los ensayos o de las calibraciones del laboratorio, éste debe tomar las acciones correctivas oportunas...”⁵.

Por el contrario, cuando un proceso de evaluación o auditoria encuentra que todo está ejecutado según el patrón de referencia, se está ante la conformidad del sistema de gestión en uso.

4. Acciones correctivas

Según la norma INTE-ISDO/IEC 17025:2005, las acciones correctivas se generan “cuando se haya identificado un trabajo no conforme o desvíos de las políticas y procedimientos del sistema de gestión o de las operaciones técnicas”⁶, así como “cuando los hallazgos de las auditorias pongan en duda la eficacia de las operaciones o la exactitud o validez de los resultados de los ensayos o de las calibraciones del laboratorio”⁷.

Así, las acciones correctivas son reactivas, el problema o evento ya se dio y hay una consecuencia negativa al respecto.

La norma pide sobre las acciones correctivas:

- Que haya política y procedimiento para su implementación.
- Que se dé una investigación para detectar las causas raíz del problema.
- Que se detecten las acciones posibles y se seleccione las de mayor posibilidad de eliminación de las causas.
- Que se implementen las acciones y que se documente los cambios resultantes.

⁵ Apartado 4.14.2 de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

⁶ En apartado 4.11.1 de la norma citada.

⁷ En apartado 4.14.2 de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

-Que se dé seguimiento a los planes de acción y se evalúe la eficacia de las acciones y que los aspectos detectados sean sometidos a nuevas auditorías tan pronto como sea posible.

El mecanismo solicitado por la norma no debe ser un ejercicio simplista pues esto no garantizará la mejora real. Uno de los problemas más usuales en este campo es un deficiente análisis de causas que lleva al traste el proceso de mejora, pues las baterías e inversiones no se dirigen a la fuente del problema y con ello las probabilidades de que los defectos se repitan son muy altas.

5. Acciones preventivas

Por su parte, las acciones preventivas se aplican para “identificar mejoras necesarias y potenciales fuentes de no conformidad”⁸. No hay en estos casos un incumplimiento o defecto detectado, se busca anticipar que ellos ocurran.

Para este mecanismo, la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 solicita:

- Que se identifiquen los casos.
- Que se implementen las acciones de mejora correspondientes y se dé el seguimiento a esos planes de acción.
- Que se apliquen controles para asegurar que sean eficaces.

Suele ocurrir que los laboratorios ejecuten mejoras en sus sistemas y procesos y no lo documenten como acciones preventivas, siendo así que pierden la oportunidad de demostrar su real preocupación por la mejora.

Cuando un laboratorio no posee acciones preventivas está manifestando que no posee ninguna visión anticipativa que solo ejecuta la reacción al problema detectado y con ello nunca podrá ascender en la espiral de la mejora. Los buenos procesos de gestión generan acciones preventivas.

⁸ Según apartado 4.12.1 de la norma.

6. Tratamiento

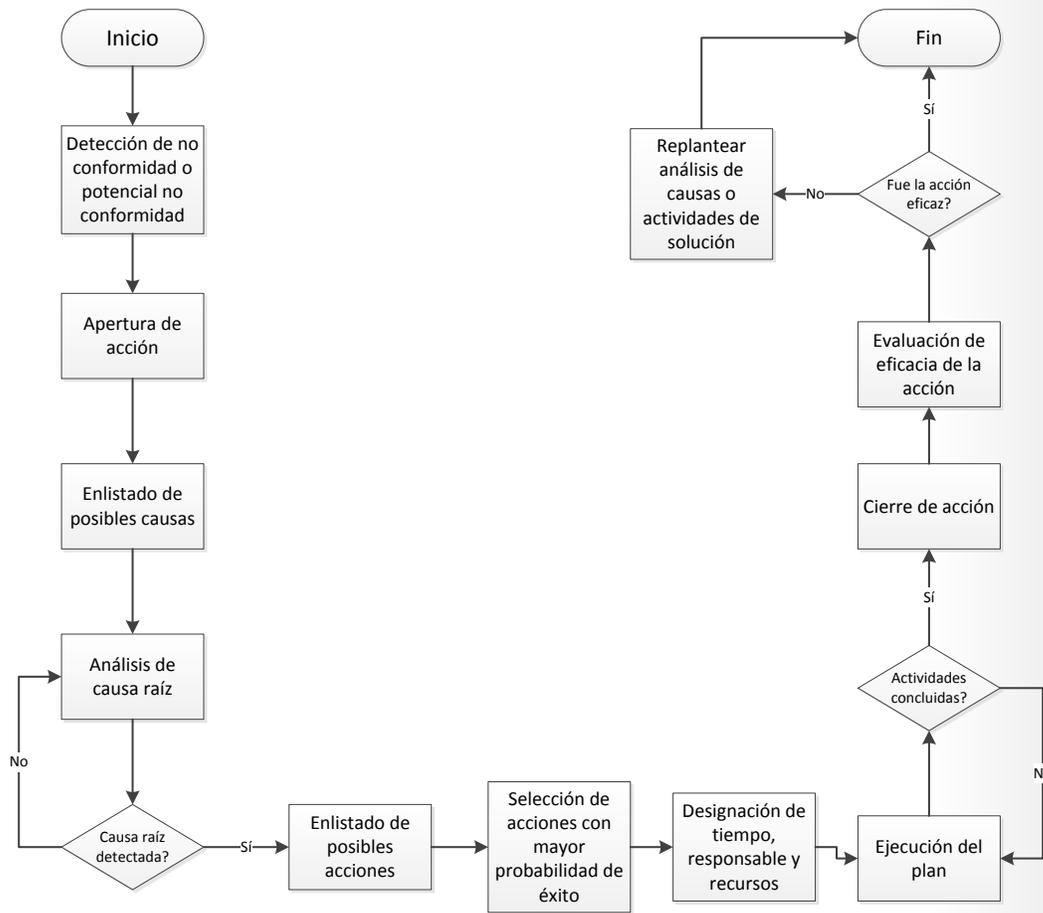
El proceso básico de tratamiento de estas oportunidades de mejora se inicia con la identificación de las causas buscando en todo el espectro posible lo que puede estar generando o incidiendo en la presencia de la no conformidad o potencial no conformidad detectada, luego se requiere de un proceso de análisis que delimite la o las causas raíz debido a que no es eficiente atacar todas las posibles opciones sino concentrarse en eliminar o restringir aquello que provoca la mayor cantidad de distorsiones.

Posteriormente, se deberá diseñar un plan de acciones que lleve a la eliminación de la causa raíz, en este plan se pueden incluir actividades para la corrección de evidencias pero lo principal es garantizar que las no conformidades no se presenten.

Este plan debe definir para cada actividad las fechas previstas de inicio y fin y designar el responsable de su ejecución. Durante el proceso de ejecución, se deberá dar un seguimiento oportuno a las acciones para monitorear el avance de la mejora.

Concluida las actividades se puede dar por cerrada la acción correctiva o preventiva correspondiente y programar la valoración de la eficacia de la acción, que consiste en una revisión de que las acciones tomadas hayan dado el resultado esperado, es decir que no se reincidido en el problema por la causa supuestamente eliminada.

Gráficamente, el proceso se muestra en el siguiente esquema:

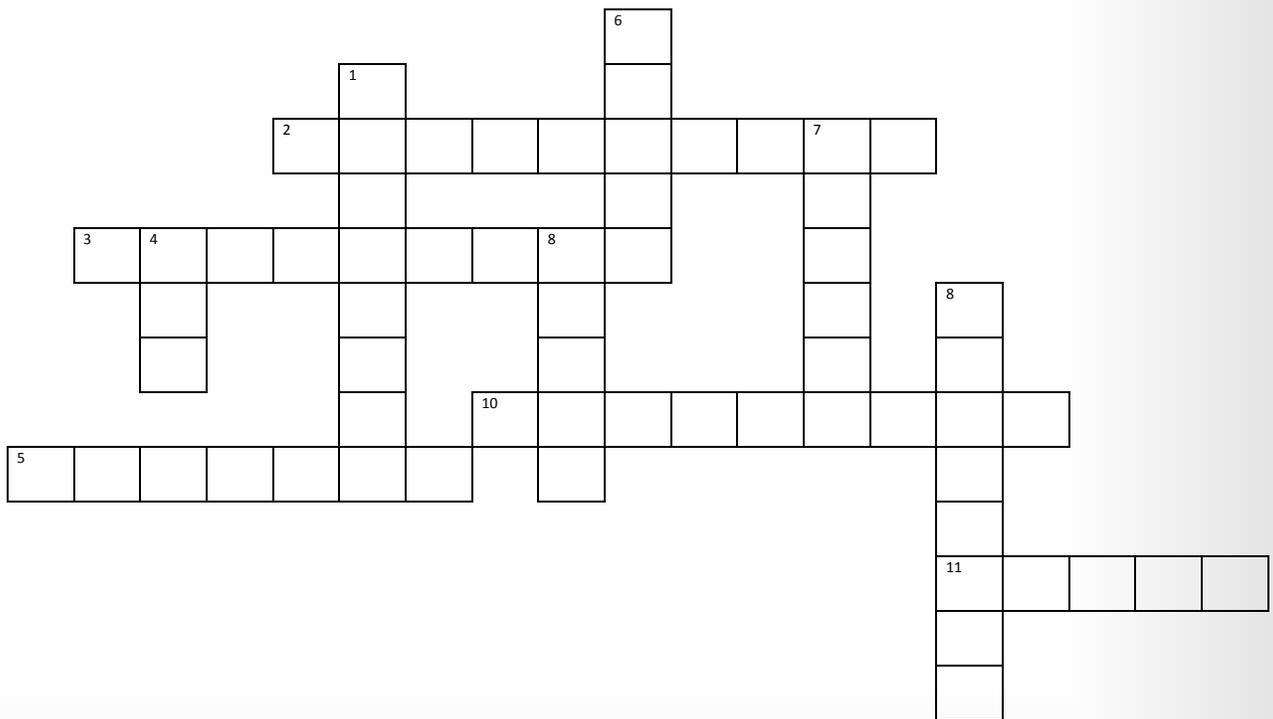


Esta temática es tan importante en el proceso de mejora continua de los laboratorios, que el Ente Costarricense de Acreditación someterá a evaluación el tema en cada una de sus intervenciones anuales.

7. Ejercicios

- a) Desarrolle el siguiente crucigrama colocando en la posición correcta el término al que se refiere el contenido del numeral, según los contenidos siguientes:

- 1) Condición de cumplimiento contra el patrón de referencia utilizado en una auditoría.
- 2) Acción que se plantea para eliminar la causa raíz de una deficiencia.
- 3) Acción de determinar si se cumplen las especificaciones establecidas.
- 4) Siglas de la organización que acredita en Costa Rica.
- 5) Preparar o disponer con antelación los medios necesarios para disminuir los efectos negativos de una posible acción.
- 6) Acción del ciclo de mejora referido al desarrollo de las actividades previamente planeadas.
- 7) Examinar con cuidado una cosa para determinar sus ventajas y cualidades.
- 8) Tomar decisiones y acciones tendientes a ajustar los resultados obtenidos a los deseados.
- 9) Condición de lograr los objetivos.
- 10) Proceso de evaluación donde se confronta la realidad contra un parámetro o norma establecida.
- 11) Origen de una cosa o suceso



5

HERRAMIENTAS GRUPALES DE

IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

1. Generalidades

Como se ha mencionado, la detección incorrecta o simplista de las causas de un trabajo no conforme o una no conformidad, conlleva a la inversión inadecuada de recursos y a una alta posibilidad de que los problemas subsistan y se reiteren.

No es aconsejable que los análisis de causas se efectúen en forma individual, siendo lo ideal conformar equipos de análisis, de preferencia interdisciplinarios, que permitan un abordaje integral y con mayor probabilidad de éxito.

Tales grupos deben aplicar técnicas específicas para llegar a resultados positivos. En este capítulo se describen las herramientas más comunes de aplicación grupal para el análisis de causas y en los siguientes las técnicas conocidas bajo el nombre de administrativas y estadísticas, para apalancar los procesos ulteriores que desarrollen los participantes.

2. Lluvia de ideas

Esta técnica es de uso muy común. También se le conoce bajo el nombre de tormenta de ideas por su traducción del inglés (brainstorming). Fue concebida por Alex Faickney Osborn⁹ en el año 1938 y es típica en los textos en este campo.

⁹ Alex Faickney Osborn (1888 - 1966) fue un ejecutivo de ventas y teórico de la creatividad.
PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

La técnica requiere la determinación de un conductor o coordinador y de un equipo de personas participantes. Las personas convocadas deben ser conocedoras del tema a tratar, para garantizar la correspondencia de las ideas.

El conductor expone el tema a tratar y solicita a los miembros del grupo que mencionen todas las ideas que vengan a su mente relacionadas al tema¹⁰. Los participantes empiezan a brindar sus consideraciones y el conductor procede a anotarlos en un dispositivo que todos puedan observar (como una pizarra).

Existen reglas básicas para la técnica que deben ser aplicadas. A saber:

- El conductor da la palabra y anota las ideas (no participa en la generación de ideas).
- Toda idea se anota, no se permite que ningún participante critique o juzgue una idea generada.
- Las ideas se expresan en forma clara y resumida, ningún participante debe explicar o hacer discurso de su propuesta.
- Se determina un tiempo máximo para la generación de ideas.

Transcurrido el tiempo máximo o agotada la efervescencia de participación del grupo, el conductor cierra el evento y da lectura a la lista global de ideas concluyendo el ejercicio.

Como se observa, el objetivo básico aquí es tener una lista lo más extensa posible, serán otras las técnicas a aplicar para reducirla a los pocos vitales. La aplicación espera generar nuevas ideas de las que se van citando y así despertar la creatividad en los participantes. La táctica es lograr gran cantidad sin pretensión de calidad, posteriormente se aplicarán otras herramientas para validar cualitativamente lo generado.

¹⁰ Este puede ser opciones de mejora de un producto, opciones para un paseo o las causas de un problema.

Una variación de la técnica, en vías de garantizar la participación homogénea del grupo, es que cada participante de una idea por vez, dándole la palabra a cada miembro del grupo con este fin. Concluida la primera ronda se inicia la siguiente al dar la palabra al primer miembro del grupo.

3. Grupo nominal

La Técnica de Grupo Nominal fue desarrollada por Delbecq¹¹ y Van de Ven¹² en 1971, para facilitar la generación de ideas y el análisis de problemas, bajo un modelo estructurado, permitiendo que al final de la reunión se alcance un buen número de conclusiones sobre las cuestiones planteadas.

Los objetivos centrales de esta técnica son:

- Asegurar diferentes procesos en la aplicación de cada fase de la técnica.
- Equilibrar la participación entre las personas participantes.
- Incorporar técnicas matemáticas de votación en el proceso de decisión del grupo

Es útil cuando: el tema a tratar sea controversial, se requiera dar igualdad de participación a los convocados, en el grupo hay personas tímidas o ya se haya encontrado una causa pero el equipo no tiene clara las acciones de mejora a efectuar.

Así, esta técnica es similar en objetivo y forma que la anterior, salvo que las ideas no se generan en forma verbal sino por escrito. No es de aplicación espontánea pues requiere preparación previa. De igual manera se requiere de un conductor, quien en primera instancia va a plantear en forma de pregunta, por escrito y de manera visible para el grupo el tema a abordar.

¹¹ André L. Delbecq es profesor en la Leavey School of Business de la Universidad de Santa Clara (California).

¹² Andrew H. Van de Ven (nació en 1945) es un estudioso norteamericano de la organización, y es profesor de Innovación Organizacional y Cambio en la Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota.

Los participantes escriben sus ideas en tarjetas, a razón de una idea por tarjeta, durante un tiempo limitado que ha sido declarado previamente por el conductor. Al finalizar el conductor recoge las tarjetas y las lee. Cada idea se escribe en una pizarra u otro dispositivo.

Se da oportunidad a los participantes de explicar las ideas aportadas y de solicitar aclaraciones sobre aquellas expresadas por otros miembros del grupo. Terminada esta fase se desarrolla una votación individual, usualmente asignando un número de 1 a 10.

Se procede a la suma de las puntuaciones otorgadas a cada idea. La que posee una puntuación mayor será la considerada como más importante por el grupo y por tanto la de mayor prioridad.

Las siguientes posiciones de ideas a atender corresponden a la posición de los puntajes totales en forma descendente.

Por el método que utiliza genera un compromiso de cada participante con la elección del grupo, así como una mayor satisfacción sobre la participación activa.

Ejemplo:

Asúmase que se ha generado la siguiente lista de posibles causas sobre el hecho de que las acciones correctivas no están siendo efectivas. El listado fue generado por un grupo de cuatro funcionarios del laboratorio Amigos.

- Falta de capacitación
- Falta de tiempo para atender este tema
- Incapacidad para implementar las ideas generadas
- Falta de recurso económico
- Falta de interés en el personal responsable

Las valoraciones de importancia percibidos por los participantes fueron:

- Falta de capacitación: 5,7,6,8
- Falta de tiempo para atender este tema: 7,8,7,9
- Incapacidad para implementar las ideas generadas: 8,7,5,6
- Falta de recurso económico: 5,4,6,5

-Falta de interés en el personal responsable: 8,9,8,7

Se procede a sumar las puntuaciones individuales obteniéndose:

- Falta de capacitación: 25
- Falta de tiempo para atender este tema: 31
- Incapacidad para implementar las ideas generadas: 26
- Falta de recurso económico: 20
- Falta de interés en el personal responsable: 32

El ordenamiento en forma descendente del puntaje establece la prioridad de la acción, quedando así:

- Falta de interés en el personal responsable: 32
- Falta de tiempo para atender este tema: 31
- Incapacidad para implementar las ideas generadas: 26
- Falta de capacitación: 25
- Falta de recurso económico: 20

4. Campo de fuerzas

Esta técnica se utiliza para impulsar el cambio pues procura determinar las fuerzas que lo impulsan y las que lo restringen, a través de lluvias de ideas con un grupo adecuado de personas. Luego las listas de fuerzas generadas se priorizan porque para lograr el cambio se debe modificar el equilibrio existente entre estos dos tipos de fuerzas.

Fue creada por Kurt Lewin¹³ y se basa en el mundo de la física, dado que un cuerpo está en una situación de equilibrio porque existe un conjunto de fuerzas o vectores que en una y en otra dirección presionan sobre él. De igual manera los problemas se encuentran en una situación determinada porque existen un conjunto de fuerzas que actúan en una dirección (a favor) y otra (en contra). La técnica consiste en descubrir y cuantificar esas fuerzas en un

¹³ Kurt Lewin (1890-1947) fue un psicólogo alemán nacionalizado estadounidense. Se interesó en la investigación de la psicología de los grupos y las relaciones interpersonales.

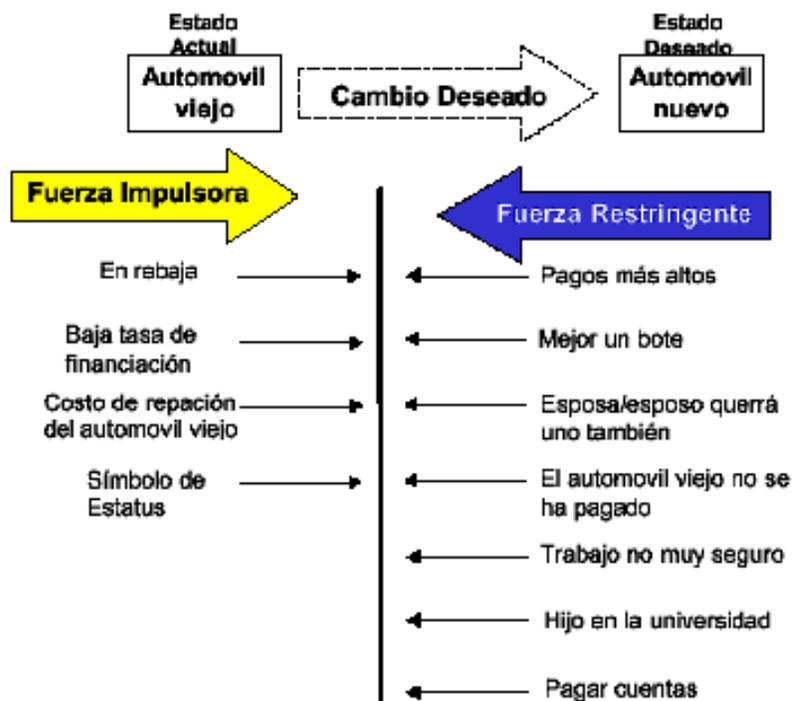
sentido y en otro. A partir de esta descripción y cuantificación se tendrán elementos de juicio para cambiar la situación.

Los pasos a seguir en la aplicación son:

- Definir el cambio deseado
- Solicitar a los participantes que expresen sus ideas sobre las fuerzas impulsoras.
- Solicitar a los participantes que expresen sus ideas sobre las fuerzas restringentes.
- Clasificar en orden de prioridad las fuerzas impulsoras.
- Clasificar en orden de prioridad las fuerzas restringentes.

Ejemplo:

El siguiente diagrama muestra el resultado de aplicar la técnica de campo de fuerzas en la situación de lograr cambio el vehículo automotor en uso.



Fuente: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/inpulso.htm

5. Ejercicios

- a) Si el resultado de una actividad de grupo nominal donde participaron los técnicos de laboratorio se registra en la siguiente tabla. Establezca la prioridad de atención de los problemas del laboratorio.

Problema\Puntaje	Juan	Carmen	Pablo	Lucía
Falta de atención del personal en el llenado	8	6	7	5
Análisis de causas poco profundas	5	4	6	6
Falta de compromiso de la alta dirección	4	7	8	8
Falta de adecuados controles de calidad	7	8	7	5
Validación de métodos insuficiente	2	5	4	7

- b) En la siguiente sopa de letras, encuentre las palabras de: nominal, fuerzas, impulsora, lluvia, restringen, conductor, grupo, tarjeta, participar y cantidad.

A	G	R	U	P	E	S	T	A	R	J	E	T	A
L	A	N	I	M	O	N	O	R	P	I	D	E	S
L	U	P	E	A	S	L	C	O	N	D	U	C	R
U	P	C	A	R	O	L	A	S	I	E	G	A	E
B	S	A	Z	R	E	U	F	L	M	A	R	D	S
I	A	R	T	E	T	V	U	U	I	G	A	A	T
A	N	I	M	I	T	I	L	P	T	R	N	S	R
D	A	D	I	T	N	A	C	M	A	U	D	L	I
E	R	E	T	R	I	N	G	I	N	P	E	U	N
G	R	A	N	E	T	I	E	M	P	O	M	P	G
U	A	S	E	M	I	T	E	G	R	A	T	M	E
L	E	Z	C	O	N	D	U	C	T	O	R	I	N

6

HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS DE CAUSAS

1. Generalidades

Las denominadas herramientas básicas para la mejora, también conocidas como herramientas básicas para el control de calidad, son un conjunto de técnicas propuestas por Kaoru Ishikawa¹⁴ desde 1976 para apalancar las acciones de los ciclos de calidad japoneses. Se consideraba entonces que era indispensable contar con procesos claros y objetivos que permitieran el análisis y solución de problemas en procesos de mejora continua.

Son usadas así para:

- Detectar problemas
- Delimitar el área problemática
- Estimar factores que probablemente provoquen el problema
- Determinar si el efecto tomado como problema es verdadero o no
- Prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido
- Confirmar los efectos de mejora
- Detectar desfases

El cuadro siguiente plasma una idea de cuando utilizar las herramientas básicas según el aspecto que se está tratando:

¹⁴ Kaoru Ishikawa (1915-1989), fue un químico industrial japonés, administrador de empresas y experto en el control de calidad.

N°	Herramientas		3. Diagramas		5. Hojas de registro	6. Histograma	7. Diagramas de dispersión
			4. Diagramas	Gráfico de control			
	Procedimiento para resolver un problema		1. Diagrama de Pareto	2. Diagramas de causa y efecto			
1	Seleccionar el tema		⊗	○	○	○	
2	Estimar la situación		⊗	○	⊗	○	
	Determinar los objetivos		○		⊗	○	
3	Realizar el plan de actividades			⊗			
4	Analizar los factores	Investigar las relaciones entre los factores y las características		⊗			○
		Investigar los datos previos y la relación del pasado			⊗	⊗	⊗
		Investigar los movimientos por tiempo			○	⊗	
		Investigar las relaciones entre una y otra variable			○		
5	Considerar las medidas actuales y ejecutar las mediciones			⊗	○		
6	Verificar los resultados		⊗		○	⊗	
7	Normalizar y controlar el procedimiento de trabajo				○	⊗	○

⊗ Más efectivo
 ○ Efectivo

24

2. Hojas de inspección

También conocida como “hoja de verificación”, “hoja de control”, “hoja de comprobación”, “hoja de chequeo” u “hoja de recogida de datos”, es en sí un registro que sirve para reunir y clasificar las informaciones según determinadas categorías. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las categorías que los caracterizan, se registran estas en una hoja, recopilando cada vez que el fenómeno ocurre. La recopilación es manual. Pueden emplearse para registrar productos defectuosos, causa de defectos, chequeo de actividades, etc.

Ejemplo:

Se utiliza esta hoja de inspección para recoger la cantidad de defectos durante un día de producción.

DEFECTO	DIA				TOTAL
	1	2	3	4	
Tamaño erróneo	I		III	II	26
Forma errónea	I				9
Depto. Equivocado		I	I	I	8
Peso erróneo	I	III	III		37
Mal Acabado			I	I	7
TOTAL	25	20	21	21	87

Fuente: http://es.slideshare.net/Flaco_UTT/hoja-de-verificacin-12565652

3. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo o fluxograma es una herramienta utilizada para plasmar la secuencia de actividades de un proceso, utilizando para ello una simbología predeterminada. De hecho existen dos corrientes sobre esta simbología que nacen en normas específicas para su confección de diferentes entidades de normalización, tal y como puede observarse en los cuadros siguientes:

SIMBOLOS SEGÚN ISO Y ASME

SIMBOLO	REPRESENTA
	Operaciones. Fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección y medición. Representa el hecho de verificar la naturaleza, calidad y cantidad de los insumos y producto.
	Operación e inspección. Indica la verificación o supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento de sus componentes.
	Transportación. Indica el movimiento de personas, material o equipo.
	Demora. Indica retraso en el desarrollo del proceso, método o procedimiento.
	Decisión. Representa el hecho de efectuar una selección o decidir una alternativa específica de acción.
	Entrada de bienes. Productos o material que ingresan al proceso.
	Almacenamiento. Depósito y/o resguardo de información o productos.

SIMBOLOS SEGÚN ANSI

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Actividad
	Decisión
	Transporte
	Documento impreso
	Inicio / Fin
	Conector
	Almacenamiento / Archivo
	Demora / Espera
	Inspección / Control
	Entrada / Salida
	Sentido de flujo
	Transmisión electrónica de datos

El análisis de un fluxograma, permite la detección de puntos de demora en un proceso, reiteraciones, actividades sin valor agregado, almacenamiento inadecuado de materiales o productos terminados. Este análisis puede terminar entonces en una redefinición del proceso.

Ejemplo:

Elaboremos el fluxograma del proceso desde levantarse hasta llegar al trabajo, utilizando la nomenclatura de ANSI. En primera instancia la persona escucha la alarma de un despertador y decide si se levanta o espera a la siguiente alarma. Normalmente cuando se levanta va a preparar el desayuno, ingiere los alimentos y luego se baña. Sin embargo, si el tiempo es poco pasa directamente al baño y no desayuna en su casa.

Antes de bañarse, prepara la ropa y luego del baño se viste, se lava los dientes recoge su mochila y sale a tomar bus. Si el bus tarda puede ocurrir que decida irse en taxi para no llegar tarde. Al llegar a su sitio de trabajo, marca la entrada e inicia sus labores.

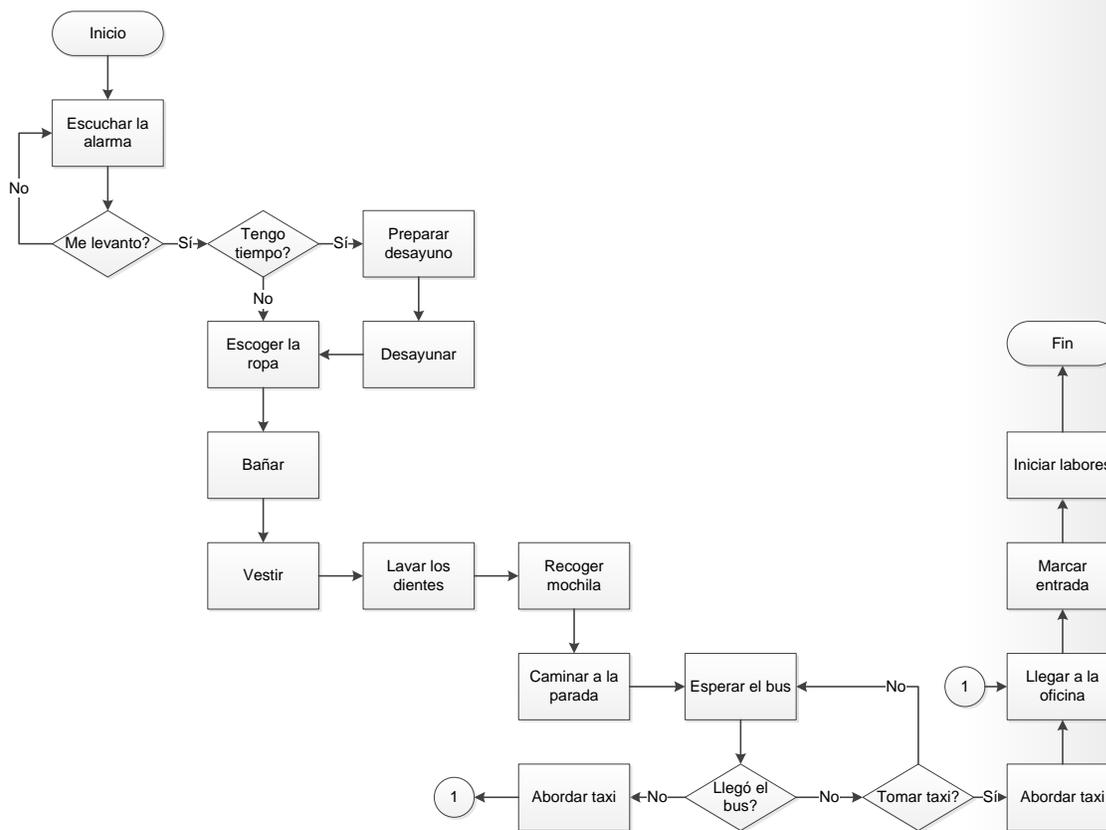
Para hacer la diagramación, lo primero a hacer es colocar un óvalo de inicio con la palabra inicio en él, luego se coloca un rectángulo por ser la activación de la alarma una operación, seguida de un rombo sobre la decisión de levantarse. Dentro de los símbolos se resume la actividad o decisión a tomar y se van uniendo por flechas, cuya cabeza indica la dirección del proceso. Las flechas salen y llegan a los centros de alguno de los costados de la figura.



Las decisiones tienen dos o más salidas según la pregunta que se efectúe y sobre cada una de las flechas de salida se debe colocar las opciones de respuesta, tal y como se muestra a continuación:



Hay software especializados que ayudan en el trazo de estos diagramas como es el caso del Visio (de Microsoft Office). El siguiente es el diagrama completo usando esa aplicación.

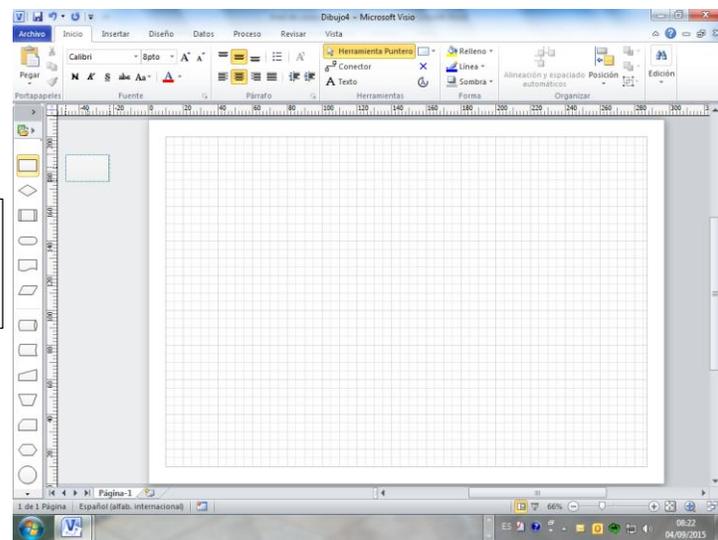
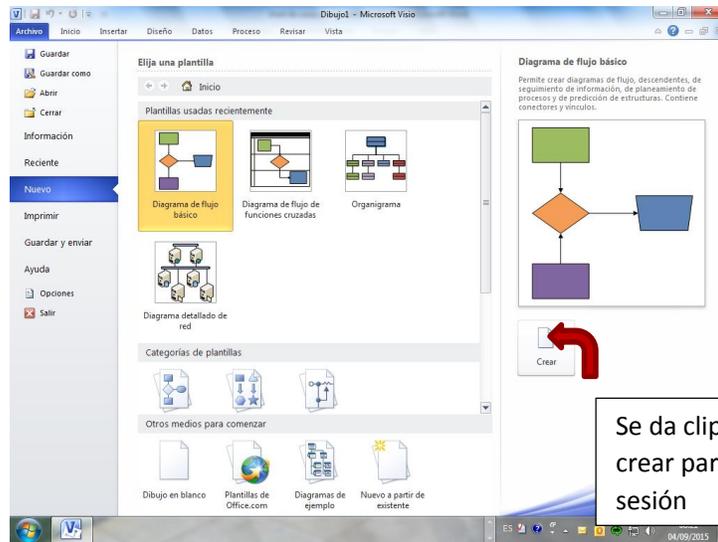


Obsérvese en este diagrama el uso de los conectores que permiten pasar de página o bien interrelacionar flujos como fueron usados aquí. Los conectores se numeran en forma consecutiva. El conector nos lleva a donde aparezca otro conector con el mismo número para continuar el flujo.

Si se usa Visio¹⁵, se crea un archivo con la plantilla de fluxograma, seleccionando esa opción en la apertura. La aplicación va a abrir una hoja cuadrículada que facilita el ordenamiento del gráfico, a la margen izquierda se

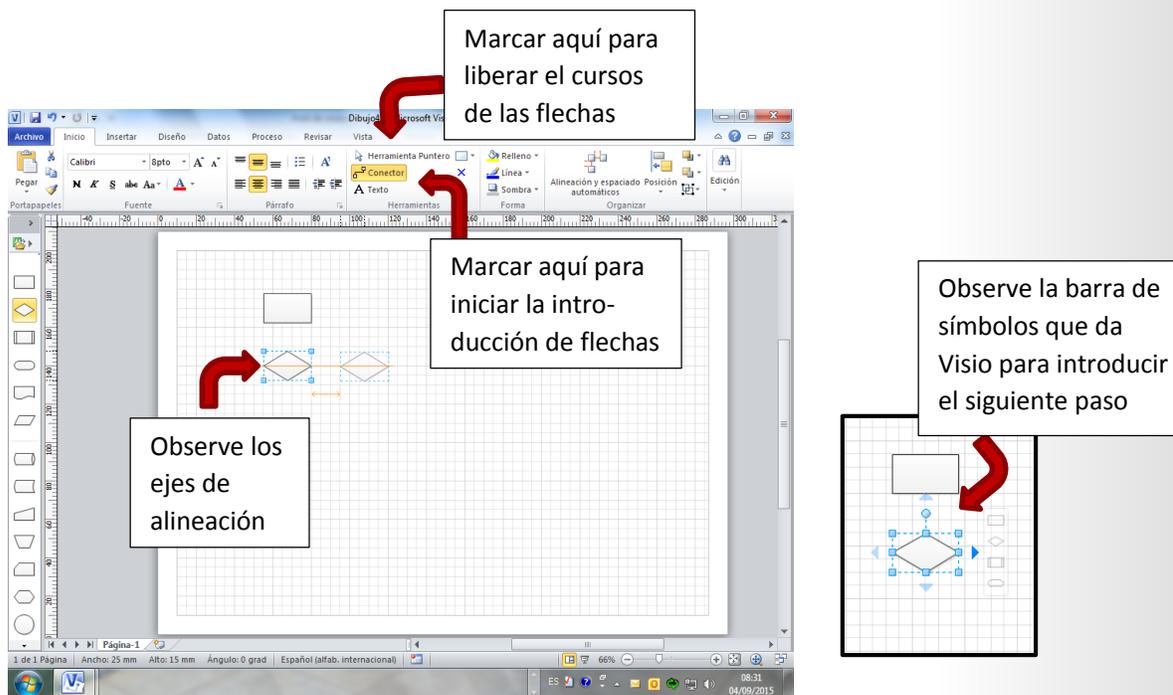
¹⁵ Aplicación de Microsoft para diagramación básica.

tendrán los signos a utilizar y con solo picar sobre ellos se deslizan hasta donde se desean colocar y se suelta el clip.



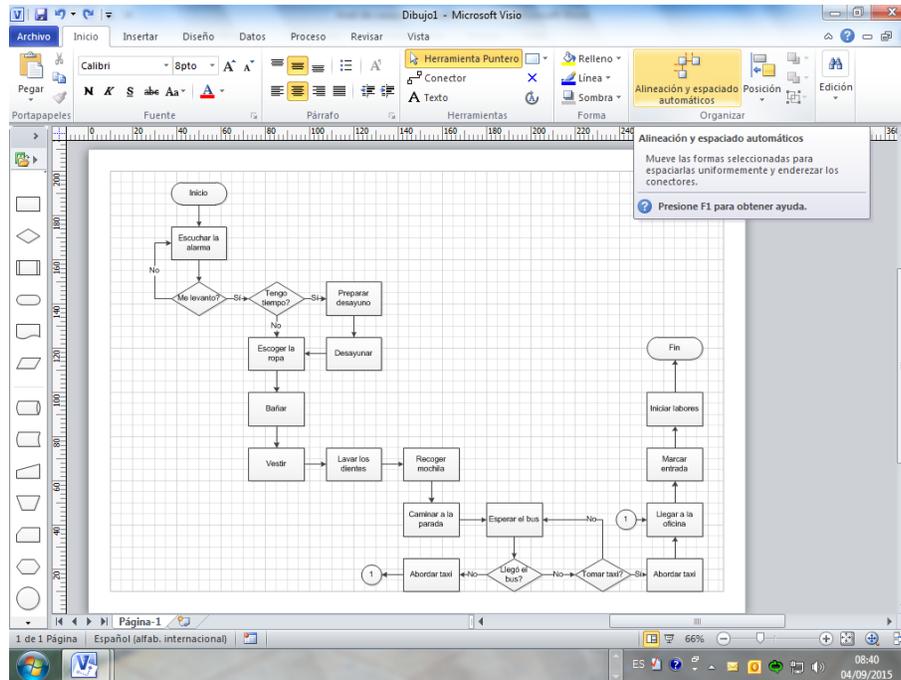
Al ir introduciendo las figuras, Visio marca los ejes entre una y otra ayudando en el alineamiento. Además si se toca uno de los triángulos celestes a cada lado de las figuras, se despliega una barra con los signos básicos de tal manera que se toca el deseado y la figura y la flecha de relación se introducen automáticamente del lado de la figura que se esta tocando. Dando doble clip

sobre la figura se introduce el texto deseado. Para introducir las flechas se toca el ítem “conector”, que se encuentra dentro de las opciones de la viñeta “inicio” y se va entre las primeras figuras. El programa irá introduciendo en automático las flechas conforme se incorporen las nuevas actividades. Siendo también viable la eliminación de ellas o su modificación o inclusión en forma adicional (tocando de un origen a un destino). Para liberar el cursor de la generación de flechas toque la opción “herramienta puntero” en la viñeta de “inicio”.



Si se da doble clic sobre una flecha también se abre la opción de colocarle texto. Si se desea se puede cambiar el formato de la flecha predeterminado. Se puede mover una figura dentro de la lámina, dando clic sobre ella y arrastrándola hasta la nueva posición deseada y al hacerlo las flechas asociadas a ella se reubicarán en forma automática.

Adicionalmente, Visio cuenta con una opción de ordenamiento automático, que se encuentra en la viñeta de “inicio”.



Esta aplicación permite la coloración de los pasos, la incorporación de fondos y títulos, opciones que se abren en la viñeta de “diseño” y en la de “proceso” existe la opción de revisar el flujo efectuado.

4. Diagrama causa-efecto

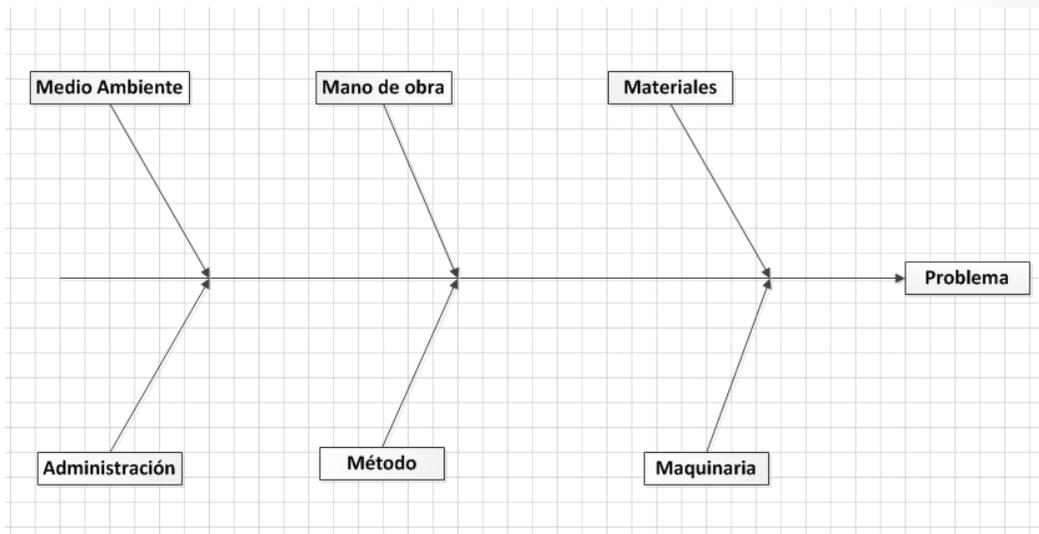
Este diagrama se utiliza para buscar las causas de un problema o defecto. Fue creado por Ishikawa en 1946 y se le conoce también bajo los nombres de “diagrama de Ishikawa”, “diagrama causal” o “diagrama de pescado” (por su forma).

Para su elaboración se coloca un rectángulo al margen derecho de una hoja, centrado en relación a la vertical y en él se anota con pocas palabras el problema a atacar. Se traza una línea vertical del centro del cuadro hasta el margen izquierdo de la hoja. Se colocan cuatro o seis líneas oblicuas desde el eje principal, unas debajo de la línea y las otras sobre la línea, ajustando la dirección según corresponda.

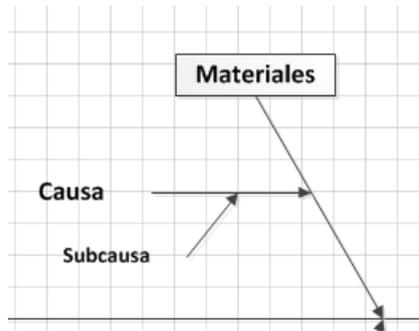
Se debe tomar la decisión previa de si se trabajará con cuatro o seis “M” o ejes de causas, según se siga una u otra corriente de los teóricos. Los ejes mínimos son: Materiales (o Insumos), Mano de Obra (o Personal), Maquinaria (o Equipo) y Método. En algunos casos se coloca Medición como una rama sustitutiva de Método.

Estos ejes pueden complementarse con dos ejes más que tratan los temas de Medio Ambiente (o Entorno) y Administración (Management en inglés). La selección de las agrupaciones depende del tipo de situación bajo análisis. Se colocan rectángulos al extremo de cada línea oblicua y se coloca el nombre de los macro grupos seleccionados.

Hasta este momento el trazo básico efectuado sería así:



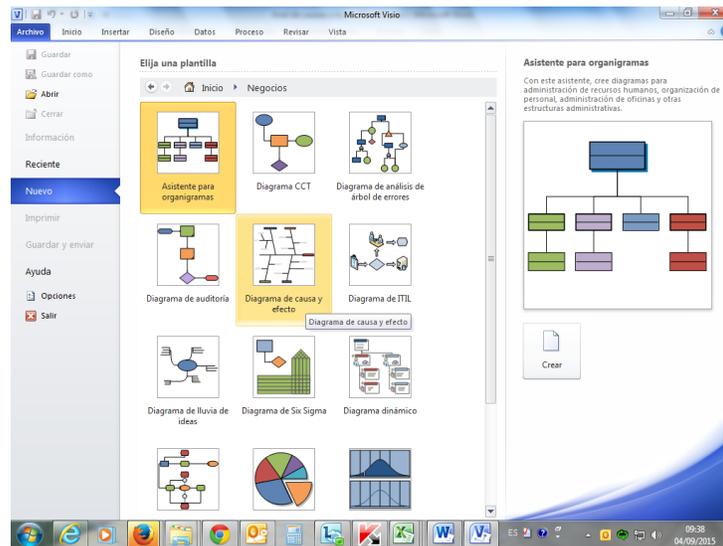
Se inicia una lluvia de ideas sobre las causas probables del problema y se van introduciendo al gráfico con flechas que llegan a la oblicua correspondiente, es decir se van clasificando en función de los macro grupos. Se debe introducir las flechas a ambos lados de la oblicua correspondiente. Una subcausa de una causa introducida se incorpora al gráfico con una línea oblicua que llega a la causa asociada. Esta interacción puede ampliarse hasta el nivel requerido.

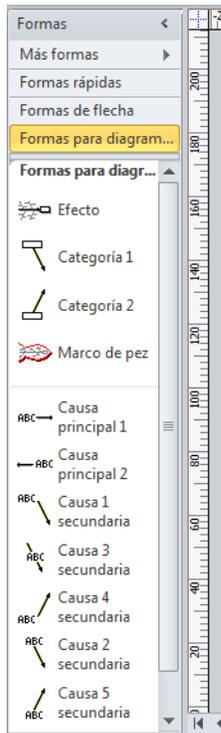


Ejemplo:

Analicemos las causas de un problema común en sistemas de calidad como es la existencia de errores en el llenado de registro.

Visio también tiene una opción para trazar diagramas de causa-efecto que facilitan mucho el desarrollo gráfico, para ello se ingresa a Visio y se marca la opción de plantillas de negocios, marcando la subopción de este diagrama.





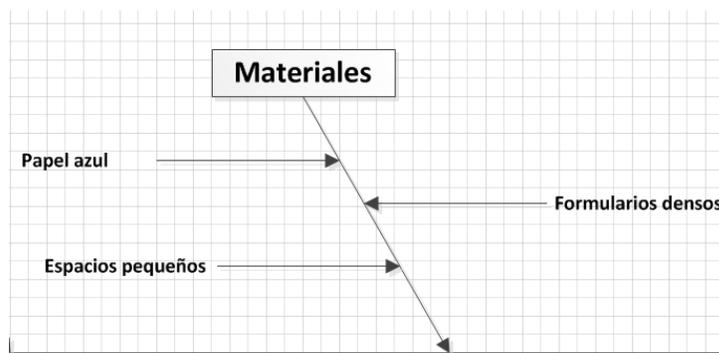
El marco generado con esta opción posee cuatro brazos o espinas básicas. Se visualizará en el margen izquierdo las formas para ir introduciendo en la cuadrícula, siguiendo el modelo de arrastre para los diferentes componentes. Se tiene la alternativa de “efecto” que genera la cabeza del pez y la línea central, luego se puede introducir nuevas categorías y para los componentes básicos, causas y subcausas se introducen de igual manera.

Las flechas introducidas pueden ser reubicadas así como cambiarle la dirección a la flecha según la necesidad. De igual forma las opciones para títulos, fondos y otros se accesan de igual forma que en los gráficos de flujo tratados previamente.

Analícemos la opción de Materiales para el caso que nos ocupa, respondiendo a la pregunta ¿qué aspectos de los insumos o materiales usados provocan errores en los registros?

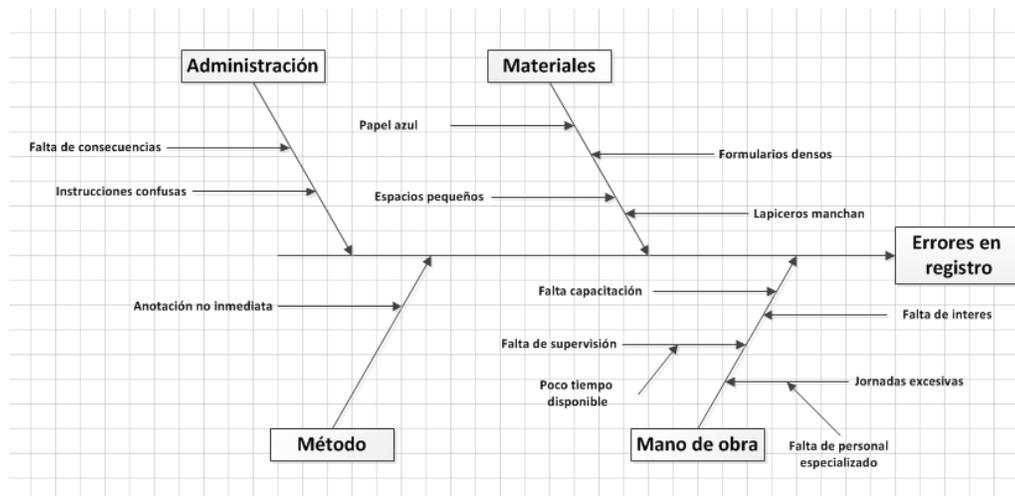
Supongan que se tienen formularios muy densos, con espacios muy pequeños y que esto podría ser un disparador de los errores. Además están confeccionados con un fondo azul oscuro que no ayuda en su lectura.

Al introducir esto en el diagrama se tendrá algo similar a:



Se continúa con los otros ejes, llevando a un resultado similar al siguiente:

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA



5. Diagrama de Pareto

Fue desarrollado por Juran¹⁶, quien le llamó así en honor a Vilfredo Pareto¹⁷. Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera, logrando separar los muchos triviales de los pocos vitales, bajo el concepto del 80/20, que indica que el 80% de los problemas está generado por el 20% de las causas. También se utiliza para determinar los tipos de errores, quejas o similares para posteriormente identificar cuales atacar.

Para generar un diagrama de Pareto, se debe:

- Decidir el problema a analizar.
- Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
- Recoger los datos y contabilizar la frecuencia.

¹⁶ Joseph Juran (1904-2008) fue un consultor de gestión, principalmente recordado como un experto de la calidad y la gestión de la calidad.

¹⁷ Vilfredo Pareto (1848-1923), economista italiano que efectuó un estudio sobre la distribución de la riqueza que el Dr. Juran aplicó a la calidad.

-Elaborar una tabla de datos con la lista de ítems y la frecuencia individual, de tal forma que el ítem con mayor cantidad de eventos se coloque de primero, siguiendo la anotación en orden descendente a la frecuencia.

-Calcular la frecuencia relativa individual, a través del cálculo de porcentaje que representa ese ítem del total de eventos.

-Calcular la frecuencia relativa acumulada sumando las frecuencia relativas individuales en forma consecutiva.

-Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal. En el eje horizontal de la izquierda se anota la frecuencia de las observaciones y en el eje de la derecha la frecuencia relativa acumulada (porcentaje).

-Construya un gráfico de barras en base a las cantidades obtenidas por ítem y sobrepóngale una gráfica lineal que una los puntos de la frecuencia relativa acumulada.

-Identifique las causas cuya frecuencia relativa acumulada alcance el 80% o lo más cercano posibles. Esas causas son las que deben atacarse para lograr un beneficio importante.

Ejemplo:

Considere los siguientes datos obtenidos de un proceso de recolección de datos sobre los tipos de errores encontrados en los registros y construya con él un Pareto.

Tipos de error	Absoluta
Tachonazos	42
Corrección sin iniciales	405
Ruptura de papel	90
Llenado incompleto	123
Mal archivado	21
Mala caligrafía	45
Mala ortografía	58
Manchas	245

Lo primero a efectuar es el ordenamiento de mayor a menor de los datos según su frecuencia, para lo cual podemos utilizar la herramienta de “ordenar” dentro de la viñeta de “datos” en Excel.

Tipos de error	Absoluta
Corrección sin iniciales	405
Manchas	245
Llenado incompleto	123
Ruptura de papel	90
Mala ortografía	58
Mala caligrafía	45
Tachonazos	42
Mal archivado	21

Se efectúa el cálculo de frecuencia relativa, aplicando en cada caso la fórmula de: Cantidad del tipo * 100/Cantidad total. Para este caso la cantidad total es 1029. Determinándose:

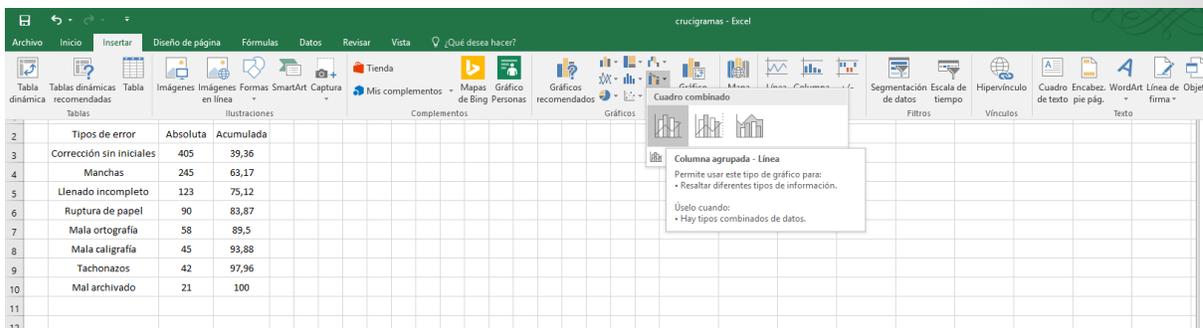
Tipos de error	Frecuencia		
	Absoluta	Relativa	Acumulada
Corrección sin iniciales	405	39.36	
Manchas	245	23.81	
Llenado incompleto	123	11.95	
Ruptura de papel	90	8.75	
Mala ortografía	58	5.64	
Mala caligrafía	45	4.37	
Tachonazos	42	4.08	
Mal archivado	21	2.04	
Total	1029		

La columna de acumulado se obtiene al ir sumando la frecuencia relativa individual, de tal forma que para “Corrección sin iniciales” se pone el mismo 39.36 y para “Manchas”, el cálculo se genera con $39.36+23.81 = 63.17$. El

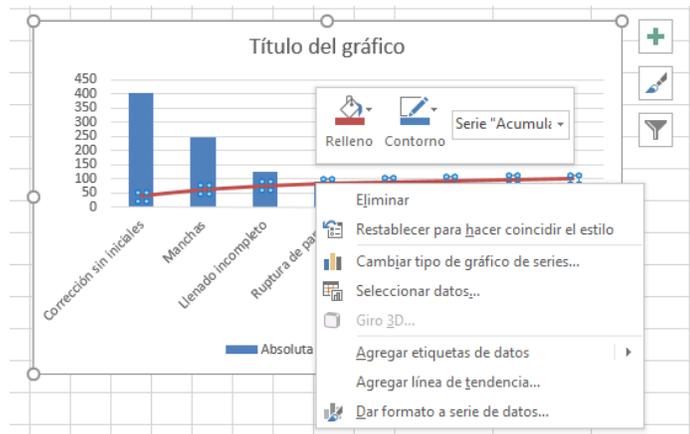
valor para “Llenado incompleto” sería $63.17+11.95 = 51.46$ y así sucesivamente hasta completar la tabla.

Tipos de error	Frecuencia		
	Absoluta	Relativa	Acumulada
Corrección sin iniciales	405	39.36	39.36
Manchas	245	23.81	63.17
Llenado incompleto	123	11.95	75.12
Ruptura de papel	90	8.75	83.87
Mala ortografía	58	5.64	89.50
Mala caligrafía	45	4.37	93.88
Tachonazos	42	4.08	97.96
Mal archivado	21	2.04	100.00

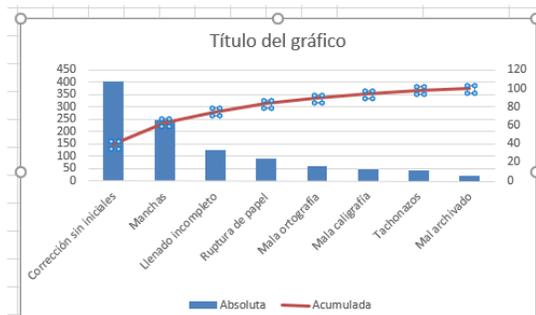
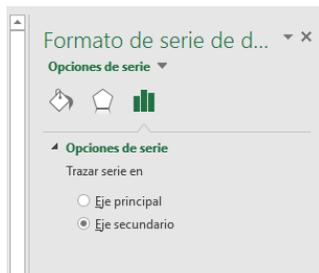
Excel 2010 posee una opción de gráfico denominado “combinado” que es el que se utilizaría para la generación del mismo. Para ello se toca la viñeta “insertar” y se pica la figura dentro de los tipos de gráficos disponibles. Tal y como se muestra en la ilustración.



Se marca, para este caso, las columnas de “tipo de error”, “absoluta” y “acumulada” y luego de generado el gráfico se “toca” la línea de acumulado, se toca el clip izquierdo del mouse y se marca la opción de “dar formato a serie de datos”.



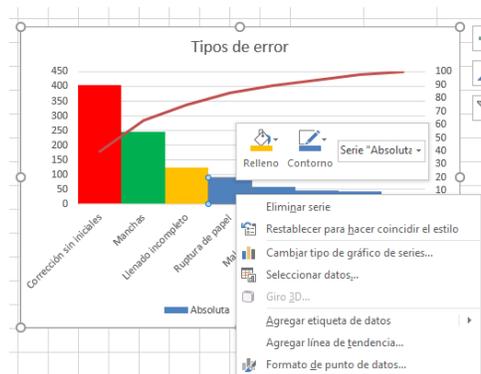
Al hacerlo se debe marcar el ítem de eje secundario en el título de “opciones de serie” que aparece al margen izquierdo de la pantalla e inmediatamente se despliega el segundo eje.



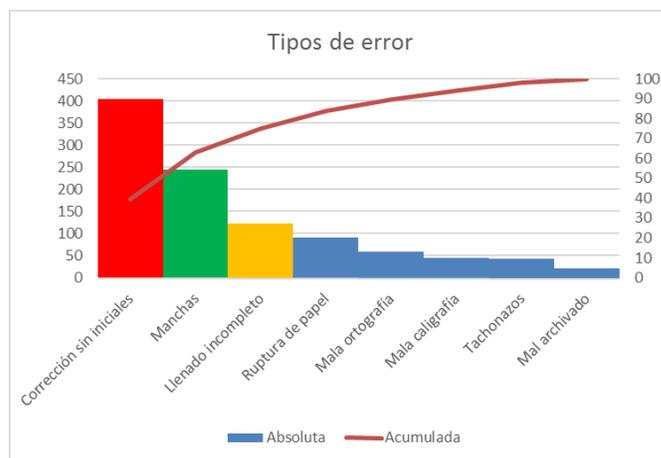
El eje izquierdo puede ser ajustado para que solo marque el “100%”, tocando el eje, picando el clip izquierdo del mouse y tocando la opción de “dar formato a ejes”. Al llegar allí se cambia el máximo del límite al valor 100.00.

Las barras de los diferentes defectos pueden ensancharse e inclusive cambiarse de color. Esto se logra tocando cualquiera de las barras, picar el clip izquierdo del mouse y marcar la alternativa de “dar formato a barras de datos”, con la opción de ancho de intervalo (llevándolo al valor 0%). Para dar color a una barra en particular se da doble clip sobre la barra que se desea “pintar” y al marcar el clip izquierdo del mouse se abre un listado de opciones y también un icono para el color del relleno. Tocando la flecha adjunta a este icono, da apertura a un recuadro con tonos, sobre el cual se selecciona el

tono deseado. Al gráfico se le ha de poner título tocando la zona respectiva y digitando lo deseado.



Así se tiene:



Como se observa, para el ejemplo, los aspectos a atacar serían: Corrección sin iniciales, Manchas y Llenado incompleto

6. Histograma

Este es un gráfico de barras que muestra la frecuencia acumulada de eventos dentro de una clase o agrupación de valores. Se utiliza especialmente para variables continuas y las clases se ordenan en forma secuencial de valor por lo que muestran el comportamiento general de la población que congrega. De su observación se puede visualizar si la distribución tiene un comportamiento normal (gausiano, con mayor frecuencia de valores alrededor del centro de la distribución), sesgada a la derecha o a la izquierda (según la concentración

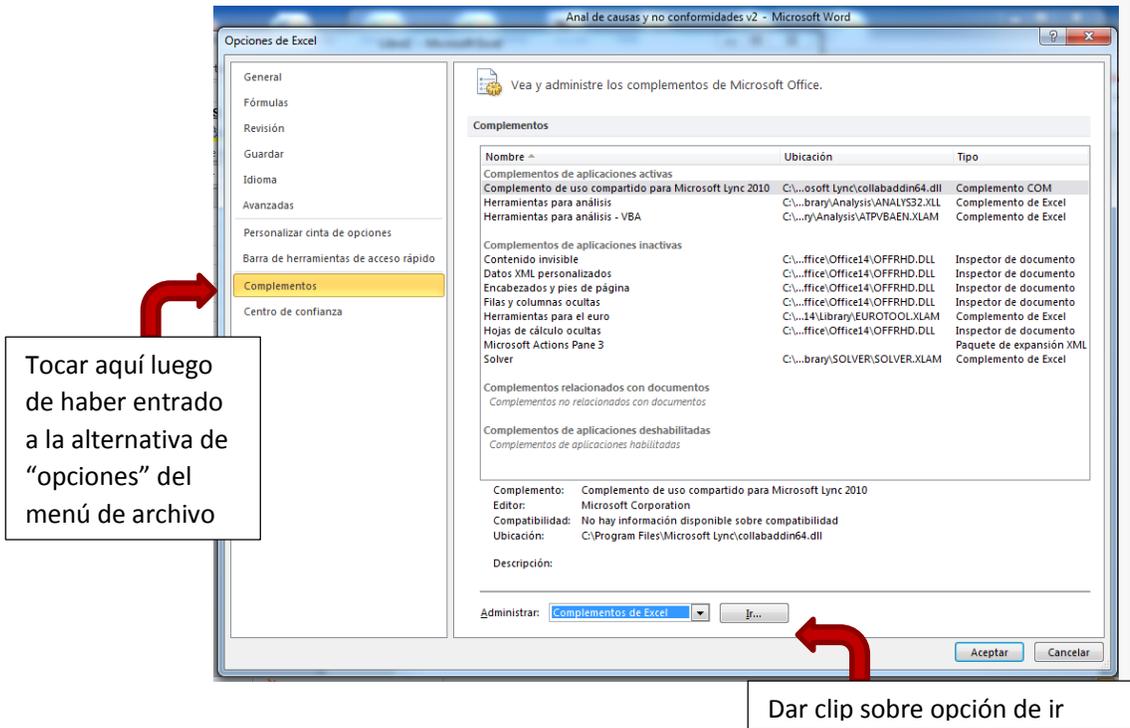
de valores), multimodal (o en cierra), etc. Se utiliza para corridas de datos de por lo menos treinta mediciones.

El histograma se usa para obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema, mostrar el resultado de un cambio en el sistema, identificar anomalías examinando la forma y comparar la variabilidad con los límites de especificación o tolerancia.

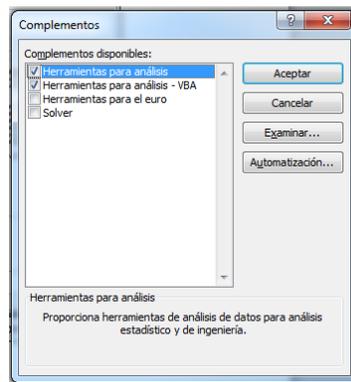
Para su desarrollo, se debe:

- Recolectar los valores de los datos.
- Determinar el rango de los datos, restando el menor valor de los datos al mayor.
- Determinar la cantidad de intervalos en su histograma (a menudo entre 6 y 12) y dividir el rango por la cantidad de intervalos para determinar el de cada uno.
- Marcar el eje horizontal con la escala de los valores de los datos.
- Marcar el eje vertical con la escala de frecuencia (cantidad o por ciento de observaciones)
- Dibujar la altura de cada intervalo igual a la cantidad de valores de los datos que caen dentro de ese intervalo.

Excel tiene una herramienta de análisis de datos estadístico (además de las funciones como tales), este debe habilitarse primero, yendo a la viñeta de archivo, se toca la opción “opciones” y cuando abre ese listado se toca la de “complementos” y allí se da toca “ir” junto a la palabra habilitar complementos de Excel (en la parte baja de la hoja).



Marcar las dos opciones de “herramientas para análisis “ y darle aceptar. Esto hace que en la viñeta de datos, al lado derecho se abra un icono para análisis de datos. Al tocarlo se abre una lista y en ella está la opción del histograma así como la opción de “estadísticas descriptivas” que es muy útil.



Los datos se introducen en el Excel en una columna, no importa la cantidad, pues el procesamiento es muy rápido y sin límites.

Es indispensable determinar la cantidad de clases a construir y el intervalo o ancho de clase. Para ello se utilizan las siguientes formulas:

$$k = 1 + 3.32 \log(N)$$

$$h = R/k$$

Siendo k el número de clases, N el número de datos, h el ancho de clase y R el rango (valor máximo-valor mínimo). k debe redondearse al número entero superior y h se redondea con el mismo número de decimales que tengan los datos a analizar. La fórmula utilizada para el cálculo de k se conoce como regla de Sturges¹⁸.

Establecido esto se determinan los límites de clase de cada una de las k clases, utilizando el algoritmo de:

Límite inferior de la primera clase: $\text{Lim inf}_1 = \text{Valor mínimo} - (h/2)$

Límite superior de la primera clase: $\text{Lim inf}_1 + h$

Límite superior de la siguiente clase: $\text{Lin sup}_n + h$, y así hasta terminar

Como se trata de una distribución continua, el límite inferior de la clase n corresponde al límite superior de la clase n-1.

Ejemplo:

Los datos que se dan a continuación corresponden a los pesos en kilogramos de ochenta personas: 60; 66; 77; 70; 66; 68; 57; 70; 66; 52; 75; 65; 69; 71; 58; 66; 67; 74; 61; 63; 69; 80; 59; 66; 70; 67; 78; 75; 64; 71; 81; 62; 64; 69; 68; 72; 83; 56; 65; 74; 67; 54; 65; 65; 69; 61; 67; 73; 57; 62; 67; 68; 63; 67; 71; 68; 76; 61; 62; 63; 76; 61; 67; 67; 64; 72; 64; 73; 79; 58; 67; 71; 68; 59; 69; 70; 66; 62; 63 y 66.

Vamos a construir el histograma correspondiente, introduciendo primero los datos en Excel y luego los marcamos todos y acezamos el icono de “análisis de datos” dentro de la viñeta de “datos”. Allí marcamos la opción de “estadísticas descriptivas” y se genera un cuadro con todos los datos básicos necesarios, como el siguiente:

¹⁸ Propuesta por el Herberth Sturges en 1926.

<i>Columna1</i>	
Media	67,0506329
Error típico	0,70213167
Mediana	67
Moda	67
Desviación estándar	6,24068277
Varianza de la muestra	38,9461214
Curtosis	0,12319378
Coficiente de asimetría	0,18435736
Rango	31
Mínimo	52
Máximo	83
Suma	5297
Cuenta	79

Se procede a aplicar las formulas citas previamente para el cálculo de k y h.

$$k = k = 1 + 3.32 \log(N) = 1 + 3.32 * \log(80) = 7,318258757 \approx 8$$

$$R = \text{Max} - \text{Min} = 83 - 52 = 31$$

$$h = R/k = 31/7,318258757 = 4,23 \approx 4$$

Así se tendrán ocho clases con un ancho de clase de 4 cada una. Determinamos los límites de clase.

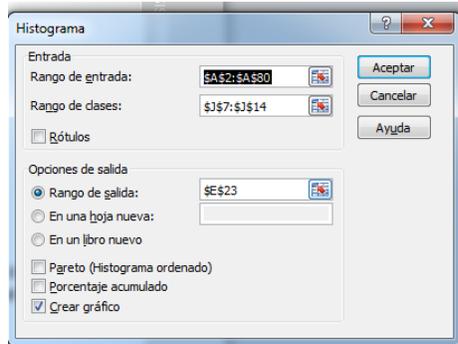
$$\text{Lim inf}_1 = \text{Valor mínimo} - (h/2) = 52 - (4/2) = 50$$

$$\text{Lim sup}_1 = \text{Lim inf}_1 + h = 50 + 4 = 54$$

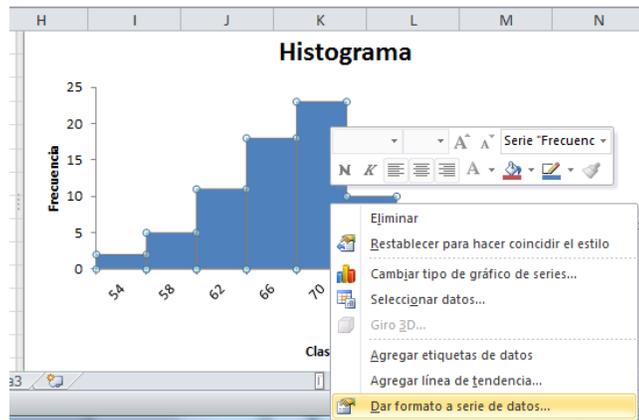
$$\text{Lim sup}_2 = \text{Lim sup}_1 + h = 54 + 4 = 58$$

Y así sucesivamente hasta determinar los límites de las ocho clases,

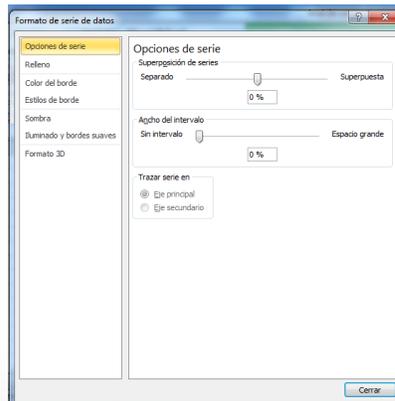
Construida esa tabla se accesa el ítem de “histograma” en el icono de “análisis de datos”, marcando los valores correspondientes para el rango de entrada (valores a analizar) y los de clases. Se requiere marcar la opción de generar el gráfico.



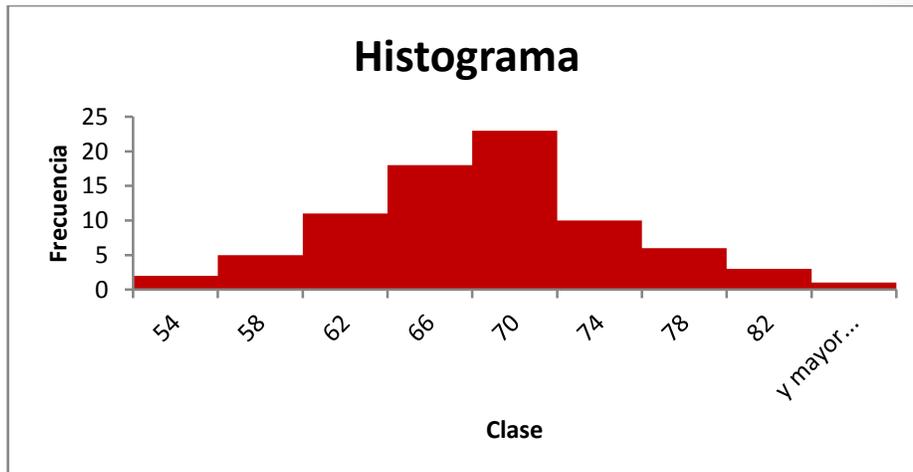
Una vez generado el gráfico, se procede a ensanchar las barras, para ello se da click derecho sobre el gráfico y se da click sobre la opción de “formato de datos”, tal y como se observa a continuación:



Se mueve el cursor de la separación hasta cero y así las barras se unirán entre sí. También se puede quitar el título de la serie para ensanchar el gráfico.



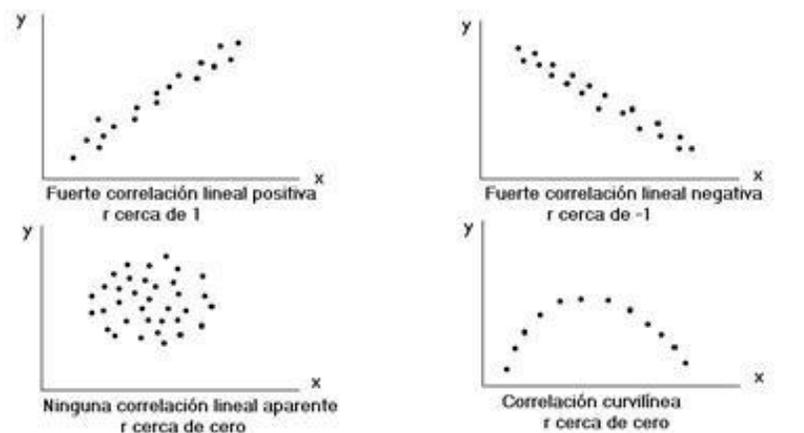
El gráfico se observará finalmente así:



7. Diagrama de dispersión

En este diagrama se estudia la relación existente entre dos conjuntos de valores para determinar si hay dependencia de uno sobre el otro, por ello se usa en supuestas relaciones causales.

El diagrama mostrará con un punto cada conjunto de valores x, y donde x es el valor de la variable que se considera responsable de la respuesta y . El gráfico puede presentar las siguientes formas:



Fuente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_140_40.html
PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

La primera gráfica muestra la existencia de una relación creciente o positiva, de tal forma que cuando crece la variable en x se da un crecimiento también en el valor de la variable y. La relación será más fuerte entre más se asemeje el trazo a una línea recta, con puntos muy cercanos a ella.

La segunda gráfica nos muestra una relación similar pero negativa o decreciente. En este caso también se diría que la relación es fuerte por la similitud con una línea recta.

La tercera gráfica no muestra relación alguna entre las variables, como se observa los puntos están muy dispersos entre sí. En la cuarta relación plantea una relación curvilínea. También podría presentarse un patrón con picos o estacionalidad marcada.

Para desarrollar el gráfico solo deben colocarse los valores en dos columnas, poniendo de primero la lista de variables independientes o causales (x) y en la segunda columna las dependientes (efectos) que constituirán la variable y. Excel permite la generación de gráficos de dispersión dentro de las alternativas para gráficos de la viñeta de “insertar”.

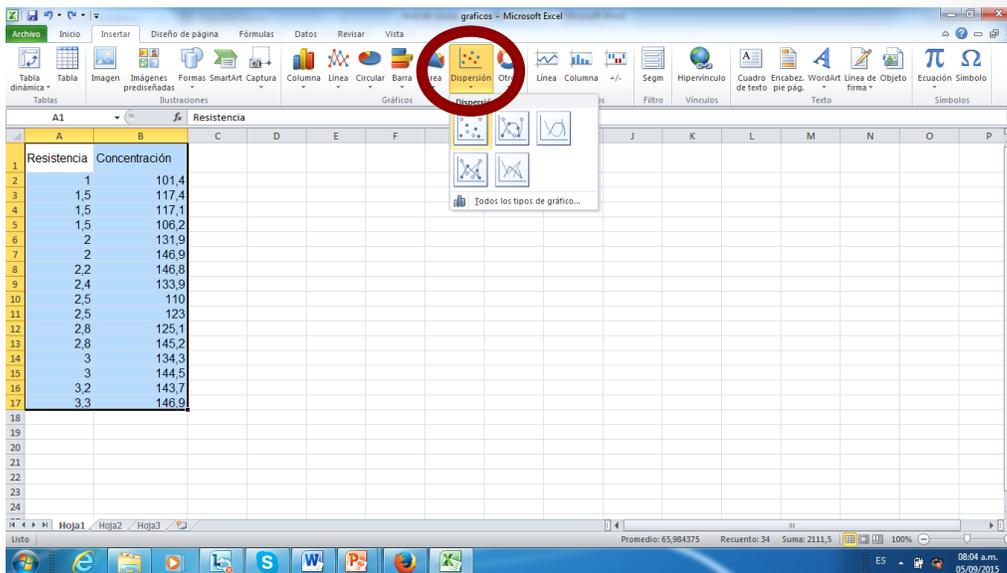


Ejemplo:

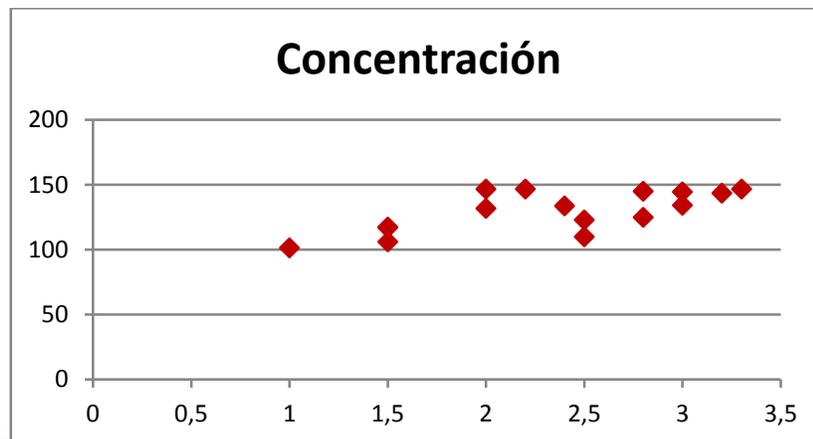
La resistencia del papel utilizado en la fabricación de cajas de cartulina está relacionada con la concentración de madera dura en la pulpa original. Bajo condiciones controladas, una planta piloto fabrica 16 muestras, cada una con un lote de diferente pulpa, y mide la resistencia a la tensión. Los datos obtenidos en un estudio específico, se presentan a continuación:

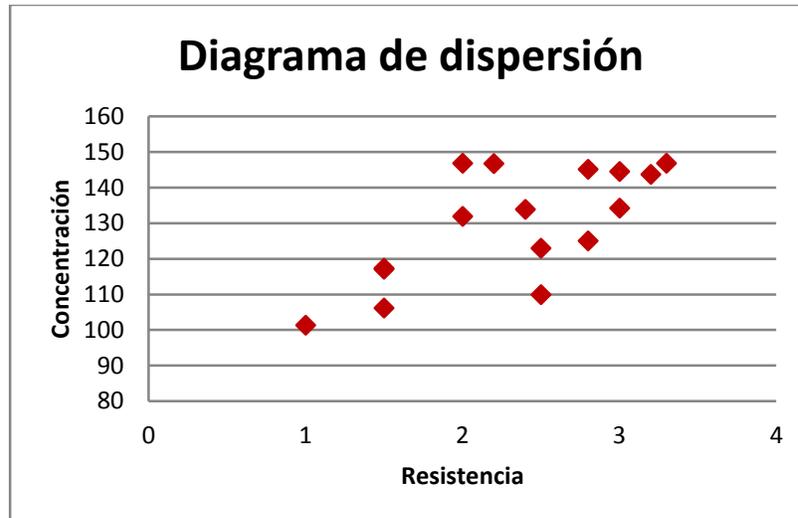
Resistencia	101.4	117.4	117.1	106.2	131.9	146.9	146.8	133.9
Concentración	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.2	2.4
Resistencia	110.0	123.0	125.1	145.2	134.3	144.5	143.7	146.9
Concentración	2.5	2.5	2.8	2.8	3.0	3.0	3.2	3.3

Procederemos a transcribir los datos a Excel colocando los datos de concentración en la primera columna y los de resistencia en la segunda (por ser la consecuencia). Los barremos y marcamos la alternativa de gráfico de dispersión y en ella la primera alternativa para generarlo solo con puntos.



Dando como resultado el siguiente gráfico, el cual manipulamos para ponerle títulos de ejes, quitarle el título de serie, ajustar el eje de las y (para mayor visualización) y cambiar el título general, según la necesidad y gusto de cada investigador, con lo que se genera el segundo gráfico.





El análisis gráfico nos muestra una tendencia positiva pero no fuerte (por no concentrarse los puntos alrededor de una línea recta).

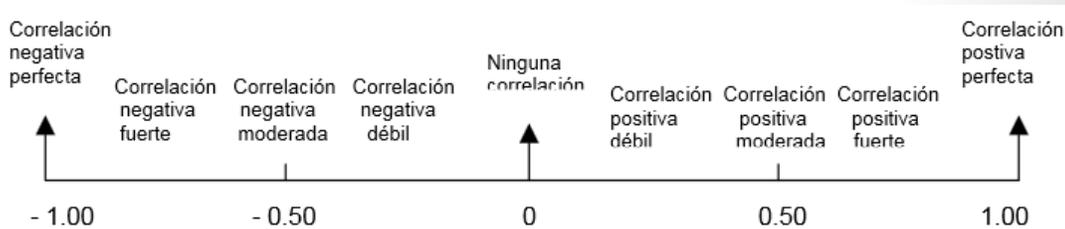
Una forma más exacta de medir la relación entre las variables es con el coeficiente de correlación, un valor numérico que se basa en la fórmula:

$$-1 \leq r = \frac{Cov(X, Y)}{S_X S_Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \leq +1$$

19

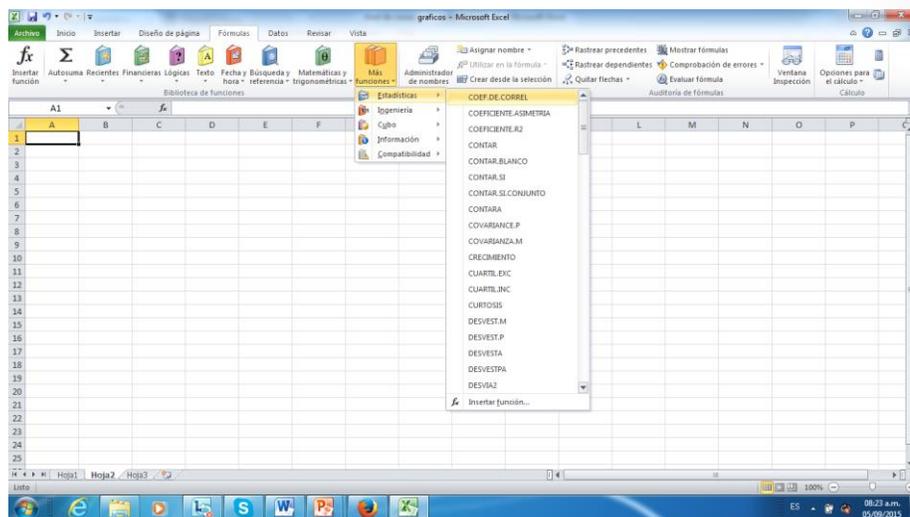
Este coeficiente varía entre -1 y 1. Cuando el valor calculado está cercano a esos extremos se habla de una relación fuerte negativa (decreciente) o positiva (creciente) respectivamente. Si el valor se acerca a cero se establece que no existe relación entre las variables. Los rangos de interpretación del valor de r son los siguientes:

¹⁹ Formula de coeficiente de correlación de Pearson.

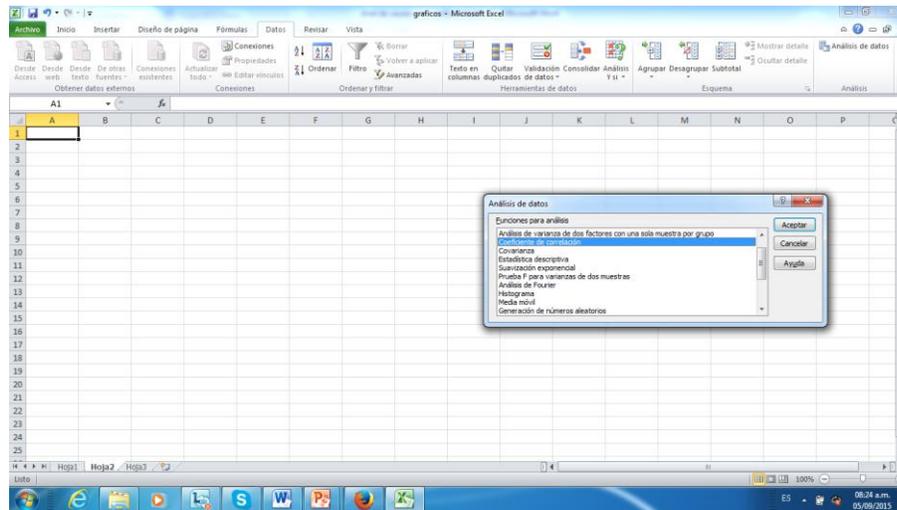


Fuente: <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf>

El coeficiente de correlación puede ser generado en Excel, a través de la aplicación de la fórmula “COEF.DE.CORREL” de la agrupación de “estadísticas” dentro de la viñeta de “fórmulas” o bien seleccionando la alternativa en el listado que despliega el icono de “análisis de datos” en la viñetas de “datos”²⁰. Tal y como se muestra en las imágenes siguientes:

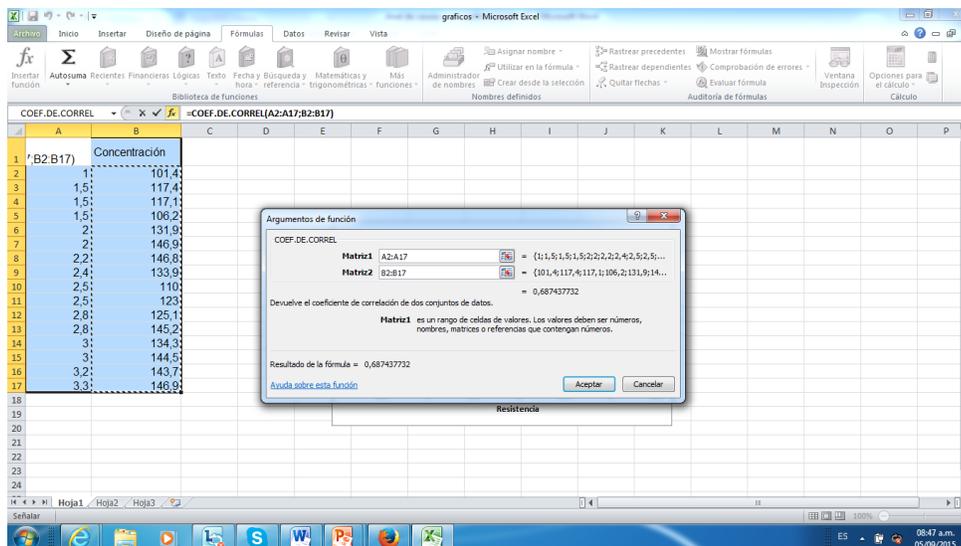


²⁰ Para ello debe estar habilitada la aplicación como se describiera en el apartado X de este capítulo.
PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA



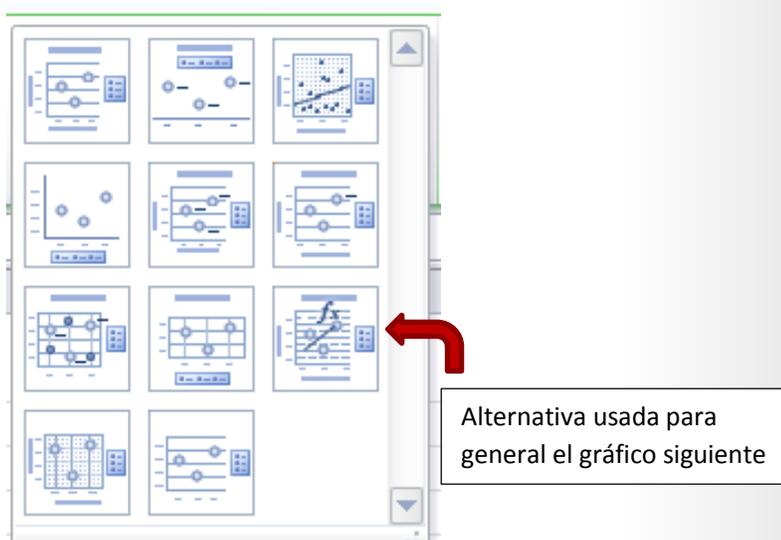
Ejemplo:

Para calcular el coeficiente de correlación de los datos anteriores, se marca la opción en Excel despliega un cuadro de dialogo pidiendo se marquen los datos x (primera matriz) y los y (segunda matriz).

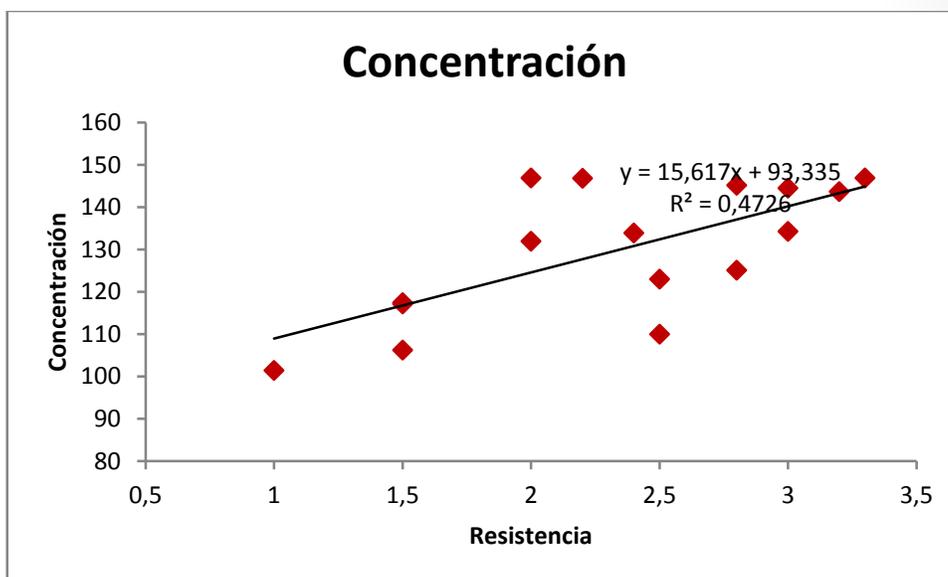


Así se obtiene un valor de 0,687437732 para este juego de datos, por tanto se diría que existe relación entre las variables, que es positiva pero apenas es moderada.

Excel tiene diferentes opciones para la presentación del gráfico de dispersión, entre ellas inclusive la generación de la mejor línea de ajuste y calcula el valor del coeficiente de correlación al cuadrado (denominado coeficiente de determinación) en forma directa.



De tal forma que podemos generar el gráfico con toda la información mostrada a continuación:



8. Gráficas de control

Un gráfico de control es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior de control y un límite inferior a ambos lados de la línea central. Se refleja así el producto del proceso y puede estar definida por diferentes valores estadísticos según sea la naturaleza de lo controlado. Fue introducido en Estados Unidos por el Dr. Shewhart²¹ en 1924.

Este tipo de gráfico permite observar si un proceso está bajo control o no, si hay resultados que requieren una explicación especial y permite comparar la capacidad del proceso para alcanzar las especificaciones del mismo.

El proceso general es el siguiente:

- Seleccionar la característica para la aplicación en el gráfico de control.
- Seleccionar el tipo apropiado de gráfico de control.
- Decidir el subgrupo (una pequeña recopilación de artículos, en el marco de los cuales las variaciones se deben probable y únicamente al azar), sus dimensiones, y la frecuencia de muestreo del subgrupo.
- Recolectar y registrar datos sobre 20 ó 25 subgrupos por lo menos, o utilizar datos registrados previamente.
- Calcular estadísticamente las características de cada muestra del subgrupo.
- Calcular los límites de control sobre la base de las estadísticas de las muestras de subgrupos.
- Construir un gráfico y plotear las estadísticas del subgrupo.
- Examinar el ploteo por si hay puntos fuera de los límites de control y patrones que indiquen la presencia de causas asignables (especiales).

Los límites calculados proveen señales estadísticas para actuar, indicando la separación entre la variación común y la variación especial de los procesos. Se establecen bajo el estudio de lotes muestrales previos y luego se continua graficando lo ocurrido en el sistema a través del tiempo. Se trata de analizar el comportamiento de los valores representados y determinar la

²¹ Walter A. Shewhart (1891 - 1967) fue un físico, ingeniero y estadístico estadounidense, conocido como el padre del control estadístico de la calidad.

existencia de tendencias, tomando decisiones para la mejora antes de tener productos o procesos fuera de los límites establecidos.

Se considera que el proceso está fuera de control cuando:

- Presente algún punto fuera de los límites superior o inferior.
- Muestre puntos muy cerca de los límites externos.
- Presente siete o más puntos continuos dentro de una tendencia creciente o decreciente.
- Posea siete o más puntos continuos a un mismo lado del límite central.

Los límites de control pueden ser variables por muestra según el esquema que se utilice, pero esto es más complicado para el análisis. Ocurre solo cuando el sistema requiere de una condición así.

Existen gráficos de control diferentes cuando lo controlado sea variable o atributo. Es decir cuando corresponde a características medibles o a la detección de aspectos cualitativos.

Para el primer caso, existen los gráficos promedio-rango, promedio-desviación estándar, mediana-rango e individuales-rango móvil. Cuando se trata de atributos, las gráficas posibles son: p, np, c y u.

8.1 Gráfica Promedio-Rango

Consta de dos gráficas, en la primera se muestra el promedio de la variable a controlar derivado de los datos individuales de una muestra específica. Y el segundo muestra la diferencia entre el valor máximo y mínimo obtenido en cada muestra, con intención de visualizar la variabilidad del proceso.

Para calcular los límites de cada gráfico se utilizan las siguientes fórmulas:

Gráfica Para	Línea Central	Límite Control Inferior (LCI)	Límite Control Superior (LCS)
Promedios \bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
Rangos R	\bar{R}	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$

Donde los valores de A_2 , D_3 y D_4 se toman de la siguiente tabla, según el tamaño de elementos de cada muestra (denominado como n).

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	d ₃	1/d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Ejemplo²²:

Sea la siguiente situación: Una empresa produce formularios continuos, los cuales son vendidos en cajas que contienen un número de hojas tal, que depende del grosor del papel.

En el proceso de manufactura, se están generando problemas en la calidad del producto (arrugas) por variaciones en la cantidad de hojas en las cajas.

Se ha determinado que con el control del peso de las cajas, se puede inferir sobre la cantidad de producto faltante o en exceso y de esta manera evitar los problemas de calidad.

²² Caso adaptado del material del curso Siete Técnicas del Control de Calidad de la Universidad Técnica Nacional.

Inicialmente se toman, durante seis días continuos, dos muestras de cinco cajas cada una a las cuales se les toma el peso en kilogramos, generando los siguientes valores:

Día	Muestra	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5
19	1	41.0	39.5	40.5	39.0	40.5
	2	39.0	39.0	37.5	38.5	38.0
20	3	38.5	37.0	38.0	36.0	38.5
	4	41.0	39.5	40.0	39.5	37.5
22	5	42.0	41.5	40.5	40.0	40.5
	6	38.5	38.5	38.0	37.0	38.5
23	7	42.0	40.5	41.5	39.0	41.5
	8	39.5	38.5	39.5	38.5	39.0
24	9	38.0	37.5	38.0	36.5	37.5
	10	40.0	38.5	40.0	39.0	39.5
25	11	41.0	41.0	41.5	40.5	41.5
	12	39.5	37.5	38.0	38.5	39.5

Para cada muestra se determina el promedio aritmético de los valores y el rango (valor máximo – valor mínimo). Así para el primer conjunto de datos, se tiene:

$$X = (41.0 + 39.5 + 40.5 + 39.0 + 40.5) / 5 = 40.5$$

$$R = \text{Max} - \text{Min} = 41.0 - 39.0 = 2.0$$

Aplicando los cálculos para cada muestra, se llega a la conformación del cuadro siguiente:

Día	Muestra	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5	Promedio	Rango
19	1	41	39.5	40.5	39	40.5	40.1	2.0
	2	39	39	37.5	38.5	38	38.4	1.5
20	3	38.5	37	38	36	38.5	37.6	2.5
	4	41	39.5	40	39.5	37.5	39.5	3.5
22	5	42	41.5	40.5	40	40.5	40.9	2.0
	6	38.5	38.5	38	37	38.5	38.1	1.5
23	7	42	40.5	41.5	39	41.5	40.9	3.0
	8	39.5	38.5	39.5	38.5	39	39	1.0
24	9	38	37.5	38	36.5	37.5	37.5	1.5
	10	40	38.5	40	39	39.5	39.4	1.5
25	11	41	41	41.5	40.5	41.5	41.1	1.0
	12	39.5	37.5	38	38.5	39.5	38.6	2.0

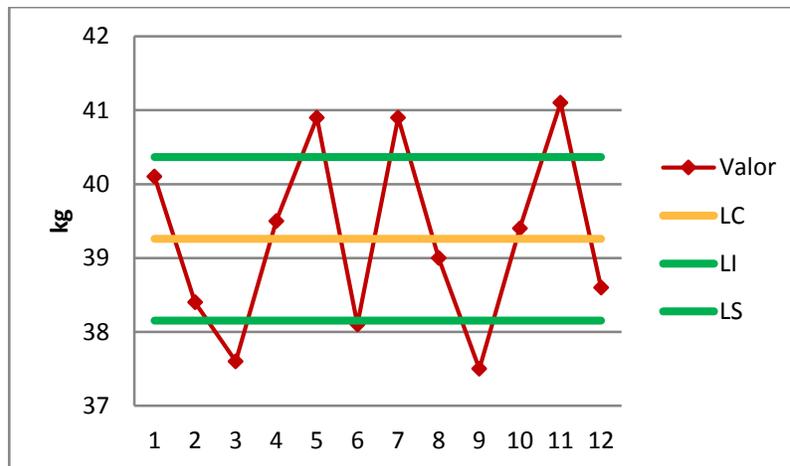
Se procede ahora a calcular el promedio de promedios y el promedio de rangos, obteniéndose los valores de 39.2583 kg y 1.9167 kg, respectivamente.

Se busca en la tabla los valores de A_2 , D_3 y D_4 para un $n=5$ (pues se toman cinco valores por muestra), y se encuentra que esos valores corresponden a 0.577, 0 y 2.114 respectivamente.

Se procede ahora a calcular los límites de control de los dos gráficos utilizando las fórmulas correspondientes. Se recomienda utilizar la misma cantidad de decimales que los presentados por los datos consignados.

Gráfico	Límite central	Límite inferior	Límite superior
X (promedios)	$39.2583 = 39.3$	$39.2583 - 0.577 * 1.9167 = 38.2$	$39.2583 + 0.577 * 1.9167 = 40.4$
R (rangos)	$1.9167 = 1.9$	$0 * 1.9167 = 0$	$2.114 * 1.9167 = 4$

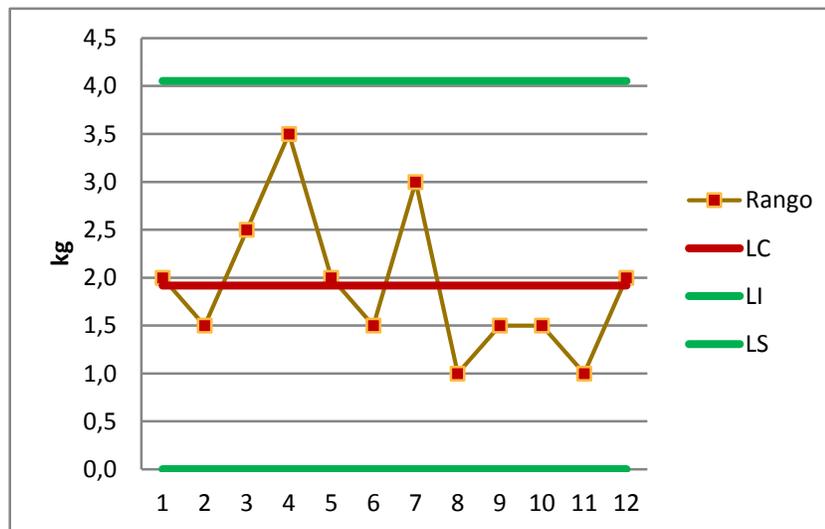
Para el gráfico X (promedios) cada punto corresponde al promedio obtenido de la muestra, generando así el siguiente gráfico.



Si se observa el gráfico anterior, se observa que el sistema está fuera de control pues posee valores que superan los límites de control tanto el superior (muestra 5, 7 y 11) como el inferior (muestras 3 y 9), además de que la

muestra 6 toca el límite de control inferior. Se requiere en este contexto, investigar las causas de esos valores y determinar si hay causas asignables para corregirlas a la mayor brevedad.

Para el gráfico R (rangos) cada punto a trazar es el rango de la muestra, quedando en este caso todos los puntos dentro de los límites de control, de tal forma de que la variabilidad entre valores no es la fuente de distorsión.



Nótese que si se tiene un tamaño de muestra variables, los límites serán variables al depender del valor de n , la selección de los factores a utilizar.

8.2 Gráfica Mediana-Rango

Este gráfico es similar al anterior salvo que no se calcula el promedio de los valores de cada muestra sino su mediana²³.

Los límites de control para esta gráfica son:

²³ Mediana es el dato bajo el cual se agrupa el 50% de los valores de la población total.

Gráfico de la Mediana:

Línea Central:	$\tilde{\bar{x}} = \text{mediana de todos los datos}$
Límite Superior de Control:	$LCS_{\tilde{x}} = \tilde{\bar{x}} + \tilde{A}_2 \tilde{R}$
Límite Inferior de Control:	$LCS_{\tilde{x}} = \tilde{\bar{x}} - \tilde{A}_2 \tilde{R}$

Gráfico del Rango:

Línea central:	$\tilde{R} = \text{mediana}(R_i)$
Límite superior de control:	$LCS_R = \tilde{D}_4 \tilde{R}$
Límite inferior de control:	$LCI_R = \tilde{D}_3 \tilde{R}$

8.3 Gráfica Promedio-Desviación Estándar

En este caso, la variación en relación a lo expuesto en el apartado 8.1 de este capítulo está en el cálculo de la desviación estándar para cada muestra en vez del rango. Utilizando las siguientes fórmulas para los límites de control.

LIMITES DE CONTROL PARA X

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{S}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{S}$$

5 LIMITES DE CONTROL PARA S

$$LSC_s = B_4 \bar{S}$$

$$LIC_s = B_3 \bar{S}$$

8.4 Gráfica Individual-Rango Móvil

Este tipo de gráficas se usan para monitorear variables del tipo continuo en el caso que se trabaje con procesos lentos o costosos, en los cuales para obtener una muestra de la producción se requiere de periodos relativamente largos.

En estos casos el rango se establece como la diferencia del último valor encontrado con el anterior, de esta forma el rango cambia sucesivamente entre dos valores y de allí la designación como rango móvil.

Para los valores individuales, los límites de control se calculan usando:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior} & \quad \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{Límite central} & \quad \bar{x} \\ \text{Límite inferior} & \quad \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned}$$

El valor de d_2 se toma de la tabla de valores para gráficas de control mostrada en el apartado 8.1 de este capítulo. Los límites de control para el rango móvil se calculan usando la misma formulación que en las gráficas de promedio-rango.

8.5 Gráfica p

Este es un gráfico empleado para cuando el control del proceso se basa en atributos²⁴, utilizando la proporción o fracción defectuosa (denominada p).

En estos casos los datos siguen una distribución binomial y deberá calcularse la proporción promedio del grupo de muestras en análisis.

Los límites de control se calculan bajo el uso de:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior:} \quad L_s &= \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ \text{Límite central:} \quad L_c &= \bar{p} \\ \text{Límite inferior:} \quad L_i &= \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned}$$

Si al calcular el límite inferior se diera un valor negativo se considera como 0.

8.6 Gráfica np

En este caso se grafica el número de unidades defectuosas en la muestra, siendo más fácil la interpretación al no requerir de los cálculos del gráfico p.

²⁴ Característica de calidad que el bien o servicio posee o no.

De hecho si el tamaño de muestra es constante, las gráficas p y np muestran el mismo comportamiento pero a diferente escala.

Los límites de control para esta grafica vienen dadas por:

$$\text{Límite superior: } L_s = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$\text{Límite central: } L_c = n\bar{p}$$

$$\text{Límite inferior: } L_i = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

8.7 Gráfica c

En las gráficas tipo c lo que se muestra son el número de defectos totales de cada muestra, siendo los límites de control establecidos por las fórmulas:

$$\text{Límite superior: } LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Límite central: } LC = \bar{c}$$

$$\text{Límite inferior: } LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

8.8 Gráfica u

Este tipo de gráfica es utilizado para representar el número de defectos por unidad de medida, por ejemplo, por metro lineal de tela.

El cálculo del límite central está dado por la aplicación de la formula siguiente:

$$U = \frac{\sum \frac{n_i}{m}}{N}$$

n_i Cantidad de Defectos por Unidad de Inspección

m Núm. de Unid. de Producción en la Unidad de Inspección

N Número de Unidades de Inspección

Los otros límites se calculan con:

$$LSC = U + 3 \cdot \sqrt{\frac{U}{m}}$$

$$LIC = U - 3 \cdot \sqrt{\frac{U}{m}}$$

9. Ejercicios

- a. Elaborar un diagrama de flujo para la siguiente secuencia de actividades para un viaje a la playa:

Se sale del trabajo al concluir la jornada y se maneja hasta la casa. Durante el retorno se debe decidir si pasar a la gasolinera o no, según el nivel de combustible que se marca en el tacómetro.

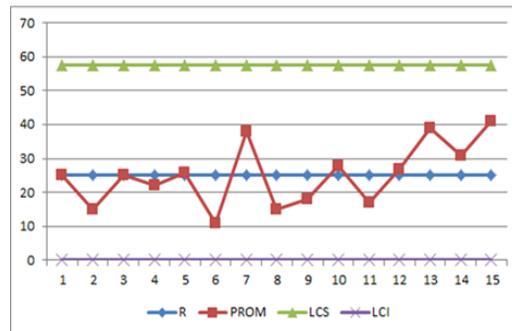
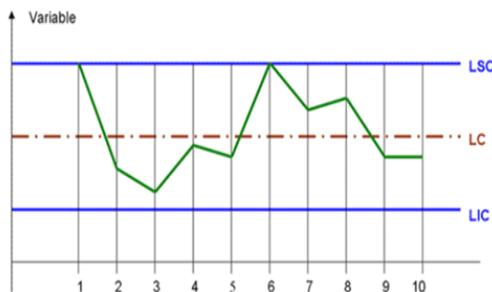
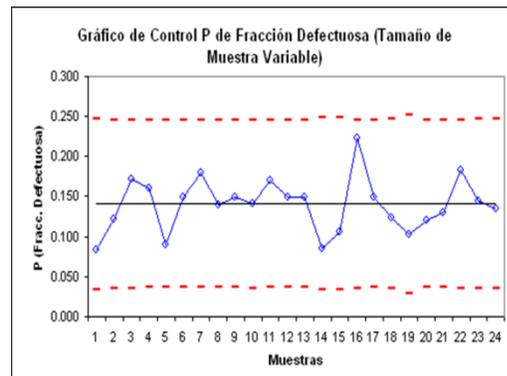
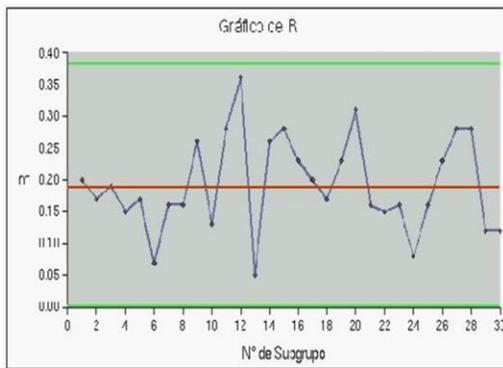
Al llegar a la casa se procede a cargar el carro con las maletas previamente preparadas, se ingiere una merienda, se lava los dientes, se prenden las luces y se continúa el viaje. En camino se debe decidir si pasar o no al supermercado para hacer las últimas compras.

Al arribar a la playa, se registra en el lobby del hotel y se suben las cosas a la habitación.

- b. A partir de los siguientes datos referentes a horas trabajadas en un taller (X), y a unidades producidas (Y), elabore el diagrama de dispersión y determine el coeficiente de correlación lineal e interprételo.

Horas (X)	Producción (Y)
80	300
79	302
83	315
84	330
78	300
60	250
82	300
85	340
79	315
84	330
80	310
62	240

c. Analice las siguientes gráficas de control, estableciendo si el sistema que muestra está o no en condiciones de control. Indique en cada caso en qué basa su respuesta.



d. Desarrolle el gráfico de control correspondiente para la siguiente situación:

Una empresa inspecciona un artículo eléctrico tomando muestras de 100 unidades cada vez. Si bien se verifican 5 características relevantes de la calidad, finalmente cada artículo se clasifica como aceptable o defectuoso. Las últimas 25 muestras aplicadas muestran los siguientes resultados:

Número de muestra	Porcentaje de Defectuosos	Número de muestra	Porcentaje de Defectuosos
1	4	14	4
2	3	15	4
3	5	16	5
4	6	17	3
5	7	18	0
6	5	19	3
7	4	20	2
8	2	21	1
9	5	22	3
10	6	23	4
11	4	24	2
12	3	25	2
13	3		

- e. Utilizando como herramienta el diagrama de Pareto, analice las pérdidas por rechazos en una fábrica de papel, teniendo en cuenta que se han detectado los conceptos que se muestran en la tabla siguiente, en la que también se indican los costes asociados a cada concepto

Concepto	Pérdida Anual
A. Paralización del trabajo por avería de la máquina A..	3,7
B. Paralización del trabajo por avería de la máquina B.	52,2
C. Paralización del trabajo por avería de la máquina C.	7,8
D. Paralización del trabajo por avería de la máquina D.	1,9
E. Reclamaciones de clientes.	2,8
F. Lotes sobrantes	6,7
G. Papel inutilizado durante su utilización	87,6
H. Inspecciones suplementarias.	7,1
I. Coste excesivo del material.	4,2
J. Costes elevados de verificación	0,7

7

HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS PARA LA MEJORA

1. Generalidades

Las denominadas herramientas administrativas para la mejora corresponden a un conjunto de técnicas que se aplican en equipos de trabajo para la resolución de problemas o toma de decisiones.

Fueron desarrolladas por los japoneses mediante el uso de técnicas dirigidas al campo de la planeación estratégica. Se las considera un complemento a las siete herramientas básicas tratadas en el capítulo anterior.

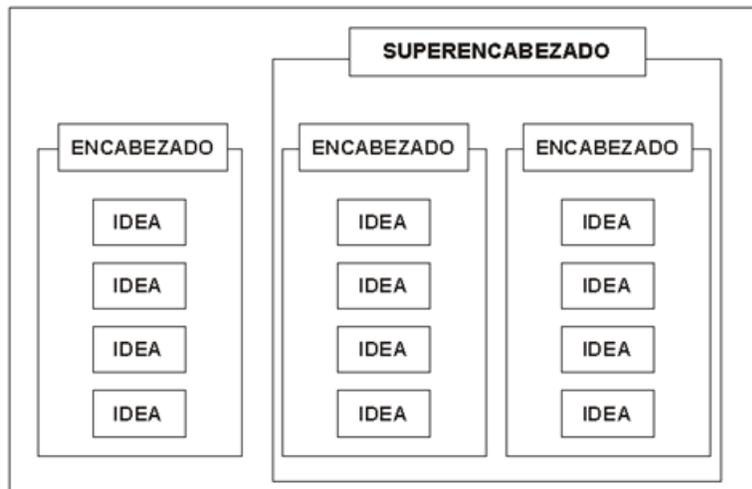
2. Diagrama de afinidad

También denominada método KJ²⁵. Esta herramienta se usa para establecer la afinidad entre palabras relacionadas con el tema en estudio, puede ser en forma parcial o gradual. Esto permite entender en forma global el problema en análisis.

Se requiere para su desarrollo de la conformación de un grupo participativo, quienes recopilan opiniones, ideas y experiencias de diversas personas sobre el problema, para luego organizarlo en grupos y subgrupos según la concordancia de las ideas a los cuales se les pone un encabezado que resume las ideas contenidas en el grupo, tal y como se muestra en el siguiente diagrama.

²⁵ Iniciales del centro de investigación Kawayoshida, primer lugar donde se utilizó.

Estructura diagrama de afinidad



Fuente: <http://www.gestiopolis.com/que-es-un-diagrama-de-afinidad/>

Así luego de recopilar las opiniones, hechos, inferencias, etc. sobre el problema a atender, se transcriben a tarjetas (una idea por tarjeta) resumiendo el contenido en una o pocas palabras.

Se puede utilizar cinta adhesiva en las tarjetas que permita estar colocándolas en diferentes posiciones según se vaya desarrollando la organización de esas ideas en subgrupos por considerarlas ideas afines.

Elaborar una tarjeta con una frase corta que los integre, es decir que describa la característica de afinidad. Colocar esta tarjeta junto con las tarjetas originales en una posición integradora y enmarcar el subgrupo.

Repetir este proceso entre subgrupos para conformar grupos de mayor nivel. Distribuir los subgrupos y grupos de tal forma que queden visualmente atractivos y comprensibles e incorporar las relaciones entre grupos (si los hubiera) utilizando para ello flechas.

El siguiente es un ejemplo de la forma en que podría quedar la integración de un caso académico.

Exposición	Clases	Profesorado	Grupos
Exista feedback tras las exposiciones	Facilitar transparencias antes de clase	Entusiasmo del profesor	Fomentar el trabajo en equipo
Hacer a menudo exposiciones en clase	Casos prácticos con ejemplos reales	Variedad del profesorado	Orden en los equipos
Participación activa de los alumnos	El temario siga una línea similar	Clases bien preparadas por el profesor	Nuevas técnicas de trabajo en equipo
Exposiciones constantes y breves de los alumnos	Facilitar el material (rotuladores, transparencias, etc.)	Clases atractivas (medios audiovisuales, videos, etc.)	
		Clases poco teóricas	
		Fácil entendimiento	

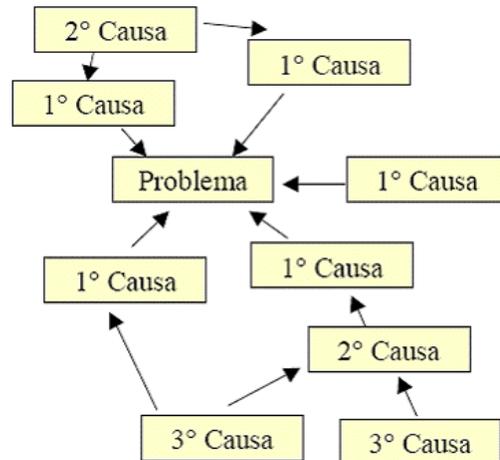
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos55/indicadores-gestion/indicadores-gestion4.shtml>

3. Diagrama de relaciones

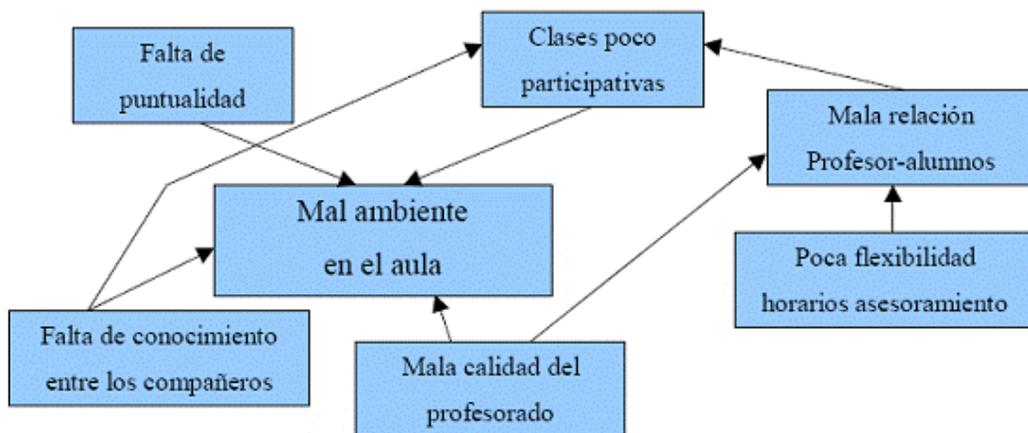
Ayuda a percibir la relación lógica entre una serie de problemas, síntomas, unidades, causas y efectos, simbolizando la relación a través de flechas (de la causa al efecto) y determinando los factores críticos según la cantidad de flechas que salen o entran a ellos.

Es útil en problemas de causas con interrelaciones complejas, lográndose visualizar más de un efecto y cuando una causa es a su vez el efecto de otra causa, como se visualiza en el diagrama adjunto. Seguidamente, se observa un ejemplo aplicado de la técnica.

Diagrama de relaciones



Ejemplo.

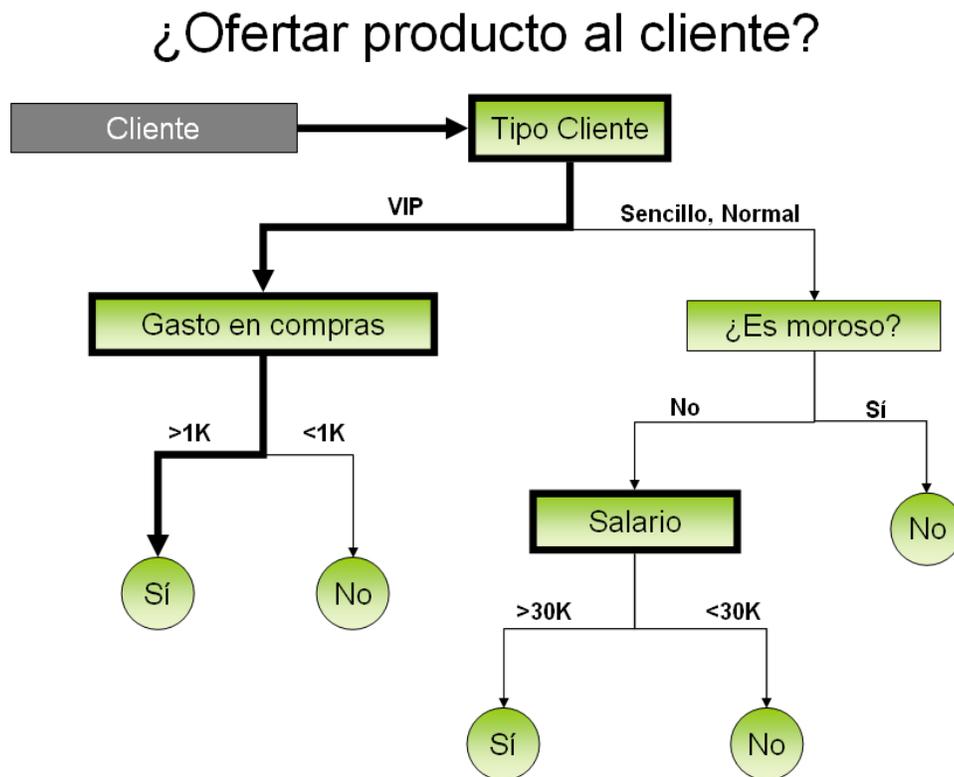


4. Diagrama de árbol de decisiones

También denominado diagrama sistemático, es la representación de los procesos de decisión involucrados para el logro de un objetivo y con ello aclarar los aspectos más importantes de un problema. Puede ser de dos tipos:

- a) Análisis de componentes: En él se desglosa los conceptos principales en elementos más simples y presenta la relación entre ellos.

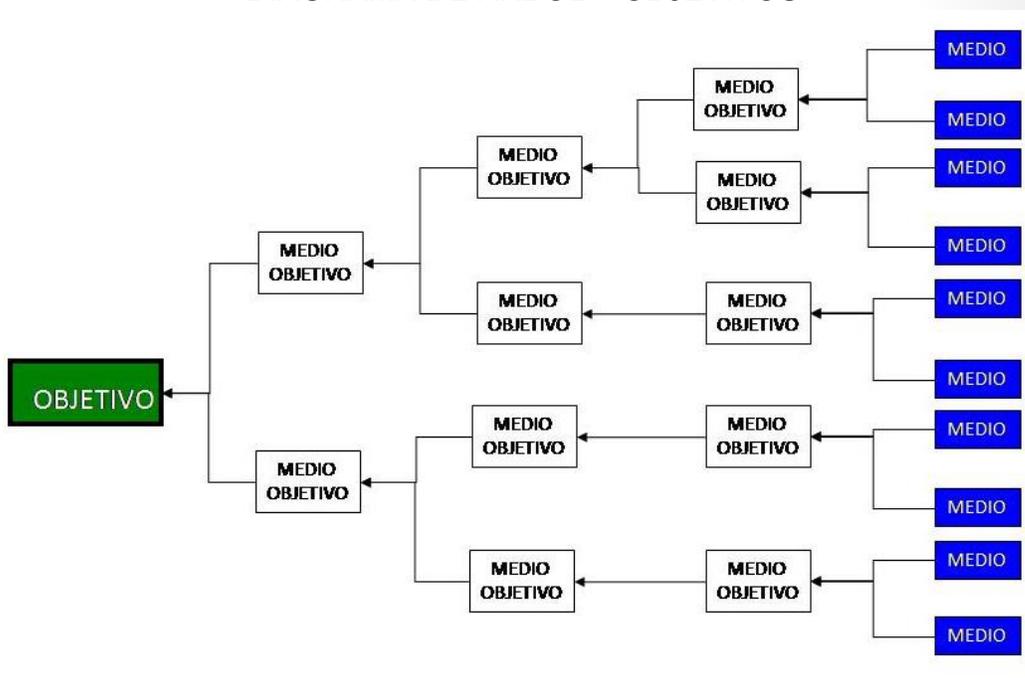
Ejemplo.



Fuente: <http://www.ivanromero.es/proyecto/analisis.php>

- b) Plan de desarrollo: Que muestra los medios y procesos requeridos para alcanza un plan en forma exitosa, tal y como se muestra en el esquema adjunto.

DIAGRAMA DE ARBOL – OBJETIVOS



La metodología a emplear incluye los siguientes pasos:

- Establecer clara y sencillamente el tópico que se va a estudiar.
- Definir las principales categorías del tópico (a través de una tormenta de ideas o mediante la utilización de las tarjetas encabezadoras del diagrama de afinidad).
- Elaborar el diagrama colocando el tópico en un recuadro a la izquierda. Ramificar las categorías principales de forma lateral hasta la derecha.
- Para cada categoría principal, definir los elementos componentes y todos los subelementos.
- Ramificar lateralmente hacia la derecha los elementos y subelementos para cada categoría principal.
- Revisar el diagrama para asegurar que no haya brechas en la secuencia o en la lógica

5. Diagrama matricial

Ayuda a clarificar situaciones mediante el pensamiento multidimensional. Se usa para visualizar la relación entre resultados y causas o entre objetivos y métodos o medios para lograrlos.

En ellos los factores se ubican en filas y columnas, identificando la relación entre ellos en el punto de intersección, el cual puede calificarse mediante el uso de figuras diferenciadoras o colores que simbolizen si la relación es fuerte, media o baja, esto permite detectar puntos críticos que lleven a análisis posteriores para profundizar en esa interacción.

También se utilizan para mejora de productos y procesos, descubrir causas de inconformidades, establecer estrategias, etc.

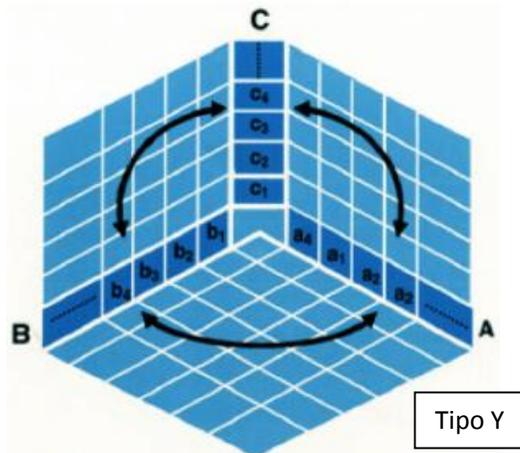
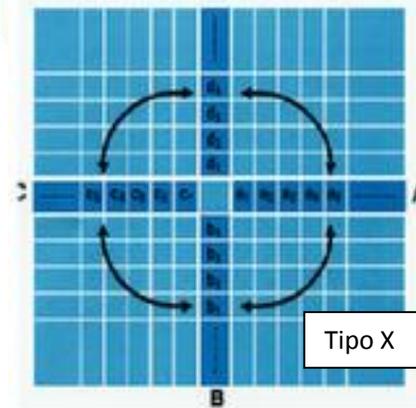
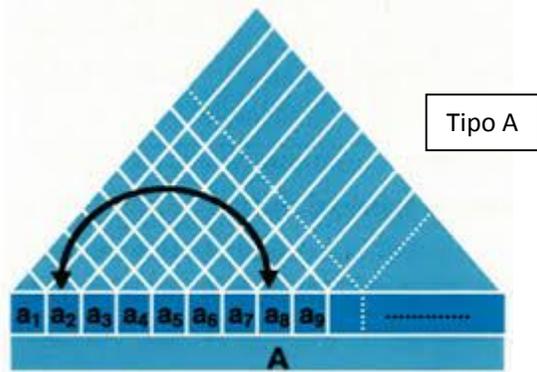
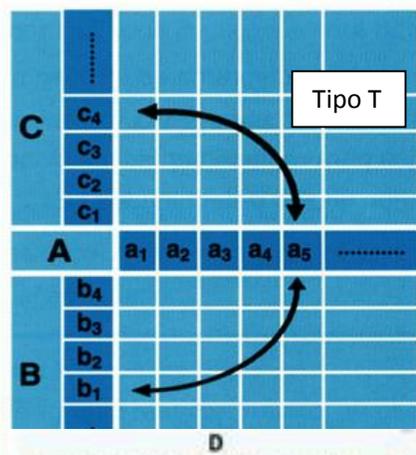
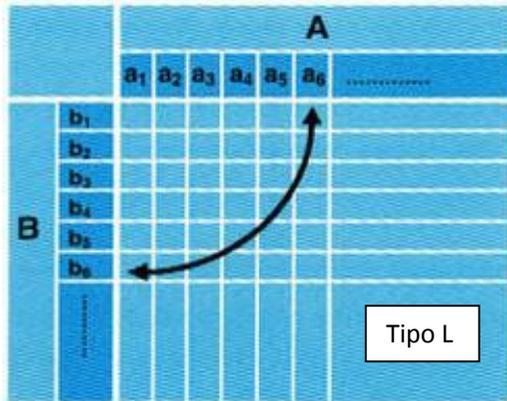
Existen diferentes tipos identificados con letras según se asemejen en su conformación. En la siguiente página se muestran los tipos básicos.

Ejemplo.

		"Características alimento"						
		Peso de la porción	% nutriente requerido	Tiempo de preparación	% hidratos de carbono	Coste de ingredientes	N° de platos requeridos	N° de ingredientes
		Relación fuerte: ● (3)						
		Relación Moderada: ○ (2)						
		Relación débil: Δ (1)						
"Expectativas clientes"	Sacia el apetito	●	Δ		○			
	Es nutritivo	Δ	●		Δ	○		
	Tiene buen gusto		Δ	Δ	●	○		
	Sencillo de preparar			●	Δ	Δ	○	
	Sencillo de limpiar			Δ			●	○
	Es barato	Δ	Δ		Δ	●		
	No produce excesiva basura			○			○	●
			5	6	7	8	8	5

Fuente: <http://es.slideshare.net/elmundodelacalidad/herramientas-de-calidad>

Tipos diagramas matriciales²⁶



²⁶ Para mayor detalle puede consultar la dirección <http://www.taller.4.mezing.cl/?p=68>
PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

6. Matriz de análisis de datos

La matriz de análisis de datos ordena una gran cantidad de información en forma fácil de visualizar y conceptualizar. La relación entre dos variables se observa con el dato de la intercepción de la fila y columna correspondiente.

En algunos casos no es fácil determinar el grado de relación por ausencia de datos, entonces se utiliza un peso porcentual para cuantificar la importancia de la misma.

7. Técnica de los cinco porqués

Se trata de efectuar preguntas sucesivas de porqué ocurre un hecho hasta llegar a cinco interacciones o bien a no tener respuesta a una subcausa detectada. La intención de profundizar en el porqué de cada respuesta es alcanzar la causa disparadora de una cadena de eventos.

Para aplicar correctamente la técnica de los cinco porqués se ejecutan los siguientes pasos:

- Definir el problema a solucionar o aquel aspecto a mejorar.
- Empezar la serie sucesiva de preguntas “¿por qué?”, cómo “¿Por qué ha surgido este problema?”, de tal forma que a cada respuesta que se da se le pregunta de nuevo ¿porqué ocurre?
- El cinco es un número simbólico de tal forma de que el ejercicio termina cuando no se puede contestar una de las preguntas, siendo que se llegado a la causa raíz del problema.

Ejemplo:

Una máquina se ha averiado por lo que se inicia la aplicación preguntado “¿Por qué se ha parado la máquina?” La respuesta obtenida es “Porque saltó el fusible debido a una sobrecarga”.

Entonces se pregunta “¿Por qué hubo una sobrecarga?” y la respuesta fue “Por una lubricación inadecuada de los cojinetes”.

Se pregunta ahora “¿Por qué la lubricación era inadecuada?” y se dice que “La bomba de lubricación no funcionaba bien”.

Cabe ahora preguntar “¿Por qué no funcionaba bien la bomba de lubricación?”

Al recibir la respuesta de que “El eje de la bomba estaba gastado.”, surge la pregunta “¿Por qué el eje de la bomba estaba gastado?” Recibiendo como opción “que le había entrado suciedad dentro”.

Por tanto la causa raíz es: Suciedad en el eje de la bomba.

8. Ejercicios

- 1) Para cada una de las siguientes situaciones establezca la herramienta administrativa que usted recomienda utilizar:

Situación 1

Un fabricante de productos de papel lleva a cabo una reunión fuera de las instalaciones para planear el nuevo programa de protección al ambiente.

Situación 2

Un fabricante de productos químicos tiene problemas de baja asistencia a las reuniones de seguridad. El comité de seguridad emplea una herramienta para desarrollar acciones específicas a realizar para alcanzar un desempeño más elevado.

Situación 3

Un gerente de recursos humanos enfrenta la implantación de un nuevo programa de beneficios. Deberá identificar y abarcar todos los impactos que este nuevo sistema tendrá sobre las operaciones normales.

Situación 4

Una empresa de manufactura planea adquirir un paquete de software para llevar a cabo el control estadístico en el proceso de varias líneas de fabricación. Se utiliza una herramienta para comparar las características de diversos paquetes de control estadístico contra ciertos criterios determinados con anticipación.

Herramienta/Situación	Sit. 1	Sit. 2	Sit. 3	Sit. 4
Diagrama de afinidad				
Diagrama de relaciones				
Diagrama sistemático o de árbol de decisiones				
Diagrama matricial				
Técnica de los cinco porqués				

- 2) Aplique la técnica de los cinco porqués a la no conformidad de “Análisis de causas insuficiente en el laboratorio”.

8

ELABORACIÓN DE PLANES DE ACCIÓN

1. Consideraciones generales

Una vez determinada la causa raíz a atender en el proceso de mejora se inicia la etapa de definir las actividades a ejecutar para lograr un cambio. Para este desarrollo, de nuevo, conviene el abordaje a través de un equipo interdisciplinario que permita la generación de ideas de mejora (puede usarse las técnicas vistas en el capítulo 4).

Este proceso es de vital importancia en el tanto la selección adecuada de acciones es el otro 50% del éxito (el primero es determinar qué es lo que se va a atacar).

En algunas ocasiones la acción de mejora puede ser una sola actividad o bien puede conformarse como un proyecto, por lo que las herramientas a utilizar deben seleccionarse según esa complejidad en la ejecución.

En este capítulo se plasman algunas herramientas para abordar esta fase.

2. 5W y 1H

Esta técnica consiste en establecer para cada actividad a desarrollar una matriz que integre la información de:

- Qué se va a hacer?
- Quién lo va a hacer?
- Dónde lo va a hacer?
- Cuándo lo va a hacer?

-Porqué se va a hacer?

-Cómo lo va a hacer? (¿con qué recursos?)

La técnica se conoce por este nombre debido a que en el idioma inglés estas preguntas corresponde a: What, Who, Where, When, Why and How.

Esta herramienta garantiza una revisión específica sobre la implementación de acciones, por lo que es una ayuda importante en la planificación.

3. Diagrama de flechas o de red

Se utiliza para programar las actividades requeridas para lograr una meta compleja, controlando la ejecución de cada una de las acciones. Permite determinar el tiempo de ejecución de un proyecto, identificando las actividades críticas para llegar a término. Indica el orden en que deben ser ejecutadas las actividades del proyecto, mediante una representación de red.

Se fundamenta en la aplicación de la metodología del camino crítico, siendo una simplificación de la herramienta de planificación PERT (Program Evaluation and Review Technique), que fue desarrollada por la Marina de los Estados Unidos para apoyar el proyecto del submarino nuclear Polaris.

Para su elaboración se debe primero identificar las actividades que conformarán el proyecto a planificar. Las actividades se enlistan y se inicia su ordenación preguntándose si hay actividades simultáneas así como qué actividad sucede a la inicial y a cada una de las acciones. Estas relaciones de dependencia se anotan en el cuadro de información junto a la determinación de un tiempo realista para su ejecución.

Este método es similar al CPM (Critical Path Method) por el uso de redes de actividades en las que las flechas representan las actividades que nacen y concluyen en nodos (representados por círculos) numerados consecutivamente. Sobre la flecha se coloca una letra que identifica a la actividad y bajo ella el tiempo necesario para ejecutar la acción.

Para calcular el tiempo total del proyecto se suman los tiempos parciales de la ruta más larga, siendo esta la ruta crítica (de la que depende la duración total

del proceso) siendo estas las actividades que deben ser muy controladas para que no se generen atrasos en alcanzar el resultado final.

Ejemplo:

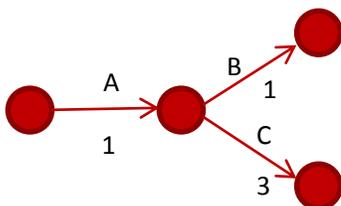
A continuación se presenta un resumen de las actividades que requiere un proyecto para completarse. El tiempo de duración de cada actividad en semanas es fijo.

Actividad	Descripción	Tiempo de ejecución	Actividad predecesora
A	Cotización de equipo	1	
B	Emisión de orden de compra	1	A
C	Elaboración plano de cambios físicos	3	A
D	Contratación de adecuación de área	2	C
E	Importación del equipo	4	B
F	Ejecución de obra	2	D
G	Instalación del equipo	1	E,F
H	Entrenamiento del personal	2	G

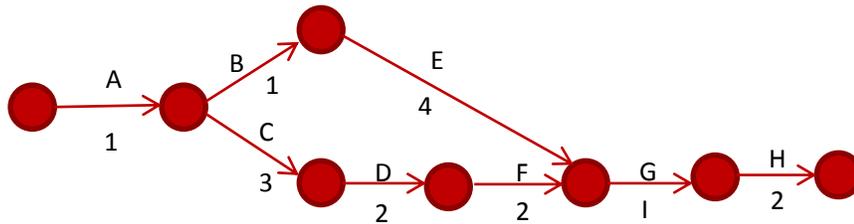
Se inicia la diagramación colocando el nodo inicial y la flecha que representa la actividad que no posee predecesoras. Sobre la flecha se coloca la letra de identificación y bajo ella el tiempo de duración.



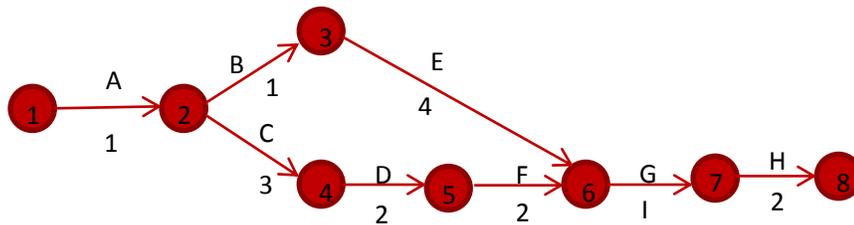
Se genera la pregunta, ¿quién tiene como predecesora a A? La respuesta sería las actividades B y C, por ello las flechas que representan a estas dos actividades nacen del mismo nodo, tal y como se muestra a continuación. Igual se pone la letra y duración de cada actividad.



Se hace la pregunta: Quién tiene como predecesora a B? Procediendo a graficar la actividad E. Y así sucesivamente se consulta sobre cada actividad que se incorpora al gráfico. Es usual que se corrijan los trazos de las flechas para conectar los nodos adecuados. La distribución espacial sobre la hoja de trabajo depende del actor del gráfico. El dibujo base puede ser el siguiente.



Se procede entonces a numerar los nodos en forma consecutiva.



Se suman los tiempos de cada rama para determinar el tiempo total, recordando considerar el mayor cuando dos flechas llegan a un mismo nodo. A saber:

$$\text{Ruta: A,B,E} = 1+1+4 = 6$$

Ruta: A,C,D,F = $1+3+2+2 = 8$ Como este valor es mayor se tiene que este conjunto de actividades sería parte de la ruta crítica

Para completar la ruta se toma el valor más alto de los calculados y se continua la sumatoria.

$$\text{Ruta final: Calculo mayor,G,H} = 8+1+2 = 11$$

El tiempo total del proyecto es 11 semanas y la ruta crítica estaría conformado por las actividades A,C,D,F,G y H.

4. CPM

La primera parte del proceso es igual a la generación de un diagrama de flechas, adicionando que sobre cada nodo se colocan dos números separados por un “/”. El primero es el tiempo más temprano de inicio de la actividad y el segundo es el tiempo más tardío de inicio. Para el nodo inicial ambos valores serán cero.

El tiempo más temprano de ejecución de la actividad se obtiene al sumar el acumulado anterior de tiempo mínimo más el tiempo de la actividad. Si varias actividades llegan a un mismo punto, el valor del tiempo mínimo a colocar en el nodo será el más alto de los cálculos de las distintas acciones. Esta parte se construye de derecha a izquierda.

El otro dato a colocar sobre el nodo (el tiempo más tardío de empezar la actividad) se calcula restando del tiempo máximo del nodo anterior el de la actividad en sí. El cálculo del último nodo se coloca también como tiempo mínimo. Si de una actividad se derivan varias acciones, el valor a colocar en el nodo como tiempo máximo es el más pequeño de los cálculos correspondientes a las diversas acciones arribantes.

Las actividades críticas se identifican porque sus nodos inicial y final tienen igual valor para el tiempo mínimo como para el tiempo máximo. Para mejorar la visión gráfica, las flechas que representan estas actividades se cambian de color o se les traza una doble línea.

Para las otras actividades, el tiempo de holgura es la diferencia entre el tiempo más tardío de inicio y el más temprano. Consecuentemente, las actividades de la ruta crítica no tienen holgura.

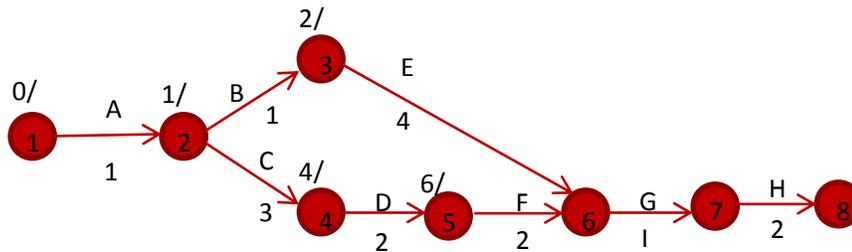
Ejemplo.

Dando continuidad a la gráfica de flechas elaborada en el ejemplo anterior, se procede a colocar sobre cada nodo los tiempos más tempranos de atención. Al primer nodo se le asigna un valor de 0 para iniciar el cálculo y se va barriendo los tiempos de derecha a izquierda. Sumando al acumulado anterior el tiempo de duración de cada actividad. Veamos:

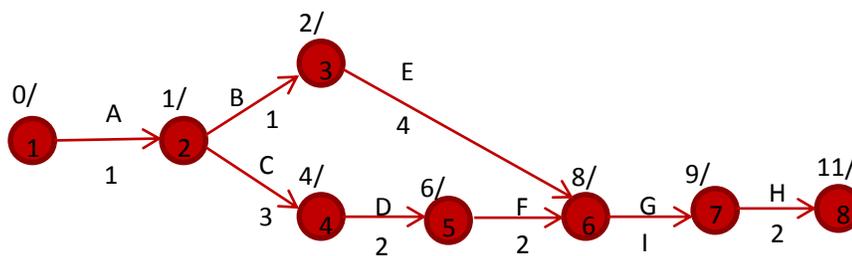
Sobre el nodo 2, se coloca el valor acumulado del nodo 1 más el tiempo de la actividad A, a saber: $0+1 = 1$

Sobre el nodo 3, se colocaría el resultado del acumulado del nodo 2 más la actividad B, a saber: $1+1 = 2$

El gráfico muestra los resultados de tiempo temprano de inicio para los nodos hasta el 5.

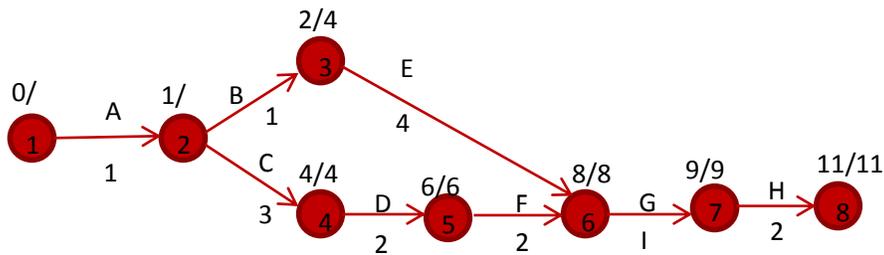


Para el nodo 6 se presenta la convergencia de dos ramas, la que viene por la actividad E que llevaría un cálculo de $2+4=6$ y por la actividad F se tiene $6+2=8$. Entonces se selecciona el mayor y se continúa con los cálculos de la ruta final, hasta llegar al nodo 8.



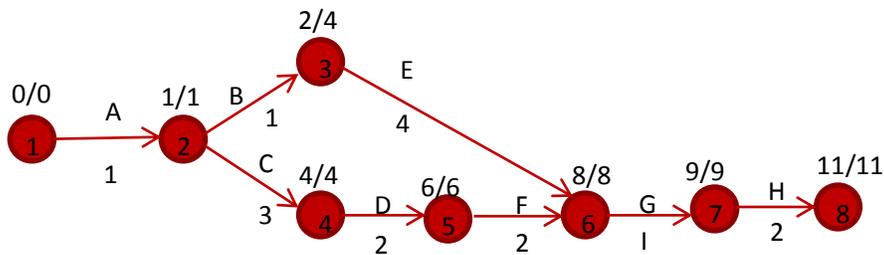
Ahora se procede al cálculo de los tiempos tardíos de inicio, que se desarrollan restando al acumulado del nodo anterior el tiempo de la actividad. El último nodo se le asigna un tiempo tardío igual al tiempo temprano de término (en este caso 11).

En el nodo 7 se tendría entonces el valor resultante de $11-2 = 9$ y así sucesivamente, llegando a:

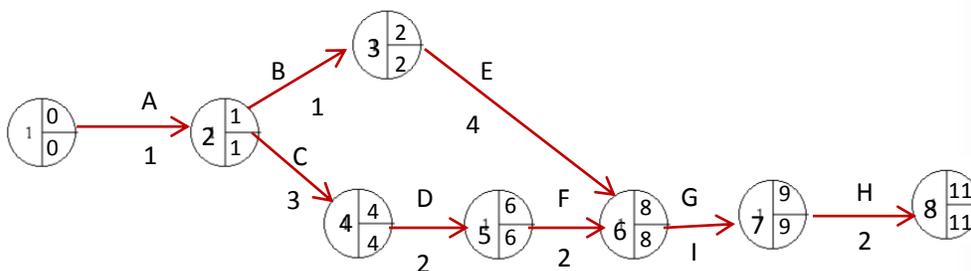


Cuando dos flechas salen del mismo nodo debe colocarse como tiempo más tardío de inicio el correspondiente al menor valor. En este caso:

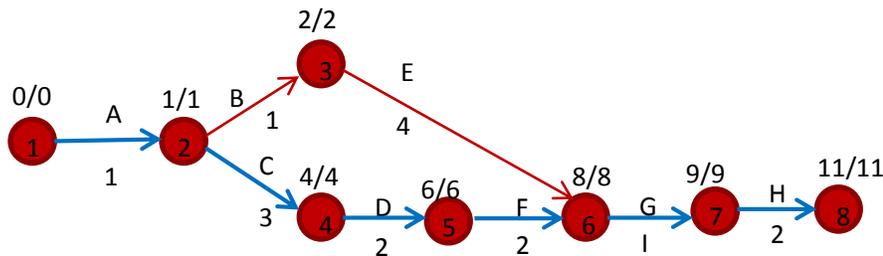
Por el nodo 3 se tiene $4-1=3$ pero por nodo 4 la resta a efectuar sería $4-3=1$, por lo que se pondrá en el nodo 2 el 1. El proceso termina en el nodo 1 con un valor de 0.



La gráfica también puede dibujarse con el nodo partido en tres sectores, con la intención de incorporar en él los valores de tiempo temprano y tardío de inicio, por lo que la gráfico puede presentarse también como:



La ruta crítica queda conformada por aquellas actividades que se encuentran entre nodos cuyos tiempo temprano de inicio y el tiempo tardío de inicio tienen el mismo valor. En este caso, serían las actividades A,C,D,F,G y H por lo que se le cambia el color o se hace doble línea sobre esas acciones.



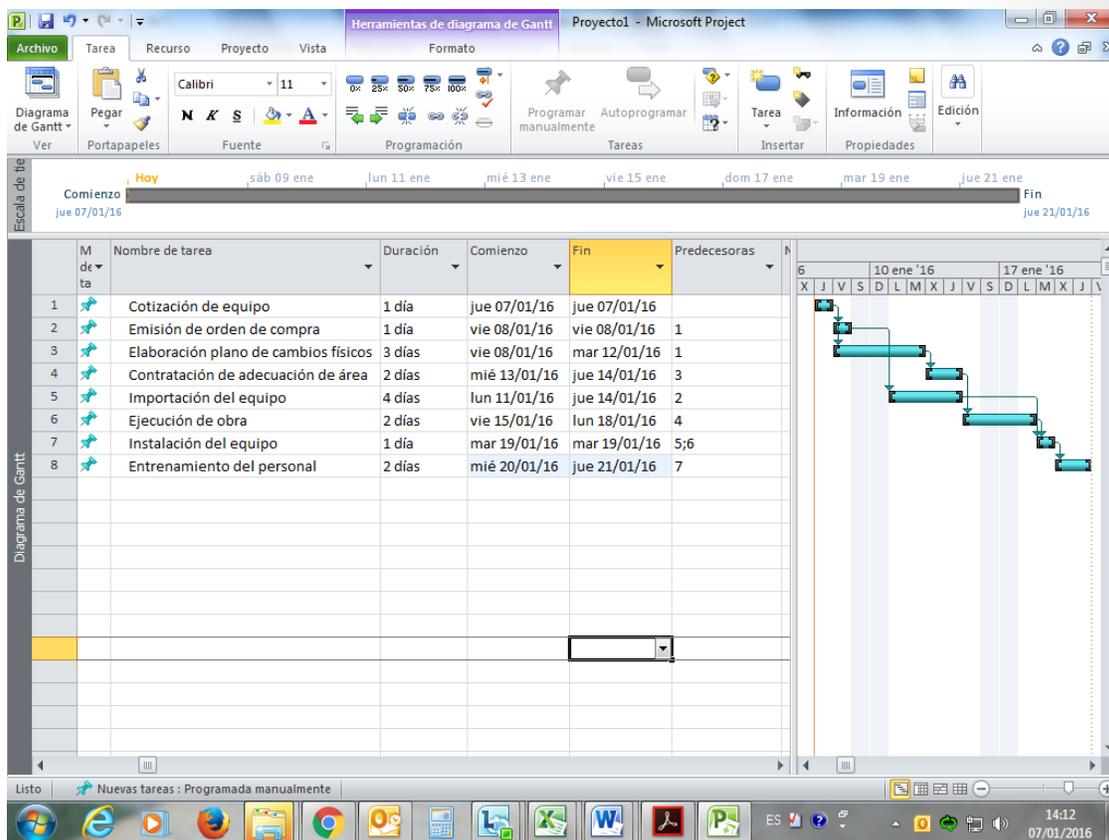
5. Cronograma

El cronograma consiste en un diagrama de barras que muestra las actividades a desarrollar para un proyecto siguiendo la secuencia de las mismas y la duración de cada una, cuenta así con una escala de tiempo en la parte superior.

Para generar este gráfico se cuenta con herramientas informáticas como Project, donde primero se enlistan las actividades con sus tiempos estimados, directamente en la pantalla de inicio de la aplicación. Siguiendo con el ejemplo que venimos desarrollando, se tendría:

M de ta	Nombre de tarea	Duración
1	Cotización de equipo	1 día
2	Emisión de orden de compra	1 día
3	Elaboración plano de cambios físicos	3 días
4	Contratación de adecuación de área	2 días
5	Importación del equipo	4 días
6	Ejecución de obra	2 días
7	Instalación del equipo	1 día
8	Entrenamiento del personal	2 días

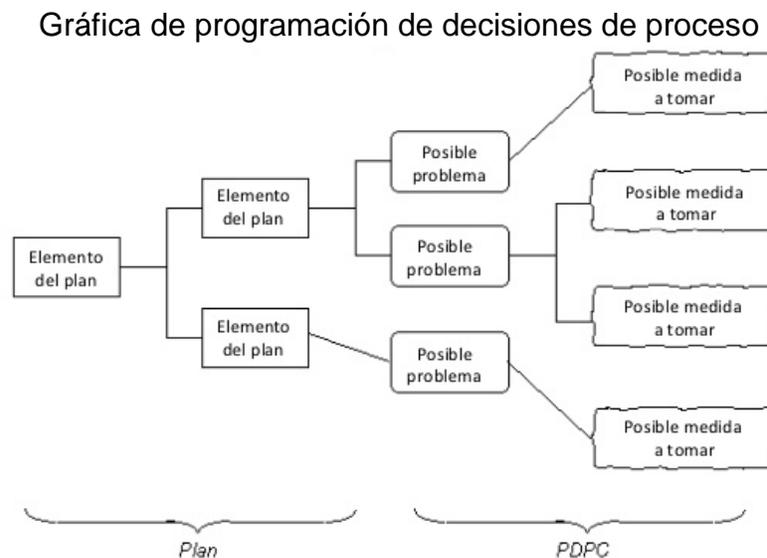
Las relaciones se integran en la columna de predecesoras, y al introducirlas el Project define la fecha de inicio y de finalización de cada actividad, asumiendo en este caso la fecha de la digitación como la de inicio y graficando en forma inmediata las barras en la escala de tiempo, como se observa a continuación:



El Project permite diferentes criterios de secuencia, también se puede cambiar la fecha de inicio del cronograma, cambiar la escala de la barra de tiempo y otros detalles. Es una herramienta muy importante para dar el seguimiento de avance, reprogramar las actividades aún no terminadas a partir de cierta fecha y muchas herramientas adicionales.

6. Gráfica de programación de decisiones de proceso

También llamado diagrama de contingencia. Esta herramienta se utiliza para buscar soluciones a los problemas que pueden surgir en el desarrollo de una actividad, ayuda a anticipar problemas y preparar actividades que lo contrarresten, siendo así un instrumento para la creación de planes de contingencia. El gráfico utiliza flechas para establecer los caminos de acción alternativos ante las situaciones descritas en el ciclo anterior, bajo el esquema siguiente.



Fuente: <http://es.slideshare.net/QAco/evidencia-digital-25968096>

7. Ejercicios

- a) Emita el diagrama de red y el cronograma correspondiente a la situación descrita en el siguiente cuadro:

Identificador	Actividad	Tiempo (días)	Predecesor
A	Compra de material de referencia	3	
B	Preparación del espacio físico del laboratorio para prueba de validación	1	
C	Selección de los técnicos a someter a prueba	0.5	
D	Preparación de la muestra	2	B,C
E	Verificación de los equipos y de sus condiciones metrológicas	2	B
F	Registro de condiciones ambientales	0.1	E
G	Desarrollo repetitivo del ensayo, técnico 1	1.5	E,A,D,F
H	Desarrollo repetitivo del ensayo, técnico 2	1.5	G
I	Análisis estadístico de los resultados	3	G,H
J	Testificación de la aplicación del método	3	E,A,D,F
K	Comparación de resultados estadísticos contra criterios de norma	0.5	I,J
L	Elaboración de informe de validación	2	K

- b) Elabore un plan básico de acciones, bajo la técnica de 5W y 1H para atacar la no conformidad de “Análisis de causas insuficiente en el laboratorio”, considerando que la causa raíz es una aplicación inadecuada de las técnicas de determinación de causas.

9

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE EFICACIA DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS

1. Seguimiento y cierre

La INTE-ISO/IEC 17025, así como otras normas de gestión, solicita tácitamente dar seguimiento a las acciones tomadas (apartado 4.11.4). Este seguimiento busca verificar que las actividades se van desarrollando dentro del tiempo previsto para ello y los cambios se van implementando.

Si bien la norma no establece la condición de oportunidad de las acciones (salvo para las derivadas de auditorías internas o del ECA), es razonable esperar que éstas sean atendidas rápidamente y que se inicie la gestión de mejora a la mayor brevedad, sobre todo cuando se tiene riesgo de generar resultados inadecuados.

El laboratorio deberá determinar quién y cada cuánto debe efectuar el seguimiento de las acciones, así como los canales de comunicación necesarios para garantizar que las acciones correctivas (y también las preventivas) se ejecuten en forma satisfactoria.

Se conceptualiza el cierre de una acción cuando las actividades planeadas han concluido. Es necesario que se documenten los cambios resultantes de las acciones correctivas (según solicitud expresa de la norma).

Un mecanismo de seguimiento obligante para el laboratorio en este tema debe tratarse en la ejecución anual de revisión por la dirección, según establece el apartado 4.15.1 de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

2. Evaluación de eficacia

La INTE-ISO/IEC 17025, así como otras normas de gestión, también establece la necesidad de evaluar la eficacia de las acciones tomadas y en forma no tan clara también plantea el tema para las acciones preventivas.

Eficacia es un término que corresponde a “la capacidad de alcanzar el efecto que espera o se desea tras la realización de una acción”. Así es que se refiere al logro de los objetivos planteados. No debe confundirse con el concepto de eficiencia, que tiene que ver con la adecuada forma de utilizar los recursos para ese logro.

Evaluar la eficacia es entonces medir que se alcanzó lo esperado, no solo si se efectuó la actividad en sí sino si el problema que se ataca con una acción correctiva ha sido solucionado, es decir si la causa raíz ha sido erradicada.

No existe una herramienta específica para evaluar la eficacia de las acciones tomadas, por tanto lo que se efectúa típicamente es verificar que el proceso de análisis de causa raíz haya sido el correcto, desde el punto de vista metodológico, que fuera bien aplicado, razonable, analítico, responsable, que luego se hayan definido las actividades a desarrollar con base a la causa raíz determinada y su impacto. Si este proceso se lleva a cabo de manera responsable, analítica y debidamente estructurado y documentado, es razonable que la eficacia se alcance.

El tema de la verificación de la eficacia de las acciones es un tema muy importante y muy descuidado en las organizaciones, este debe tratarse con mucha ética, responsabilidad y conciencia, pues debe determinarse que no se ha repetido el problema en el tiempo posterior a la implementación.

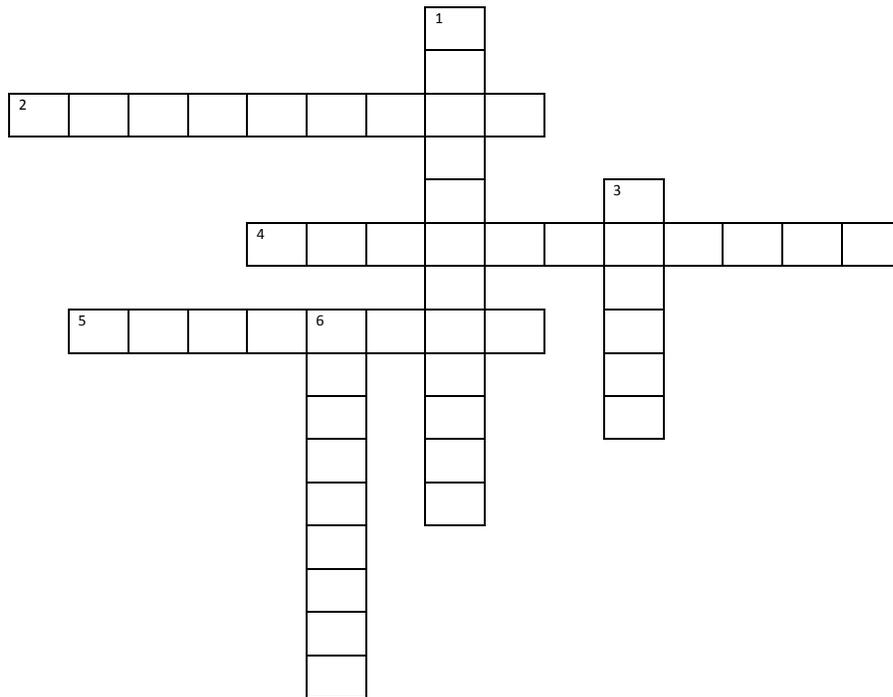
El mecanismo ideal para esta evaluación es un proceso de auditoría de gestión sobre el tema específico, de tal manera que se tomaría una muestra del tema a revisar y dejar registro de la muestra tomada y de los resultados alcanzados, es decir la conformidad de lo revisado contra lo normado o procedimentado.

Esta revisión no debe hacerse inmediatamente concluida la aplicación de las acciones sino dejar un periodo de tiempo para que las medidas tomadas se

consoliden, algunos expertos recomiendan no menos de tres meses para su aplicación.

3. Ejercicios

- a) Determine un plan de evaluación que usted aplicaría para determinar la eficacia de la acción correctiva planteada en el ejercicio b del capítulo 8.
- b) Complete el siguiente crucigrama:



- 1) Velocidad En el inicio de las actividades de mejora a establecidos para una acción correctiva.
- 2) Entidad que debe dar seguimiento al tema de acciones correctivas en su ejercicio anual de revisión.
- 3) Momento en que todas las actividades definidas para una acción correctiva están concluidas
- 4) Verificación del avance de las actividades
- 5) Capacidad de alcanzar los efectos deseados luego de ejecutar una acción
- 6) Mecanismo ideal para evaluar la eficacia de las acciones

10

TRATAMIENTO DE NO

CONFORMIDADES DERIVADAS DE EVALUACIONES DEL ECA

1. Proceso de evaluación

Para obtener la acreditación y para mantenerla, el laboratorio se verá sometido a evaluaciones por parte del Ente Costarricense de Acreditación (ECA), estas evaluaciones constan de una auditoría documental y una auditoría in situ basados en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 e incluirá desde la testificación de los ensayos o calibraciones declaradas en el alcance de la solicitud o de la acreditación ya otorgada hasta la verificación del cumplimiento de las políticas y del compromiso de acreditación.

Tal proceso es efectuado por un equipo de evaluadores seleccionados por el organismo y sometidos a aprobación al laboratorio (denominado en el proceso como OEC por las siglas de Organismos de Evaluación de la Conformidad). En este momento, el laboratorio podría objetar la designación de algún miembro del equipo por razones de afectación a la imparcialidad.

Los miembros del cuerpo de evaluadores del ECA (CEE) han sido sometidos a un proceso de selección que incluye desde pruebas psicométricas hasta exámenes sobre dominio de la norma, además de analizar los requisitos establecidos en experiencia y educación formal, que se declaran en el ECA-MC-P21. Luego de seleccionados deberán pasar por un proceso formativo particular y participar en evaluaciones en condición de observadores y evaluadores en formación, antes de poder tener la categoría de evaluador.

Existen tres categorías fundamentales de miembros en los equipos de evaluación, a saber: el evaluador líder, el o los evaluadores y el o los expertos técnicos, dependiendo de los ensayos o calibraciones que son sometidos a análisis. Los expertos técnicos son especialistas en las pruebas específicas que la testificarán y aportarán criterios específicos de la materia para valorar todos los requisitos técnicos de la norma.

Es la unidad de Logística la que se encarga de solicitar la documentación al laboratorio para la revisión documental y coordina con él y con los miembros del equipo evaluador las fechas de la visita in situ. Todo flujo de comunicación entre el ECA y el OEC, se hace a través de esta dependencia.

En las evaluaciones iniciales y de reevaluación (que se efectúa cada cuatro años) se somete a revisión todos los apartados de la norma, mientras que en las de seguimiento se van revisando aspectos diferentes a través de tres años, tal y como define el procedimiento ECA-MP-P10. En todos los casos se verifica el cumplimiento de las políticas y procedimientos del ECA vinculantes al laboratorio así como del compromiso de acreditación firmado por el OEC, también se evalúan todos los años los apartados 4.8, 4.9, 4.11, 4.14 y 4.15 de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

El laboratorio ha de remitir un conjunto de procedimientos y registros previamente establecidos. Esta documentación se publica solo al equipo evaluador en la plataforma web del ECA con un mes de antelación a la posible fecha de la evaluación in situ. Los miembros del equipo inician así la lectura y podrían solicitar al ECA pedir documentación adicional para cumplir el estudio. Cada miembro del equipo debe emitir un documento denominado “notas digitales” que son parte del expediente de la evaluación en sí, donde se consigna la evidencia de que el OEC cumple los requisitos de la norma y la evidencia de los incumplimientos, en esta fase, cada miembro del equipo, evaluador establece las líneas de investigación por apartado que consultara durante la evaluación in situ.

Diez días hábiles previos a la fecha negociada para el inicio de la visita in situ, el equipo evaluador deberá emitir un informe de evaluación documental que registra las no conformidades y observaciones detectadas en la lectura y estudio de la documentación aportada por el OEC, envía las notas digitales de cada

participante y emite el plan de evaluación. Típicamente, se detectan errores de consistencia entre documentos, errores de generación de los mismos, inconsistencias con las normas base o errores en la validación y cálculo de incertidumbre asociados. Puede ocurrir que cierta evidencia no se considere no conformidad de previo sino que se delimite como aspectos a ratificar o consultar durante la evaluación in situ.

Se debe recordar que las no conformidades derivadas de una evaluación del ECA se clasifican en menores o mayores, bajo el siguiente criterio:

Tipo	Criterio
Mayor	<p>No conformidades que por su naturaleza imposibilita al ECA otorgar la acreditación o ampliar el alcance de acreditación, hasta que sean resueltas, o en caso de OEC acreditados implica una gestión de la no conformidad de manera expedita, según los plazos establecidos en este procedimiento, porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Cuestionan los resultados de la actividad acreditada o en proceso de acreditación. <input type="checkbox"/> Son resultado de una falta de competencia por parte del OEC en la realización de las actividades acreditadas o en proceso de acreditación. <input type="checkbox"/> Ponen de manifiesto un incumplimiento de los requisitos de gestión, estructura y administrativos que soportan: <ul style="list-style-type: none"> – las actividades técnicas acreditadas o en proceso de acreditación o la imparcialidad del OEC. –el o los mecanismo(s) para cubrir las responsabilidades derivadas de sus operaciones. <input type="checkbox"/> Evidencian la falta de atención de las no conformidades de evaluaciones anteriores del ECA, recurrencia de las mismas o las acciones implementadas por el OEC no demuestran ser eficaces. <input type="checkbox"/> No conformidades relacionadas con los requisitos técnicos, de recursos y/o de las normas aplicables relacionadas con las actividades acreditadas o en proceso de acreditación.
Menor	<p>No conformidad que por su naturaleza NO imposibilita al ECA otorgar la acreditación, ampliar el alcance de acreditación o no requiere una gestión expedita por parte de un OEC acreditado, porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No cuestionan la validez y calidad de los resultados de la actividad acreditada o en proceso de acreditación. <input type="checkbox"/> No ponen en duda la consistencia de las actividades acreditadas o en proceso de acreditación.

Fuente: Apartado 8 del procedimiento de evaluación del ECA (ECA-MC-P13)

La evaluación in situ inicia con una reunión de apertura, dirigida por el evaluador líder, donde se presenta al equipo, se ratifica el plan de evaluación y el hecho de que esos procesos son basados en muestras de registros.

Durante esta fase, el equipo evaluador efectúa entrevistas y revisa registros del sistema de gestión del laboratorio para corroborar la aplicación del mismo y el cumplimiento de la norma de referencia. En caso de encontrar desvío, cada miembro va declarando a la persona entrevistada lo hallado y luego se discute en el seno del grupo de evaluadores para determinar si hay no conformidad y definir su categoría.

Cada miembro del equipo va actualizando sus notas digitales con todo lo que observa, tanto los aspectos que confirman el cumplimiento del laboratorio como los aspectos de desvío.

El laboratorio deberá mostrar la subsanación de las no conformidades declarados en el informe documental, caso contrario estas son transferidas al informe final de la evaluación como no conformidad.

Al final del proceso, se efectúa una reunión de cierre donde se presentan las no conformidades y oportunidades de mejora detectadas. En este foro, el laboratorio puede hacer consultar para que quede totalmente clara la redacción del informe e inclusive tiene la posibilidad de declarar una opinión divergente ante una no conformidad declarada. En tales casos, el OEC deberá presentar al ECA la documentación respectiva para que sea la entidad en sí quien resuelva la diferencia de criterios.

Al concluir la reunión de cierre, se procede a imprimir el informe final de la evaluación²⁷ y el informe administrativo²⁸, siendo firmados por el evaluador líder y el representante del laboratorio ante el ECA. El líder tiene dos días hábiles posteriores para entregar al ECA los originales de estos y otros documentos que deberá presentar.

²⁷ Donde se consignan, entre otras cosas, las no conformidades detectadas.

²⁸ En este informe se registran las horas laboradas por cada miembro del equipo evaluador y otros datos de esta naturaleza.

2. Tratamiento de las no conformidades

El laboratorio deberá tratar las no conformidades bajo lo determinado en su sistema de gestión de calidad, por tanto debe abrir acciones correctivas a todas las declaraciones del informe final de evaluación.

Conviene abrir acciones preventivas para las oportunidades de mejora declarados en el informe, que plasmen una posibilidad de riesgo al cumplimiento del sistema de gestión a la norma de gestión o políticas del ECA.

El laboratorio deberá enviar a la unidad de Logística del ECA, un plan de tratamiento de las acciones correctivas (PAC) en el término de quince días hábiles posteriores a la reunión de cierre en el formulario ECA-MP-P07-F01, donde se transcribe la no conformidad detectada, el análisis de causas, la valoración de riesgo y las acciones propuestas a efectuar para corregir lo detectado (tanto las correcciones de la evidencia como las que garantizarán que la causa raíz sea erradicada).

Este PAC es remitido al equipo evaluador, quien revisará si el análisis de causas es satisfactorio y si las acciones propuestas están bien dirigidas para resolver las no conformidades. Para esto se tiene un tiempo definido (cinco días hábiles) y el laboratorio deberá considerar dentro de la implementación los resultados de este estudio.

Si el laboratorio lo requiere, puede enviar hasta por dos veces a revisión su propuesta de acciones; sin embargo el tiempo de implementación máximo posible inicia con la entrega por parte del ECA de la primera revisión.

3. Verificación de acciones correctivas

El ECA deberá efectuar la verificación de la ejecución y eficacia de las acciones correctivas planteadas para las no conformidades declaradas en los informes de evaluación y el PAC correspondiente. Ahora bien, el ECA-MP-P07 declara que es responsabilidad del OEC evitar la recurrencia de los hallazgos, por tanto el laboratorio deberá efectuar y demostrar la evaluación de la eficacia de las acciones tomadas.

Para las no conformidades mayores, el ECA solicitará al equipo evaluador que revise la evidencia presentada por el laboratorio de las acciones tomadas, podría inclusive necesitarse visitar de nuevo las instalaciones del OEC para estos fines. El equipo evaluador no podrá emitir nuevas no conformidades en este proceso, solo somete a revisión lo actuado y declara cerrada o no las acciones correctivas en análisis.

El laboratorio tiene un plazo máximo para resolver las acciones correctivas derivadas de no conformidades mayores, que depende del tipo de evaluación donde fueron detectadas. Los plazos establecidos se observan en el cuadro siguiente. El OEC puede solicitar la revisión de cierre antes de ese plazo si concluye la implementación de medidas en menor tiempo.

Tipo de proceso	Plazo (días hábiles)
Evaluación inicial-ampliación	Máximo 120
Evaluación de seguimiento y reevaluaciones	Máximo 65
Evaluaciones extraordinarias	Máximo 65 o el plazo indicado en casos de suspensión

Fuente: Apartado 2.3 del ECA-MP-P07

La revisión de la ejecución de las acciones planteadas para no conformidades menores, se efectuará hasta el siguiente ejercicio de evaluación del ECA.

4. Toma de decisiones en ECA

En el caso de una evaluación inicial, luego de efectuada la verificación de las acciones correctivas del laboratorio se procede a iniciar el trámite de acreditación, pasando el caso a la Secretaria de Laboratorios y siendo revisado en el Comité de Acreditación.

Si todo se encuentra satisfactorio se da la resolución positiva, se notifica al laboratorio para que proceda a firmar el Compromiso de Acreditación, se emite el certificado de acreditación y el alcance del mismo se publica en la página web del ECA.

Para evaluaciones de seguimiento, la documentación del proceso es revisada por la Secretaria de Laboratorios y en caso necesario este organismo inicia un proceso de investigación.

5. Ejercicios

- a. Encuentre en la siguiente sopa las palabras: evaluación, líder, ECA, auditoria, situ, PAC, menor, norma, cierre, alcance, documento y política.

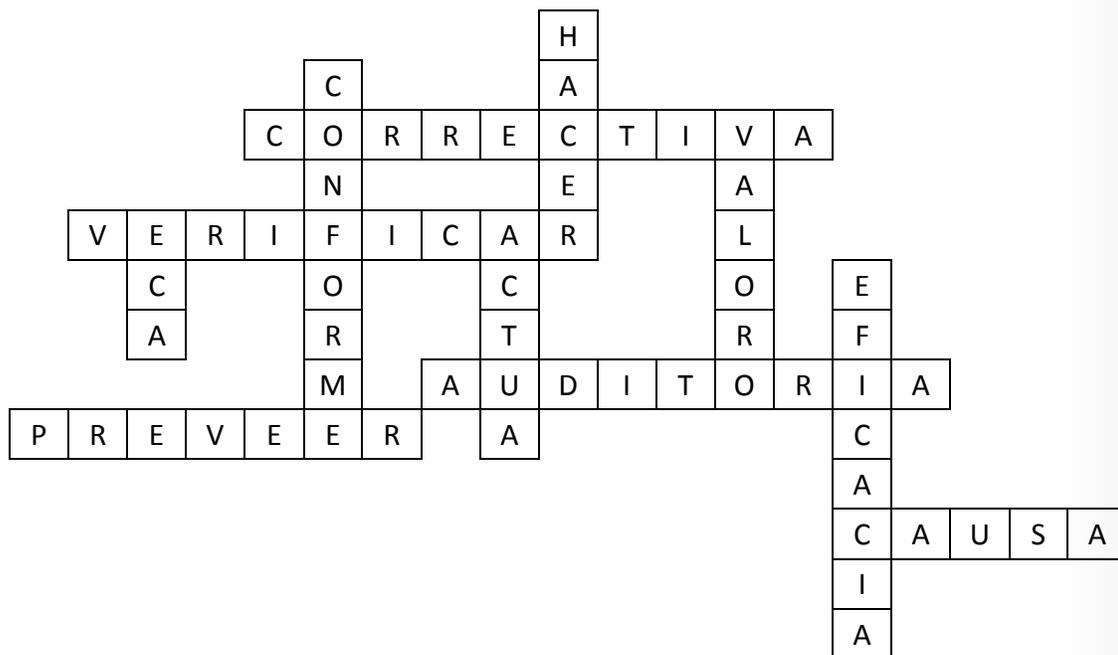
M	E	N	A	C	L	A	S	A	T	U	S
E	C	V	A	L	C	D	I	P	E	T	O
A	N	A	A	U	D	E	T	O	R	I	A
R	A	D	I	L	R	S	I	L	C	S	A
E	C	A	R	A	U	D	I	R	O	A	L
A	L	N	A	N	P	A	P	O	R	I	P
L	A	T	O	E	M	U	C	O	D	E	A
M	E	N	O	R	R	E	D	I	L	A	N
E	M	A	R	T	M	R	A	L	O	P	S
O	N	E	M	U	R	A	I	E	R	N	E
R	O	C	A	R	C	N	A	C	L	A	S
T	I	D	U	A	C	I	T	I	L	O	P

- b. Clasifique en no conformidad mayor o menor los siguientes casos:
- El laboratorio no garantiza la actualización total de sus documentos.
 - El cálculo de incertidumbre de la calibración de esfigmomanómetros no contempla todos los componentes con aportes significativos.
 - El laboratorio no efectúa un análisis adecuado de las causas raíz de sus acciones correctivas ni evalúa la eficacia de sus acciones
 - La validación de método efectuada por el OEC no cumple los requisitos de formato establecidos por el ECA.
 - El laboratorio utiliza servicios de calibración para sus instrumentos críticos que nos están acreditados ante el ECA.
 - Se cuenta con registros de las muestras donde se evidencia el uso de tachones.

11

RESPUESTAS DE EJERCICIOS

1. Capítulo 4



2. Capítulo 5

a)

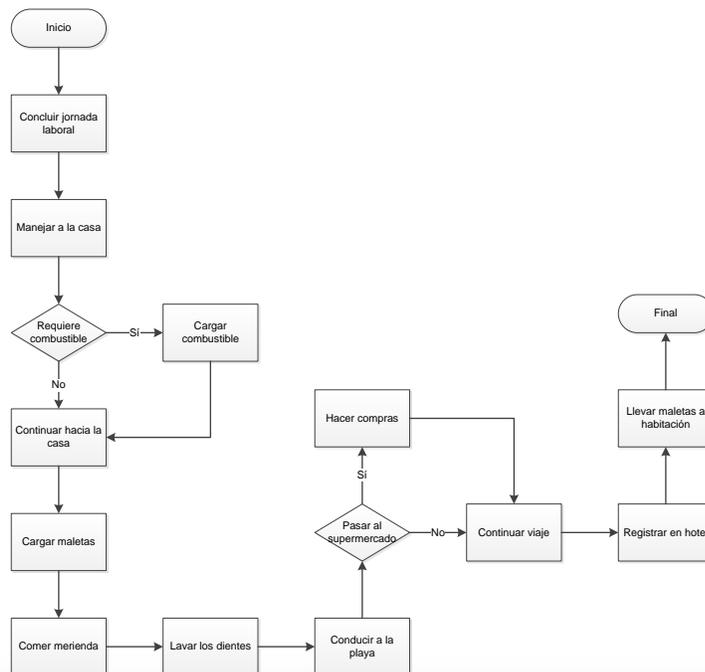
Problema	Puntaje
Falta de adecuados controles de calidad	29
Falta de compromiso de la alta dirección	27
Falta de atención del personal en el llenado	26
Análisis de causas poco profundas	22
Validación de métodos insuficiente	18

b)

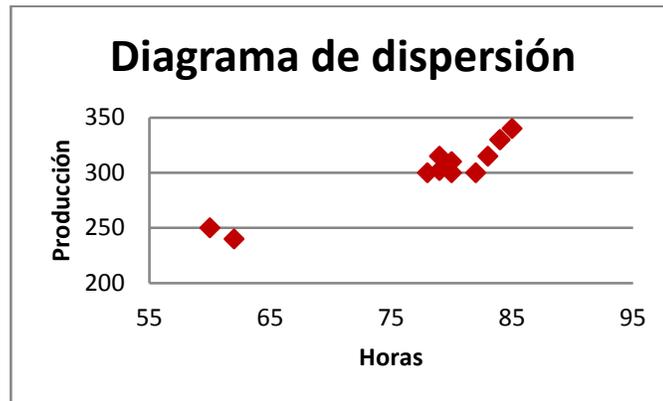
A	G	R	U	P	E	S	T	A	R	J	E	T	A
L	A	N	I	M	O	N	O	R	P	I	D	E	S
L	U	P	E	A	S	L	C	O	N	D	U	C	R
U	P	C	A	R	O	L	A	S	I	E	G	A	E
B	S	A	Z	R	E	U	F	L	M	A	R	D	S
I	A	R	T	E	T	V	U	U	I	G	A	A	T
A	N	I	M	I	T	I	L	P	T	R	N	S	R
D	A	D	I	T	N	A	C	M	A	U	D	L	I
E	R	E	T	R	I	N	G	I	N	P	E	U	N
G	R	A	N	E	T	I	E	M	P	O	M	P	G
U	A	S	E	M	I	T	E	G	R	A	T	M	E
L	E	Z	C	O	N	D	U	C	T	O	R	I	N

3. Capítulo 6

a)



b)



El coeficiente de correlación alcanza un valor de 0,953994158, por tanto la relación entre las variables es muy fuerte y positiva.

c) En la misma ubicación de las gráficas del ejercicio, se tiene:

Fuera de control, por tener puntos cerca del límite superior e inferior

Fuera de control, por tener siete puntos continuos por encima del límite central

Fuera de control, por tener puntos tocando el límite superior

Proceso en control, no presenta tendencias, puntos cerca o fuera del límite ni agrupaciones de puntos continuos en un único lado.

d) Dado que los datos de defecto están dado en porcentaje, se utilizará la gráfica tipo p.

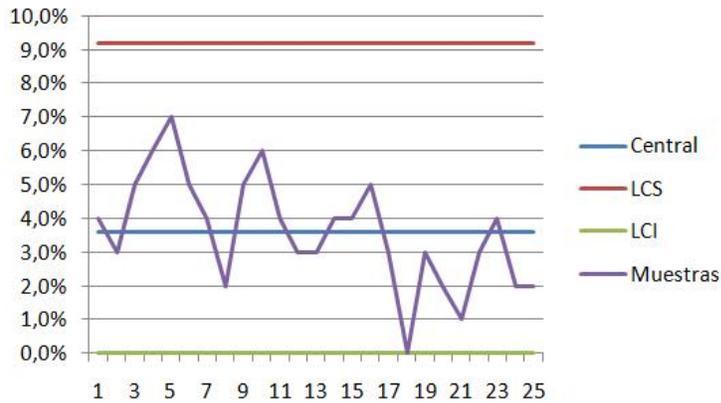
Se procede a calcular el p promedio, sumando todos los valores y dividiéndolo entre 25, para un valor de 3.6%.

Los límites de control extremos vienen dados por

$$LCS = 3.6 + 3 \cdot \sqrt{3.6 \cdot (1-3.6)/100} = 9.2$$

$$LCI = 3.6 - 3 \cdot \sqrt{3.6 \cdot (1-3.6)/100} = -1.99 = 0$$

El gráfico generado es:



4. Capítulo 7

a.

Herramienta/Situación	Sit. 1	Sit. 2	Sit. 3	Sit. 4
Diagrama de afinidad			X	
Diagrama de relaciones				X
Diagrama sistemático o de árbol de decisiones	X			
Diagrama matricial				
Técnica de los cinco porqués			X	

b. No existe una única opción para este análisis, por lo que su planteamiento puede ser diferente al mostrado con carácter ilustrativo:

¿Por qué el análisis de causas del laboratorio es insuficiente?

Porque no hay una dedicación adecuada al análisis

¿Por qué no hay una dedicación adecuada al análisis?

Porque no se da la importancia necesaria al tratamiento de acciones correctivas y preventivas

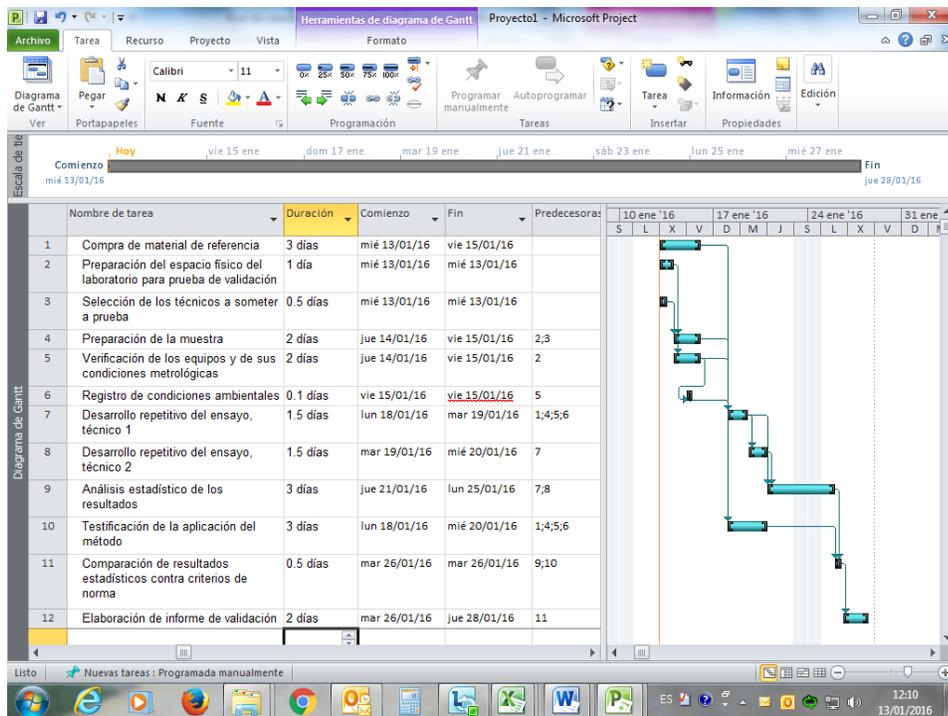
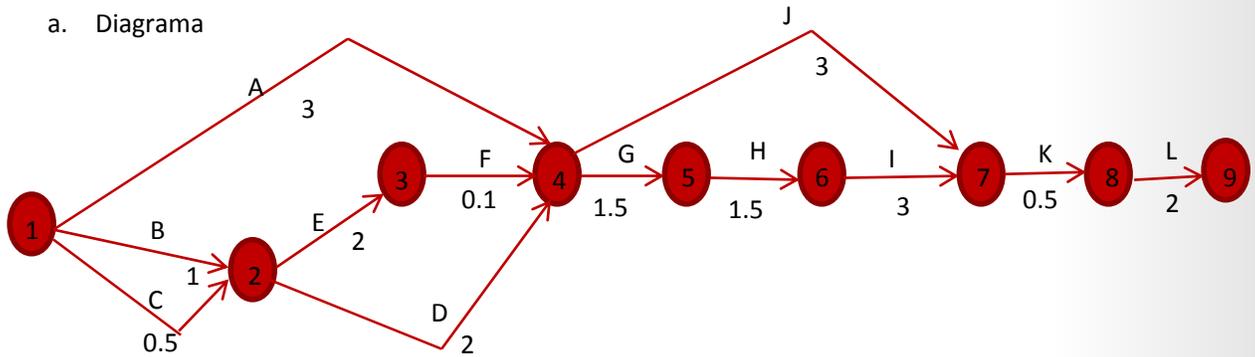
¿Por qué no se da la importancia necesaria al tratamiento de acciones correctivas y preventivas?

Porque la dirección del laboratorio ha indicado que este proceso es solo para cumplir un requisito

¿ Por qué la dirección del laboratorio ha indicado que este proceso es solo para cumplir un requisito?
 Por falta de compromiso real con el sistema de gestión de calidad del laboratorio

5. Capítulo 8

a. Diagrama



- b. Esta no es la única respuesta posible, pues dependerá del detalle de lo desarrollado así como de la secuencia y actividades que hayan sido generadas, lo esperado si es el uso del encuadre de planificación:

Qué hacer	Quién	Dónde	Cuándo	Porqué	Recursos
Búsqueda de fuentes de capacitación en tratamiento de acciones correctivas	Gestor de Calidad	Laboratorio	Del 13/01/16 al 22/01/16	El conocimiento sobre el tema debe ser adquirido en diferentes tipos de fuentes	Computadora, Internet, teléfono
Estudio del tema en fuentes documentales	Gestor de calidad	Laboratorio	18/01/16 al 05/02/16	El proceso de autoaprendizaje es una fuente enriquecedora de mejora	Computadora, Internet, bibliografía
Capacitar a gestor de calidad en análisis de causas	Proveedor de capacitación	Instalaciones del proveedor	01 al 05/02/16	Un taller de análisis dará un mayor dominio del tema	Cuota del curso
Modificar el procedimiento de acciones correctivas	Gestor de calidad	Laboratorio	08 al 12/02/16	El conocimiento debe ser vertido en los documentos para el uso de todos los actores	Computadora, revisores
Capacitar al personal que efectúe análisis de causas	Gestor de calidad	Laboratorio	18/02/16	Explicar al personal el cambio en la documentación y efectuar práctica, incrementa la fijación de la metodología	Papelería, pizarra

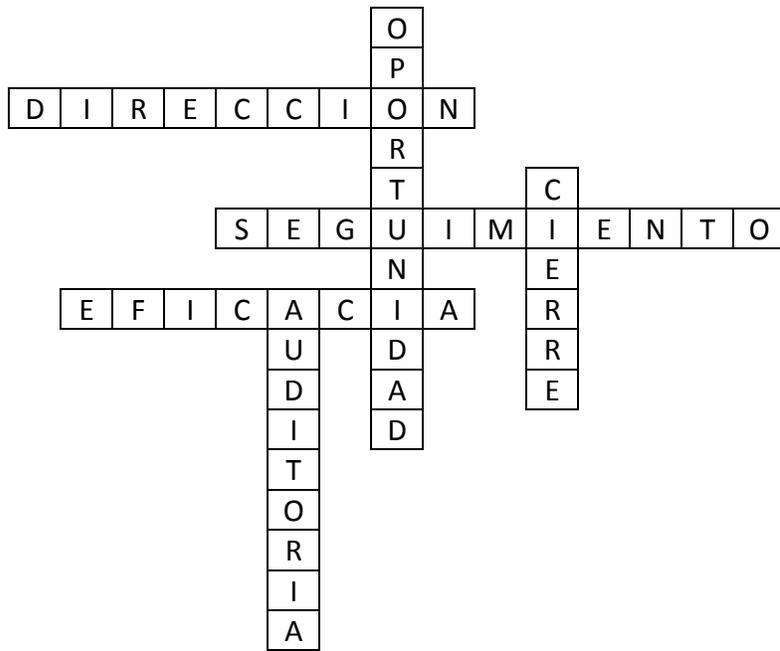
6. Capítulo 9

- a. No existe una única respuesta para este ítem, por lo que se debe analizar lo realizado desde el punto de vista de verificar que el problema no se está repitiendo en el tiempo:

Dentro de las actividades que deberían aparecer en su listado, están:

- Verificar que el análisis de causas de la acción correctiva generada, esté bien enfocado.
- Evaluar si las actividades planteadas en la acción correctiva, erradican la causa o causas raíz identificadas
- Revisar las acciones correctivas abiertas posteriormente al cierre de la acción correctiva y determinar si el análisis de causas en cada una es satisfactorio

- b.



7. Capítulo 10

a.

M	E	N	A	C	L	A	S	A	T	U	S
E	C	V	A	L	C	D	I	P	E	T	O
A	N	A	A	U	D	I	T	O	R	I	A
R	A	D	I	L	R	S	E	L	C	S	A
A	C	E	R	A	U	D	I	R	O	A	L
A	L	N	A	P	P	A	P	O	R	I	P
L	A	T	N	E	M	U	C	O	D	E	A
M	E	N	O	R	R	E	D	I	L	A	N
E	M	A	R	T	M	R	A	L	O	P	S
O	N	E	M	U	R	A	I	E	R	N	E
R	O	C	A	R	C	N	A	C	L	A	S
T	I	D	U	A	C	I	T	I	L	O	P

b. En el mismo orden del presentado en el ejercicio del capítulo, se tiene:

- Menor
- Mayor
- Mayor
- Menor
- Mayor
- Menor

11

BIBLIOGRAFIA

Cantú Delgado- “Desarrollo de una Cultura de Calidad” – McGraw-Hill, México

Guillén M., A. (2003). Antología: Gestión moderna de la calidad. Manuscrito no publicado Costa Rica: Maestría de Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica.

INTE-ISO/IEC 17025:2005. XXXXX- “Requisitos de gestión para laboratorios de ensayo y calibración”- Costa Rica, sss

Juran J.M. et Gryna F.M. (1995). Análisis y planeación de la calidad (tercera edición). México: McGraw-Hill.

Juran, J.M. et Gryna F.M. (1993). Manual de control de calidad (cuarta edición). México: McGraw-Hill.

Leandro Sandí, Catalina - Material curso: Técnicas y herramientas para el mejoramiento - Procame, Universidad Nacional

León Valverde, Olga Marta – Material del curso: Herramientas para la Mejora – Instituto Costarricense de Electricidad, 2013

León Valverde, Olga Marta y otros – Material del curso: norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 requisitos generales para la competencia de los laboratorio de ensayo y de calibración – Instituto Costarricense de Electricidad, 2014

Políticas y procedimientos ECA – www.eca.or.com/documentos – Enero 2016

Procame, Universidad Nacional – Material del tema: Herramientas de análisis: Gráficos de Control