

DOCUMENTO TÉCNICO N° 75

Versión 0.2



Consejo de
Auditoría Interna
General de
Gobierno

Gobierno de Chile

TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y LA GESTIÓN DE LA CALIDAD, PARA SU USO EN LA AUDITORÍA INTERNA Y EN LA GESTIÓN DE RIESGOS

Este Documento Técnico presenta un conjunto de herramientas y técnicas cualitativas y cuantitativas para el control de procesos y la gestión de la calidad, las que tienen por objeto contribuir en el desempeño del trabajo de auditoría interna y del proceso de gestión de riesgos en el Sector Público.

© Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2016.
N° Registro Propiedad Intelectual: A-273601

Julio 2015

MINISTERIO
SECRETARÍA GENERAL
DE LA PRESIDENCIA

CAIGG
Área de Estudios

TABLA DE CONTENIDOS

MATERIAS	PÁGINA
PRESENTACIÓN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Alcance.....	4
1.3 Objetivo Principal.....	4
1.4 Objetivos Secundarios.....	4
1.5 Resultados Esperados.....	5
2. RESUMEN EXPLICATIVO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS PRESENTADAS EN EL DOCUMENTO TÉCNICO.....	6
3. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE PROCESOS Y DE LA CALIDAD	8
3.1 Métodos Cualitativos	8
3.1.1 <i>Tormenta de Ideas</i>	8
3.1.2 <i>Los Cinco Porqués</i>	13
3.1.3 <i>Diagrama Causa - Efecto</i>	16
3.1.4 <i>Lista de Verificación</i>	21
3.1.5 <i>Entrevistas</i>	24
3.1.6 <i>Encuestas</i>	26
3.1.7 <i>Técnica Delphi</i>	30
3.1.8 <i>Diagramas de Flujo</i>	32
3.1.9 <i>Análisis Modal de Fallos y Efectos</i>	37
3.1.10 <i>Diagrama SIPOC</i>	43
3.1.11 <i>Indicadores de Gestión</i>	46
3.1.12 <i>Carta Gantt</i>	49
3.2 Métodos Cuantitativos.....	52
3.2.1 <i>Análisis de Ratios</i>	52
3.2.2 <i>Análisis Costo/Beneficio</i>	57
3.2.3 <i>Análisis Costo/Efectividad</i>	60

3.2.4	<i>Análisis de Regresión y Correlación</i>	63
3.2.5	<i>Series de Tiempo</i>	68
3.2.6	<i>Series de Tiempo Interrumpidas</i>	85
3.2.7	<i>Benchmarking</i>	88
3.2.8	<i>Gráficos de Comportamiento</i>	91
3.2.9	<i>Gráficos de Control</i>	96
3.2.10	<i>Gráficos de Radar</i>	103
3.2.11	<i>Diagrama o Análisis de Pareto</i>	107
3.2.12	<i>Teoría de Colas</i>	111
3.2.13	<i>Análisis de Sensibilidad</i>	125
3.2.14	<i>Análisis de Campo de Fuerzas</i>	133
3.2.15	<i>PERT</i>	136
3.2.16	<i>CPM</i>	153
4.	GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES.....	158
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	161

PRESENTACIÓN

Como una de las iniciativas tendientes al fortalecimiento de la Auditoría Interna considerado en el Programa de Gobierno de S.E. la Presidenta de la República, Michelle Bachelet; el Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, entidad asesora en materias de auditoría interna, control interno, gestión de riesgos y gobernanza, tiene el rol de promover la mejora continua de la función de auditoría interna gubernamental, y entregar recursos a la red de auditores para la generación de competencias y perfeccionamiento técnico de su trabajo, considerando las últimas tendencias de auditoría interna y las mejores prácticas aceptadas a nivel nacional e internacional.

En este ámbito, se pone a disposición de la red de auditores gubernamentales, el Documento Técnico N° 75, denominado “Técnicas y Herramientas para el Control de Procesos y la Gestión de la Calidad, para su uso en la Auditoría Interna y en la Gestión de Riesgos”. Este documento está concebido como una guía para ser aplicada en el desarrollo de sus funciones, principalmente por los profesionales de auditoría interna y los encargados de riesgos en las organizaciones de la Administración del Estado, y producto de ello mejorar su desempeño a través de la utilización de un conjunto de veintiocho (28) herramientas e instrumentos de Control de Procesos y Gestión de la Calidad, tanto de carácter cualitativos como cuantitativas.

En forma complementaria, se han creado una serie de planillas asociadas a las principales herramientas descritas en el documento, que los usuarios podrán bajar del sitio web del CAIGG y utilizarlas para una mejor comprensión del material conceptual.

Santiago, julio 2015.



Daniella Caldana Fulss

Auditora General de Gobierno

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El presente documento técnico entrega un conjunto de veintiocho (28) herramientas y técnicas para el control de procesos y la gestión de la calidad, las que tienen por principal objeto contribuir a fortalecer el desempeño del proceso de auditoría interna y la gestión de riesgos en todas sus etapas y actividades.

1.2 Alcance

Los contenidos de este documento son potencialmente aplicables a una gran diversidad de ámbitos en las organizaciones, especialmente destacan las unidades de auditoría interna y los encargados de gestión de riesgos de las Instituciones del Sector Público.

1.3 Objetivo Principal

Contribuir a mejorar el desempeño en las etapas de los procesos de auditoría interna y de gestión de riesgos en el Sector Público, a través de la utilización de un conjunto de herramientas e instrumentos de Control de Procesos y Gestión de la Calidad.

1.4 Objetivos Secundarios

- ✚ Identificar herramientas para realizar análisis de causas, de utilidad tanto para la auditoría interna como para la gestión de riesgos.
- ✚ Identificar, exponer y explicar herramientas cualitativas y cuantitativas para su aplicación en las diferentes etapas del proceso de auditoría interna, enfatizando en su uso en los procesos de análisis de las causas de los hallazgos encontrados, para asegurar la identificación de acciones que permitan su adecuado tratamiento.
- ✚ Exponer ejemplos prácticos de aplicación de las herramientas descritas en el Sector Público.

1.5 Resultados Esperados

El presente documento pretende ser una guía para mejorar la planificación, ejecución, control, elaboración de informes y seguimiento de las auditorías internas y del proceso de gestión de riesgos, a través de la utilización de herramientas e instrumentos de control de procesos y gestión de la calidad. Los resultados esperados de su utilización se asocian a:

- ✚ La aplicación de las técnicas y herramientas descritas, lo que permitirá mejorar las prácticas para un mejor análisis de causalidad de los hallazgos de auditoría, y en consecuencia contribuir a que se generen recomendaciones que tiendan a disminuir la probabilidad de ocurrencia y recurrencia de éstos.
- ✚ Servir de instrumento guía para la mejora del desempeño de los auditores internos, en las diferentes etapas del proceso de auditoría y de la organización.
- ✚ Servir de instrumento guía para la mejora del desempeño del proceso de gestión de riesgos en el Sector Público.

1.6 Planillas de las Herramientas

En forma complementaria, se han creado una serie de planillas asociadas a las principales herramientas descritas en el documento, que los usuarios podrán bajar del sitio web del CAIGG y utilizarlas para una mejor comprensión del material conceptual.

1.7 Estructura del Análisis de cada Herramienta

Para la descripción de cada herramienta contenida en el documento se utilizan los siguientes elementos:

- ✚ Explicación conceptual.
- ✚ Cómo se aplica.
- ✚ Beneficios.
- ✚ Limitaciones y precauciones.
- ✚ Formato de aplicación sugerido.

2. RESUMEN EXPLICATIVO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS PRESENTADAS EN EL DOCUMENTO TÉCNICO

Las 12 herramientas cualitativas y 16 herramientas cuantitativas que se describen en el documento se han agrupado de acuerdo a su principal ámbito de aplicación:

Tabla N° 1: Aplicabilidad de las Herramientas de Gestión (Cualitativas y Cuantitativas)

Herramienta	Aplicabilidad			
	Identificación de la(s) causa(s) de un problema	Análisis y Propuesta de Acciones Correctivas y/o Preventivas, y Oportunidades de Mejora	Verificación de la Implementación de las Acciones Correctivas y/o Preventivas y Oportunidades de Mejora	Gestión de Procesos
Cualitativas				
Tormenta de Ideas	X	X		X
Cinco Porqués	X	X		X
Diagrama Causa-Efecto	X	X		X
Lista de Verificación	X	X	X	X
Entrevistas	X	X	X	X
Encuestas	X	X	X	X
Método Delphi	X	X	X	X
Diagrama de Flujo	X	X		X
Análisis Modal de Fallos y Efectos	X	X		X
Diagrama SIPOC	X	X	X	X
Indicadores de Gestión	X	X	X	X
Carta Gantt	X	X	X	X

Herramienta	Aplicabilidad			
	Identificación de la(s) causa(s) de un problema	Análisis y Propuesta de Acciones Correctivas y/o Preventivas, y Oportunidades de Mejora	Verificación de la Implementación de las Acciones Correctivas y/o Preventivas y Oportunidades de Mejora	Gestión de Procesos
Cuantitativas				
Análisis de Ratios	X	X		X
Análisis Costo Beneficio		X		
Análisis Costo Efectividad		X		
Análisis de Regresión				X
Series de Tiempo				X
Series de Tiempo Ininterrumpida				X
Benchmarking		X	X	X
Gráficos de Comportamiento	X			X
Gráficos de Control	X			X
Gráficos de Radar	X	X		X
Diagrama de Pareto	X	X	X	X
Teoría de Colas	X		X	X
Análisis de Sensibilidad		X		X
Análisis de Campo de Fuerzas	X			X
PERT	X			X
CPM	X			X

3. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE PROCESOS Y DE LA CALIDAD

3.1 Métodos Cualitativos

3.1.1 Tormenta de Ideas

Explicación

Es uno de los métodos más antiguos para la recolección de datos. Esta herramienta fue creada en el año 1938 por Alex Faickney Osborn, quien en su búsqueda de ideas nuevas y creativas descubrió que una interacción de un grupo no estructurado, generaba más y mejores ideas de las que una persona podía generar en forma independiente.

Este método es sumamente efectivo en la generación de ideas. Requiere la participación de todos los participantes involucrados, creando nuevas ideas y soluciones que sean lo más creativas e innovadoras dejando fuera todos los paradigmas establecidos.

Este método es útil y complementario al uso de otras herramientas, permitiendo la identificación de las causas de los problemas, con el fin que sean investigadas posteriormente, definir y adoptar planes de acción.

Cómo se aplica

Los pasos a seguir son:

1. Elegir un moderador: El grupo de trabajo o el responsable del estudio deben designar a una persona para dirigir y coordinar la sesión de Tormenta de Ideas. Lo fundamental es que exista orden cuando se realice la Tormenta de Ideas.
2. Definir el enunciado del problema o tema a analizar: El enunciado del tema a tratar se define antes de la realización de la sesión de trabajo. Esto permite la preparación de la misma por los participantes. El enunciado debe cumplir con dos características fundamentales:

- **Ser Específico:** Para que no sea interpretado de forma diferente por los participantes del grupo de trabajo, y para que los aportes (ideas) se concentren en el tema y no se alejen de éste.
- **No ser Sesgado:** No fijar sólo una línea de análisis. Debe ser visto de diferentes formas y sin limitaciones.

3. Preparar la logística: Preparar, con anterioridad a la sesión, equipos (proyector, PC, pizarra, papelógrafo, entre otros) para registrar las ideas y resultados de la sesión. Esto permite lo siguiente:

- Escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión.
- Mantener un ritmo constante durante toda la sesión.
- Favorecer el trabajo de ordenamiento y clasificación de ideas.

4. Dar inicio a la Tormenta de Ideas:

- Escribir el enunciado de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión.
- Hacer una introducción y exponer las reglas de la Tormenta de Ideas:
 - ✓ Destacar el pensamiento creativo.
 - ✓ No se admiten críticas y comentarios a las ideas ajenas. Se registran todas las ideas, aunque estas se repitan.
 - ✓ Pueden asociarse ideas, o generarse a partir de otras enunciadas previamente.
 - ✓ Los aportes, es decir, la emisión de ideas, se harán por turno siguiendo la estructura definida, o de manera aleatoria o a mano alzada.
 - ✓ Se indicará sólo una idea por turno, registrando las ideas en la medida que se vayan generando, con el fin de no olvidar lo aportado por cada participante.
 - ✓ Cuando en un turno no se disponga de ideas se puede "ceder el turno" y volver a aportar en el turno siguiente.

5. Desarrollo de la Tormenta de Ideas:

Iniciar el proceso generando las ideas y respetando las reglas descritas. Cuando se llega a un punto del desarrollo en que el número de ideas generadas decrece, se ordenará y dará lectura de las ideas registradas, lo cual puede generar una segunda fase creativa. Si ya no hay más ideas, se dan por finalizadas las rondas.

6. Interpretación y conclusiones

Para una correcta interpretación, la lista de ideas obtenida, se debe tratar de la siguiente forma:

- Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante.
- Eliminar ideas duplicadas.
- Agrupar las ideas según criterios de orden adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior. Por ejemplo: efecto sobre los objetivos de la organización, impacto en las partes interesadas, costos, ingresos, ambiente de trabajo, entre otros.


Ya con las ideas generadas, estas son numeradas y priorizadas, de acuerdo con criterios previamente establecidos, con el fin de llegar a la(s) causa(s) o característica(s) que mejor explica(n), o permite(n) enfrentar la situación analizada.

7. Tratamiento

Una vez identificadas la o las causa(s) o característica(s) que inciden en el efecto estudiado, se deben tomar acciones, con fin de eliminar las causas del mismo y evitar la recurrencia del hallazgo o lograr la mejora buscada.

Beneficios

- Estimula la imaginación, ayudando identificar causas, identificar riesgos y acciones correctivas, preventivas y/o oportunidades de mejora.
- Es relativamente rápido y fácil de aplicar.
- Integra a las principales partes interesadas (colaboradores), ayudando a una mejor comunicación dentro de la organización.

 Limitaciones y precauciones

- Falta de conocimientos técnicos de los participantes acerca del problema o de la técnica de tormenta de ideas.
- No siempre se identifican todas las posibles causas, riesgos y/o acciones de mejora.
- Que no todas las ideas se tomen en consideración.
- Que personas con ideas relevantes permanezcan en silencio, mientras otras personas dominan el debate.

 Formato de aplicación sugerido

Tormenta de Ideas

Coordinador: _____

Hora inicio: _____ Hora término: _____

Participantes:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

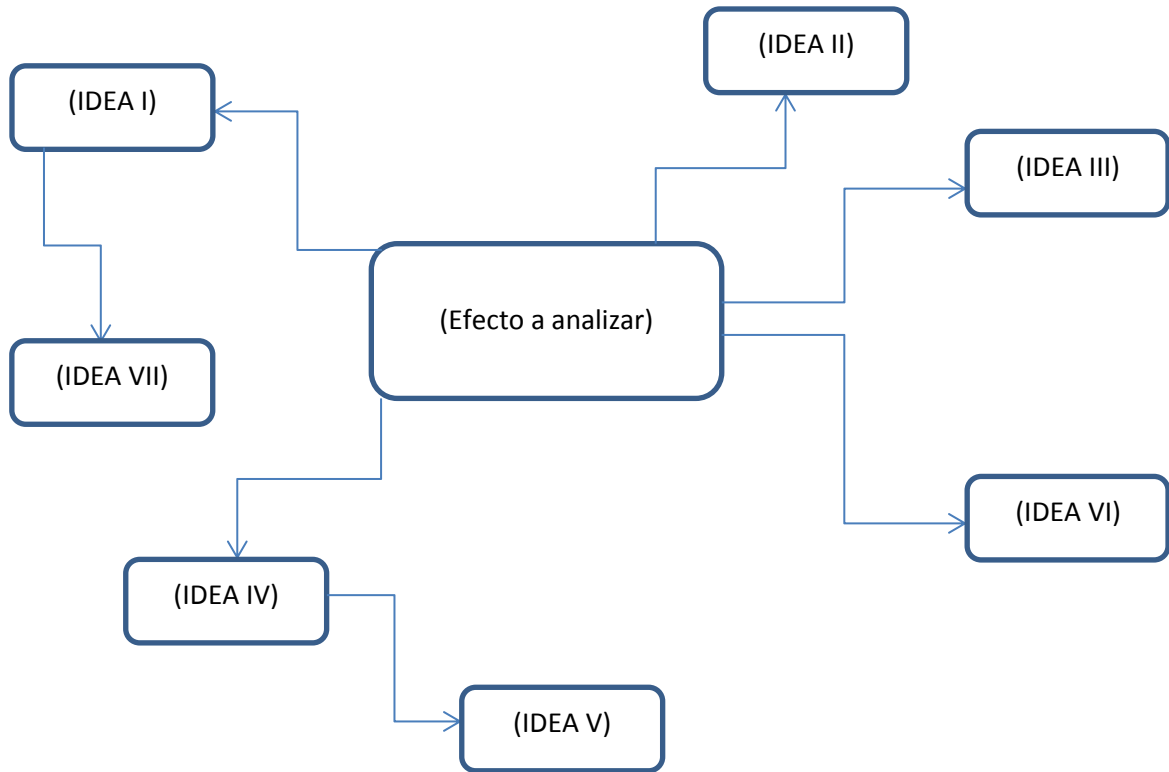
Tema (Efecto) a analizar: _____

Listado de ideas

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

Nota: Las ideas pueden generarse a partir de otras.

Ilustración N° 1: Representación de la Tormenta de Ideas



3.1.2 Los Cinco Porqués

Explicación

Los Cinco Por Qué es una técnica sistemática de preguntas utilizadas durante la fase de análisis de los problemas, para buscar posibles causas principales de un problema. Esta herramienta puede ser complementaria a otras, como, por ejemplo, el diagrama causa efecto, la tormenta de ideas, entre otras.

Esta técnica se utiliza mejor en equipos pequeños (4 a 8 personas).

Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO preguntar “Quién”, ya que el objetivo es estudiar y encontrar las causas, no los responsables. Se debe recordar que el grupo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas.

Es importante que quienes participen en los 5 porqués deben estar relacionados al tema de analizar, con el fin de que las respuestas sean lo más concretas posibles.

No es necesario llegar al quinto ¿por qué?, la causa puede ser encontrada antes de la quinta pregunta.

Tampoco es limitante el quinto, pudiendo extenderse hasta un nivel más detallado de análisis.

Cómo se aplica

1. Una vez que haya sido identificado el Problema, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está ocurriendo esto?”.
2. Continuar preguntando Por Qué al menos **Cinco** veces. Esto desafía al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
3. Tal como se mencionó anteriormente, existen ocasiones en las que se necesitará ir más allá de las **Cinco** veces preguntando “**Por Qué**” para poder identificar las causas principales.
4. Cuando no se puede contestar una de las preguntas significa que se ha llegado a la causa raíz del problema.
5. Una vez definidas las causas, se debe definir la acción correctiva o preventiva (según aplique), con la metodología establecida por la organización.

Beneficios

- Permite realizar un análisis más profundo, y llegar a causas más específicas.
- Es complementaria a otras herramientas.
- Permite no focalizarse entre las causas obvias o más genéricas, al realizar un análisis más exhaustivo.

Limitaciones y precauciones

- Preguntar Quién, y no focalizarse en investigar las causas de las fallas o errores en el proceso, sino en las personas involucradas.
- Que no se logre relacionar los Porqué entre cada nivel.

 Formato de aplicación sugerido

Metodología de los Cinco Porqués

Problema: (Definir claramente el problema o característica de la calidad)

Integrantes: (Quienes participan en el análisis)

1. ¿Por qué ocurrió el “problema”?

Respuesta N° 1:

.....
.....

2. ¿Por qué ocurrió el efecto descrito en “Respuesta N° 1”?

Respuesta N° 2:

.....
.....

3. ¿Por qué ocurrió el efecto descrito en “Respuesta N° 2”?

Respuesta N° 3:

.....
.....

4. ¿Por qué ocurrió el efecto descrito en “Respuesta N° 3”?

Respuesta N° 4:

.....
.....

5. ¿Por qué ocurrió el efecto descrito en “Respuesta N° 4”?

Respuesta N° 5:

.....
.....

Nota: Puede continuar el análisis o terminar antes, lo importante es que entre cada pregunta y respuesta se mantenga la relación.

3.1.3 Diagrama Causa - Efecto

Explicación

El Diagrama de Espina de Pescado, Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Ishikawa, fue ideado por Kaoru Ishikawa, un estudioso japonés de temas de calidad. Es un método gráfico; en el que se presenta un esquema que simula las espinas de un pescado, de ahí su nombre más común. A la derecha del esquema, en la "cabeza del pez", se ubica el "Efecto" y en las espinas se indican los llamados elementos de causas.

Este método permite, a través de la realización de una Tormenta de Ideas (en equipo) determinar las causas que dan lugar a los problemas o aspectos que estamos tratando de entender, identificados como "Efecto". Las principales categorías de causas se ordenan a través de las denominadas "espinas". Estas incluyen entre otras, categorías como por ejemplo; Métodos de trabajo, Equipos, Mediciones, Materiales, Sistemas, Personas, Gestión, que ayudan a organizarlas ideas para identificar posibles factores causales, denominadas espinas, que conducen al resultado, "Efecto".

Las causas posibles del efecto son ramificadas dentro de los diagramas de tal forma que toda relación es claramente perceptible. Existen varios métodos según el fin, para realizar diagramas causa y efecto, dependiendo de la organización y disposición, tales como:

- a. Análisis de dispersión.
- b. Clasificación de procesos de producción o prestación del servicio.
- c. Enumeración de causas.

Cómo se aplica

1. Identificar el efecto:

Identificar y definir con exactitud el efecto, entendido como el problema, fenómeno, evento, característica de calidad u otra, o situación que se quiere analizar. Debe plantearse de manera clara y concreta para que el análisis sea efectivo y se eviten confusiones.

2. Identificar las principales categorías dentro de las cuales puede clasificarse las causas del problema.

Para identificar categorías en un diagrama Causa-Efecto, es necesario definir los factores que dan origen al efecto, problema, fenómeno, evento, característica de calidad u otra, o situación que se quiere analizar y que hacen que se presente de una manera determinada.

Se asume que todas las causas del problema que se identifiquen, se clasifican dentro de alguna de las categorías definidas. La mejor estrategia para identificar la mayor cantidad de categorías posibles, es realizar una tormenta de ideas con el equipo de trabajo. Cada categoría que se defina representa una de las espinas principales del pescado.

3. Identificar las causas

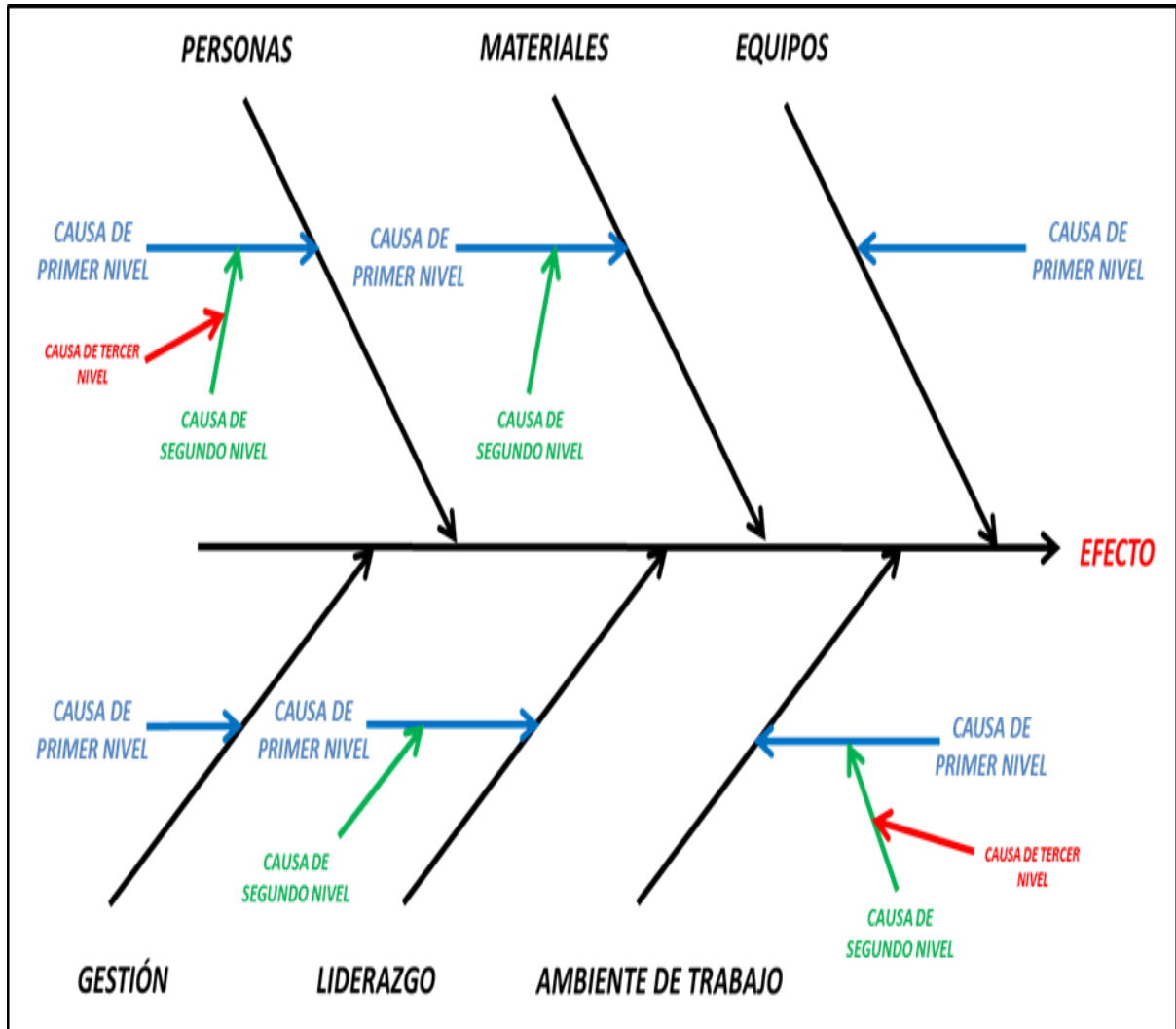
Mediante una tormenta de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, se deben identificar las causas del problema. Éstas están asociadas a cada una de las categorías definidas anteriormente.

Las causas que se identifiquen se deben ubicar en las **espinas** del pescado. Si una o más de las causas identificadas conllevan una problemática mayor, ésta puede descomponerse en sub-causas, las cuales se ubican como **espinas más pequeñas**, que a su vez confluyen en la **espina** correspondiente de la causa principal y esta hacia el efecto o problema.

4. Analizar y discutir el diagrama

Una vez finalizado el diagrama debiese quedar de la siguiente forma:

Ilustración N° 2: Formato de Diagrama Causa - Efecto



Una vez generado el diagrama, se debe discutir, definiendo cuales son las causas más probables de las identificadas, las que se señalan o identifican en el gráfico y posteriormente se generan planes de acción, con el fin de subsanar esa situación o efecto y evitar la recurrencia del hallazgo.

Beneficios

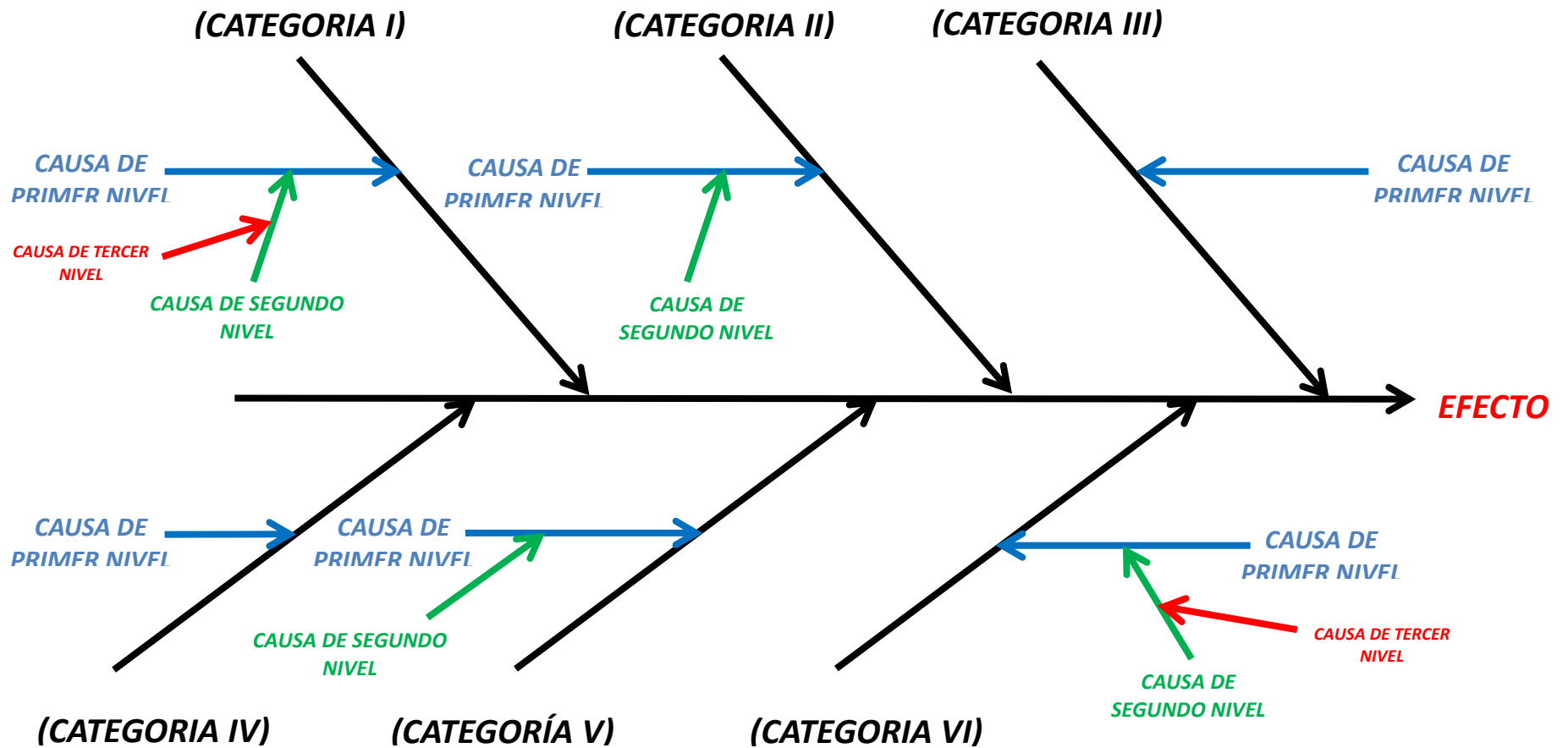
- Know-how (Conocimiento Fundamental) de los expertos que participan en el proceso.
- Es un análisis más estructurado, que ayuda a determinar las causas raíz del problema.
- Consideración de todas las hipótesis probables.
- Ayuda a focalizar causas del problema considerando todas las hipótesis probables sin tener quejas.
- Fácil interpretación del esquema.
- Se puede utilizar para identificar factores que contribuyen a los efectos deseados como no deseados, pudiendo orientar los esfuerzos de la organización haciéndola más eficiente.

Limitaciones y precauciones

- La calidad de los análisis de causa, nunca podrá ser mejor que los propios análisis de las personas que participan en este, por lo que es importante involucrar a los empleados con el Know-how adecuado.
- Ser más una representación de una tormenta de ideas, que un análisis independiente.
- No es útil para problemas más complejos, ya que se relacionan muchas causas y muchos problemas.

Formato de aplicación sugerido

Ilustración N° 3: Formato Diagrama Causa Efecto



3.1.4 Lista de Verificación

Explicación

Herramienta relativamente sencilla, económica y confiable para evaluar un producto, servicio o proceso. Consiste en una lista de frases, preguntas o afirmaciones, las cuales son contrastadas con criterios (procesos, características de un producto o servicio, etapas de un proceso, normativa legal, entre otros) y se determina si estos criterios se cumplen o no, con o sin observaciones.

Esta herramienta permite ser una guía durante el desarrollo de la auditoría, sirviendo de registro para posteriormente elaborar el informe de auditoría.

Cómo se aplica

Para aplicarlo debe seguir los siguientes pasos:

1. El responsable de la elaboración debe ser el líder del equipo auditor, quien puede ser apoyado por sus colaboradores.
2. Antes de su elaboración se debe realizar la revisión documental (manuales, políticas, procedimientos documentados, instructivos de trabajo, normativa legal, entre otros).
3. La lista de chequeo se debe elaborar para cada proceso que se enmarque en el proceso de auditoría.
4. Se debe realizar una vez definida la Planificación Específica de Auditoría (objetivo y alcance de la auditoría).
5. Aquí se debe definir el tamaño de la muestra, de acuerdo a la cantidad de registros disponibles en el lugar de la auditoría. Para ello se recomienda aplicar los documentos técnicos sobre muestreo estadístico para la auditoría interna de gobierno publicados por el CAIGG.
6. Las preguntas deben ser claras y deben ir orientadas al cumplimiento puntual de un requisito o característica sometida a la revisión.

Beneficios

- Si las listas de verificación se desarrollan para una auditoría específica y se usan correctamente, ayudan en la planificación específica de la auditoría, asegura un enfoque consistente de auditoría, actúa como plan de muestreo y controlador de tiempo, sirve como ayuda a la memoria y proporciona un archivo para las notas recolectadas durante el proceso de auditoría.

- Asisten al proceso de auditoría y en especial al auditor, para que se desempeñe mejor durante el proceso de auditoría.
- Promueven que la auditoría se realice de forma sistemática y comprehensiva, obteniendo evidencia adecuada.
- Proporcionan estructura al proceso de auditoría.
- Proporcionan un medio de comunicación y un lugar para registrar los datos y mantenerlos como futura referencia.
- Registro de evidencia de la auditoría.
- Pueden servir de input, para un nuevo proceso de auditoría, y poder mejorar la planificación específica de la auditoría.
- Pueden ser proporcionadas al auditado, antes del inicio de la auditoría, lo cual facilita el proceso en cuestión.

Limitaciones y precauciones

- Puede ser vista como arma de intimidación por el auditado.
- El enfoque puede ser muy acotado en alcance, y no poder identificar las áreas específicas con problemas.
- Utilizarlas como único medio de soporte del auditor, durante el desarrollo de la auditoría, puede limitar su eficacia.
- No deben ser un sustituto del programa de auditoría.
- Utilizada por un auditor inexperto pudiera no comunicar claramente lo que se está buscando.
- Las listas de verificación poco preparadas pueden hacer lenta la auditoría debido a duplicaciones y repeticiones, al momento de realizar las entrevistas.
- Que las listas de verificación sean demasiado genéricas y no reflejan la operación de la organización, trae como consecuencia que estas no agregan valor y no se relacionen con la auditoría.

Formato de aplicación sugerido

Tabla N° 2: Formato Lista de Verificación

LISTA DE VERIFICACIÓN

FECHA

ORGANIZACIÓN		
AUDITOR		
PROCESO		

LISTA DE CHEQUEO					
REQUISITO	PREGUNTAS	VALORACION		OBSERVACION	MEDIO DE VERIFICACIÓN
		C	NC		Registros/ entrevistas
ARTICULO: _____ NORMA: _____	Pregunta N° 1				
ARTICULO: _____ NORMA: _____	Pregunta N° 2				
ARTICULO: _____ NORMA: _____	Pregunta N° 3				

Nota: C: CONFORME – NC: NO CONFORME

3.1.5 Entrevistas

Explicación

La entrevista, es un proceso de comunicación que se realiza normalmente entre dos personas, en donde el entrevistador obtiene información del entrevistado de forma directa.

Existen dentro de las entrevistas, las denominadas entrevistas estructuradas o semi-estructuradas. En la primera, los entrevistados están bajo un conjunto de preguntas elaboradas de acuerdo a una hoja de indicaciones, que ayudan al entrevistado a revisar la situación de una perspectiva diferente. La semi-estructurada, es similar, pero permite más grados de libertad para la persona que entrevista.

Esta técnica es muy útil cuando no es posible reunir a personas para realizar una tormenta de ideas o debatir sobre un tema. Esta herramienta es principalmente utilizada para:

- Identificar riesgos.
- Revisar la eficacia de controles existentes.
- Ordenar el proceso de entrevista durante la auditoría interna, y puede ser complementario con la lista de verificación.

Cómo se aplica

Para la preparación de la entrevista, deben existir tres elementos de entrada:

- Objetivo de la entrevista.
- Lista de entrevistados.
- Preguntas bien preparadas.


De acuerdo a ello, las etapas para su aplicación son:

1. Establecer un conjunto de preguntas pertinentes, a la materia a tratar.
2. Estas preguntas deben ser simples, apropiadas, abiertas y concretas, para el entrevistado.
3. Se pueden preparar preguntas de seguimiento como parte del proceso de entrevista.
4. No influenciar al entrevistado durante la entrevista.

5. Las preguntas deben tener cierto grado de flexibilidad, para que puedan abordarse otras temáticas que no hayan sido contempladas en un comienzo, para el entrevistado.
6. Finalmente el resultado, será lo que determine el análisis de las opiniones de las diferentes partes interesadas.

 Beneficios

- Las entrevistas estructuradas, dan tiempo para pensar a la persona sobre lo que se va a tratar.
- La comunicación directa, permite una consideración más profunda de los temas a evaluar.
- Las entrevistas estructuradas, permiten la implicación de un mayor número de partes interesadas que al utilizar la tormenta de ideas.

 Limitaciones y precauciones

- Tiempo en tomar la opinión de los entrevistados.
- Al desviarse del tema central, esto es tolerado, y no se retira del debate grupal.

 Formato de aplicación sugerido

Tabla N° 3: Formato Entrevista

Nombre entrevistado:		(Nombre)
Objetivo:		(Descripción Objetivo)
Fecha:		
N°	Pregunta	Respuesta
Firma del entrevistado:		

3.1.6 Encuestas

Explicación

Es un método de investigación compatible con diversas técnicas e instrumentos para la recolección de datos, como son: la entrevista, el cuestionario, la observación, el test, entre otros.

El investigador no se guía por sus suposiciones y observaciones, sino que toma las opiniones, actitudes o preferencias del público objetivo para lograr extraer conocimientos. Es un método que permite explorar de forma sistemática lo que un grupo de personas piensan, creen o realizan.

La encuesta de opinión pública, representa una serie de entrevistas (descritas anteriormente) breves pero bajo un estándar (en formato), en el que los entrevistadores formulan siempre las mismas preguntas y las respuestas de los entrevistados se limitan a unas pocas alternativas.

También se pueden aplicar encuestas bajo entrevistas libres (no estructuradas), donde posteriormente a su aplicación y recolección de datos, se identifican las categorías o alternativas de las respuestas con el fin de clasificarlas.

Cuando el universo es muy grande, se aplica un muestreo, el cual puede seguir lo descrito en la serie de documentos técnicos sobre Muestreo Estadístico para Auditoría Interna de Gobierno.

Cómo se aplica

Para su aplicación, primero se deben definir el tipo de encuesta, de acuerdo a lo siguiente:

a. De acuerdo a su dimensión:

- Estudio de áreas. Aquí se utilizan factores de medición de diversa índole, que toman diferentes puntos de vista, y tiene como universo toda una región.
- Estudio de casos. El objetivo es recoger la máxima cantidad de datos sobre un tema específico y con alcance limitado.

b. Según el grado de precisión:

- Encuesta para Explorar. Se utilizan con fines exploratorios, como su nombre indica, son más bien descriptivas, y no parten de una hipótesis.
- Encuesta Diagnóstico. Su objetivo es precisar las variables que intervienen.
- Encuesta Experimentales. Se utilizan para la verificación de hipótesis.

c. Según aplicación:


- Directa: El encuestador contacta en forma directa al encuestado.
- Indirecta: No hay un encuestador, se aplica en forma indirecta, con el envío de la encuesta, con instrucciones suficientemente claras.

Los pasos a seguir para la realización de la encuesta son:

1. Definir los objetivos de la encuesta.
2. Revisar la bibliografía, para confección de las preguntas.
3. Elegir las variables que se quieren consultar.
4. Redacción de las preguntas.
5. Elegir la escala de puntuación, por ejemplo, escala Likert.
6. Elegir el orden de las preguntas, y aquellas que son dependientes.
7. Diseñar el formato.
8. Preparar las instrucciones.
9. Elegir el método de aplicación (a través de Web o Manual). En el último caso preparar a los encuestadores.
10. Realizar una prueba; mejorar de acuerdo a los resultados.
11. Aplicar la encuesta.
12. Analizar los datos recolectados y emitir las conclusiones de los resultados.

 Beneficios

- Aplicable a la mayoría de los grupos (población) a analizar.
- Permite recuperar información sobre hechos acontecidos.
- Permite un tratamiento estadístico, de los datos obtenidos.
- Permite obtener mucha información en un breve período de tiempo.

 Limitaciones y precauciones

- No permite un análisis profundo de los individuos.
- Puede tener un sesgo, si las preguntas no son claras y precisas.
- Puede tener un alto costo si se pretende alcanzar al 100% de la población, cuando el universo es muy amplio.

 Formato de aplicación sugerido

Tabla N° 4: Encuesta (Nombre de encuesta)

Su participación cuenta; por favor dedique unos minutos a completar esta encuesta, que tiene como objetivo (indicar el objetivo).	
Nombre encuestado:	(En el caso de ser anónima, no incluir este campo)
Sexo:	(Indicar si es masculino/femenino, si es que resulta pertinente o necesario para la encuesta)
Rango de edad:	(Indicar rango de edad)
Período evaluado:	(Indicar qué periodo se está evaluando (trimestre, semestre o año))

De acuerdo a la siguiente escala, favor indicar su apreciación respecto a las afirmaciones que a continuación se presentan, marcando con una “X”:

Código	Grado de Satisfacción	Código	Grado de Satisfacción
5	Totalmente de acuerdo con la opinión	2	Pocas veces de acuerdo con la opinión
4	Mayormente de acuerdo con la opinión	1	Totalmente en desacuerdo con la opinión
3	Indiferente a la opinión	NS/NR	No sabe/No responde

Los grados de satisfacción se presentarán de acuerdo a:	Grado de Satisfacción	
	←————→	
	(Más)	(Menos)

FACTOR I.- (Indicar temática I)		5	4	3	2	1
<i>(Describir temática)</i>						
1	<i>(Describir afirmación I)</i>					
2	<i>(Describir afirmación II)</i>					
3	<i>(Describir afirmación III)</i>					
4	<i>(Describir afirmación IV)</i>					
FACTOR II (Indicar temática II)		5	4	3	2	1
<i>(Describir temática II)</i>						
5	<i>(Describir afirmación VI)</i>					
6	<i>(Describir afirmación VII)</i>					
7	<i>(Describir afirmación VIII)</i>					
8	<i>(Describir afirmación IX)</i>					
9	<i>(Describir afirmación X)</i>					

SUGERENCIAS U OTROS COMENTARIOS
<i>(Campo para que opine, adicional a las preguntas)</i>

Muchas gracias por su tiempo

3.1.7 Técnica Delphi

Explicación

Esta técnica es un procedimiento confiable para conocer la opinión de un grupo de expertos, que expresan sus opiniones de forma individual y anónima, teniendo acceso a las opiniones de los demás expertos, en la medida que el proceso avanza.

Es un proceso repetitivo, que se basa en la elaboración de un cuestionario que es contestado por expertos. El coordinador recibe la información y la analiza, luego realiza otro cuestionario basado en el anterior para ser contestado por los expertos. Cuando se llega a un consenso el coordinador realiza las conclusiones.

Esta técnica se puede utilizar en todo el proceso de auditoría interna, incluida la etapa de determinación de acciones correctivas y/o preventivas.

Cómo se aplica

Las etapas son:

1. Formación de un equipo de trabajo para llevar a cabo y realizar el seguimiento a la ejecución del método Delphi.
2. Selección de un grupo de expertos (puede ir de uno a varios paneles de expertos, según la materia a tratar).
3. Desarrollo de una primera instancia de análisis de un cuestionario, para el desarrollo del método.
4. Ensayo del cuestionario generado.
5. Envío de cuestionario a los expertos.
6. La información de la primera ronda de respuestas, es analizada, consolidada y se distribuye a los miembros del equipo.
7. Luego los miembros del equipo responden, y el proceso se repite hasta que se llega al consenso.
8. Finalmente se tiene como resultado, para la posterior toma de acciones.

Beneficios

- Al ser puntos de vista anónimos, se expresan con mayor libertad las opiniones entre expertos.
- Todas las miradas tienen la misma relevancia, lo que evita que ideas se impongan sobre otras, sólo por la personalidad de quien las emite.

- No es necesario que las personas se reúnan en un lugar y una hora determinada, como el caso de la tormenta de ideas.

✚ Limitaciones y precauciones

- Labor que consume mucho tiempo.
- La capacidad de expresión que tengan aquellos expertos en las materias tratadas, con el fin de llegar a un resultado claro y preciso del tema a abordar.

✚ Formato de aplicación sugerido

De acuerdo al desarrollo de las entrevistas, tal como se describe en el presente documento.

3.1.8 Diagramas de Flujo

✚ Explicación

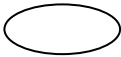
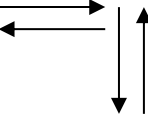
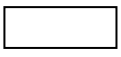
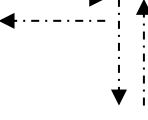
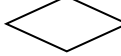

El diagrama de flujo es una representación gráfica del flujo o la secuencia real de tareas o sucesos que se producen dentro de un proceso. Los diagramas de flujo pueden ser de nivel superior, mostrando sólo los elementos principales de los procesos, para la prestación de un servicio, con el fin de identificar los puntos críticos.

Puede ser aplicado para:




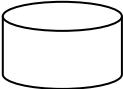
- Identificar las interacciones entre los procesos.
- Representar las diferentes etapas de los procesos.
- Identificar oportunidades de mejora a los procesos.
- Preparar planes para el seguimiento y medición de variables críticas en los procesos, que proporcionen información clave para el análisis de las causas de un problema.

Generalmente, los símbolos a utilizar en un diagrama de flujo son¹:

Tabla N°5: Simbología diagrama de flujo

	<p>Comienzo o fin del proceso.</p>		<p>Línea de flujo que muestra la dirección sentido del flujo.</p>
	<p>Actividad o etapa del proceso.</p>		<p>Línea de flujo de información, que muestra la dirección y sentido de la información.</p>
	<p>Variable de decisión.</p>		<p>Registro o documento. Demuestra la generación de un registro o documento.</p>

¹Pueden ser otros, siempre y cuando la simbología quede bien definida.

	<p>Conector para unir a otro punto del diagrama.</p>		<p>Muestra las entradas del proceso.</p>
	<p>Punto de detención o espera en el proceso.</p>		<p>Base de datos o disco magnético.</p>

✚ Cómo se aplica

Los pasos a seguir son:

1. Identificar qué proceso se representará por medio del diagrama. Si tiene un enfoque de análisis de causa, se debe realizar tomando en consideración los efectos del problema.
2. Identificar cuáles son las etapas del proceso, para lo cual se recomienda utilizar a través de metodología de tormenta de ideas.
3. Ordenar las etapas.
4. Generar diagrama a través de la simbología descrita.
5. Conectar las etapas a través de las líneas del flujo.
6. Revisar la exactitud del diagrama y lo que se busca representar.
7. Validar el diagrama con los responsables del proceso.
8. Una vez realizado, identificar los puntos críticos que pueden estar afectando el proceso.
9. Por último tomar acciones, identificando las oportunidades de mejora.

✚ Beneficios

- Favorecen la comprensión del proceso a través su ilustración secuencial.
- Reemplaza fácilmente, a través de su representación un procedimiento escrito.
- Permite identificar los problemas, sus causas y oportunidades de mejora del proceso.
- Se identifican las redundancias, re-procesos, conflictos de autoridad, los puntos críticos y responsabilidades como los puntos de decisión.
- Excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan las diferentes etapas del proceso, cuando se proponen y/o realizan mejoras a éste.

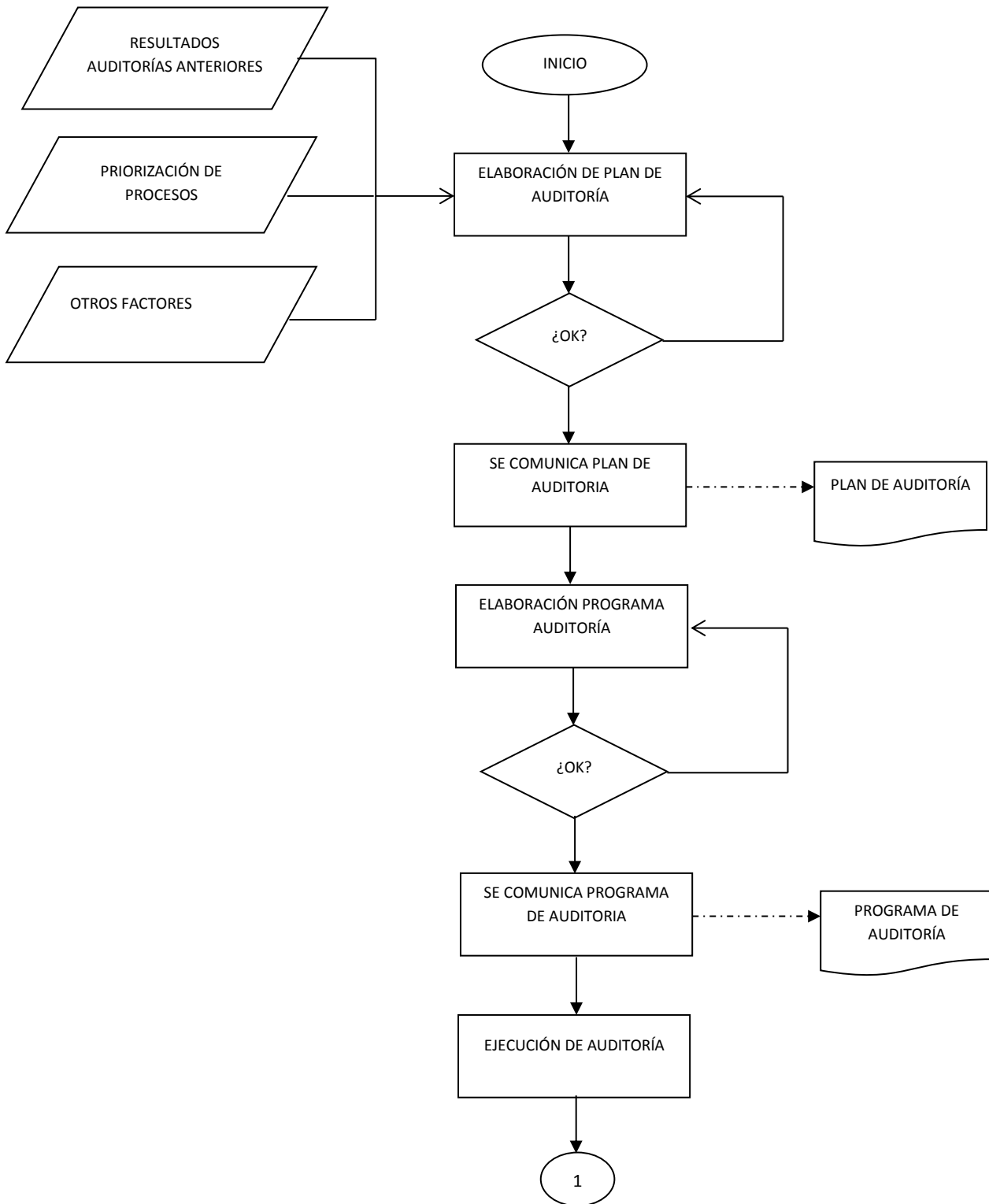
Limitaciones y precauciones

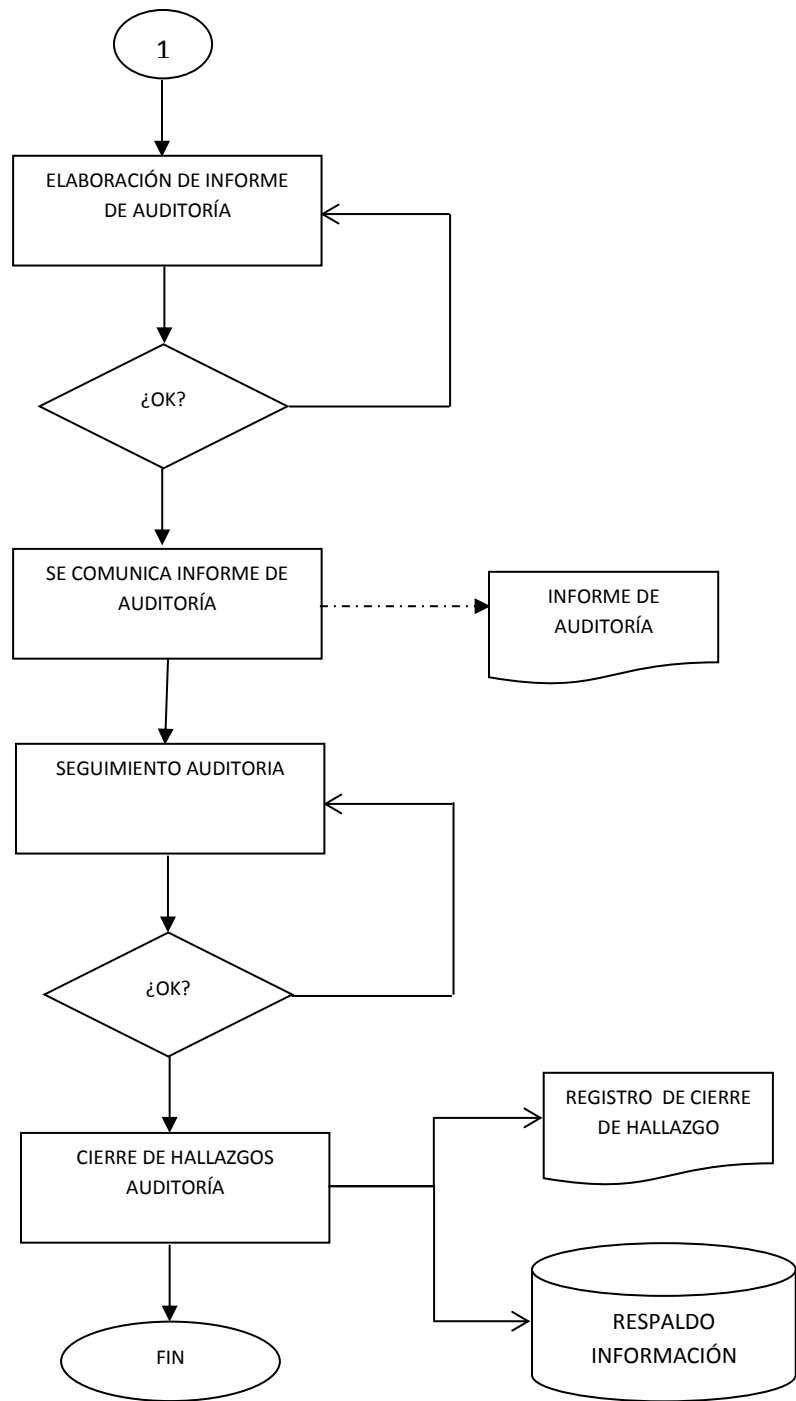
- Trazar diagramas complejos (o muy sencillos) que resulten inútiles. Debe prestarse mucha atención al momento de determinar el alcance de los procesos a estudiar a través del diagrama de flujo. La idea es generar un diagrama no demasiado sencillo y tampoco demasiado complejo, por lo que resulta provechoso involucrar a personas que conozcan bien el proceso (responsables) para garantizar que se genera la imagen exacta del proceso.

Formato de aplicación

En la página siguiente se presenta como ejemplo, una visión global del flujo del proceso de auditoría.

Ilustración N° 4: Ejemplo Diagrama General de Flujo de Proceso de Auditoría





3.1.9 Análisis Modal de Fallos y Efectos

✚ Explicación

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), es una técnica para analizar las causas y los efectos de los fallos antes que se generen. Esta técnica fue desarrollada por la NASA en el proyecto Apolo a mediados de los años '70. Poco después se aplicó en la industria automotriz y al día de hoy su aplicación se extiende transversalmente en distintos sectores.

Su objetivo es analizar los posibles fallos de productos, servicios o procesos y clasificarlos según su importancia. Se genera una lista para priorizar los modos de fallos en los cuales se debe generar acciones de mejoras.

Existen dos variaciones habituales del FMEA: el FMEA de productos/ servicios y el de procesos.

Es muy común incluir no sólo un análisis de los tipos de fallos potenciales y de sus efectos, sino también la criticidad de los tipos de fallos potenciales. Cuando se incluye la criticidad, al proceso se le suele denominar análisis de tipo de fallos, de sus efectos y de su criticidad.

Esta técnica se utiliza durante el diseño y desarrollo, pero principalmente en la planificación, ya que tiene un carácter preventivo.

✚ Cómo se aplica

Antes de explicar su aplicación es necesario entender los conceptos:

- Cliente: Usuario final (cliente externo) como también entre procesos (cliente interno)
- Fallo: Producto o servicio o un proceso que falla, cuando no se realiza en forma satisfactoria, la función que se espera de él.
- Modo potencial de fallo: Forma en la que es posible que un producto, servicio o proceso falle, por ejemplo: incumplimiento de las regulaciones aplicables, faltas a la probidad, fallas de equipos por mala operación, incumplimiento de las condiciones para utilización o aplicación de beneficios, entre otros).
- Efecto potencial de fallo: Es la consecuencia que puede traer consigo la ocurrencia de un modo de fallo, tal como sería el efecto sobre el cliente.

Los pasos para realizar el análisis contemplan:

1. Seleccionar el equipo de trabajo, el cual debe estar compuesto por personas que tengan experiencia y conocimiento sobre el producto, servicio o proceso.
2. Definir el FMEA a realizar, su objetivo y límite, definiendo en forma precisa el producto, servicio, parte del servicio, efecto o proceso que será objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación.
3. Aclarar las funciones del producto, servicio o del proceso. Para ello se debe describir claramente, el producto, servicio o proceso a ser objeto de estudio y sus funciones o lo que se espera que se genere como resultado de la aplicación o prestación del servicio.
4. Determinar los modos potenciales de fallo. Para mejorar la determinación se puede utilizar información de FMEA realizados anteriormente, reclamos y sugerencias de clientes, usuarios o beneficiarios, conocimiento de expertos, entre otros. No obstante se deben tener en cuenta de igual forma, los modos de fallo producto del uso u operación indebida del objeto en estudio. Por tanto, para cada fallo potencial se enumeran las posibles tipos de fallos.
5. Para cada tipo de fallo, se desarrolla una descripción de cada uno de los efectos potenciales que dicho fallo podría tener.
6. Para cada efecto identificar las causas que lo provocan. Este paso puede ser apoyado, con otras técnicas como Tormenta de Ideas, Diagrama Causa Efecto, entre otros de las descritas en el presente documento.
7. Luego identificar los controles operacionales establecidos con el objetivo de prevenir la generación de esas causas.
8. Para cada fallo potencial, se efectúa un cálculo aproximado (en una escala de 1 a 10, tomando 10 como lo peor) de la gravedad (G), la probabilidad (P) de aparición y la “detectabilidad”² (capacidad de detectar la causa potencial y prevenir el fallo, D).
9. Las clasificaciones se multiplican con el objetivo de calcular un coeficiente de prioridad del riesgo que pueda utilizarse para establecer prioridades al momento de implementar las acciones preventivas. El número de Prioridad de Riesgo (NPR) se calcula como la multiplicación de los índices $G \cdot P \cdot D$. Este valor puede ir entre 1 a 1000, siendo 1000 lo más riesgoso.
10. Proponer las acciones de mejora, de acuerdo a las prioridades encontradas.

² Anglicismo, proveniente del inglés “discoverability” que consiste en la cualidad de ser detectable.

Beneficios

- Dentro de los beneficios de esta herramienta, se encuentra mejora seguridad del producto, servicio o proceso.
- Mejorar la imagen y eficacia de la organización.
- Aumentar la satisfacción de los clientes, usuarios o beneficiarios (tanto internos y externos).
- Reduce el tiempo y el costo de desarrollo de un sistema, a través de sus tres objetivos, reducir la gravedad, reducir la probabilidad, y aumentar la detección temprana.
- Recopilación de información con el objeto de reducir futuros fallos.
- Énfasis en la prevención de problemas.
- Minimizar los cambios de última hora y sus costos asociados.
- Potencia el trabajo en equipo y el intercambio de ideas entre diferentes departamentos.

Limitaciones y precauciones

- El FMEA depende de los miembros del equipo que examinan los fallos, por lo que la limitación, en su aplicación está asociado a la experiencia anterior.
- Si un fallo no es identificado, es necesario requerir ayuda de expertos. Necesita disponer de suficiente documentación sobre el objeto de estudio.
- La multiplicación de Gravedad, Probabilidad y Detección puede resultar en cambios en las numeraciones, donde un fallo menos serio puede recibir una mayor atención que un fallo grave.
- Otra dificultad o limitante es que la escala utilizada no indica la diferencia entre las cifras. Se cita como ejemplo, que el resultado “8” no tiene por qué ser el doble de negativo que “4”, sólo significa que es más riesgoso.

1. **Nombre de producto:** Indicar el nombre de los componentes que forman parte del producto sobre el cual se realizará el análisis.
2. **Función del producto:** Indicar las funciones del o los componentes del producto.
3. **Modo de fallo:** Identificar cada una de las formas posibles de fallo del componente.
4. **Efecto de fallo:** Describir el efecto más grave del fallo potencial tal y como lo describiría el cliente.
5. **Gravedad del fallo (G):** Se evalúa la consecuencia que podría sufrir para el cliente. Para ello, y tal como se planteó en la explicación, usar una escala de 1 a 10, donde 10 indica que el efecto en el cliente es de máxima insatisfacción y 1 indica que se trata de un efecto poco importante en cuanto a su satisfacción.
6. **Características críticas:** Indicar con un “*”, el modo de fallo cuya gravedad es elevada (9 ó 10). Estos fallos son críticos y aunque mantengan un NPR bajo, se debe actuar sobre ellos.
7. **Causa del fallo:** Se indican las causas potenciales, por cada modo de fallo.
8. **Índice de ocurrencia (O):** Reflejar la probabilidad que ocurra la causa del fallo y que entonces de lugar al fallo. Este es evaluado en escala de 1 a 10, siendo uno muy poco probable y 10 extremadamente probable.

Nota: Esta probabilidad dependerá, del producto o proceso que se esté analizando. Cada uno dependerá del universo que se esté revisando.

9. **Medidas para detectar el fallo:** Indicar las medidas que existen en la organización para detectar el fallo, antes de que el producto llegue al cliente.
10. **Índice de detección (D):** Indicar la probabilidad de que se detecte el fallo antes de que el producto llegue al cliente. Se evalúa en escala de 1 a 10, siendo 1 muy probable que se detecte el fallo antes de que llegue al cliente y 10 muy improbable que se detecte el fallo, por tanto en este último caso existe alto riesgo de que llegue al cliente.
11. **Número de prioridad de riesgo (NPR):** Es el producto entre $G \times O \times D$, donde el resultado puede ir entre 1 y 1000. Con este resultado, se permite priorizar las causas potenciales, que deben ser atendidas y aplicar acciones de mejora.
12. **Acciones recomendadas:** Indican las acciones que se llevarán a cabo.
13. **Responsabilidades:** Indica quienes tendrán la responsabilidad de implementar dichas acciones.

14. **Acciones implantadas:** Se indican las acciones implementadas, coincidan o no con las recomendadas, indicando las diferencias.
15. **G:** Nuevo nivel de G, posterior a las acciones implementadas.
16. **O:** Nuevo nivel de O, posterior a las acciones implementadas.
17. **D:** Nuevo nivel de D, posterior a las acciones implementadas.
18. **NPR:** Indica el nuevo valor de NPR, posterior a la implementación de acciones.

3.1.10 Diagrama SIPOC

Explicación

El Diagrama SIPOC (por sus siglas en inglés Supplier Input Process Output Customer) es una excelente herramienta para la determinación de procesos.

Se resume como una visión rápida de todos los procesos de una organización. A través de una herramienta, permite identificar todos los elementos que conforman el proceso:

- ✓ Proveedor (Supplier): Persona u organización que aporta las entradas al proceso.
- ✓ Entradas (Input): Todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales, personas, entre otros.
- ✓ Proceso (Process): Conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, logrando un valor agregado.
- ✓ Salida (Output): Resultado del proceso.
- ✓ Cliente (Customer): Persona u organización que recibe la “Salida” del proceso.

El nivel de detalle a través del SIPOC dependerá de: la complejidad organizativa, tipos de procesos, complejidad técnica, cultura organizacional, entre otros.

Una vez se tenga el nivel de detalle deseado se plasmaría en algún sitio para poder verlo en su conjunto. Seguramente nos daremos cuenta que hay muchos procesos que no funcionan correctamente y que sólo nos resultará obvio si lo vemos con esta vista de pájaro. Quizá nos demos cuenta que se podrían modificar algunos subprocesos, o poner puntos de control en determinadas zonas más críticas.

Cómo se aplica

Para preparar este diagrama deben seguirse los siguientes pasos:

1. Se debe formar un equipo multidisciplinario, para la determinación y comprensión de la misión (razón de ser) de la organización.
2. El equipo debe estar de acuerdo en los puntos de inicio y final del proceso.
3. Desde el fin del proceso al inicio, identificar los Clientes (**C**) y Salida (**O**) que el cliente recibe del proceso.
4. Con la **C** y la **O** (SIPOC) definidas, usando técnicas de tormenta de ideas, el equipo debe identificar los pasos más relevantes del Proceso (**P**) que resultan de las salidas. Los procesos típicamente comienzan con un verbo.

5. Una vez que el equipo identificó los pasos del proceso, se procede a la identificación de las Entradas (**I**) críticas que afectan la calidad del proceso.
6. Identificar los Proveedores (**S**) que proveen entradas al proceso.
7. Por último se debe validar el **SIPOC**.

Beneficios

- Permite una mirada rápida y amplia de los procesos de la organización.
- Ayuda en una primera etapa a realizar una determinación de procesos y detección de áreas críticas.
- Facilita la definición de indicadores de gestión para los procesos.

Limitaciones y precauciones

- No detallar en demasía cada uno de los procesos, y enfocarse en detectar las áreas más débiles de la organización.
- Existe el riesgo, que una mala identificación, pueda provocar que se destinen demasiados recursos a procesos no relevantes, y no se logre la mejora sistémica de la organización.

3.1.11 Indicadores de Gestión

Explicación

Es una herramienta que entrega información cuantitativa respecto al resultado en la entrega de los productos o prestación de los servicios, generados por un proceso, que cubre tanto, aspectos cuantitativos como cualitativos del resultado.

Es una expresión matemática que establece una relación entre dos o más variables, la que comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite conocer el desempeño de un proceso, producto o servicio, resultado (impacto).

Se deben tener ciertas consideraciones:

- Los indicadores deben ser pertinentes, deben estar orientados a procesos, productos y resultados esenciales.
- Los indicadores deben ser comparables, a través de las actividades o unidades que se escojan. Para ser medibles, deben ser comparables de un momento del tiempo a otro (semestralmente, anualmente, etc.).
- Deben ser a costos razonables, ya que la información base para su aplicación debe ser recolectada a un costo inferior al beneficio de su medición.
- Los resultados deben ser confiables: los resultados deben ser independientes de quién efectúe la medición.
- Los indicadores deben ser simples y comprensivos, cubriendo aspectos significativos del desempeño de una organización, pero su número no puede exceder la capacidad de análisis de quienes los van a utilizar.
- Deben ser independientes, respondiendo principalmente a las acciones desarrolladas por el proceso en vez de a factores externos.

Cómo se aplica

Para aplicarse, se debe realizar bajo los siguientes pasos:

1. Identificar el proceso o sistema a medir: De qué se quiere conocer el desempeño.
2. Identificar el objetivo que se quiere medir:Cuál es el objetivo que se busca medir.
3. Definir el indicador asociado al objetivo:
 - a. Identificar el nombre del indicador: Breve descripción que explica lo que se va a medir. Debe ser claro, preciso y auto explicativo.

- b. Establecer la fórmula de medición: Expresión matemática que permite cuantificar la magnitud o nivel que alcanza el indicador en un periodo determinado. Es la fórmula matemática, que incorpora variables que entregan el resultado de comportamiento del proceso. Ejemplo: “(N° de inspecciones realizadas en el año/N° de Inspecciones Programadas) x 100”.
- c. Ámbito: Clasificación del aspecto o ámbito en que se aplica el indicador, producto o servicio, proceso o resultado.
- d. Dimensión: Esta se refiere a si el indicador está orientado a medir eficacia, eficiencia o calidad.
- e. Meta: Resultado que aspira alcanzar el indicador en un periodo determinado, el cual se compara con el resultado de la aplicación de la fórmula de medición.
- f. Periodo: Intervalo de tiempo (año, semestre, trimestre, mes, etc.) en el cual es aplicable la meta establecida.
- g. Responsables: Referido a los responsables de la recogida de datos, cálculo y análisis del indicador.

Beneficios

- Analizar la situación de un proceso, producto o resultado, en base a hechos y datos.
- Establecer objetivos y planes a futuro consistentes en el comportamiento medido.
- Evaluar y conocer el desempeño como equipo de diferentes procesos de la organización, así como de la organización en su conjunto.
- Permite gestionar con mayor eficacia los recursos de la organización.

Limitaciones y precauciones

- Establecer variables apropiadas al objetivo y metas que se están buscando. No medir por medir.
- Actuar sobre los resultados de los indicadores. Si se mide, y no se actúa sobre los resultados bajo la meta, no se logrará el objetivo.
- Si bien entrega información importante en cuanto a los diferentes “ámbitos”, es necesario apoyarse en otros métodos, para realizar un análisis de las causas del resulta bajo la meta.

 Formato de aplicación sugerido

Se plantea el siguiente formato como ejemplo:

Nombre indicador: % de quejas de usuarios resueltas.

Fórmula de Medición: $\left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de quejas de usuarios resueltas}}{\text{N}^\circ \text{ de quejas presentadas por usuarios}} \right) \times 100$

Ámbito: Resultado.

Dimensión: Calidad.

Meta: >90%

Periodo de medición: Trimestral.

Responsable: Encargado Oficina Información, Reclamos y Sugerencias.

3.1.12 Carta Gantt

✚ Explicación

La carta o diagrama de Gantt es una herramienta básica en la gestión de proyectos, implementación de acciones y procesos de diversa índole, que tiene como objeto representar las diferentes fases, tareas, actividades e hitos programados como parte de un proyecto o procesos, acotando (en tiempo) las diferentes actividades, ayudando a mejorar la gestión. Fue desarrollada por Henry Gantt durante la primera guerra mundial.

A través de la carta Gantt, se establece una idea clara de los recursos involucrados en un proyecto (tiempo, actividades, presupuestos) para su correcta gestión.

✚ Cómo se aplica

El diagrama está compuesto por un eje vertical y horizontal, en donde en el primero se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y en el otro eje se muestra un calendario de la duración de cada una de ellas.”

Los pasos a seguir para realizar una Carta Gantt son:

1. Detallar las características del proyecto (partes interesadas, personal a cargo, fecha de inicio y término). Se recomienda realizarlo en un recuadro al comienzo del documento.
2. Escoger una base de tiempo (días, semanas, HH, entre otros), para la elaboración de la Carta Gantt.
3. Indicar el tiempo que tomará el proyecto, reflejado gráficamente en el eje horizontal, dejando fuera (marcados en rojo por ejemplo) los eventuales feriados y fines de semana.
4. Anotar en el eje vertical las actividades y/o tareas involucradas en el proyecto, el personal a cargo de realizarla y la duración estimada. Las tareas son subconjuntos de las actividades (por ej., la actividad “supervisar el proceso de compra y contrataciones” se subdivide en las siguientes tareas: verificar los requerimientos, inspeccionar el proceso, revisión de las bases de licitación, revisión de la generación de Órdenes de Compra). En ciertos casos, es conveniente desglosar más las actividades para gestionar su ejecución de forma más clara, sobre todo cuando participan diferentes personas en las actividades.

5. Donde se cruzan los ejes vertical y horizontal tenemos nuestro calendario (de acuerdo a la base de tiempo escogida), las celdas deben ser coloreadas de modo correspondiente al tiempo (día y/o mes) en que se ejecutará la actividad. Las actividades pueden efectuarse en forma simultánea, mientras que otras sólo pueden comenzar si la anterior está lista o concluida.
6. Se deben identificar los hitos (puntos críticos del proyecto), con el fin de determinar dónde estarán los controles claves del avance de la carta Gantt.
7. Al momento de programar el proyecto y colorear las celdas es muy importante calcular tiempos realistas más que deseables. También es bueno considerar inconvenientes o situaciones de fuerza mayor, dejando al menos algún margen de días libres para cubrir dicha posibilidad sin afectar la fecha de entrega.

Beneficios

- Ayuda a trabajar en forma ordenada, y más eficiente.
- Ayuda a identificar tareas que se pueden realizar en forma simultánea, permitiendo delegar.
- Da más seguridad a las partes interesadas, haciendo más transparente la ejecución del proyecto.
- Ayuda a controlar y gestionar de mejor forma el tiempo por tarea, logrando ser más eficiente.

Limitaciones y precauciones

- No muestra las relaciones entre actividades en forma clara.
- No permite optimizar el desarrollo de un proyecto, sólo permite su control.
- No resalta actividades de mayor importancia.

Formato de aplicación

Tabla N° 8: Formato aplicación Carta Gantt

CARTA GANTT			AÑO																				
			MES 1				MES 2				MES 3												
			SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4									
Proyecto:																							
Partes interesadas:																							
Fecha de inicio:																							
Fecha de término:																							
Actividades	Responsables	Duración (Ejemplo: semanas)																					
ACTIVIDAD 1																							
ACTIVIDAD 2																							
ACTIVIDAD 3																							
HITO 1																							
ACTIVIDAD 4																							
ACTIVIDAD 5																							
HITO 2																							
ACTIVIDAD 6																							
ACTIVIDAD 7																							
HITO 3																							

3.2 Métodos Cuantitativos

3.2.1 Análisis de Ratios

Explicación

El análisis de ratios es una herramienta matemática, que permite diagnosticar el estado de una organización en base a su situación financiera. Un ratio es una razón, la cual se puede definir como índices, que surgen del resultado de relacionar cuentas del Balance y/o Estados de Resultados.

Los ratios proveen información valiosa que permite tomar decisiones acertadas por las partes interesadas en la organización, interna y/o externa.

En general los ratios se clasifican en:

- **Liquidez:** Capacidad que tiene la organización de cumplir con sus compromisos de corto plazo. Deudas de corto plazo y deudas de largo plazo que vencen en el corto plazo.
- **Endeudamiento:** Determinan la forma en que la organización está financiada.
- **Cobertura:** Permite medir la capacidad de pago de la organización.
- **Actividad:** Permite medir la eficiencia con que la empresa emplea los recursos que dispone.
- **Rentabilidad:** Permite medir la capacidad de la organización de generar utilidades.

Para comprender esta herramienta primero es necesario conocer la terminología la cual se encuentra descrita en apartado glosario.

Cómo se aplica

Los ratios asociados a cada clasificación son:

1. Liquidez

- **Razón Circulante o Liquidez Corriente (RC):** es el resultado de la división de los Activos Circulantes por los Pasivos Circulantes (AC/PC). Por ejemplo, si el resultado de dicha razón es 1,6, significa que la organización por cada peso que tiene en deuda a corto plazo, tiene 1,6 pesos para cubrir. Si es $RC > 1$ es bueno. Si RC es muy alto significa que se tienen recursos improductivos producto de una mala gestión, lo cual disminuye la Rentabilidad.

- **Prueba Ácida (PA):** es el resultado de la división de los Activos Circulantes menos lo Inventarios por el Pasivo Circulante ((AC-Inventarios)/PC). Por ejemplo si el resultado de dicha razón es 1,1, significa que por cada peso que debe la organización a corto plazo, dispone de 1,1 pesos para cubrir, sin contar el inventario. Si es $PA > 1$ es bueno.
- **Liquidez Real (LR):** es el resultado de la división, de los Activos Circulantes menos el Activo Circulante No Realizable, por el Pasivo Circulante; ((AC-AC No Realizable)/Pasivo Circulante). Por ejemplo, si el resultado de esa razón fuera 0,8, por cada peso que debe a corto plazo, la organización tiene 8 centavos realizables a corto plazo. Si es $LR > 1$ es bueno.
- **Periodo Medio de Cobro vs Periodo Medio de Pago (PMC-PMP):** es el resultado de la comparación del N° de días promedio que se demora en cobrar a los clientes vs el número de días en los cuales incurre la organización para pagar a los proveedores. Siempre el resultado debe ser $PMP > PMC$, ya que beneficia el ciclo de la caja.

2. Endeudamiento

- **Razón de la Deuda (RD):** son los pasivos divididos por los activos. Por ejemplo, si la RD es 0,72, significa que por cada peso invertido en activos, 72 centavos fueron aportados por los acreedores y 28 centavos por los propietarios de la organización.
- **Leverage Total (LT):** son los pasivos divididos por patrimonio. Por ejemplo, si tomamos el caso anterior, 72 centavos fueron aportados por los acreedores, y 28 centavos por los dueños, el LT sería $72/28=3$, lo que significa que la organización por cada peso que se invierte en el patrimonio, puede conseguir 3 pesos en deuda.

3. Cobertura

- **Cobertura Total (CT):**

$$CT = \frac{EBIT + CNF + ANF}{AK + GF}$$

Donde:

- ✓ EBIT: Utilidades después de Impuesto (UDI) + Gastos Financieros + Impuesto.
- ✓ AK: Amortización de capital; pago del pasivo en la devolución de la deuda en un año.
- ✓ GF: Gastos Financieros; intereses de la deuda.
- ✓ Cargos No Flujo (CNF): todas las cuentas de provisión³, por ejemplo depreciación y cuentas no cobrables.
- ✓ Abonos No Flujo (ANF): partidas que suman al Estado de Resultados, pero que no involucran en ese periodo una entrada de efectivos. Por ejemplo, una venta a crédito fuera del periodo.

Bien, si el resultado de este ratio fuera, por ejemplo, 2,4, esto significa que por cada peso que debo pagar a los acreedores, genero 2,4 pesos. Lo importante es que este ratio sea siempre mayor a 1.

Este ratio debe ser analizado en conjunto con RD, ya que sin importar cuanto este endeudado, lo importantes es tener capacidad de pago. Se puede dar el caso, que la deuda sea mayor, pero puede pagar o bien la deuda sea menor pero la organización no pueda pagarla.

4. Actividad

- **Rotación de Activo (RA):** son las ventas sobre los activos (Ventas/Activos). Por ejemplo si el resultado de este ratio es 1,7, significa que por cada peso que he invertido en activo la organización ha generado 1,7 pesos en ventas. Por tanto mide la capacidad que tiene el activo de generar ventas. Por ejemplo las organizaciones enfocadas al conocimiento, tienen poca inversión en activo lo cual hace que el ratio sea extremadamente alto.

5. Rentabilidad

- **Rentabilidad sobre las Ventas:** este ratio se puede ver de dos formas, Margen operacional y margen neto. El *Margen Operacional o Bruto* es el resultado de la utilidad operacional (propia del giro de la organización) sobre las Ventas. Por ejemplo, si el resultado de este indicador fuera 0,43 o 43%, significa que por cada peso que se vende 57 centavos están destinados a cubrir los egresos

³Cuentas que no tienen efecto tributario.

operacionales. El *Margen Neto*, es el resultado de la Utilidad Neta sobre las Ventas. Por ejemplo, si el resultado de este ratio es 14%, eso significa que por cada peso se vende, 86 centavos se destinan a cubrir los egresos e impuestos.

- **Rentabilidad sobre la Inversión:** dependiendo del tipo de organización, esta se puede estimar respecto al valor libro o bien a valor de mercado (caso empresa). Estos ratios se pueden clasificar en:
 - ✓ **Rentabilidad sobre el Activo (ROA):** es el resultado de la UDI⁴ sobre los Activos. Si el ROA es 15%, significa que por cada peso invertido en activo la organización obtiene 15 centavos de utilidad. ROA, también se puede calcular como Rotación del Activo x Margen Neto.
 - ✓ **Rentabilidad sobre el Patrimonio (ROE):** es el resultado de la UDI sobre el Patrimonio (Valor contable). El ROE debe ser superior, a la ganancia que entregue un banco por concepto de depósito.

Beneficios

- Son estáticos y fáciles de manejar para presentar un diagnóstico de la organización.
- Permiten evaluar en términos financieros el comportamiento de una organización, pudiendo observar el efecto de acciones tomadas en pos de la mejora continua.
- Permite tomar decisiones al realizar comparaciones objetivas de los indicadores a lo largo del tiempo.

Limitaciones y precauciones

- Poseen dificultades para comparar varias organizaciones, por las diferencias existentes en los métodos contables de valorización de inventarios, cuentas por cobrar y activo fijo.
- Permiten comparar la utilidad en evaluación con una suma que contiene esa misma utilidad. Por ejemplo, al calcular la rentabilidad sobre el patrimonio dividimos la utilidad del año por el patrimonio del final del mismo año, que ya contiene la utilidad obtenida ese periodo como utilidad por repartir. Ante esto es preferible calcular estos indicadores con el patrimonio o los activos del año anterior.

⁴Utilidad después de impuestos.

- Siempre están referidos al pasado y no son sino meramente indicativos de lo que podrá suceder. Son la foto del momento.

✚ Formato de aplicación sugerido

No aplica.

3.2.2 Análisis Costo/Beneficio

Explicación

Esta herramienta⁵ tiene como objetivo proporcionar una medida de la rentabilidad que puede tener un proyecto, programa o Plan de la Calidad, mediante comparación de los costos previstos y los beneficios esperados de la realización de éste.

Sirve además como una medida para comparar dos o más alternativas a implementar, y tomar la decisión sobre la que proporcione un mayor retorno, lo cual es beneficioso al momento de implementar acciones de mejora.

Esta herramienta permite:

- Valorar la necesidad y oportunidad de la realización de un programa de medio ambiente, calidad o proyecto.
- Seleccionar la alternativa que sea más beneficiosa para la organización.
- Estimar en forma adecuada, los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de un proyecto, programa medio ambiental o plan de la calidad.

La característica que distingue al análisis de costo beneficio es el intento de llevar al máximo posible la cuantificación de los beneficios y costos en términos monetarios. Busca responder si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema.

Cómo se aplica

Para llevarlo a cabo, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conformar un equipo, que conozca el proyecto o plan que se analizará.
2. Realizar una tormenta de ideas, con el fin de reunir la mayor información posible de los factores importantes con cada una de las decisiones.
3. Establecer el punto de vista desde el cual se analizaran los costos y beneficios.
4. Elaborar una lista con los requerimientos (características) para llevar a cabo el proyecto, y con los beneficios por cada característica que traerá al llevarse a cabo.

Los costos deben ser tangibles y los beneficios pueden ser tangibles y no tangibles. Se deben incluir sus estimaciones para todo el horizonte de tiempo evaluado (para efectos de traer a valor presente los beneficios y costos)

⁵ Se atribuye al economista francés Jules Dupuit su uso formal en el siglo XIX.

5. Determinar los costos con cada factor. Tratar de que todos los costos determinados, sean con datos reales, y las estimaciones (supuestos) se reduzcan al mínimo.
6. Sumar los costos para cada decisión propuesta.
7. Determinar los beneficios, traducidos en unidad económica (misma que costos), inclusive los intangibles (donde se permite realizar supuestos, pero con base), traídos a valor presente.
8. Luego armar el indicador, tomando como numerador los beneficios y como denominador, los costos.

$$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

9. Lo anterior, por cada proyecto o plan analizado. Posteriormente comparar las relaciones (indicador) de beneficios a costos para las diferentes propuestas. La mejor solución, es la que tenga más beneficios de retorno (el más alto índice).

Para lo anterior, es necesario considerar:

1. Definir las opciones de una manera que le permita al analista compararlas en forma justa.
2. Para distribuir los costos y beneficios a través del tiempo, considerar el valor del dinero en el tiempo. Esto se puede realizar trayendo los beneficios y costos a valor presente antes de la comparación. Para lo anterior, la formula expuesta en el punto 8, se presenta de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Beneficios (B)}}{\text{Costos (C)}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t}} = \frac{VAI}{VAC}$$

Donde:

- ✓ B_t : representa los beneficios (ahorros y/o margen) de cada periodo t, traídos a valor presente. Denominado VAI.
- ✓ C_t : representa los costos del proyecto o plan de cada periodo t, traídos a valor presente. Denominado VAC.
- ✓ n : es el número de periodos considerados (del proyecto analizado). Si se compara con otra alternativa, debe ser a la misma cantidad de años.

- ✓ *K*: es el tipo de interés o tasa de descuento. Para efectos de Servicios Públicos, utilizar la tasa que el Ministerio de Desarrollo Social⁶ deja para efectos de proyectos públicos, la que actualmente está en torno un 6%.

Beneficios

- Sencillez, para presentar y entender el análisis.
- Ayuda a determinar si los proyectos son convenientes o no a la hora de su implementación.
- Permite analizar todas las variables que comprende el proyecto, y llevarlo a costo y beneficio.

Limitaciones y precauciones

- No es una herramienta que por sí sola proporcione la decisión; debe ser combinada con otros puntos, tales como satisfacción de cliente, seguridad, moral de empleados, entre otros.
- La dificultad en la estimación de los beneficios, en especial aquellos que son intangibles.
- Puede causar dificultad, encontrar una unidad de medida común, para los costos y beneficios.

Formato de aplicación sugerido

Tabla N° 9: Tabla Costo/Beneficio

Características	Costo (\$)	Beneficio (\$)	Periodo

⁶ Revisar en el siguiente link: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/proceso-validacion-precios-sociales/>

3.2.3 Análisis Costo/Efectividad

Explicación

Es un estudio que comprende la evaluación económica mediante el cual se busca identificar, cuantificar y valorizar los costos entre diferentes alternativas de planes y proyectos, que tengan un mismo objetivo.

Los resultados son en base a efectos (unidades naturales y físicas) como consecuencia del criterio objetivo-normativo, realizando una comparación como la que sigue:

$$\frac{\text{Costos}}{\text{Efectos}}$$

Los costos se expresan en unidades monetarias y en un periodo determinado.

La efectividad (efectos) se expresan en función de las consecuencias, las cuales pueden ser:

- Cambios en la mortalidad: vidas o años ganados, para el caso del sector salud.
- Cambios en la morbilidad: número de casos prevenidos, reducción de nuevos casos.
- Cambio en la tasa de fallas: disminución de cantidad de fallas de mantenimiento, o de sistemas.
- Cambios en la cantidad de incidentes operacionales: cuantificación de la disminución de incidentes operacionales.

Para poder estimar la información se puede realizar por los siguientes métodos:

1. Búsqueda bibliográfica: literatura disponible, evidencia científica, revisión sistemática, re-análisis de hallazgos, interpretación estadística, y otros documentos que permite concluir los efectos.
2. Opinión de expertos: por ejemplo el método Delphi.

Cómo se aplica

Para determinar el costo - efectividad, dependerá del efecto que se medirá; a continuación se utilizará costo mínimo y costo por beneficiario.

Las distintas alternativas de proyectos generan beneficios en forma desigual, difiriendo en el volumen de dicho beneficio; por tanto el primer paso, es determinar el costo

comparativo, por ejemplo por unidad, que permita comparar ambas propuestas, lo cual resume la fórmula de cálculo a:

$$\frac{\text{Costo (VAC)}}{\text{Unidades (efecto)}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t}}{N^{\circ} \text{ de unidades (N)}}$$

Donde:

- ✓ C_t : representa los costos del proyecto o plan de cada periodo t, traídos a valor presente. Denominado VAC.
- ✓ n : es el número de periodos considerados (del proyecto analizado). Si se compara con otra alternativa, debe ser a la misma cantidad de años.
- ✓ K : es el tipo de interés o tasa de descuento. Para efectos de Servicios Públicos, utilizar la tasa que el Ministerio de Desarrollo Social⁷ deja para efectos de proyectos públicos, la que actualmente está en torno un 6%.
- ✓ N : Número de unidades.

La elección del efecto que servirá de base comparativa en el análisis costo-efectividad debe realizarse teniendo en cuenta no sólo la naturaleza del problema sino los objetivos últimos del análisis y la información disponible.

Se emplean generalmente los ratios medios, los cuales tienen como fin reducir la información disponible sobre los costos y efectos a un común denominador, que permita conocer cuál es el costo de lograr una unidad de efecto con cada una de las dos o más diferentes alternativas consideradas.


De la comparación entre diferentes ratios medios obtenidos (uno para cada alternativa) el decisor, debe seleccionar o priorizar aquella opción que ofrezca una relación costo-efectividad mejor. Calificación que se corresponde con el **ratio medio más bajo** de entre las alternativas examinadas, lo que significa que con ella se necesita menor volumen de recursos para obtener una misma unidad de efecto.

$$\text{Ratio Medio} = \frac{\text{Costos (i)}}{\text{Efectos (i)}}$$

⁷ Revisar en el siguiente link: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/proceso-validacion-precios-sociales/>

 Beneficios

- Entregan información sobre qué proyectos tienen un mayor impacto en comparación a los costos que representa.
- Puede ser utilizada en una evaluación ex ante, intermedia y ex post.
- Poder visualizar la efectividad de una acción a implementar, versus lo que cuesta.

 Limitaciones y precauciones

- Al centrarse en una sola dimensión, y en estimación, contiene un sesgo en el análisis, más fuertemente en la evaluación ex ante.
- Permite ver la alternativa más efectiva y su costo, pero no así de la pertinencia (si es posible o no aplicarla, de acuerdo a otros factores).
- Más complicada es la aplicación en una situación ex post, ya que puede tener costos y efectos no previstos en un principio, donde la recopilación de esta información puede ser compleja.

 Formato de aplicación sugerido

Tabla N°10: Tabla Costos-Efectos

Características	Costo (\$)	Efectos (En unidades)	Periodo

3.2.4 Análisis de Regresión y Correlación

Explicación

Esta herramienta ayuda a relacionar el comportamiento de una característica de calidad, “variable de respuesta⁸”, con factores potencialmente causales, “variables explicativas⁹”. La relación se especifica a través de un modelo que puede venir del campo de la ciencia, economía, ingeniería, etc., o puede derivarse empíricamente.

El objetivo es ayudar a comprender la causa potencial de variación en la respuesta, y explicar cómo cada factor contribuye a esta variación. Esto se consigue relacionando, estadísticamente, la variación en la variable de respuesta con la variación de las variables explicativas, y obtener el mejor ajuste, minimizando las desviaciones entre la predicción y la respuesta real.

Esta herramienta permite lo siguiente:

- Comprobar hipótesis con respecto a la influencia de variables explicativas potenciales sobre una respuesta, y utilizar esta información para describir el cambio en la respuesta para un cambio dado en la variable explicativa.
- Predecir el valor de la variable de respuesta, para valores específicos de las variables explicativas.
- Predecir (a un nivel declarado de confianza) el rango de valores dentro del cual se espera que esté la respuesta, dados los valores específicos para las variables explicativas.
- Estimar la dirección y grado de asociación entre una variable de respuesta y una variable explicativa (aunque tal asociación no implica causalidad). Tal información podría utilizarse, por ejemplo, para determinar el efecto de cambio de un factor tal como la temperatura en el rendimiento del proceso, mientras que otros factores se mantienen constantes.
- Encontrar una ecuación y trazar una línea que se acerque lo más posible a los puntos dados (por ejemplo de un diagrama de dispersión de datos). Ayuda a estimar la relación de una o más características de una población.

Dentro de los tipos de regresión se encuentran:

- Regresión lineal: Desarrollo de una ecuación de estimación que describe la relación entre dos variables. Estimar los valores de una variable con base a los conocidos de la otra.

⁸ Variable de respuesta corresponde a la variable dependiente (Y).

⁹ Variable explicativa corresponde a la variable independiente (X).

- Regresión múltiple: procedimiento estadístico en virtud del cual algunas variables se usan para predecir otras variables.

La correlación es el grado de asociación lineal entre dos o más variables.

✚ Cómo se aplica

1. Definir cuál es el objetivo del análisis de regresión.
2. Definir el proceso a revisar.
3. Definir cuál será la variable de respuesta.
4. Definir cuál será su variable explicativa.
5. Graficar los datos. Se recomienda realizarlo en planilla de cálculo, a través de un diagrama de dispersión.
6. Posterior a ello, en la gráfica, realizar regresión, en base a la curva que más se ajuste a los datos.
7. Estimar la ecuación y correlación.
8. Analizar los resultados, y tomar acciones en caso de ser necesario.

Para interpretar los resultados, se establece lo siguiente:

Ecuación Lineal: $y = a + bx$

$$b = \frac{n \sum_i^n (x_i y_i) - \sum_i^n x_i \sum_i^n y_i}{n \sum_i^n x_i^2 - (\sum_i^n x_i)^2} \quad a = \frac{\sum_i^n y_i - b \sum_i^n x_i}{n}$$

$$\rho_{x,y} = R = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{n \sum_i^n (x_i y_i) - \sum_i^n x_i \sum_i^n y_i}{\sqrt{n \sum_i^n x_i^2 - (\sum_i^n x_i)^2} \sqrt{n \sum_i^n y_i^2 - (\sum_i^n y_i)^2}}$$

Donde,

- a, es la altura de la recta cuando $x=0$.
- b, es la pendiente de la ecuación.
- σ_x , es la desviación típica de la variable x.
- σ_y , es la desviación típica de la variable y.
- $\sigma_x \sigma_y$, es la covarianza de (x,y).
- $\rho_{x,y}$, es el coeficiente de correlación de Pearson.

Entonces,

- ✓ $R^2 =$ *Correlación.*
- ✓ $R^2 = 0,$ *sin correlación.*
- ✓ $R^2 = 0,25,$ *correlación débil.*
- ✓ $R^2 = 0,5,$ *correlación moderada.*
- ✓ $R^2 = 0,75,$ *correlación intensa.*
- ✓ $R^2 = 1,$ *correlación perfecta.*

Beneficios

- Ayuda a comprender la relación entre varios factores y la respuesta de interés, y ésta puede ayudar a guiar las decisiones relacionadas con el proceso que está siendo estudiado y eventualmente mejorarlo.
- Permite comprender y comparar los diferentes conjuntos de datos, determinando si están relacionados, y analiza las relaciones potenciales de causa-efecto. Permite una estimación de las magnitudes relativas del efecto de las variables explicativas, así como identificar la importancia relativa de estas variables sobre el resultado. Esta información es potencialmente de gran valor en el control o mejora de los resultados del proceso.
- Proporciona estimaciones de la magnitud y la fuente de impacto sobre la respuesta ocasionada por factores no medidos u omitidos. Con esta información se puede usar para mejorar el sistema de medición o el proceso.
- Se puede utilizar para predecir los valores de la variable de respuesta, para determinados valores de una o más variables explicativas; igualmente puede utilizarse para pronosticar el efecto de cambios en variables explicativas sobre una respuesta existente o predicha.

Limitaciones y precauciones

- Se requiere habilidad en la especificación de un modelo de regresión adecuado (ya sea, lineal, exponencial, multivariable), y al utilizar diagnósticos para mejorar el modelo.
- La presencia de variables omitidas, errores de medición, y otras fuentes de variaciones inexplicadas en la respuesta puede complicar la realización del modelo. Las suposiciones detrás del modelo de regresión en cuestión, y las características de los datos disponibles, determinan qué técnica de estimación es apropiada en un problema de análisis de regresión.

- La validez de los datos debería investigarse cuando sea posible, ya que la inclusión u omisión de datos del análisis podría influenciar las estimaciones de los parámetros del modelo.
- Minimizar el número de variables explicativas, es importante al realizar el modelo. La inclusión de variables que no son necesarias, puede reducir la precisión del modelo de predicciones.
- Por último, recordar que la omisión de una variable explicativa importante puede limitar seriamente el modelo y reducir la utilidad de los resultados.

✚ Formato de aplicación sugerido

Para aplicarlo se propone el siguiente ejemplo:

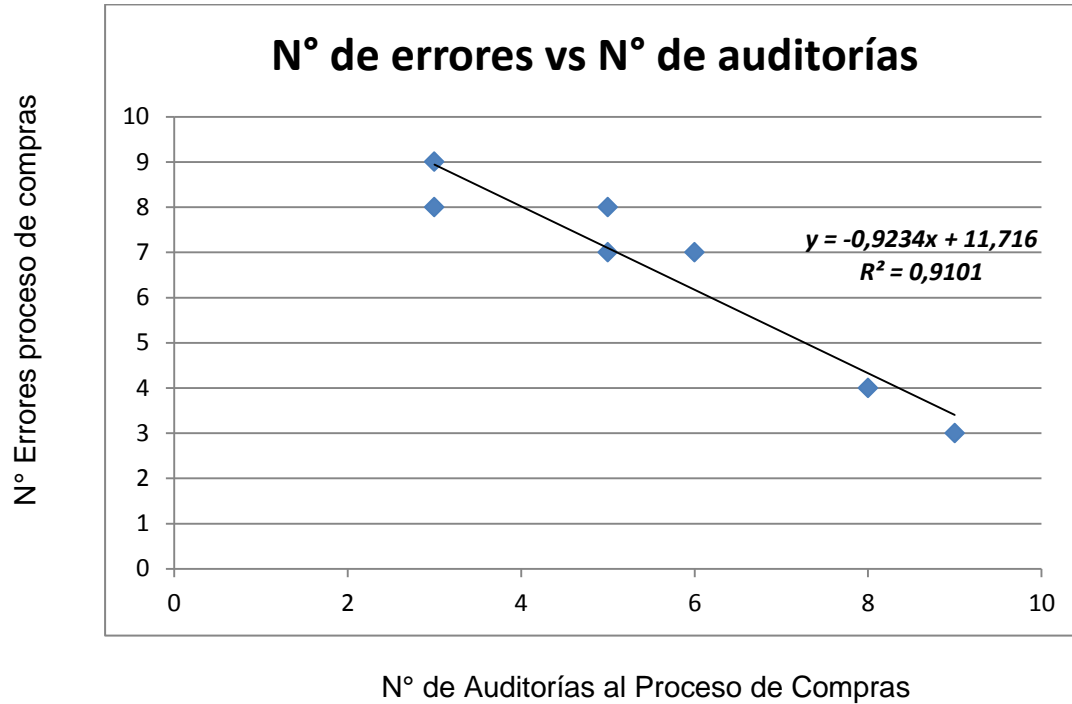
A continuación se comparan dos variables, “número de inspecciones vs número de errores”.

- Proceso: Compras.
- Objetivo: Determinar la importancia de las auditorías al proceso de compra.
- Donde x, identifica N° de auditorías al proceso de compras.
- Donde y números de errores en el proceso de compra.

Tabla N° 11: Datos análisis de regresión Auditorías vs Errores

N° de Auditorías (x)	N° de errores (y)
9	3
3	9
5	8
5	7
8	4
3	8
6	7

Gráfica N° 1: N° de errores vs N° de auditorías



Análisis: de acuerdo a la gráfica y coeficiente de correlación, se evidencia una correlación intensa negativa, demostrando que a mayor control a través de auditorías, menos errores se producen en el proceso de compras.

3.2.5 Series de Tiempo

✚ Explicación

La Serie de Tiempo es una colección o conjunto de observaciones de cierto fenómeno o experimento registrados secuencialmente en el tiempo, a intervalos de tiempo iguales.

Las observaciones de una serie de tiempo serán descritas por:

$$Y(t_1), Y(t_2), \dots, Y(t_n)$$

Donde, $Y(t_i)$ es el valor que toma el proceso en el instante t_i .

Dentro de las series de tiempo más comunes se encuentran:

- Economía: tasas de desempleo, tasa de inflación, índice de precios, monedas, precio de commodities, precios de acciones, ingreso nacional bruto, PIB, entre otros.
- Meteorología: Cantidad de agua caída, temperatura máxima y mínima diaria, entre otros.
- Telecomunicaciones: análisis de señales.
- Transporte: Series de tráfico.
- Demografía: Tasas de natalidad, tasas de mortalidad.
- Marketing: Series de gastos, utilidades, ventas, oferta y demanda.

El objetivo principal, es predecir cómo puede ser el comportamiento a futuro en base a la experiencia del pasado y del presente. Es detectar patrones de cambio en la información estadística en intervalos de tiempo regulares.

El gráfico de la serie de tiempo permite detectar lo siguiente:

- **Outliers (O):** Puntos que escapan de lo normal (puntos atípicos). En dicho caso, se debe reunir información que explique dichas desviación del análisis.
- **Tendencias (T):** Puntos que juntos, presentan un comportamiento predominante de la serie. El valor de la variable tiende a aumentar o disminuir en un periodo muy largo de tiempo. Por ejemplo: el incremento establece los precios de los productos que componen la canasta para el cálculo del IPC.
- **Variaciones Estacionales (E) y/o Cíclicas (C):** Representación de un movimiento periódico que adopta la serie de tiempo. Puede estar en un año,

semestre, trimestre, mensual u otro intervalo, que sea concordante con la serie de tiempo.

Existe una leve diferencia entre estacional y cíclica. La primera ocurre en periodos que se pueden identificar, como por ejemplo estacionalidades en la venta de servicios, o la propia del empleo (por ejemplo la temporada de cosecha de la fruta). Implica patrones de cambio en el lapso de un año que tienden a repetirse anualmente.

La cíclica en cambio suele estar asociada a grandes ciclos, cuyo periodo no se puede atribuir a alguna causa, citando como ejemplo los fenómenos climáticos, que por lo general tienen ciclos de varios años.

- **Variaciones Aleatorias (A):** Demuestran movimientos irregulares, distintos a los anteriormente mencionados.

Las series de tiempo, son datos que presentan una o más de las cuatro variaciones descritas, pero en la mayoría de los casos contienen varias de las componentes descritas anteriormente.

✚ Cómo se aplica

El modelo clásico de series de tiempo, se describe, tal como se planteó anteriormente, de la siguiente forma:

$$Y(1), \dots, Y(n)$$

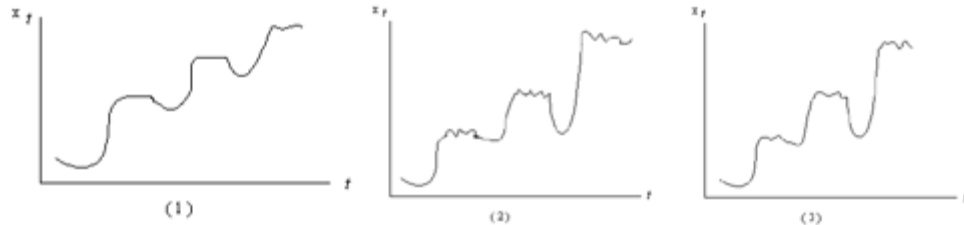
Lo que se puede expresar de las siguientes formas:

1. Modelo aditivo: $Y(t) = T(t)+E(t)+A(t)$
2. Modelo Multiplicativo: $Y(t) = T(t) E(t) A(t)$
3. Modelo Mixto: $Y(t)=T(t) E(t)+A(t)$

Un modelo **aditivo** es adecuado cuando, $E(t)$ no depende de otras componentes, como $T(t)$. En caso contrario si la estacionalidad varía con la tendencia, el modelo más adecuado es el **multiplicativo o el mixto**.

Un ejemplo de patrones, que posiblemente se pueden representar en los tres modelos:

Ilustración N° 5: Tipos de modelo de Series de Tiempo



Fuente: Universidad de Zaragoza.

Dentro de los pasos a seguir se encuentra:

1. Estimar la tendencia

Se toma como supuesto que la componente estacional $E(t)$ no está presente y que el modelo aditivo es el más adecuado para este caso. Se realizan tres pasos:

- Ajuste de la función en tiempo.
- Suavizar (o filtrar) los valores de la serie.
- Utilizar las diferencias.

Supongamos que existe una oficina que atiende a los siguientes clientes por trimestre:

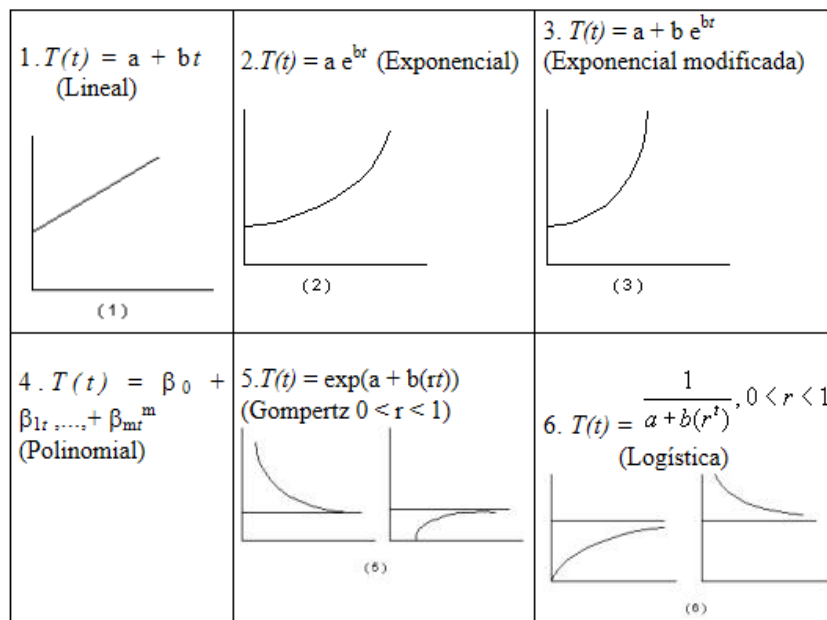
Tabla N° 12: Clientes por Trimestre

Año	Trimestre	Clientes
2010	I	1600
	II	2100
	III	900
	IV	1800
2011	I	1500
	II	2000
	III	1000
	IV	1800
2012	I	1700
	II	2400
	III	1300
	IV	2200

2013	I	1700
	II	2500
	III	1100
	IV	2100
2014	I	1800
	II	2600
	III	1400
	IV	2500

El ajuste de la función puede adoptar las siguientes curvas que se muestran en la Ilustración N° 6, según los datos dados:

Ilustración N° 6: Ecuaciones



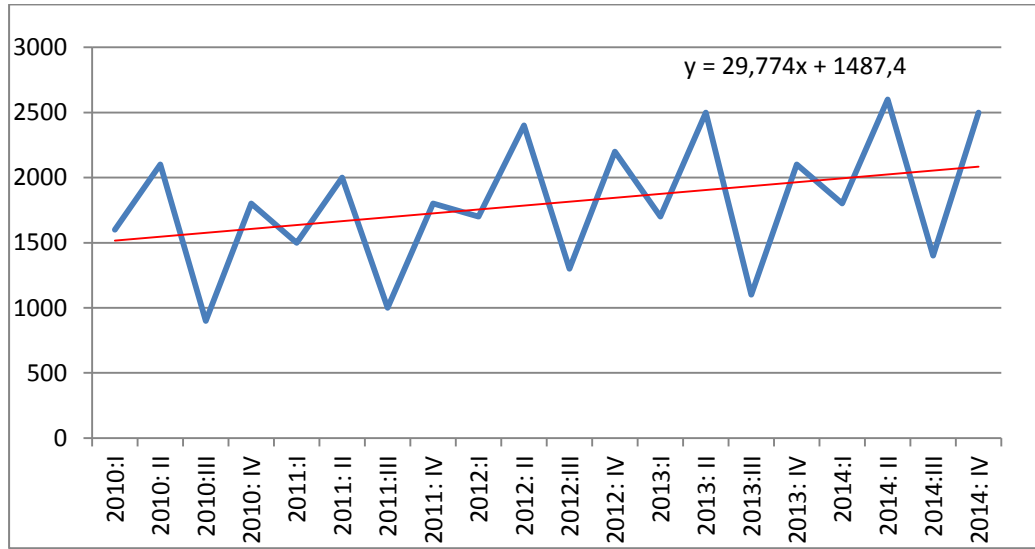
Fuente: Universidad de Zaragoza.

Notas:

- La curva de tendencia debe cubrir un periodo relativamente largo para ser una buena representación de la tendencia a largo plazo.
- La tendencia rectilínea y exponencial son aplicable a corto plazo, puesto que una curva S a largo plazo puede parecer una recta en un período restringido de tiempo (por ejemplo).

Para el caso de los clientes, el ajuste se realizará linealmente¹⁰:

Gráfica N° 2: Ajuste de Tiempo Clientes

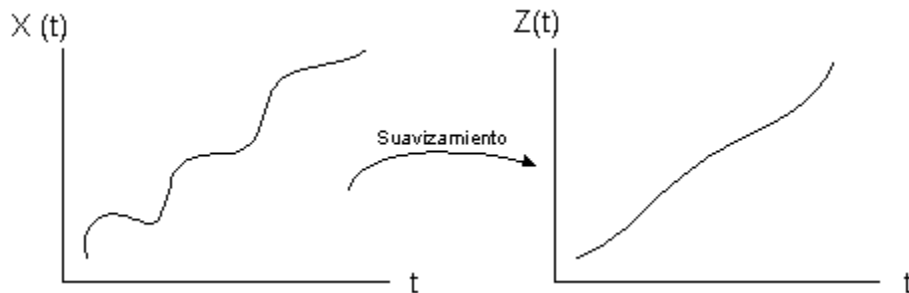


Aquí se puede observar que la tendencia se grafica en función de $T(t)=29,774x+1487,4$.

2. Suavizamiento. Filtros lineales

Una vez realizado el ajuste, con el fin de visualizar la tendencia, se realiza el suavizado.

Ilustración N° 7: Suavizamiento de la serie



Fuente: Universidad de Zaragoza.

¹⁰Esto se puede realizar a través de una planilla de cálculo.

La idea es llevar la expresión lineal $X(t)$ a una función suavizada $Z(t)$, donde:

$$Z(t)=F(X(t)), \text{ con } t=1,\dots,n$$

De tal modo que:

$F(X(t))=T(t)$, donde $F(X(t))$ se denomina Filtro Lineal.

Uno de los filtros más usados son los promedios móviles. Esta tiene como objetivo eliminar las componentes estacionales y aleatorias de la serie. El suavizamiento se realiza cuando se producen cambios bruscos en la serie.

Siguiendo el ejemplo, al ser por cuatro trimestres se calcularía determinando el promedio de los últimos cuatro trimestres en forma consecutiva, lo cual se observa de la siguiente forma:

Tabla N° 13: Cálculo Promedio Móviles por Trimestre

Año	Trimestre	Clientes	Promedio Móvil de 4 trimestres
2010	2010:I	1600	
	2010: II	2100	
	2010:III	900	1600
	2010: IV	1800	1575
2011	2011:I	1500	1550
	2011: II	2000	1575
	2011:III	1000	1575
	2011: IV	1800	1625
2012	2012:I	1700	1725
	2012: II	2400	1800
	2012:III	1300	1900
	2012: IV	2200	1900
2013	2013:I	1700	1925
	2013: II	2500	1875
	2013:III	1100	1850
	2013: IV	2100	1875
2014	2014:I	1800	1900
	2014: II	2600	1975
	2014:III	1400	2075
	2014: IV	2500	

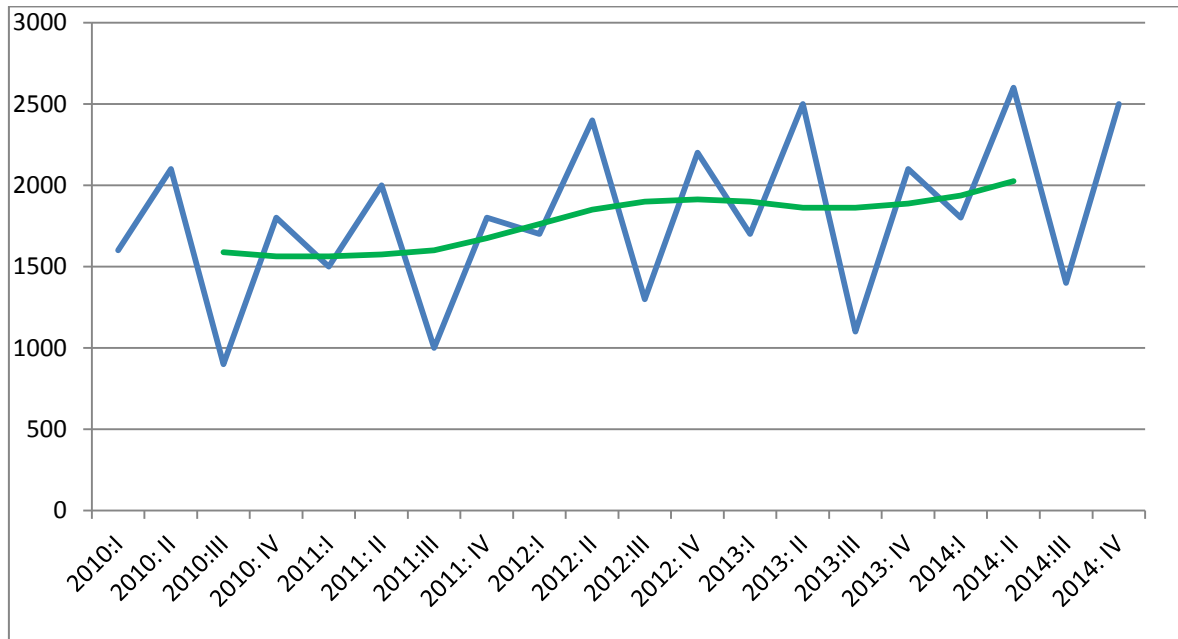
Posterior a ello se debe centrar este promedio móvil. Cuando el número de periodos bajo el cual se calcula la media móvil es impar, se centra en el dato del medio. Si es par, como el caso desarrollado, se calcula el promedio entre dos promedios móviles consecutivos, como se describe a continuación:

Tabla N° 14: Cálculo Promedio Móvil por Trimestre

Año	Trimestre	Clientes	Promedio Móvil de 4 trimestres	Promedio Móvil Centrado de 4 trimestres
2010	2010: I	1600		
	2010: II	2100		
	2010:III	900	1600	1587,5
	2010: IV	1800	1575	1562,5
2011	2011:I	1500	1550	1562,5
	2011: II	2000	1575	1575
	2011:III	1000	1575	1600
	2011: IV	1800	1625	1675
2012	2012:I	1700	1725	1762,5
	2012: II	2400	1800	1850
	2012:III	1300	1900	1900
	2012: IV	2200	1900	1912,5
2013	2013:I	1700	1925	1900
	2013: II	2500	1875	1862,5
	2013:III	1100	1850	1862,5
	2013: IV	2100	1875	1887,5
2014	2014:I	1800	1900	1937,5
	2014: II	2600	1975	2025
	2014:III	1400	2075	
	2014: IV	2500		

Por tanto suavizada, la serie se observa como representa el color verde:

Gráfica N°3: Serie Suavizada por Promedio Móvil



3. Estimación de la estacionalidad

La estimación de la estacionalidad se realiza con el fin de eliminarla de la serie para visualizar otras componentes como tendencia y componente irregular que se pueden confundir en las fluctuaciones estacionales.

La estacionalidad existe cuando la serie temporal presenta patrones de comportamiento que se repiten cada cierto periodo. A su vez, una serie desestacionalizada, es aquella en la cual se extrae la componente estacional a través de un método matemático, de tal forma que no muestre los “picos” que normalmente se ven en una serie estacional (suavizamiento).

Por tanto siguiendo el ejemplo anterior, para encontrar la componente estacional se debe seguir con lo siguiente:

- Calcular el % del valor real respecto a la promedio móvil

Esto significa que comparo el valor obtenido por el promedio móvil centrada, con los clientes que al inicio teníamos en ese periodo, estimando un porcentaje (Clientes/Promedio Móvil Centrado de 4 trimestres). Esto se vería así:

Tabla N°16: % del valor real respecto al promedio móvil

Año	Trimestre	Clientes	Promedio Móvil Centrado de 4 trimestres	% del valor real respecto al media móvil
2010	2010:I	1600		
	2010: II	2100		
	2010:III	900	1587,5	57%
	2010: IV	1800	1562,5	115%
2011	2011:I	1500	1562,5	96%
	2011: II	2000	1575	127%
	2011:III	1000	1600	63%
	2011: IV	1800	1675	107%
2012	2012:I	1700	1762,5	96%
	2012: II	2400	1850	130%
	2012:III	1300	1900	68%
	2012: IV	2200	1912,5	115%
2013	2013:I	1700	1900	89%
	2013: II	2500	1862,5	134%
	2013:III	1100	1862,5	59%
	2013: IV	2100	1887,5	111%
2014	2014:I	1800	1937,5	93%
	2014: II	2600	2025	128%
	2014:III	1400		
	2014: IV	2500		

➤ Calcular el índice de estacionalidad

Para ello, con los datos obtenidos se presentan por año y trimestres, donde por cada estacionalidad (en nuestro caso del ejemplo son trimestres), se eliminan los valores más altos y más bajo, entre el periodo analizado (nuestro caso años), y luego se determinan un promedio por periodo:

Tabla N° 15: Tabla para cálculo de índice de estacionalidad

AÑO	T 1	T2	T3	T4
2010			56,7%	115,2%
2011	96,0%	127,0%	62,5%	107,5%
2012	96,5%	129,7%	68,4%	115,0%
2013	89,5%	134,2%	59,1%	111,3%
2014	92,90%	128,40%		

Donde las celdas marcadas en rojo, corresponden a los valores más alto por cada trimestre entre los años del análisis, y las celdas amarillas, corresponden a los valores más bajos.

Una vez determinado se procede a obtener el promedio de los valores que quedan, obteniendo lo siguiente:

Tabla N° 16: Promedios por Trimestres

AÑO	T 1	T2	T3	T4
2010				
2011	96,0%		62,5%	
2012		129,7%		115,0%
2013			59,1%	111,3%
2014	92,90%	128,40%		
Promedios	94,45%	129,06%	60,78%	113,15%

Para Calcular el índice de estacionalidad, se divide los cuatro trimestres (400% al estar en porcentaje), por la suma de los cuatro promedios determinados en el punto anterior.

$$\text{Índice de estacionalidad} = \frac{400\%}{(94,45\% + 129,06\% + 60,78\% + 113,15\%)}$$

$$\text{Índice de estacionalidad} = 1,0064$$

Una vez obtenido este índice, los promedios de cada trimestre anterior se multiplican por este factor, encontrando el factor de ajuste por trimestre:

Tabla N° 17: Ajuste de Trimestres x Índice de estacionalidad

	T 1	T2	T3	T4
Media modificada	94,45%	129,06%	60,78%	113,15%
Media modificada ajustada	95,06%	129,90%	61,17%	113,87%
Índice de estacionalidad	1,0064			

Tal como se destaca en negrita, los factores de ajustes por trimestre, corresponden al producto entre la media o promedio modificado y el índice de estacionalidad.

Una vez realizado dichos ajustes, se procede a calcular la demanda de clientes desestacionalizada de la oficina del ejemplo, multiplicando el factor correspondiente al trimestre con los clientes reales establecidos:

Tabla N° 18: Clientes desestacionalizados

Año	Trimestre	Clientes	Índice estacional	Clientes desestacionalizadas
2010	I	1600	0,9506	1683,18
	II	2100	1,2990	1616,68
	III	900	0,6117	1471,27
	IV	1800	1,1387	1580,69
2011	I	1500	0,9506	1577,98
	II	2000	1,2990	1539,69
	III	1000	0,6117	1634,75
	IV	1800	1,1387	1580,69
2012	I	1700	0,9506	1788,38
	II	2400	1,2990	1847,63
	III	1300	0,6117	2125,17
	IV	2200	1,1387	1931,96
2013	I	1700	0,9506	1788,38
	II	2500	1,2990	1924,62
	III	1100	0,6117	1798,22
	IV	2100	1,1387	1844,14
2014	I	1800	0,9506	1893,58
	II	2600	1,2990	2001,60
	III	1400	0,6117	2288,64
	IV	2500	1,1387	2195,41

Con estos datos se procede a graficar la serie desestacionalizada, y se obtiene la tendencia con el fin de calcular, los valores para cada trimestre, y luego compararlos con lo real y obtener el “Residuo”, por tanto:

Gráfica N° 4: Clientes desestacionalizados



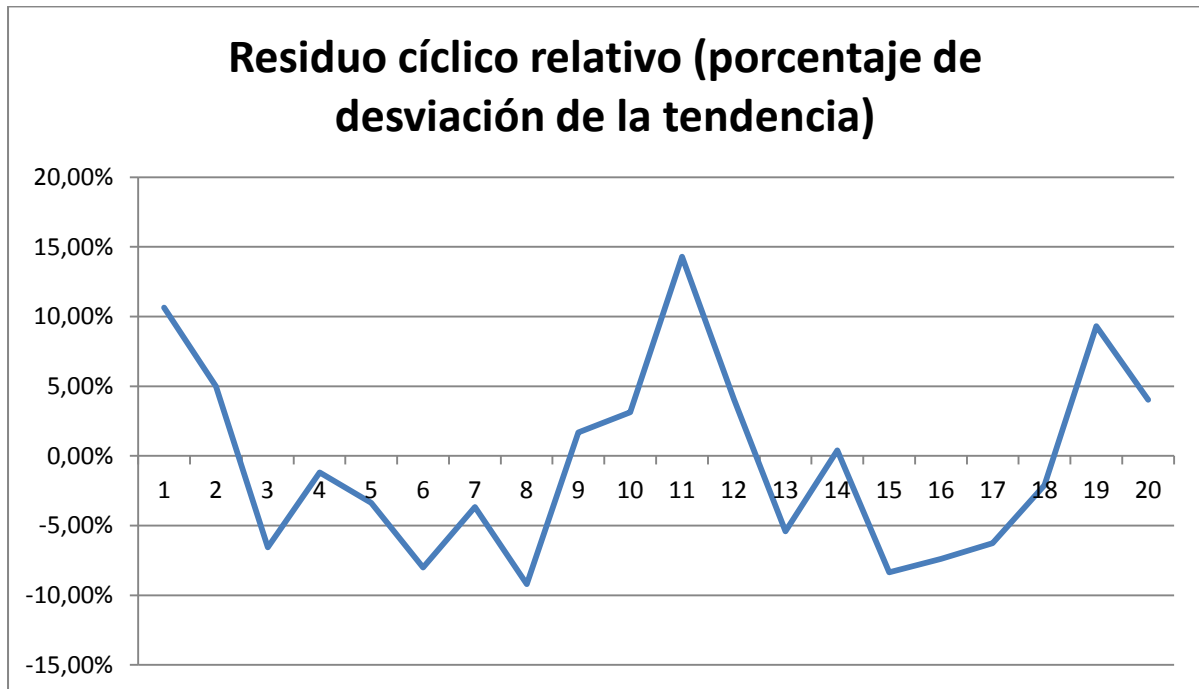
Con la ecuación resultante de la línea de tendencia se calcula los valores correspondientes a cada periodo, estimando el porcentaje de tendencia y el residuo cíclico relativo (porcentaje desviación respecto a la tendencia), obteniendo lo siguiente:

Tabla N° 19: Porcentaje de tendencia y residuo cíclico

Año	Trimestre	Cientes desestacionalizadas	Cientes pronosticados desestacionalizadas (datos de la recta)	Porcentaje de tendencia (clientes desestacionalizados/datos de recta)*100	Residuo cíclico relativo (porcentaje de desviación de la tendencia)
2010	I	1683,18	1504,136	89,36%	10,64%
	II	1616,68	1535,872	95,00%	5,00%
	III	1471,27	1567,608	106,55%	-6,55%
	IV	1580,69	1599,344	101,18%	-1,18%
2011	I	1577,98	1631,08	103,37%	-3,37%
	II	1539,69	1662,816	108,00%	-8,00%
	III	1634,75	1694,552	103,66%	-3,66%
	IV	1580,69	1726,288	109,21%	-9,21%
2012	I	1788,38	1758,024	98,30%	1,70%
	II	1847,63	1789,76	96,87%	3,13%
	III	2125,17	1821,496	85,71%	14,29%
	IV	1931,96	1853,232	95,93%	4,07%
2013	I	1788,38	1884,968	105,40%	-5,40%
	II	1924,62	1916,704	99,59%	0,41%
	III	1798,22	1948,44	108,35%	-8,35%
	IV	1844,14	1980,176	107,38%	-7,38%
2014	I	1893,58	2011,912	106,25%	-6,25%
	II	2001,60	2043,648	102,10%	-2,10%
	III	2288,64	2075,384	90,68%	9,32%
	IV	2195,41	2107,12	95,98%	4,02%

Ya con esto, se puede observar en la serie el Residuo Cíclico relativo:

Gráfica N° 5: Residuo cíclico relativo



4. Predicciones

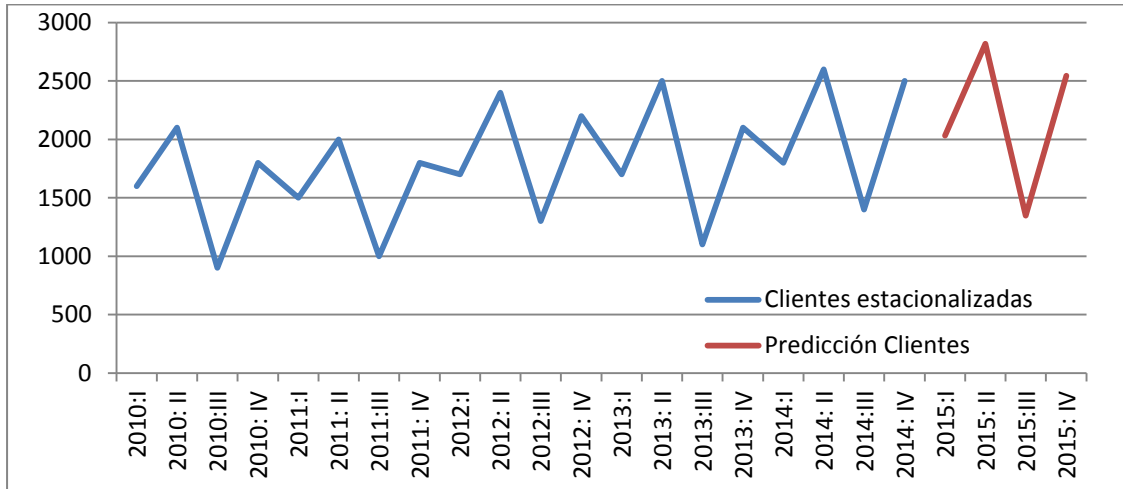
El principal fin de la serie, es tener una predicción, es por ello, que con el fin de obtener por ejemplo el comportamiento del 2015, es necesario predecir a través de la tendencia (recta obtenida) cada trimestre, y volver a estacionalizar con el fin de observar su comportamiento:

Tabla N° 20: Predicción estacionalizada 2015

	Cientes pronosticados desestacionalizadas (datos de la recta)	Índice estacional	Cientes pronosticados estacionalizadas
I	2138,856	0,9506	2.033,1589
II	2170,592	1,2990	2.819,5127
III	2202,328	0,6117	1.347,1996
IV	2234,064	1,1387	2.544,0207

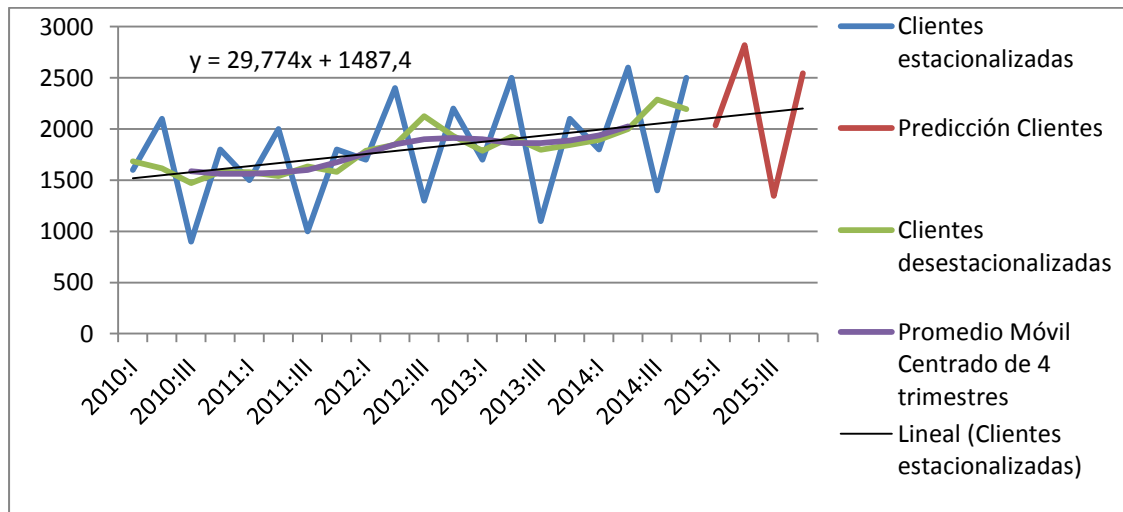
Teniendo finalmente la serie siguiente estacionalizada:

Gráfica N° 6: Clientes y predicción 2015



Finalmente las series de tiempo las podemos observar aquí:

Gráfica N°7: Series de tiempo Clientes



Aquí se puede apreciar, la tendencia, estacionalidad y la predicción permitiendo un dato bastante certero a la hora de tomar decisiones, respecto a la atención de clientes en las oficinas del ejemplo. También permite identificar en que trimestres, será necesario tener más personal.

Beneficios

Para la descripción de los beneficios, se citan los descritos en la Norma ISO 10017:2003, que establecen claramente sus ventajas:

- *“Los métodos de análisis de series de tiempo son útiles en la planificación, en la ingeniería de control, en la identificación de un cambio en un proceso, en la generación de pronósticos y en la medición del efecto que pueda tener una intervención o acción externa”.*
- *“El análisis de series de tiempo también es útil para comparar el desempeño proyectado para un proceso, con los valores pronosticados en la serie de tiempo si hubiera que hacer algún cambio específico”.*
- *“Los métodos de series de tiempo pueden proveer información en cuanto a posibles patrones de causa y efecto. Existen métodos para separar las causas sistemáticas (o asignables) de las causas aleatorias, y también para descomponer patrones de una serie de tiempo en sus componentes cíclicos, estacionales y tendenciales”.*
- *“El análisis de series de tiempo frecuentemente es útil para entender cómo se comportará un proceso bajo unas condiciones específicas, y determinar qué ajustes podrían (o no) influenciar el proceso en la dirección de algún valor objetivo, o qué ajustes podrían reducir la variabilidad del proceso”.*

Limitaciones y precauciones

Para la descripción de las limitaciones y precauciones, se citan los descritos en la Norma ISO 10017:2003:

- *“Las mismas limitaciones y precauciones citadas para el análisis de regresión son también válidas para el análisis de series de tiempo. Al realizar modelos de un proceso para entender las causas y sus efectos, se necesita gran habilidad para seleccionar el modelo más apropiado y para utilizar las herramientas de diagnóstico para mejorarlo”.*
- *“La inclusión u omisión de una única observación o un pequeño conjunto de observaciones en el análisis, puede tener una influencia significativa en el modelo. Por tanto se deberían comprender y distinguir las observaciones influyentes de los valores “atípicos” en los datos”.*

- *“Las diferentes técnicas para la estimación de series de tiempo pueden tener diferentes grados de éxito, dependiendo de los patrones de las series de tiempo y el número de períodos para los que se quiere pronosticar, en relación al número de períodos para los que se dispone de datos de series de tiempo. La selección de un modelo debería tener en cuenta el objetivo del análisis, la naturaleza de los datos, el costo relativo y las propiedades analíticas y predictivas de los diferentes modelos”.*

 Formato de aplicación sugerido

De acuerdo a los formatos de tabla y gráficas desarrolladas anteriormente.

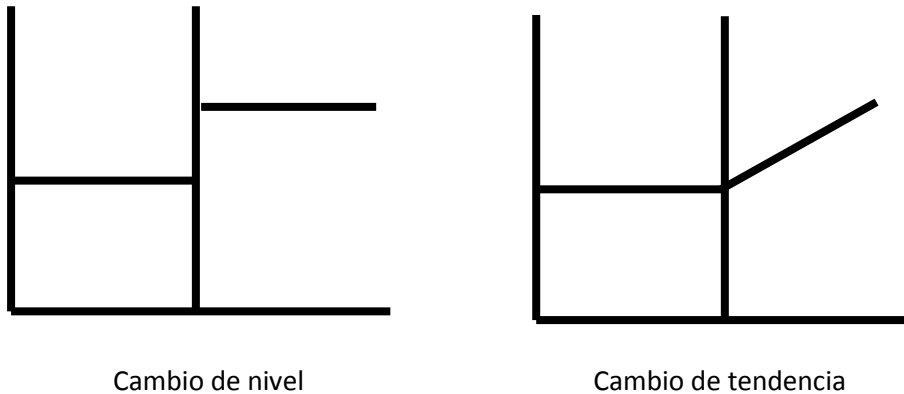
3.2.6 Series de Tiempo Interrumpidas

Explicación

Unos de los tipos de serie de tiempo, de uso frecuente en ciencias sociales y del comportamiento, son las *series temporales interrumpidas*. Este tipo de serie es apropiado para evaluar el impacto de los tratamientos (como por ejemplo programas sociales, innovaciones sociales, estímulos, variables manipuladas, proyectos, entre otros).

Ésta se caracteriza por la interrupción de la serie, en un punto de tiempo, en donde ocurre la aplicación del tratamiento o donde se interviene con el proyecto, innovación, o acción, entre otros. Posterior a ello, se espera que como consecuencia de la aplicación del tratamiento o intervención, los datos reflejen esto, mostrando un cambio de nivel o de tendencia.

Ilustración N° 8: Patrones de cambios series interrumpidas



En ello radica la lógica que se utiliza en este tipo de serie de tiempo, en el sentido de atribuir los cambios vistos en la serie, a partir del punto de interrupción, a la presencia de la intervención. Esto es vital para observar la eficacia de las acciones correctivas y/o preventivas tomadas ante una No Conformidad, o el impacto de acciones adoptadas para mejorar el desempeño de los procesos.

Para este tipo de series de tiempo, los cambios de nivel pueden tomar diferentes formas tomando en consideración como se espera que actúe la variable de tratamiento (en la cual se efectúa la intervención).

De los cambios de nivel existen tres expectativas:

- Que la intervención genere un cambio *permanente* en el nivel.
- Posibilidad de predecir un cambio *transitorio*, esperando así que la intervención tenga un efecto inmediato post intervención.
- Que la consecuencia o efecto, tenga un carácter *momentáneo*, donde el efecto de la intervención tiende a reducirse a lo largo del tiempo.

Respecto al cambio de tendencia o pendiente, son de interés para aquellas situaciones donde se espera que la tasa de incremento o decremento sea el resultado de la intervención. También sirve para ver la persistencia de esta tendencia en el tiempo, pudiendo ser continua o discontinua.

El modelo básico de serie temporal interrumpida, está formado por dos períodos y múltiples observaciones registradas, antes y luego de la intervención, sobre el objeto de estudio (procesos, por ejemplo). Los periodos mencionados se conocen como pre y post tratamiento.

Cómo se aplica

La aplicación de este método está en función de los datos recopilados antes y después de la intervención o acción tomada.

Para comprender mejor esta herramienta, seguiremos de acuerdo al ejemplo anterior. Ya con los resultados anteriores, tenemos la tendencia, estacionalidad y se pudo predecir los resultados. Ahora bien, si realizamos una intervención, por ejemplo se aplica un plan comunicacional, sobre la ubicación y servicios entregados en una oficina con el fin de aumentar la afluencia de clientes a dicha oficina, se procede a recopilar información una vez realizada la intervención, como recomendación, durante un periodo de tiempo equivalente o superior a los trimestres antes de la intervención, a fin de aplicar series de tiempo y poder observar si se generó un cambio permanente de nivel, ver si tuvo un efecto transitorio (inmediato post intervención) o bien tuvo un efecto momentáneo, que fue desapareciendo en el tiempo.

En resumen, esta herramienta nos permite evaluar la eficacia de las acciones tomadas, generadas a partir de los resultados del análisis causa.

Beneficios

- Los beneficios están asociadas a las establecidas en las series de tiempo en general.

- Permite determinar si las acciones tomadas (intervención) causaron los efectos esperados y si estos fueron permanentes, transitorios o momentáneos.

✚ Limitaciones y precauciones

- Las limitaciones y precauciones están asociadas a las establecidas en las series de tiempo en general.

✚ Formato de aplicación sugerido

De acuerdo a la aplicación de series de temporales.

3.2.7 Benchmarking

Explicación

Esta técnica se fundamenta en la búsqueda de las mejores prácticas, aplicadas en otras organizaciones o en áreas de la propia organización que realiza el estudio, para identificar los elementos que podemos aplicar, en la organización que realiza el estudio, con el objetivo de conseguir un nivel de gestión excepcional.

Se origina y aplica inicialmente en los Estados Unidos hacia finales de los sesenta, como un modelo que tiene como objetivo "aprender de los otros"; identificando y mejorando procesos ya establecidos por otras organizaciones, y basado en el conocimiento ya adquirido, lograr el objetivo propuesto.

Cómo se aplica

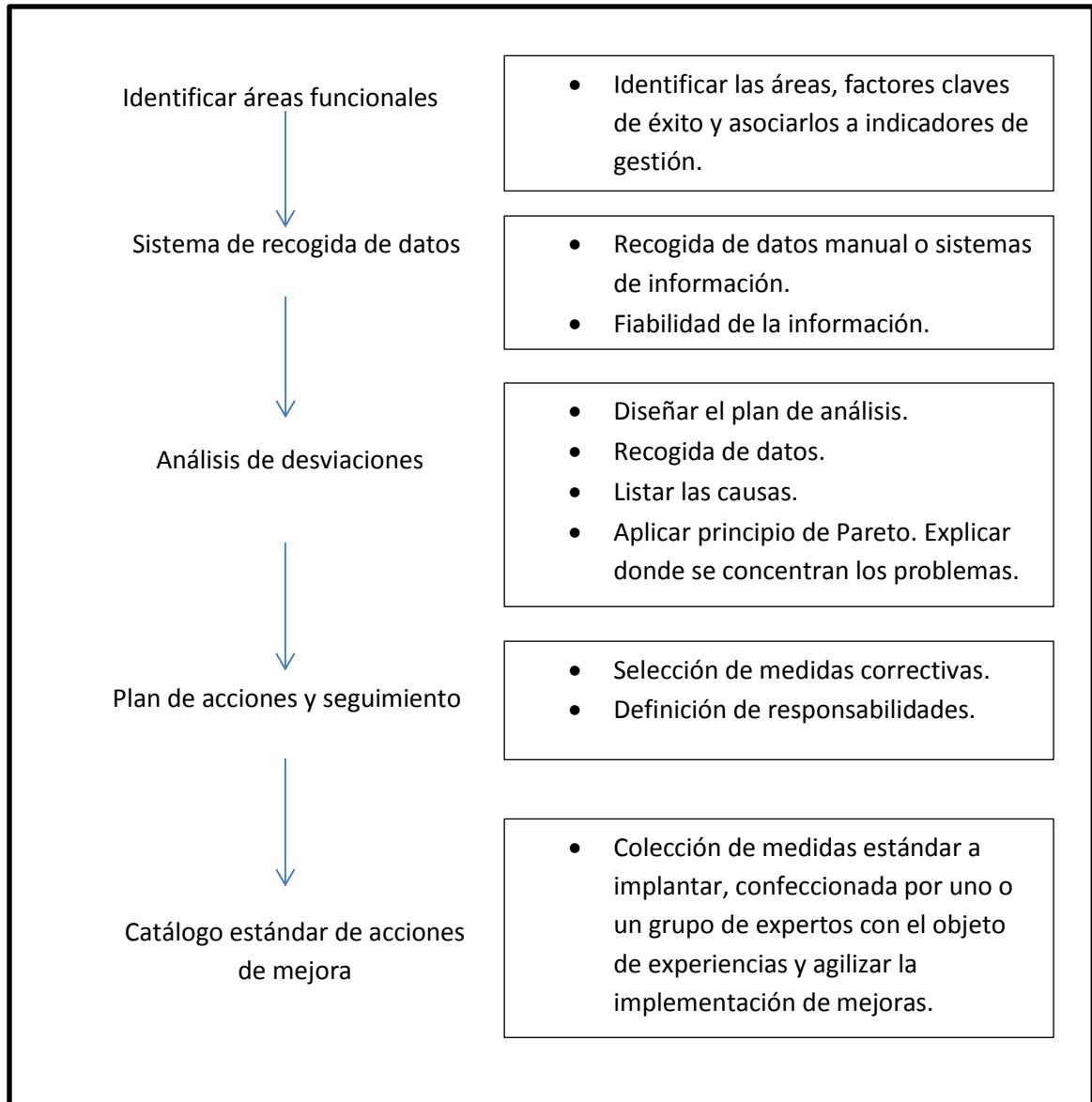
El proceso de benchmarking, se debe iniciar identificando las áreas funcionales que se desea comparar, con el objetivo de identificar los factores claves de éxito y asociarlos a indicadores de gestión.

En su aplicación se deben seguir los siguientes pasos:

1. Realizar inicialmente, una recogida de datos.
2. Estudiar las diferencias entre los factores de comparación, analizando las desviaciones.
3. En base a los resultados, elaborar un plan de acción y planear su implementación.
4. Realizar un catálogo de medidas a aplicar, las cuales deben ser elaboradas por un grupo de expertos y deben ser estándar para facilitar el intercambio de experiencia.

Esquemáticamente sería así:

Ilustración N° 9. Proceso de Benchmarking



Fuente: "Teoría y práctica de la calidad"

Beneficios

- Útil para llevar a cabo cualquier planeación, presupuestos, programas, políticas, procedimientos de una organización, como también mejorar o generar una planificación estratégica.
- Mejorar la satisfacción de las partes interesadas, tanto externas como internas.
- Satisfacer en forma más adecuada las necesidades del usuario o beneficiario final.
- Permite establecer metas basadas bajo datos externos que sean comparables.
- Permite llegar a alcanzar los mejores estándares de calidad.
- Permite estar alerta y estar en constante búsqueda de las mejores prácticas, tomando esta técnica como un catalizador de la mejora continua.

Limitaciones y precauciones

- Es necesario prestar atención a las implicaciones éticas y legales del proceso, considerando que toda la información a la que se acceda debe ser obtenida por medios ética y legalmente válidos.
- Proceso difícil de ejecutar, ya que necesita mucho tiempo y compromiso de la alta dirección para tener éxito.
- Es costoso, por gastos directos e indirectos en que se incurre, para obtener los datos.
- Difícil identificación de los aspectos a comparar en las organizaciones en términos de estrategias, tamaño, tipo, cultura y localización.
- Se requiere que el personal asignado domine las destrezas de organización, manejo de proyectos, eficiencia, productividad y calidad.

Formato de aplicación sugerido

Ver Ilustración N° 9.

3.2.8 Gráficos de Comportamiento

Explicación

Esta herramienta se utiliza para estudiar los datos de los procesos con el fin de determinar tendencias o patrones en el tiempo.

Al registrar los datos en el orden en el cual ocurren, se ofrece información clara y sencilla de los cambios en el proceso.

Estos puntos de datos pueden o no revelar una tendencia o patrón en el proceso. La Media del proceso es calculada y mostrada como una línea horizontal en la gráfica.

En una Gráfica de Comportamiento, se espera que los datos variaran aleatoriamente hacia abajo y arriba de la Línea Media.

Cómo se aplica

1. Determinar lo que se va a medir (Característica). Seleccionar el proceso.
2. Determinar el horizonte de tiempo a medir, en día semanas u otros. Establecer si se medirá por cada hora, diariamente, semanalmente, etc.
3. Trazar el eje vertical a la izquierda, que va a representar el valor medido. Indicar el número de ocurrencias esperadas (frecuencia), utilizando intervalos apropiados desde 0 hasta los valores más altos a la izquierda del eje vertical. Marcar el eje.
4. Trazar el eje horizontal en la base, el cual representa el tiempo o secuencia. Definir e indicar los límites de tiempo a lo ancho de la parte inferior del eje horizontal, marcando el eje.
5. Marcar cada uno de los datos en la Gráfica a medida que vayan ocurriendo. Los datos reunidos deben permanecer y presentarse en el orden en el cual fueron reunidos.
6. Conectar los datos.

7. Calcular la Media¹¹ o se puede también definir la Mediana¹². Existen dos formas de calcular la Mediana:

➤ Para un número impar de puntos de datos:

- a. Ordenar los puntos de los datos del más bajo al más alto.
- b. Encontrar el valor que separa los datos en dos partes iguales. Este valor será la Mediana.

➤ Para un número par de puntos de datos:

- a. Ordenar los datos de los puntos del más bajo al más alto.
- b. Dividir el número de puntos de datos en dos para encontrar el punto medio. Por ejemplo, si se tienen 24 puntos de datos, el punto medio sería 12 ($24/2 = 12$).
- c. Encontrar el valor que ocupa el número 12 desde la parte inferior. Asumamos que este valor es 15.
- d. Localizar el valor encima de éste. Asumamos que este valor es 17.
- e. Sumar los dos valores anteriores ($15 + 17 = 32$).
- f. Dividir la suma por 2 y la respuesta será la Mediana. ($32/2 = 16$).

8. Marcar y mostrar la Gráfica.

9. Analizar los resultados, con el fin de encontrar tendencias¹³ y comportamientos¹⁴. Buscar una distribución uniforme de los puntos de datos alrededor de la línea central (Media o mediana). Buscar aquellos datos (puntos en la gráfica) que estén exageradamente altos o bajos y que pueden indicar un problema en el proceso.

Para la interpretación y análisis de los resultados se aconseja lo siguiente:

- Conocer el número de comportamientos en una gráfica puede ayudar a determinar si el proceso está siendo afectado por causas especiales. El número de puntos de datos en la muestra determina el número de puntos consecutivos que constituyen un comportamiento.

11 Promedio simple.

12 Posición central de un conjunto de datos.

13 Aumentos o Disminuciones consecutivas.

14 punto de datos individual o una serie de puntos de datos consecutivos al mismo lado de la Línea Media (Promedio).

- Buscar tendencias (serie de aumentos o disminuciones consecutivas), no se debería tener ninguna tendencia exageradamente larga. Si la tiene, el proceso debe ser investigado para determinar qué ha cambiado y que está provocando la tendencia.

Beneficios

- Permite establecer una línea base para mejorar, ya que permite comparar el desempeño histórico con el desempeño mejorado.
- Permite observar un proceso, y a través de los datos, obtener cómo estos resultados varían en el tiempo.
- Permite enfocarse en los cambios más significativos de un proceso, identificando que altera el proceso.
- Permite observar rápidamente los patrones anormales, así como los comportamientos y tendencias.
- Permite analizar los efectos de un cambio realizado a un proceso.

Limitaciones y precauciones

- Debe acompañarse con otras herramientas, con el fin de analizar las tendencias detectadas.
- Asegurarse de que la información recopilada es lo suficientemente específica y que no depende de la interpretación.
- Tener precaución al momento de definir los puntos exageradamente altos y bajos.

Formato de aplicación sugerido

Para aplicar, se propone utilizar el siguiente formato, que se presenta a continuación con un ejemplo orientado a analizar el número de credenciales defectuosas generadas por mes:

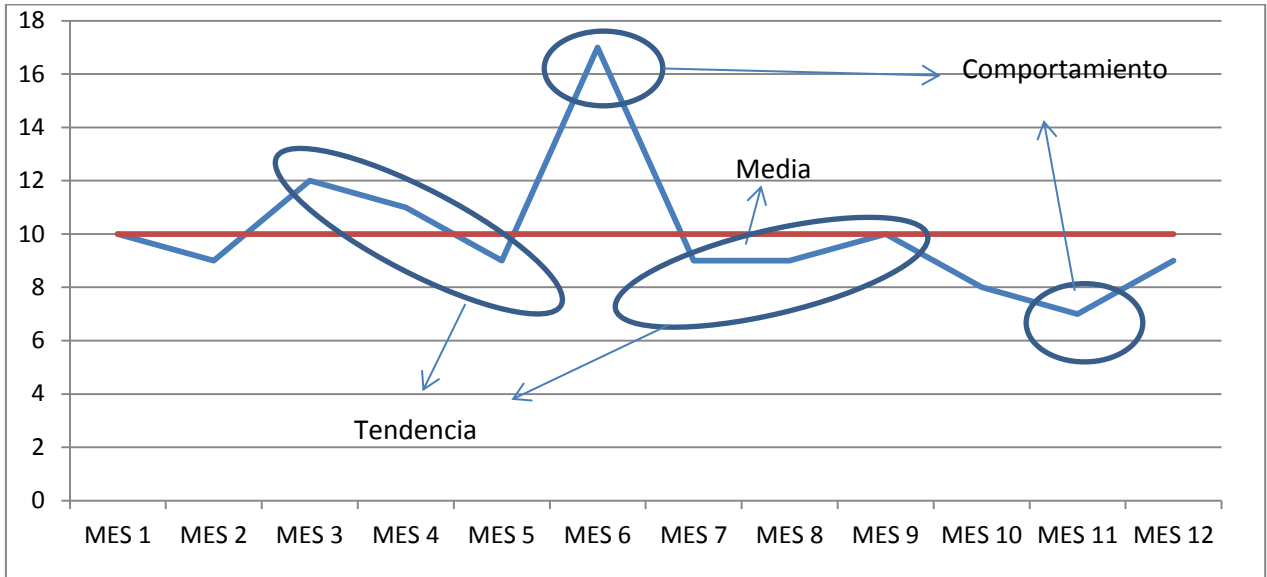
Tabla N° 21: Tabla para identificar datos para la elaboración de gráficas de comportamiento.

Proceso:	Elaboración de credenciales
-----------------	-----------------------------

Media:	10
---------------	----

Periodo	N° de Credenciales defectuosas
MES 1	10
MES 2	9
MES 3	12
MES 4	11
MES 5	9
MES 6	17
MES 7	9
MES 8	9
MES 9	10
MES 10	8
MES 11	7
MES 12	9

Gráfica N° 8: Ejemplo de gráfico de comportamiento.



Con ello las gráficas permiten identificar donde existe tendencia a la baja de generación de credenciales mal emitidas, y donde se produjeron los peak (alzas), con el fin de investigar.

3.2.9 Gráficos de Control

Explicación

Son una herramienta sencilla y de fácil aplicación. El objetivo es intentar acercar lo más posible la toma de decisiones a los puntos donde realmente, son más importantes los problemas, donde es necesario adoptar acciones de mejora.

En el gráfico de control se representan los valores obtenidos en un intervalo de tiempo, para una característica concreta, que se desea controlar.

Los gráficos de control se desarrollan en función de las características de los elementos a estudiar, ya tengan estos un comportamiento que pueda ser descrito como atributos¹⁵ o variables¹⁶. Existen más tipos, tales como los gráficos CUSUM, las cuales son sumas acumuladas, donde se detecta desviaciones del proceso a un valor determinado y gráficos EWMA, que significa (Exponential weighted moving average control chart), para detectar mínimas variaciones de la media.

Cómo se aplica

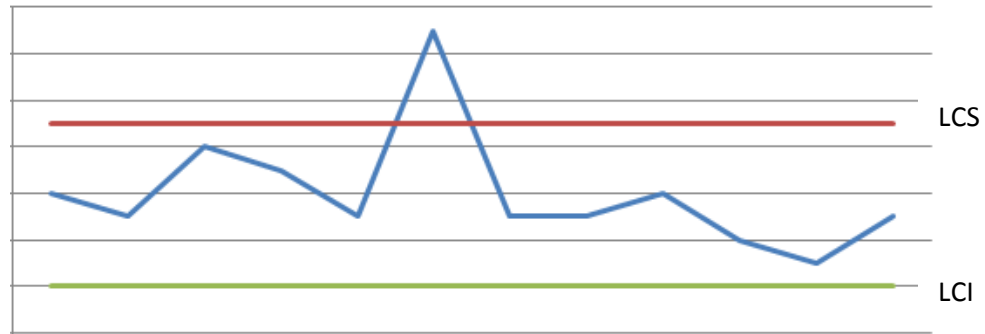
En la gráfica, en el eje Y se debe representar la escala de una característica concreta que se desea controlar y en el eje X se representa el valor medio de dicha característica. Por encima y por debajo del eje X, se representan dos líneas que representan el límite de control superior y el inferior¹⁷. Cuando la gráfica se acerca a estos límites de control, se debe intervenir el proceso. Lo anterior no es absoluto, y siempre la decisión debe ir de acuerdo a la experiencia y el raciocinio del equipo que lo realiza.

¹⁵ Aspectos cualitativos.

¹⁶ Aspectos cuantitativos (peso, tamaño, entre otros).

¹⁷Varía según gráfico de control.

Gráfica N°9: Gráfica de control ilustrativa



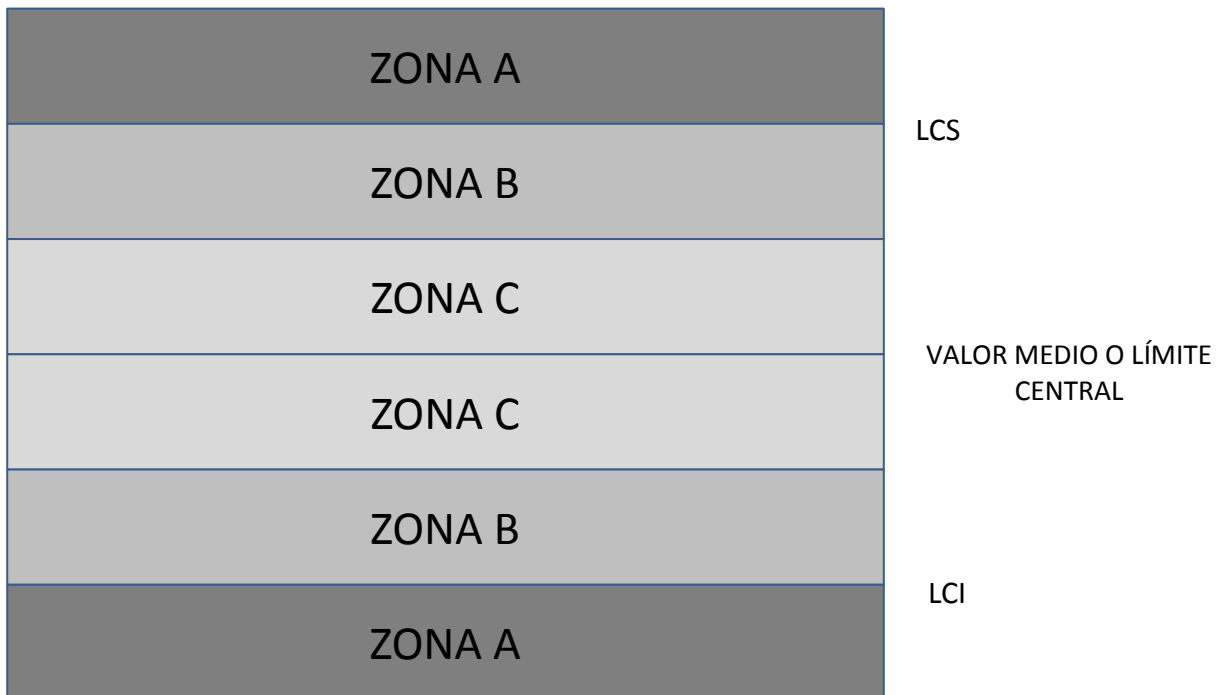
Fuente: Texto “Teoría y Práctica de la Calidad”. Autores: Marta Sangüesa Sánchez, Ricardo Mateo Dueñas y Laura Ilzarbe Izquierdo

En una gráfica de control, se identifica que el proceso no está bajo el control cuando:

- Uno o más puntos están fuera de los límites de control.
- Existen una serie de patrones de inestabilidad.

En el caso de la segunda causa, para detectar los patrones se divide el área entre los límites de control en tres zonas de igual tamaño.

Ilustración N° 10: Zonas de Control



Los patrones de inestabilidad, se definen de la siguiente forma:

- 2 de 3 puntos se encuentren en la zona A.
- 4 de 5 puntos se encuentran en la zona B.
- 9 puntos seguidos, por encima o debajo de la línea.
- 14 puntos que se muevan en forma de onda para arriba y para abajo.
- 15 puntos consecutivos de la zona C.

Los límites de control se eligen de tal forma que la probabilidad de intervenir en el proceso erróneamente es de 3 por mil.

Dentro de los tipos de gráficos de control se encuentran los variables y por atributos.

a. Gráficos de Control por Variables

Estas características generalmente se encuentran bajo una distribución normal.

Las causas que pueden generar que una característica continua deje de estar bajo control son:

- Desplazamiento de su valor medio.
- Cambio de variabilidad.
- Una combinación de ambas.

Es importante identificar claramente, qué características se representarán (las más importantes). Para cada característica hay que construir dos gráficos, uno para la media y otro para la desviación estándar (los dos parámetros que se deben controlar).

Los pasos a seguir son:

1. Definir qué características se van a estudiar, y para cada una de ellas, definir la media y su desviación estándar.
2. Posteriormente, se define el tamaño de las muestras y la frecuencia con la cual se va a tomar el muestreo. Para este paso la experiencia previa y la disposición de recursos humanos y económicos es fundamental. En base a ello se propone seguir lo siguiente:
 - Se extrae entre 4 a 6 productos en los cuales se mide la característica de estudio.
 - Se apunta en el gráfico la media de las medias aritméticas, y la media de variabilidad de la característica en los mencionado productos (la

variabilidad de la muestra puede calcularse a partir de la desviación estándar o calculando el rango de variación muestral R).

Para el cálculo de los límites basarse en las siguientes tablas:

Tabla N° 22: Cálculo de límites para gráfico de control para variables

TIPO DE GRÁFICO DE CONTROL	TAMAÑO MUESTRAL (n)	LÍNEA CENTRAL DEL GRÁFICO	LÍMITES DE CONTROL
Media y Desviación Estándar $\bar{\bar{X}}/s$	Generalmente ≥ 10	$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$	$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \times \bar{s}$ $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \times \bar{s}$
		$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m}$	$LCS_s = B_4 \times \bar{s}$ $LCL_s = B_3 \times \bar{s}$
Media y recorrido $\bar{\bar{X}}/R$	< 10, pero generalmente entre 3 y 5	$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$	$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R}$ $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R}$
		$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$	$LCS_R = D_4 \times \bar{R}$ $LCL_R = D_3 \times \bar{R}$

Donde m = número de muestras

Fuente: Información obtenida de “Teoría y Práctica de la Calidad”.

A continuación, se presentan las tablas con los valores de las constantes que se necesitan para calcular los límites de control en los gráficos para variables:

Tabla N° 23: Constantes para gráficos de control por variables

Tamaño muestral n	Constantes					
	A_3	B_3	B_4	A_2	D_3	D_4
2	2,66	0,00	3,27	1,88	0,00	3,27
3	1,95	0,00	2,57	1,02	0,00	2,57
4	1,63	0,00	2,27	0,73	0,00	2,28
5	1,43	0,00	2,09	0,58	0,00	2,11
6	1,29	0,03	1,97	0,48	0,00	2,00
7	1,18	0,12	1,88	0,42	0,08	1,92
8	1,10	0,19	1,82	0,37	0,14	1,86
9	1,03	0,24	1,76	0,34	0,18	1,82
10	0,98	0,28	1,72	0,31	0,22	1,78
11	0,93	0,32	1,68	0,29	0,26	1,74
12	0,89	0,35	1,65	0,27	0,28	1,72
13	0,85	0,38	1,62	0,25	0,31	1,69
14	0,82	0,41	1,59	0,24	0,33	1,67
15	0,79	0,43	1,57	0,22	0,35	1,65
16	0,76	0,45	1,55	0,21	0,36	1,64
17	0,74	0,47	1,53	0,20	0,38	1,62
18	0,72	0,48	1,52	0,19	0,39	1,61
19	0,7	0,5	1,5	0,19	0,40	1,60
20	0,68	0,51	1,49	0,18	0,42	1,59

Fuente: Información obtenida de “Teoría y Práctica de la Calidad”.

b. Gráficos de Control para Atributos

Estos gráficos se emplean cuando la característica a controlar no es medible o su medición supone un costo excesivo o muy complejo. En este caso, se intenta controlar si el producto posee o no un atributo. El tamaño de la muestra es mayor al que un gráfico de control por variables.


Tabla N° 24: Cálculo de límites según tipo de gráfico de control para atributos

TIPO DE GRÁFICO DE CONTROL	TAMAÑO MUESTRAL (n)	LÍNEA CENTRAL DEL GRÁFICO	LÍMITES DE CONTROL
Se controla la proporción (p) de fallos en un grupo Gráfico p	Variable, generalmente ≥ 50	Para cada muestra $p = \frac{np}{n}$ para las muestras (m) $\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_m}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}$	$LCS_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ $LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Se controla el número de fallos en un grupo Gráfico np	Constante ≥ 50	Para cada muestra np= Número de fallos para las muestras (m) $n\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_m}{m}$	$LCS_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p} \times (1 - \frac{n\bar{p}}{n})}$ $LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p} \times (1 - \frac{n\bar{p}}{n})}$
Número de fallos Gráfico c (Gráfico i)	Constante $\bar{c} \geq 50$	Para cada muestra c= Número de fallos para las muestras (m) $\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_m}{m}$	$LCS_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
Se controla el número de elementos por unidad Gráfico u	Variable	Para cada muestra $u = \frac{c}{n}$ para las muestras (m) $\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_m}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}$	$LCS_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ $LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

Fuente: Texto “Teoría y Práctica de la Calidad”.

 Beneficios

- Facilita la comunicación, lo que puede simplificar el análisis de situaciones numéricas complejas.
- Genera un impacto visual importante, al mostrar de forma clara la variabilidad del resultado de un proceso, respecto a una determinada característica y/o atributo.
- Ofrece una guía para el análisis, ya que proporciona mayor información que el simple control de los resultados de un proceso, pudiendo rescatar de ésta, posibles acciones preventivas o bien correctivas, según sea el caso, y alternativas para investigar el proceso.

 Limitaciones y precauciones

- Puede crear la falsa idea de que cuando hay un problema se puede emplear los gráficos de control para solucionarlo. Si el problema ya existe, los gráficos de control, sólo constatarán dicha existencia.
- Comenzar su utilización sin determinar, previamente, la capacidad del proceso¹⁸.
- Controlar una característica o atributo no significa controlar el proceso.
- Puede ser fácil cometer errores de cálculo.
- El supuesto básico es que el objeto de estudio se comporta bajo una distribución normal, lo cual en el caso de ser muy distinta la distribución puede llevar a una distorsión en los resultados.

 Formato de aplicación sugerido

Tabla N° 25: Formato de Tabla para Gráfico de Control

Datos	Línea Central	Límite de Control Superior	Límite de Control Inferior
	<i>(De acuerdo a fórmulas descritas para Gráfico de Control por Variables en Tabla N°22 – 23 y para Gráfico de Control por Atributos en Tabla N° 24)</i>	<i>(De acuerdo a fórmulas descritas para Gráfico de Control por Variables en Tabla N°22 – 23 y para Gráfico de Control por Atributos en Tabla N° 24)</i>	<i>(De acuerdo a fórmulas descritas para Gráfico de Control por Variables en Tabla N°22 – 23 y para Gráfico de Control por Atributos en Tabla N° 24)</i>

¹⁸Intervalo de variabilidad de las observaciones de las observaciones individuales cuando el proceso está bajo control. El proceso es capaz si puede producir dentro de las especificaciones exigidas.

3.2.10 Gráficos de Radar

Explicación

Muestra de manera gráfica las brechas entre los valores reales e ideales de una situación, requisito o evento, la cual permite evaluar y captar el desempeño de un proceso, actividad o personas respecto a estándares definidos.

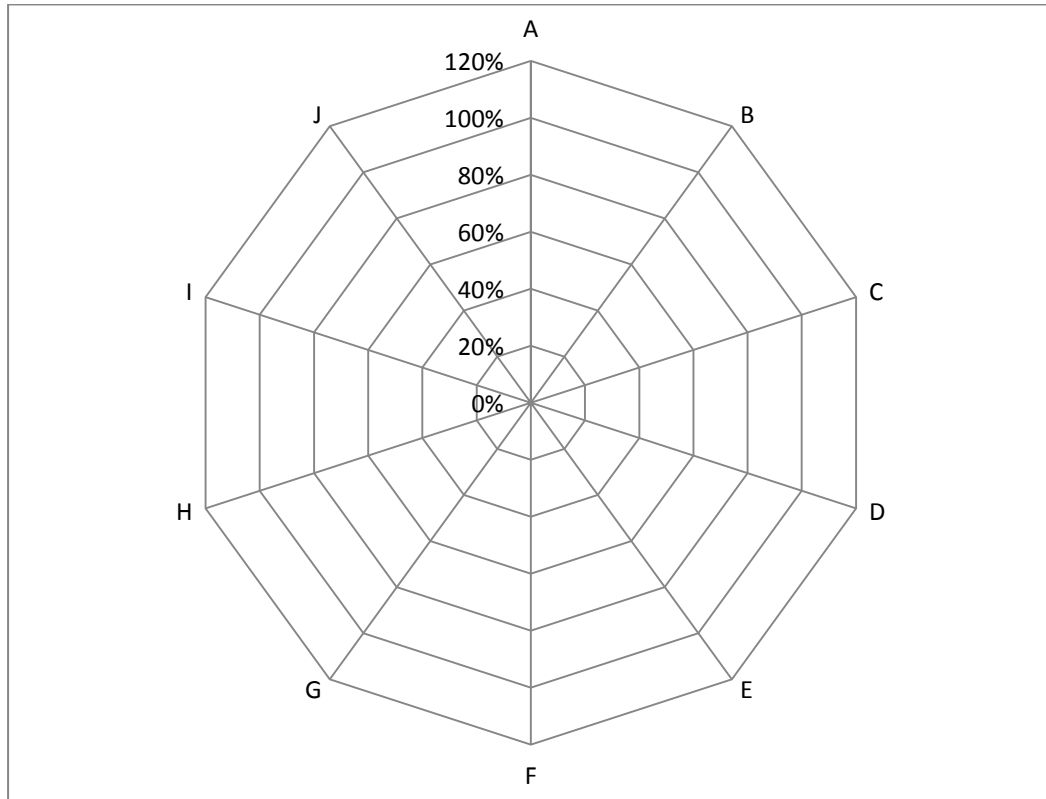
Los gráficos Radar se utilizan para:

- Representar las brechas que existen entre el estado actual y el ideal.
- Observar las percepciones de un equipo u organización, respecto a su desempeño conjunto.
- Identificar las fortalezas y debilidades de un equipo u organización.
- Presentar de forma clara las categorías de desempeño más importantes.

Cómo se aplica

1. Establecer un equipo de trabajo.
2. Reunir los datos que se pretende estudiar.
3. Definir las categorías de clasificación. Esta clasificación, y el número de clasificaciones dependerá del objeto de estudio. Por ejemplo, si se pretende estudiar una falla de un proceso, se pueden determinar las categorías de probable causa a través de una entrevista a los participantes en el proceso. Con esto definir la escala en la cual se medirá (normalmente de 5 a 10).
4. Elaborar el gráfico radar en base a las categorías y escala de calificación. Para ello, utilizar la herramienta Microsoft Excel y generar un gráfico radar, donde se establece un atributo a evaluar y se define una escala, la que puede ser 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%, respecto a cada atributo, lo cual se representa de la siguiente forma:

Ilustración N° 11: Representación gráfico radar



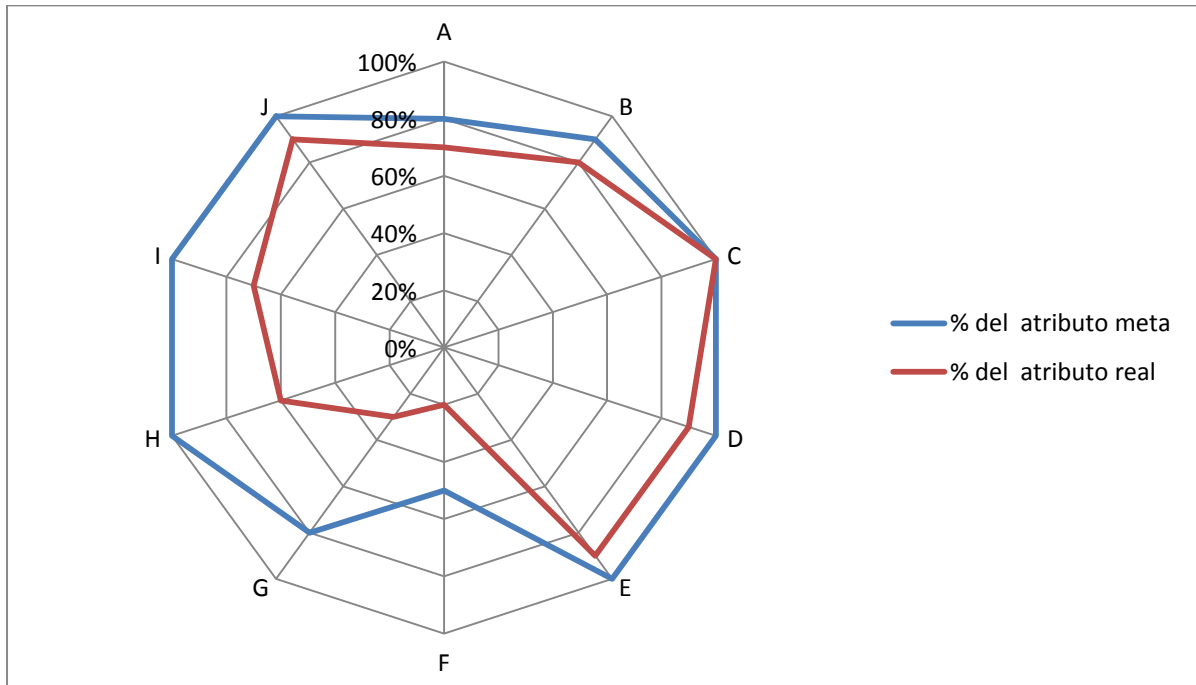
5. Luego se debe calificar cada atributo, de acuerdo a la experiencia y/o datos que maneje el equipo a cargo. El puntaje a asignar a cada atributo puede ser por consenso o el promedio de todos los miembros del equipo.
6. Definir el puntaje para cada atributo.
7. Indicar la fecha de la realización de la gráfica radar, esto con el fin de fijar la fecha ya que los procesos van cambiando.
8. Interpretar los resultados, para aplicar acciones de mejorar, con el fin de disminuir las brechas o bien orientar los esfuerzos a la causa que más fuerza representa la gráfica radar.

Como ejemplo, tomando en consideración 10 atributos, en una escala de 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, quedaría así:

Tabla N° 26: Atributos Ideal y Real Gráfico Radar

Atributo	% del atributo real	% del atributo meta
A	70%	80%
B	80%	90%
C	100%	100%
D	90%	100%
E	90%	100%
F	20%	50%
G	30%	80%
H	60%	100%
I	70%	100%
J	90%	100%

Gráfica N°10: Gráfico Radar ejemplo



Beneficios

- Permite presentar visualmente las brechas existentes entre el estado actual y el estado ideal.
- Buen método para observar en forma rápida las debilidades respecto al objeto de análisis.

Limitaciones y precauciones

- El cumplimiento por cada atributo es una estimación en base a la data existente, lo cual puede inducir a error de estimación.
- Dependencia respecto al nivel de competencias del equipo a cargo de la gráfica radar.
- Utilizar muchas categorías puede resultar muy difícil de interpretar y gestionar.

Formato de aplicación sugerido

De acuerdo a lo descrito anteriormente.

3.2.11 Diagrama o Análisis de Pareto

Explicación:

Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barra. Las barras representan los factores que provocan un efecto o un problema. Al asignar un orden de prioridad a los factores se puede identificar las causas principales que originan el problema. En otras palabras es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar.

También se conoce como “**Diagrama ABC**” o “**Diagrama 20-80**”.

Se fundamenta en considerar que un pequeño porcentaje de las causas o riesgos, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él. Las características del Diagrama de Pareto permite desarrollar el análisis, no sólo en función de la frecuencia de ocurrencia de un evento, sino también sobre la base de costos asociados, o la utilización conjunta de las dos formas, para confirmar los resultados.

Cómo se aplica

1. Identificar el problema o efecto a estudiar.
2. Investigar qué factores o causas provocan el problema y como recoger los datos referentes a ellos.
3. Anotar la magnitud (por ejemplo: \$, número de defectos, etc.) de cada factor. En el caso de factores cuya magnitud es muy pequeña comparada con la de los otros factores incluirlos dentro de la categoría “Otros”, ya que no impactan por si solos.

Por ejemplo, en la Dirección XX se desea saber cuáles equipos de los utilizados en la prestación de los servicios, se les debe asignar la mayor cantidad de recursos para reposición y mantención. En la tabla siguiente se muestran los equipos con mayores problemas durante el último año, así como el número de fallas asociados a ellos:

Tabla N° 27: N° de fallas por máquina

	N° de fallas
Máquina 1	12
Máquina 2	5
Máquina 3	7
Máquina 4	20
Máquina 5	3

4. Ordenar los factores de mayor a menor en función de la magnitud (valor) de cada uno de ellos.
5. Calcular la magnitud total del conjunto de factores.
6. Calcular el **porcentaje total** que representa cada factor, así como el **porcentaje acumulado**.

El primero de ellos se calcula como: $\% = (\text{magnitud del factor} / \text{magnitud total de los factores}) \times 100$. El porcentaje acumulado para cada uno de los factores se obtiene sumando los porcentajes de los factores anteriores de la lista más el porcentaje del propio factor del cual se trate.

Tabla N°28: Datos Ordenados por número de fallas

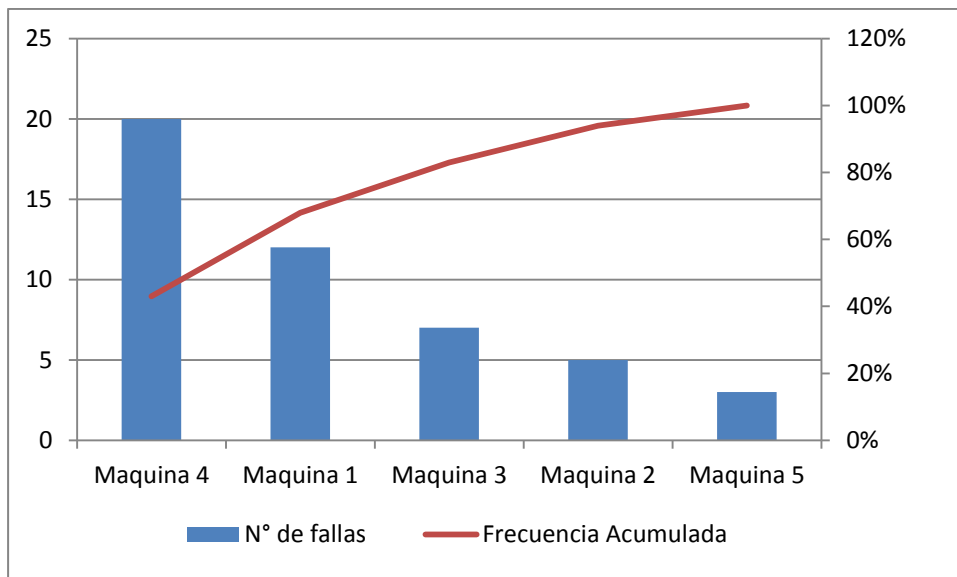
	N° de fallas	N° fallas Acumuladas	Frecuencia (% Total)	Frecuencia Acumulada
Máquina 4	20	20	43%	43%
Máquina 1	12	32	26%	68%
Máquina 3	7	39	15%	83%
Máquina 2	5	44	11%	94%
Máquina 5	3	47	6%	100%

7. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal. Situar en el eje vertical izquierdo la magnitud de cada factor. La escala del eje está comprendida entre cero y la magnitud total de los factores. En el eje derecho se representan el porcentaje acumulado de los factores, por tanto, la escala es de cero a 100. El punto que representa a 100 en el eje derecho está alineado con el que muestra la magnitud total de los factores detectados en el eje izquierdo. Por último, el eje horizontal muestra los factores empezando por el de mayor importancia.

8. Se trazan las barras correspondientes a cada factor. La altura de cada barra representa su magnitud por medio del eje vertical izquierdo.
9. Se representa el gráfico lineal que representa el porcentaje acumulado calculado anteriormente. Este gráfico se rige por el eje vertical derecho.
10. Escribir junto al diagrama cualquier información necesaria, sea sobre el diagrama o sobre los datos.

Finalmente el diagrama bajo el ejemplo expuesto, sería:

Gráfica N° 11: Diagrama de Pareto ejemplo



En el gráfico obtenido se observa que los equipos (Máquina 4, Máquina 1 y Máquina 3) representan aproximadamente un 83% de fallas, por lo tanto centrándose la organización en asignar prioritariamente los recursos a estos equipos se reduciría en un 83% el número de fallas.

Beneficios

- Es simple, ya que no requiere cálculos complejos ni técnicas complejas de representación gráfica.
- Ayuda a priorizar, ya que se identifican los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- Tiene un impacto visual, lo que permite comunicar de forma clara y sencilla el resultado del análisis de comparación y priorización.

- Unifica criterios.
- Se basa en hechos objetivos (en datos).

✚ Limitaciones y precauciones

- Al momento de emplear los datos para tomar decisiones, que el Pareto por frecuencia, no siempre es el más correcto, y en algunos casos es necesario enfocarlo, a través de niveles de riesgo, o costos.
- Se debe tener precaución, en la selección, confiabilidad y consistencia de las categorías elegidas, ya que si existe una baja experticia por quien lo desarrolla, es probable que aparezcan barras de la misma altura o que se necesite más de la mitad de las categorías para obtener más del 60% del efecto.

✚ Formato de aplicación sugerido

A continuación se presentan una tabla donde presentar los datos:

Tabla N° 29: Guía Cálculo Frecuencias

	N° (Factor analizado)	N° (Factor analizado) Acumuladas	Frecuencia (% Total)	Frecuencia Acumulada
Factor I	A	A	N1: $A / A + B + C + D$	N1
Factor II	B	A + B	N2: $B / A + B + C + D$	N1+N2
Factor III	C	A + B + C	N3: $C / A + B + C + D$	N1+N2+N3
Factor IV	D	A + B + C + D	N4: $D / A + B + C + D$	N4

Donde $A > B > C > D$

Luego graficar de acuerdo a lo explicado anteriormente.

3.2.12 Teoría de Colas

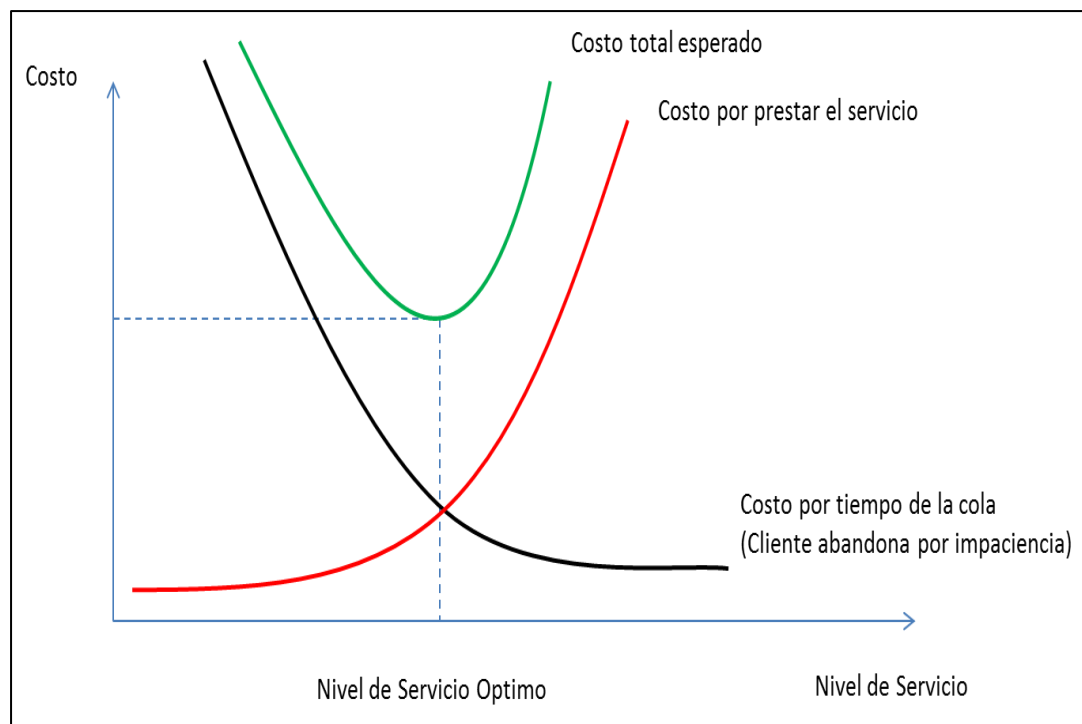
✚ Explicación

La teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Se presenta, cuando los “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor”, el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible de inmediato el cliente puede decidir esperar formándose en la línea de espera o abandonando el servicio.

El término “cliente” no necesariamente se enfoca a una persona u organización, pudiendo expresarse en elementos esperando su turno para ser procesados o una lista de trabajo esperando para imprimir.

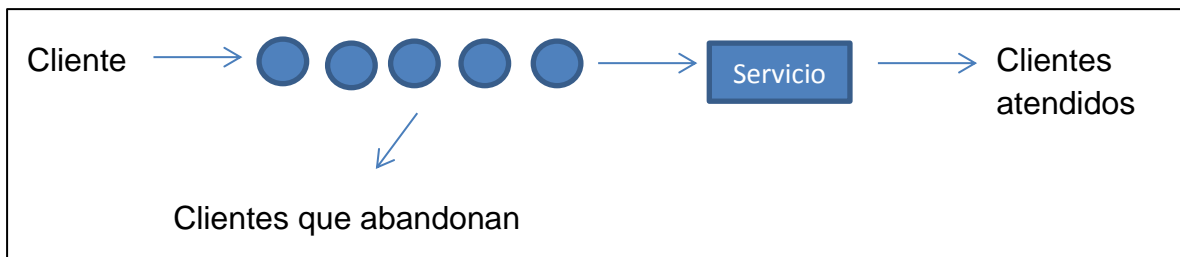
Una cola es una línea de espera y la teoría de colas son modelos matemáticos que describen los sistemas de línea de espera. Los modelos buscan el equilibrio entre el costo de entregar un buen servicio y el costo del tiempo de espera.

Ilustración N° 12: Costo vs Nivel de Servicio



Los sistemas de colas se reflejan de la siguiente forma:

Ilustración N° 13: Representación de Sistema de Cola tradicional



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia

Las características de los sistemas de colas son los siguientes:

a. Patrón de llegada:

En las colas, habitualmente las llegadas son estocásticas, ya que dependen de una variable aleatoria, y en estos casos se hace necesario conocer la distribución probabilística de la llegada de clientes sucesivos. Se debe analizar también si las llegadas son independientes o simultáneas, donde en ésta última (cuando llegan grupos) se debe definir su distribución probabilística.

También está la opción, de que los clientes se impacienten, como por ejemplo cuando la cola es demasiado larga y abandonan ésta.

Por último otro factor a considerar en el patrón de llegada, es el “tiempo”. Si la cola se mantiene constante, será “estacionario”, si esta varía (estacionalmente) con el paso del tiempo se considera “no estacionario”.

b. Patrón de servicio (de los que atienden)

Los servidores (quienes atienden los elementos de la cola), pueden tener un servicio variable en donde se debe asociar una función de probabilidad. También pueden atenderse grupos o clientes individuales.

Cuando el tiempo de servicio varía según los clientes en la cola, se llama “patrón de servicios dependientes”. Al igual que el patrón de llegadas, el patrón de servicio puede ser estacionario o no.

c. Disciplina de la cola

Es la forma en que los clientes se ordenan para ser servidos. Entre los tipos de disciplina se tienen:

- FIFO: primero que llega primero que sale (que es atendido).
- LIFO: último que llega primero que sale (que es atendido)
- Secuencial con prioridades: secuenciar primero las tareas o trámites con menor duración, o según el tipo de cliente.

En general dos son las situaciones en las que se desenvuelve la cola:

- Preemptive¹⁹: existe un cliente con una prioridad mayor al cliente que se está atendiendo, donde el menos importante se retira para dar paso al importante. En este caso se genera que el cliente que se retira vuelve a empezar o el cliente retorna donde había quedado.
- No-preemptive: el cliente con mayor prioridad espera que acabe el cliente que está siendo atendido.

d. Capacidad del sistema

En algunos sistemas de colas, hay limitaciones en las colas, llamándose “colas finitas”, que puede considerarse como una simplificación de la “impaciencia” del cliente.

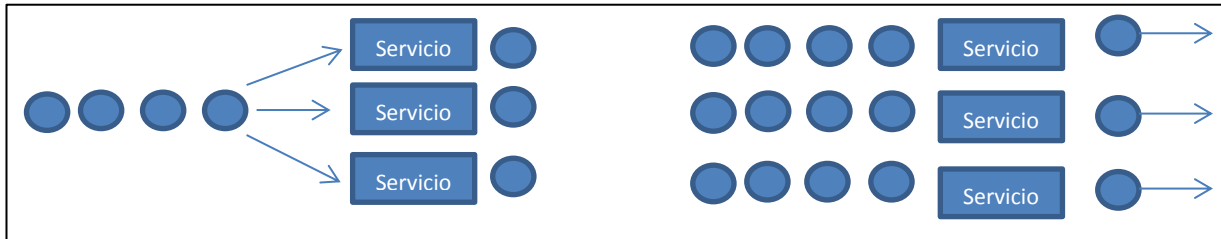
e. Número de canales de servicio

Generalmente es preferible usar una cola con múltiples servidores que varias colas con un servidor cada una.

Existen Sistemas Monocanal, que se pueden ver reflejados en Ilustración N° 14, como también sistemas multicanal como se presentan a continuación, donde en cualquiera de los dos casos los mecanismos de la cola operan en forma independiente:

¹⁹Del inglés “Con derecho preferente”.

Ilustración N° 14: Sistemas Multicanal

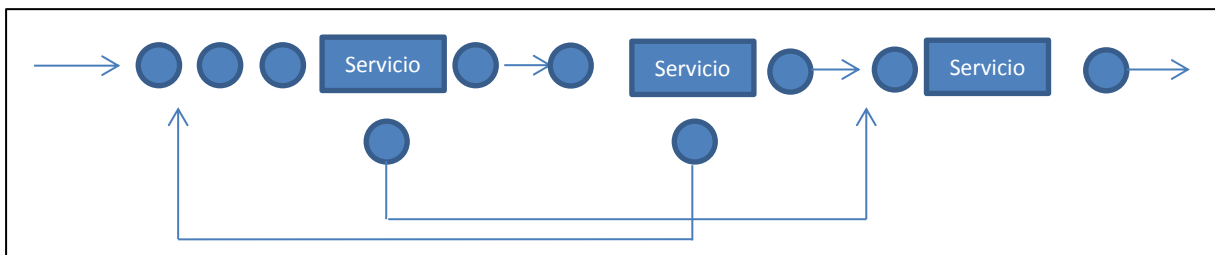


f. Número de etapas de servicio

Los sistemas de colas pueden tener una o varias etapas. Por ejemplo un sistema multi-etapas, para la renovación del carnet de conducir que se desarrolla en la Dirección de Tránsito, existe una primera etapa de revisión de antecedentes y obtención de certificados, una segunda etapa del examen psicotécnico y una vez aprobado, el retiro de los documentos actualizados.

Esto se puede se puede ver reflejado de la siguiente forma:

Ilustración N° 15: Sistema Multi-etapa



Para efectos de describir los fenómenos de las colas se utiliza, principalmente la siguiente nomenclatura:

- λ = Número de llegadas por unidad de tiempo.
- μ = Número de servicios por unidad de tiempo si el servidor está ocupado.
- “c” o “s”= Número de servidores en paralelo.
- P_n : Probabilidad de que haya n clientes en estado estable $P_n = \Pr\{N=n\}$.
- P_0 : Probabilidad de ningún cliente se encuentre en el sistema.
- L_s : Número promedio de clientes en el sistema.
- L_q : Número promedio de clientes en la cola.
- W_q : Tiempo promedio en que una cliente está en la cola.
- W_s : Tiempo promedio en que un cliente está dentro del sistema.

La notación del sistema de colas, tiene cinco símbolos para identificarlas:

$$A/B/X/Y/Z$$

Donde,

- A: indica la distribución de tiempo entre llegadas consecutivas.
- B: alude al patrón de servicios de los servidores.
- X: es el número de canales de servicio.
- Y: es la restricción en la capacidad del sistema.
- Z: es la disciplina de la cola.

Las posibilidades de notación bajo el esquema descrito se presentan a continuación:

Ilustración N° 16: Notación de Kendall para describir el sistema de colas


Característica	Símbolo	Explicación
Distribución de tiempos de llegada (A)	M	Exponencial
	D	Determinista
Distribución de tiempos de servicio (B)	Ek	Erlang tipo-k (k=1,2,...)
	Hk	Mezcla de k exponenciales
	PH	Tipo fase
	G	General
Número de servidores	1,2,...,∞	
Disciplina de cola	FIFO	Servir al primero que llega
	LIFO	El último que llega se sirve primero
	RSS	Selección aleatoria de servicio
	PR	Prioridad
	GD	Disciplina general

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia

El símbolo G explica que el modelo y sus resultados son aplicables a cualquier distribución estadística, siempre que sean variables idénticamente distribuidas.

Si no existe restricción de capacidad en la cola ($Y=\infty$) y la política de servicio es FIFO, no se incorpora en la notación dicha característica. Por ejemplo: M/D/3 es equivalente a M/D/3/ ∞ /FIFO, significa que los clientes arriban o entran en una distribución exponencial, se sirven de manera determinista²⁰ con tres servidores sin limitación de capacidad en el sistema y siguiendo una estrategia FIFO de servicio.

²⁰El azar no afecta el resultado, bajo las mismas condiciones de entradas se obtendrá siempre la misma salida.

 **Cómo se aplica**

Una vez descritos los sistemas de colas más probables, se procede a medir el rendimiento de la cola. Los principales factores que se miden o evalúan en un sistema de colas son:

- Tiempo promedio que cada cliente permanece en la cola.
- Longitud de la cola promedio.
- Tiempo que cada cliente permanece en el sistema (tiempo de espera más tiempo de servicio).
- Número de clientes promedio en el sistema.
- Probabilidad de que el servicio se quede vacío.
- Factor de utilización del sistema.
- Probabilidad de la presencia de un específico número de clientes en el sistema.

Existe una enorme cantidad de modelos de colas, de acuerdo a lo descrito anteriormente. Sin embargo los cuatro modelos más usados, tienen arribos según la distribución Poisson, tienen como disciplina FIFO y una sola fase de servicio.

Estos modelos se pueden revisar a continuación:

Tabla N° 30: Modelos más utilizados

Modelo	Nombre	N° de canales	N° de fases	Patrón de arribo	Patrón de servicio	Tamaño de la población	Disciplina de la cola
A	Simple M/M/1	Uno	Una	Poisson	Exponencial	Infinita	FIFO
B	Multicanal M/M/S	Multicanal	Una	Poisson	Exponencial	Infinita	FIFO
C	Servicio constante M/D/1	Uno	Una	Poisson	Constante	Infinita	FIFO
D	Población Limitada	Uno	Una	Poisson	Exponencial	Finita	FIFO

Aplicación M/M/1

Las fórmulas a aplicar en el caso de este tipo de cola son:

➤ $\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu}$: Factor de uso de un sistema con parámetros (λ, μ, c) .

➤ Se cumple que $\rho < 1$. Si es un servidor $c=1$.

➤ Probabilidad de que ninguna unidad se encuentre en el sistema:

$$\rho_0 = 1 - \rho$$

➤ Probabilidad de que el sistema tenga exactamente “n” unidades:

$$\rho_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$$

➤ $\frac{1}{\lambda}$ = tiempo entre llegadas.

➤ $\frac{1}{\mu}$ = tiempo entre servicios.

➤ Ls: Número de clientes o unidades en el sistema.

$$Ls = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

➤ $Ws = \frac{1}{\mu - \lambda}$: tiempo en el cual una unidad o cliente está en el sistema.

➤ Lq: Número promedio de clientes en la cola.

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

➤ Wq: Tiempo en que una unidad o cliente espera en la cola.

$$Wq = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Para explicar con detalle un tipo de cola M/M/1, se presenta el siguiente ejemplo:

En un consultorio el promedio de atención del médico con sus pacientes es equivalente a 20 minutos, y el tiempo de llegada de cada uno es de 30 minutos. De esta situación se calculara lo siguiente:

- Número de pacientes en el sistema.
- Tiempo total que consume un paciente en el consultorio.
- Factor de uso del sistema.
- Número promedio de pacientes haciendo fila.
- Probabilidad de que el consultorio este vacío.
- Probabilidad de que se encuentren dos pacientes en el sistema.

Solución:

Antes de iniciar se debe cumplir que: $\frac{\lambda}{c \mu} < 1$

Donde c, es número de servidores. En caso que fuese mayor a 1, el sistema está sobre exigido y es necesario un nuevo servidor.

Continuando con el desarrollo tenemos, que la velocidad llegada es:

$$\lambda = \frac{1 \text{ paciente}}{30 \text{ min}} = \frac{1 \text{ paciente}}{0,5 \text{ h}} = \frac{2 \text{ pacientes}}{h}$$

Y la velocidad de atención es:

$$\mu = \frac{1}{20 \text{ min}} = \frac{1}{\frac{1}{3} \text{ h}} = \frac{3 \text{ pacientes}}{h}$$

✓ De donde, el Factor de uso del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{c \mu} = \frac{2}{3} = 66,66\% < 1$$

Donde, c=1 servidor (también se usa “s”)

Por tanto se concluye que el sistema no está sobre exigido.

✓ Número de pacientes en el sistema:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{2 \text{ pacientes/h}}{3 \text{ pacientes/h} - 2 \text{ Pacientes/h}} = 2$$

- ✓ Tiempo total que consume un paciente en el consultorio:

$$\frac{1}{\mu - \lambda} = 1 \text{ h/paciente}$$

- ✓ Número promedio de pacientes haciendo fila:

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{4}{3} = 1,3$$

- ✓ Probabilidad de que el consultorio este vacío:

$$\rho_0 = 1 - \rho = 1 - 66,66\% = 33,33\%$$

- ✓ Probabilidad de que se encuentren dos (02) pacientes en el sistema:

$$\rho_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = \left(1 - \frac{2}{3}\right) \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 14,81\%$$

Aplicación M/M/s

Para aplicar este tipo de cola, con multicanal o múltiples servidores (“c” o “s”), se utilizarán las siguientes fórmulas:

1. Probabilidad que ningún cliente se encuentre en el sistema:

$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^s}{s!} \left(\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{s\mu}}\right)}$$

2. Número de promedio de unidades en el Sistema:

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho_0}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

3. Tiempo promedio en el que una unidad está dentro del sistema:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

4. Número de clientes en la fila:

$$L_q = \rho_0 \left(\frac{\frac{\lambda^{s+1}}{\mu}}{(s-1)! \left(s - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \right)$$

5. Tiempo de espera en la fila:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = W_s - \frac{1}{\mu}$$

Para explicar con detalle un tipo de cola M/M/s, se presenta el siguiente ejemplo:

Imaginemos que en el mismo hospital analizado anteriormente ahora llegan 10 clientes por cada hora, y un servidor puede atender sólo 8 clientes por hora. Por tanto es necesario incorporar un nuevo servidor, por lo cual se determinara ahora:

✓ Probabilidad de que el sistema este vacío:

$$\lambda = 10 \frac{\text{Clientes}}{h} \quad \mu = 8 \frac{\text{Clientes}}{h}$$

Donde “c” o “s” es igual a 2.

Entonces:

$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^s}{s!} \left(\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{s\mu}} \right)}$$

$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^1 \frac{(\frac{10}{8\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{10}{8})^2}{2!} \left(\frac{1}{1 - \frac{10}{2 \times 8}} \right)} = 0,2307 = 23,07\%$$

✓ Número promedio de clientes en el sistema:

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho_0}{(s-1)! (s\mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_s = \frac{10 \times 8 \left(\frac{10}{\mu 8}\right)^2 \times 23,07\%}{1! (2 \times 8 - 10)^2} + \frac{10}{8}$$

$$L_s = 2,051 \text{ Clientes}$$

- ✓ Tiempo promedio en que una unidad está dentro del sistema:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{2,051}{10} = 0,2051 \text{ horas} = 12,306 \text{ minutos}$$

- ✓ Número de clientes en la fila:

$$L_q = \rho_0 \left(\frac{\frac{\lambda^{s+1}}{\mu}}{(s-1)! \left(s - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \right)$$

$$L_q = 23,07\% \left(\frac{1,25^3}{(2 - 1,25)^2} \right) = 23,07\% \times \frac{1,953125}{0,5625} = 0,801 \text{ Clientes}$$

- ✓ Tiempo de espera en la fila:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = W_s - \frac{1}{\mu}$$

$$W_q = 0,2051 \text{ horas} - \frac{1}{8 \frac{\text{clientes}}{\text{h}}} = 0,0801 \text{ horas}$$

Aplicación M/D/1

Para aplicar este tipo de cola, con un canal y un servidor (“c” o “s”), y con un patrón de servicio constante en el tiempo se utilizarán las siguientes fórmulas:

6. Tiempo promedio en el que una unidad está dentro del sistema: $W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

7. Tiempo de espera en la fila: $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

8. Número de clientes en la fila: $L_q = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$

✓ Número promedio de clientes en el sistema: $L_s = \lambda W_s$

Para explicar con detalle un tipo de cola M/D/1, se presenta el siguiente ejemplo:

Imaginemos que en el mismo hospital analizado anteriormente se pueden atender pacientes cada 5 minutos y la tasa media de llegadas es de 9 pacientes por hora. En base a esto se calcula el rendimiento o desempeño de la cola en base a las fórmulas explicadas anteriormente:

$$\lambda = 9 \frac{\text{pacientes}}{\text{hora}}$$

$$\mu = 12 \frac{\text{pacientes}}{\text{hora}}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0,75$$

➤ Número de Clientes en la fila:

$$L_q = \frac{0,75^2}{2x(1 - 0,75)}$$

$$L_q = 1,125 \text{ clientes}$$

➤ Tiempo de espera en la fila:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1,125}{9} = 0,125 \text{ horas}$$

9. Tiempo promedio en el que una unidad está dentro del sistema:

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$W_s = 0,125 \text{ horas} + \frac{1}{12 \frac{\text{pacientes}}{\text{hora}}} = 0,2083 \text{ horas}$$

- ✓ Número promedio de clientes en el sistema:

$$L_s = \lambda W_s = 9 \frac{\text{pacientes}}{\text{hora}} \times 0,2083 \text{ horas} = 1,875 \text{ clientes}$$

➤ Aplicación Población Limitada

Este modelo es utilizado cuando hay una población limitada de clientes potenciales para efectuar una instalación de un servicio. Por ejemplo, si se considera realizar reparaciones de equipos en una fábrica que tiene 4 máquinas. Este modelo permite que se considere cualquier cantidad de reparadores (servidores).

La razón por la que este modelo se diferencia de los tres anteriores es que ahora hay una relación de dependencia entre la longitud de la cola y la tasa de llegada. Del caso de la fábrica si las 4 máquinas estuvieran dañadas y esperando reparación, la tasa de llegada sería cero. Por lo cual, a medida que crece la línea de espera, la tasa de llegada de clientes o máquinas disminuye tendiendo a cero.

Notación

- D: Probabilidad de que una unidad tenga que esperar en la cola.
- F: Factor de eficiencia.
- H: Número promedio de unidades siendo servidas.
- J: Número promedio de unidades que no están en cola o en el sector de servicio.
- L: Número promedio de unidades esperando el servicio.
- M: Número de canales de servicio.
- N: Número de clientes potenciales.
- T: Tiempo de servicio promedio.
- U: Tiempo de servicio entre requerimientos de atención a la unidad.
- W: Tiempo promedio que una unidad espera en la cola.
- X: Factor de servicio.

Fórmulas

- Factor de Servicio: $X = \frac{T}{T+U}$
- Número promedio en espera: $L = N(1 - F)$
- Tiempo promedio de espera: $W = \frac{L(T+U)}{N-L} = \frac{T(1-F)}{XF}$
- Número promedio en funcionamiento: $J = NF(1 - X)$

- Número promedio siendo servido: $H = FNX$
- Cantidad de Población: $N = J + L + H$

Beneficios

- A través de la aplicación de distribuciones de probabilidad básicas, tales como la distribución exponencial y de Poisson, se puede modelar matemáticamente el fenómeno complejo de esperar en una cola.
- La teoría de colas, permite acercarse a la realidad y ayudando la simplificación de problemas reales.
- Los resultados permiten priorizar, estableciendo el estado actual de un sistema, y prepararse para un aumento de unidades o clientes en éste.

✚ Limitaciones y precauciones

- Es importante, para identificar la tasa de llegada y atención, tomar un intervalo de tiempo suficiente que permita identificar claramente estas tasas.
- La teoría de colas se basa en la distribución exponencial, y ésta tiene un coeficiente de variación de uno. Por tanto esto, hace no aplicable el modelo a cualquier proceso que tenga un coeficiente de variación distinto a uno.
- La teoría de colas es un método para describir en forma sencilla las colas en términos matemáticos.
- Es importante identificar bien el modelo de la cola, y se debe cumplir la condición, en los casos descritos que $\rho < 1$.

✚ Formato de aplicación sugerido

Se describe de acuerdo a los ejemplos expuestos.

3.2.13 Análisis de Sensibilidad

Explicación

Es una metodología de análisis de uso frecuente en la administración financiera ya que permite visualizar de forma inmediata las ventajas y desventajas económicas de un proyecto.

El análisis de sensibilidad para un proyecto de inversión es una de las herramientas más sencillas de aplicar y que nos puede proporcionar la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que quien invierta está dispuesto a asumir.

El análisis de sensibilidad, ayuda a identificar las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final.

La finalidad del análisis de sensibilidad consiste en mejorar la calidad de la información para que el inversor tenga una herramienta adicional para decidir si invierte o no en el proyecto.

Generalmente se definen diferentes escenarios, asociados a las variables que se sensibilizaran:

Pesimista: Es el peor panorama de la inversión, es decir, es el resultado en caso del fracaso total del proyecto.

Probable: Es el resultado más probable que supondríamos en el análisis de la inversión, y debe ser basado en la mayor información posible.

Optimista: Siempre existe la posibilidad de lograr más de lo que proyectamos. El escenario optimista es el que se presenta para motivar a los inversionistas a correr el riesgo.

Es un cuadro resumen, que define los cambios en el proyecto, en base al cambio en las variables sensibles del mismo.

Cómo se aplica

El análisis de sensibilidad, se realiza a través de 3 pasos. Para ejemplificar cada uno de los pasos, se demostrará a través de un ejemplo.

- El primer paso para realizar el análisis de sensibilidad, es determinar un proyecto en términos de un flujo de caja. Para el caso del ejemplo, se define la venta de un nuevo producto, con los siguientes supuestos:
 - ✓ Proyección de ventas a 8 años.
 - ✓ Precio de venta primer año 200.000 pesos y a partir del cuarto año 230.000 pesos.
 - ✓ Tasa de descuento equivalente a un 12%.
 - ✓ Bajo un escenario “pesimista” se proyecta un crecimiento de venta de un 5% el primer año y un 2% anual desde el segundo año en adelante.
 - ✓ Bajo un escenario “probable” se proyecta un crecimiento de venta de un 8% el primer año y un 3% anual desde el segundo año en adelante.
 - ✓ Bajo un escenario optimista se proyecta un crecimiento de venta de un 10% el primer año y un 5% anual desde el segundo año en adelante.

En base a lo anterior se tiene lo siguiente:

En primer lugar se debe definir el proyecto al cual se va a aplicar el análisis de sensibilidad.

Con el fin de realizar paso a paso el análisis, se procederá a mostrar a continuación los diferentes escenarios establecidos:

Tabla N° 31: Escenario Pesimista

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Cantidad (Unidades)		1.000,00	1.050,00	1.071,00	1.092,42	1.114,27	1.136,55	1.159,28	1.182,47	
Precio x Unidad		200,00	200,00	200,00	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00	
Costo variable x Unidad		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	
Ingresos de operación		200.000,00	210.000,00	214.200,00	251.256,60	256.281,73	261.407,37	266.635,51	271.968,22	
Venta de activo						120.000,00				
Costos variables		(80.000,00)	(84.000,00)	(85.680,00)	(87.393,60)	(89.141,47)	(90.924,30)	(92.742,79)	(94.597,64)	
Costos fijos		(50.000,00)	(50.000,00)	(50.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	
Depreciación		(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	
Valor libro						(150.000,00)				
Utilidad Bruta		40.000,00	46.000,00	48.520,00	87.863,00	61.140,26	94.483,07	97.892,73	101.370,58	
Impuesto (15%)		(6.000,00)	(6.900,00)	(7.278,00)	(13.179,45)	(9.171,04)	(14.172,46)	(14.683,91)	(15.205,59)	
Utilidad neta		34.000,00	39.100,00	41.242,00	74.683,55	51.969,22	80.310,61	83.208,82	86.164,99	
Depreciación		30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	
Valor libro						150.000,00				
Inversión fija		(300.000,00)				(300.000,00)				
Capital de trabajo		(54.000,00)							54.000,00	
Valor de desecho									210.000,00	
Flujo		(354.000,00)	64.000,00	69.100,00	71.242,00	104.683,55	(68.030,78)	110.310,61	113.208,82	380.164,99
VAN		87.055,69								
TIR		17,65%								
Tasa de Dscto.		12,00%								

Tabla N° 32: Escenario Probable

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad (Unidades)		1.000,00	1.080,00	1.112,40	1.145,77	1.180,15	1.215,55	1.252,02	1.289,58
Precio x Unidad		200,00	200,00	200,00	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00
Costo variable x Unidad		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Ingresos de operación		200.000,00	216.000,00	222.480,00	263.527,56	271.433,39	279.576,39	287.963,68	296.602,59
Venta de activo						120.000,00			
Costos variables		(80.000,00)	(86.400,00)	(88.992,00)	(91.661,76)	(94.411,61)	(97.243,96)	(100.161,28)	(103.166,12)
Costos fijos		(50.000,00)	(50.000,00)	(50.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)
Depreciación		(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)
Valor libro						(150.000,00)			
Utilidad Bruta		40.000,00	49.600,00	53.488,00	95.865,80	71.021,77	106.332,43	111.802,40	117.436,47
Impuesto (15%)		(6.000,00)	(7.440,00)	(8.023,20)	(14.379,87)	(10.653,27)	(15.949,86)	(16.770,36)	(17.615,47)
Utilidad neta		34.000,00	42.160,00	45.464,80	81.485,93	60.368,51	90.382,56	95.032,04	99.821,00
Depreciación		30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Valor libro						150.000,00			
Inversión fija		(300.000,00)				(300.000,00)			
Capital de trabajo		(54.000,00)							54.000,00
Valor de desecho									210.000,00
Flujo		(354.000,00)	64.000,00	72.160,00	75.464,80	111.485,93	(59.631,49)	125.032,04	393.821,00
VAN		114.288,33							
TIR		19,25%							
Tasa de Dcto.		12,00%							

Tabla N° 33: Escenario Optimista

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad (Unidades)		1.000,00	1.100,00	1.155,00	1.212,75	1.273,39	1.337,06	1.403,91	1.474,11
Precio x Unidad		200,00	200,00	200,00	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00
Costo variable x Unidad		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Ingresos de operación		200.000,00	220.000,00	231.000,00	278.932,50	292.879,13	307.523,08	322.899,24	339.044,20
Venta de activo						120.000,00			
Costos variables		(80.000,00)	(88.000,00)	(92.400,00)	(97.020,00)	(101.871,00)	(106.964,55)	(112.312,78)	(117.928,42)
Costos fijos		(50.000,00)	(50.000,00)	(50.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)	(46.000,00)
Depreciación		(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)
Valor libro						(150.000,00)			
Utilidad Bruta		40.000,00	52.000,00	58.600,00	105.912,50	85.008,13	124.558,53	134.586,46	145.115,78
Impuesto (15%)		(6.000,00)	(7.800,00)	(8.790,00)	(15.886,88)	(12.751,22)	(18.683,78)	(20.187,97)	(21.767,37)
Utilidad neta		34.000,00	44.200,00	49.810,00	90.025,63	72.256,91	105.874,75	114.398,49	123.348,41
Depreciación		30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Valor libro						150.000,00			
Inversión fija		(300.000,00)				(300.000,00)			
Capital de trabajo		(54.000,00)							54.000,00
Valor de desecho									210.000,00
Flujo		(354.000,00)	64.000,00	74.200,00	79.810,00	120.025,63	(47.743,09)	135.874,75	417.348,41
VAN		152.684,38							
TIR		21,32%							
Tasa de Dcto.		12,00%							

El siguiente paso, es definir las variables a sensibilizar. Para ello se debe basar en la mayor cantidad de información disponible, respecto a las variables críticas del proyecto, en este caso ambas variables son:

- Precio x Unidad.
- Costo Variable x Unidad.

Por último, el tercer paso, es definir los rangos de sensibilización, con el fin de tener una estimación de la criticidad de las variables que se definieron en el paso anterior.

Para este caso, en cada escenario se aplicarán los siguientes rangos:

Tabla N° 34: Rangos de sensibilización

	%Sensibilización					
Costo Variable	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
Precio	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%

Por tanto, por cada escenario, variable y rango de sensibilización, existirá un VAN²¹ y TIR²², que permitirá observar la sensibilidad de las variables.

En base a lo anterior, los resultados de la sensibilización²³ son:

Tabla N° 35: Resultados sensibilización por variable- Escenario Pesimista

PRECIO	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	(576.876,43)	(355.565,72)	(134.255,02)	308.366,39	529.677,10	750.987,80
TIR	No Calculable	-12,79%	2,99%	31,46%	44,68%	57,50%
COSTO VARIABLE	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	332.791,03	250.879,25	168.967,47	5.143,91	(76.767,88)	(158.679,66)
TIR	33,28%	28,11%	22,91%	12,34%	6,96%	1,52%

Análisis: Para el escenario pesimista se puede observar que ante una eventual baja de un 25% o más de los precios el proyecto deja de ser rentable. Sin embargo ante una variación positiva, el proyecto es rentable. Si esta variación es de un 25% o más la tasa interna de retorno es lo suficientemente alta, al compararla con un costo alternativo de invertir en otro proyecto.

En el caso del costo variable, el efecto es inversamente proporcional, ante un aumento de un 50% o más de los costos variables el proyecto deja de ser rentable, sin embargo al aumentar hasta un 25% el proyecto se mantiene rentable.

²¹Valor Actual Neto. Flujo de valores en un horizonte de tiempo traídos a valor presente por medio de una tasa de descuento (exigibilidad del proyecto).

²²Tasa Interna de Retorno: Tasa de Interés en la cual el VAN es igual a "0".

²³La sensibilización se realiza a través de Planilla de Cálculo, variando el precio y los costos variables en función de los rangos de sensibilización.

Tabla N° 36: Resultados sensibilización por variable- Escenario Probable

PRECIO	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	(581.447,49)	(349.535,55)	(117.623,61)	346.200,27	578.112,21	810.024,16
TIR	No Calculable	-12,19%	4,24%	33,25%	46,60%	59,51%
COSTO VARIABLE	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	371.402,91	285.698,05	199.993,19	28.583,47	(57.121,39)	(142.826,24)
TIR	35,10%	29,87%	24,59%	13,83%	8,32%	2,72%

Análisis: Para el escenario probable se puede observar que ante una eventual baja de un 25% o más de los precios el proyecto deja de ser rentable. Sin embargo ante una variación positiva, el proyecto es rentable. Si esta variación es de un 25% o más la tasa interna de retorno es lo suficientemente alta, al compararla con un costo alternativo de invertir en otro proyecto.

En el caso del costo variable, ocurre lo mismo que en el caso del escenario pesimista.

Tabla N° 37: Resultados sensibilización por variable- Escenario Optimista

PRECIO	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	(587.628,25)	(340.857,37)	(94.086,49)	399.455,26	646.226,14	892.997,02
TIR	No Calculable	-11,29%	5,96%	35,46%	48,86%	61,79%
COSTO VARIABLE	-75%	-50%	-25%	25%	50%	75%
VAN	425.578,73	334.613,95	243.649,17	61.719,60	(29.245,18)	(120.209,96)
TIR	37,31%	32,06%	26,73%	15,81%	10,18%	4,41%

Análisis: Para el escenario optimista se puede observar que ante una eventual baja de un 25% o más de los precios el proyecto deja de ser rentable. Sin embargo ante una variación positiva, el proyecto es rentable. Si esta variación es de un 25% o más la tasa interna de retorno es lo suficientemente alta, al compararla con un costo alternativo de invertir en otro proyecto.

En el caso del costo variable, ocurre lo mismo que en el caso del escenario pesimista. Ante un aumento de un 50% o más de los costos variables, deja de ser rentable.

Como se puede observar, esta herramienta permite realizar una sensibilización a la vez, sin embargo existen otras herramientas, como la de análisis de riesgos de los proyectos, que permiten obtener una distribución (generalmente distribución normal) de probabilidades de obtener diferentes VAN y TIR, por ejemplo a través una simulación de

Montecarlo²⁴, pudiendo obtener una información más certera y completa, para la toma de decisiones de un proyecto.

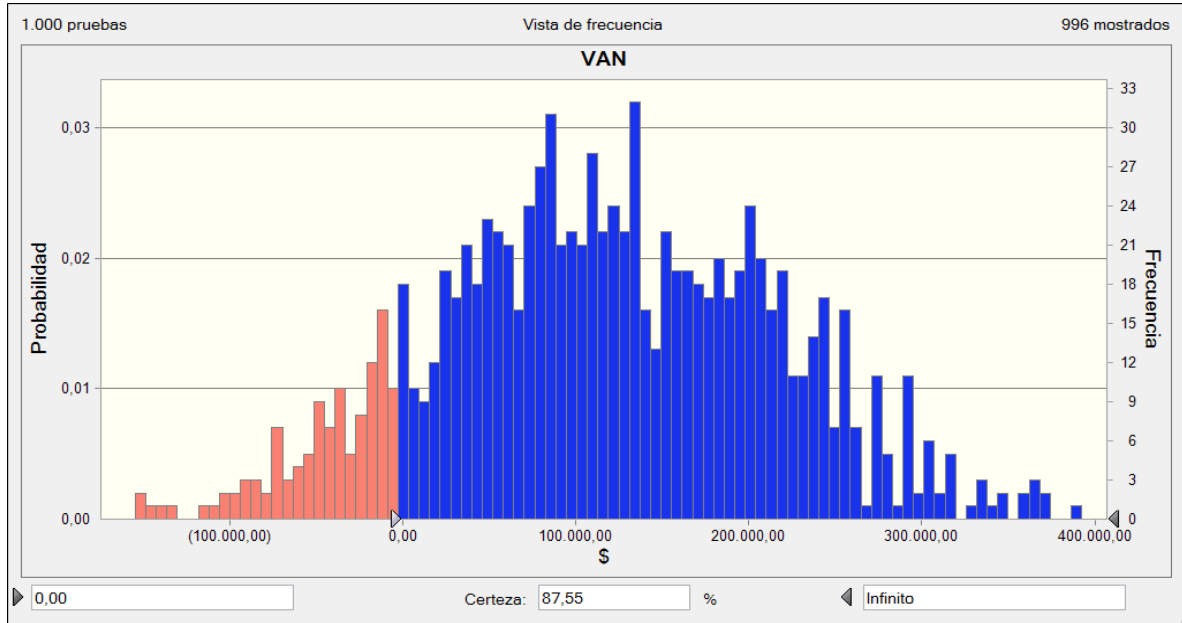
El método de Monte Carlo es un método estadístico numérico, utilizado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud en forma manual. El método se llamó así en referencia al Casino de Monte Carlo (Principado de Mónaco) por ser “la capital del juego de azar”, al ser la ruleta un generador simple de números aleatorios. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Monte Carlo son aproximadamente de 1944 y se mejoraron enormemente con el desarrollo de la computación.

Es una técnica que permite llevar a cabo la valoración de los proyectos de inversión considerando que una, o varias, de las variables que se utilizan para determinar los flujos netos de caja no son variables ciertas, sino que pueden tomar varios valores. Por tanto, se trata de una técnica que permite introducir el riesgo en la valoración de los proyectos de inversión.

En base a lo anterior, con el fin de complementar el análisis de sensibilidad con una análisis de riesgo, se propone utilizar un software, que en este caso se utilizará Crystal Ball, definiendo las misma variables precio y costos variables, considerando 1000 iteraciones (pueden ser más), con una distribución normal con un nivel de confiabilidad de un 95% y rango de error de 5%. En base a lo anterior, se obtiene lo siguiente:

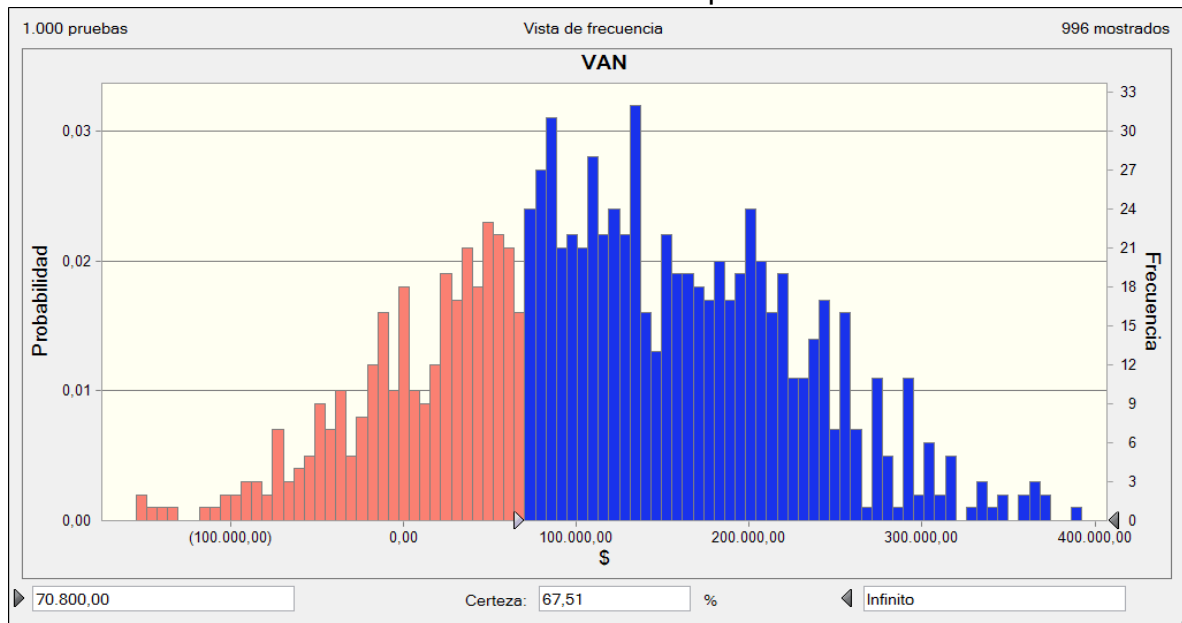
²⁴La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen computadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Gráfica N° 12: Simulación Montecarlo VAN = 0



Aquí se puede observar que con un 87,55% de certeza, el VAN del proyecto será superior a “0”, siendo altamente atractivo ejecutarlo, ya que tendría un bajo nivel de riesgo.

Gráfica N° 13: Simulación Montecarlo Recuperación 20% Inversión Inicial



En esta gráfica, se puede observar, que si se le exige al proyecto ganar un 20% sobre la inversión inicial, se tiene un 67,51% de probabilidad, siendo atractivo el proyecto.

Beneficios

- Es de fácil aplicación.
- Permite observar en forma rápida, que tan sensibles son las variables críticas del proyecto, permitiendo tomar planes de contingencias, antes de su implementación.

Limitaciones y precauciones

- Permite realizar variaciones sólo de un parámetro a la vez.
- No utiliza información de las distribuciones de probabilidad del parámetro a sensibilizar.
- No entrega distribución de probabilidades de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR.

Formato de aplicación sugerido

De acuerdo a los formatos de flujo y tablas, presentadas en la descripción de ésta técnica.

3.2.14 Análisis de Campo de Fuerzas

✚ Explicación

Es una herramienta desarrollada por Kart Lewin²⁵, es utilizada para ayudar a facilitar el cambio, se basa en la premisa de que el cambio es el resultado del balance entre las fuerzas opositoras (impiden el cambio) y las fuerzas impulsoras (favorecen el cambio).

Al utilizar el análisis de campo de fuerzas, se puede identificar el plan de acción más adecuado para ser implementado, al contar con mayor número de fuerzas impulsoras y el menor número de opositoras.

Permite tomar al nivel de la Alta Dirección, empleados, miembros de un equipo de trabajo e inclusive usuarios, el mejor y más objetivo plan de acción dentro de un proceso de análisis estratégico.

Es más eficiente el proceso de planeación, al anticipar sistemáticamente qué tipo de resistencias se pueden encontrar.

✚ Cómo se aplica

- Formar un equipo y explicar el proceso. Defina el problema o tema que estará en análisis y discusión.
- Elaborar una tabla en una hoja de cálculo o pizarrón que tenga dos columnas. Una la titulará Fuerzas Impulsoras y la otra Fuerzas Opositoras.
- Llevar a cabo una Tormenta de Ideas para identificar qué fuerzas corresponden a qué columna. Las *fuerzas impulsoras* son aquéllas características que permiten que las acciones se lleven a cabo. Las *fuerzas opositoras* son aquéllas que dificultan el que se lleven a cabo las acciones.
- Clasificar en orden de prioridad las fuerzas impulsoras y restringentes.
- Evaluar la tabla resultante, en conjunto con el equipo y analizar las fuerzas opositoras que restringen el logro de los resultados deseados. Proceder a consultar ¿Qué hay detrás de cada factor?, ¿Qué es lo que propicia un balance en la situación?
- Posteriormente, determinar qué tan fuertes son las fuerzas opositoras (altas, medias, bajas) para lograrlos objetivos deseados. Cuando esta herramienta es utilizada para el análisis de problemas, las fuerzas con el mayor impacto deberán analizarse como las causas más probables del efecto. Cuando el análisis de campo

²⁵Psicólogo alemán nacionalizado estadounidense, reconocido como el fundador de la Psicología Social.

de fuerzas se utilice para desarrollar soluciones, los factores con mayor impacto pueden convertirse en el foco central de los planes a desarrollar para disminuir la resistencia al cambio.

- Desarrolle un plan de acción para atacar las fuerzas opositoras más importantes que han sido detectadas.

Beneficios



- Permite conocer qué proyectos pueden ser difíciles de implementar y esta herramienta puede ser complementaria al análisis costo beneficio y costo efectividad.
- Permite anticiparse a la resistencia al cambio, al poner en práctica proyectos o planes de acción.
- Fácil de interpretar y tener una mirada rápida, frente a un plan de acción a implementar.

Limitaciones y precauciones

- Requiere la plena participación de todos los involucrados para proporcionar la información exacta necesaria para un análisis efectivo.
- La posibilidad de que el análisis no dará lugar a un consenso entre el equipo. De hecho, un análisis de campo de fuerza puede llegar a causar una división en el grupo entre los que apoyan y oponen a la decisión.
- Se basa principalmente en suposiciones y no en hechos.

 Formato de aplicación sugerido

- Proyecto/Plan/Problema:
- Equipo:
- Fecha:
- Inicio: Fin:
- Identificación de fuerzas:

Fuerzas Impulsoras 	 Fuerzas Opositoras

Plan de acción:

3.2.15 PERT

Explicación

Con el objetivo de realizar la programación de proyectos o planificar la implementación de propuestas de soluciones a los hallazgos de auditoría, pueden utilizarse las técnicas CPM (Critical Path Method – Método de la Ruta Crítica) y PERT (Program Evaluation and Review Technique – Técnica de Revisión y Evaluación de Programas), para una adecuada planificación de proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades.

Estas técnicas permiten responder a un conjunto de preguntas que resultan de importancia para la gestión de proyectos y la implementación de soluciones y mejoras a los procesos de la organización, entre otras. Las preguntas son las siguientes:

1. ¿Qué actividades deben terminarse inmediatamente antes de que una actividad pueda comenzar?
2. ¿Qué actividades deben seguir a esta?
3. ¿Qué actividades deben desarrollarse de forma simultánea a esta actividad?
4. ¿Cuál es el plazo mínimo para la ejecución de un proyecto?
5. ¿Cuáles son los tiempos de inicio y fin de cada una de las actividades que componen el proyecto?
6. ¿Cuáles son las actividades críticas para garantizar el plazo mínimo de ejecución del proyecto?

El método PERT, por las siglas en inglés de Program Evaluation and Review Technique (Técnica de Evaluación y Revisión de Programas) es un método que permite la planificación de proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades. Fue desarrollado, en 1958, por científicos de la oficina Naval de Proyectos Especiales de la Armada de los Estados Unidos, y la División de Sistemas de Armamentos de la Corporación Lockheed Aircraft, para solucionar el problema de planificación, programación y control del proyecto de construcción del proyecto Polaris.

PERT permite representar gráficamente las diferentes actividades que componen el proyecto. es un método para analizar las actividades involucradas en completar un proyecto, especialmente calcular el tiempo de ejecución de cada actividad e identificar el tiempo mínimo necesario para terminar el proyecto.

El método Pert realiza las siguientes consideraciones para efectuar las estimaciones de tiempo para las actividades y el proyecto en general:

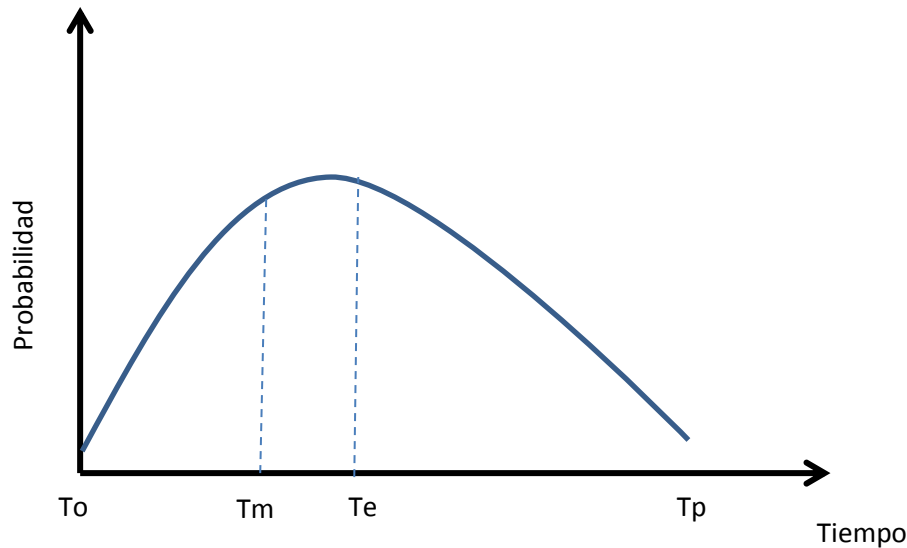
- Adopta un enfoque probabilístico, pues considera que la variable tiempo es una variable desconocida de la cual solo se tienen datos estimados.
- El tiempo esperado de finalización de un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica. Considera estimaciones de tiempos: tiempo más probable, tiempo optimista, tiempo pesimista, a partir de los cuales se calcula el tiempo esperado.

El método Técnica de Revisión y Evaluación de Programas, (PERT), asume que la duración de cada actividad es una variable aleatoria, lo que es bastante más cercano a la realidad, e intenta, de esta forma, corregir el supuesto del método CPM, en relación a que se conoce de manera inequívoca la duración de cada actividad del proyecto. El método PERT requiere que para cada actividad, se estimen las magnitudes siguientes:

- T_o = Tiempo optimista. Estimación de la duración de la actividad en las condiciones más favorables.
- T_p = Tiempo pesimista. Estimación de la duración de la actividad en las condiciones más desfavorables.
- T_m = Tiempo más probable. Duración más probable de la actividad.

La forma de la distribución se muestra en la Ilustración siguiente:

Ilustración N° 17: Distribución de los tiempos



El tiempo más probable es el tiempo requerido para completar la actividad bajo condiciones normales. Los tiempos optimistas y pesimistas proporcionan una medida de la incertidumbre inherente en la actividad, incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de personal competente y capacitado, demora en la llegada de insumos, servicios y materiales y otros factores.

De esta forma se puede calcular el Tiempo esperado, de acuerdo con la fórmula:

$$T_e = \frac{(T_o + 4(T_m) + T_p)}{6}$$

Antes de exponer sus características y modo de utilización, de CPM y PERT, es importante comprender que para la aplicación de estas técnicas, los métodos gráficos y los fundamentos de los Modelos de Red, los que sirven de base para la construcción del modelo y de los cuales se generan sus conclusiones.

Terminología utilizada en Modelos de Red, PERT y CPM.

- Arco: Línea que une dos nodos en una red.

Nota: Los arcos representan las actividades que constituyen el proyecto representado, las que se identifican usualmente, por letras mayúsculas ordenadas consecutivamente, partiendo desde la letra A.

- Arco dirigido: Arco en el cual el flujo se permite en una sola dirección.

Nota: Si todos los arcos en la red son dirigidos, la red se denomina una *red dirigida*.

- Arco no dirigido: Arco en el cual el flujo se permite en ambas direcciones.

Nota: Si todos los arcos en una red son no-dirigidos, la red es una red no-dirigida.

- Nodo: Punto al cual se dirigen y del cual salen arcos, para formar una red.

Nota: Los nodos se numeran de manera consecutiva, la numeración de los nodos debe realizarse al finalizar la construcción de la red, siguiendo el orden de izquierda a derecha y de arriba abajo. La numeración se inicia en el nodo inicial (ubicado usualmente en el extremo izquierdo del gráfico) y terminando en el nodo final.

- Nodo inicial: Nodo del que deben partir todas las actividades que no tienen predecesoras.

Nota: El nodo inicial (nodo 1) representa el inicio del proyecto. Por lo tanto, las actividades que parten del nodo inicial no pueden tener predecesoras.

- Nodo final (Nodo terminal): Nodo del que no sale ningún arco.

Nota: El nodo terminal o final del proyecto debe representar el término de todas las actividades incluidas en la red.

- Red (Grafo): Construcción gráfica constituida por un conjunto de puntos (nodos) conectados por líneas (arcos).

- Actividad ficticia: Actividad que se incorpora, en el gráfico, para cumplir con las reglas de construcción de los modelos de red, a la se asignan recursos y tiempo igual a cero (0).

- Fecha de inicio más próxima (FIP): La FIP para un nodo i es el instante más inmediato en el cual puede comenzar la actividad correspondiente al nodo i , por ejemplo; en el Nodo inicial la FIP es igual a cero.
- Fecha de terminación más próxima (FTP): La FTP para un nodo i es el instante más inmediato en el cual puede terminar la actividad correspondiente al nodo i , por ejemplo; en el Nodo inicial la FTP es igual a la duración de la actividad A .
- Fecha de inicio más lejana (FIL): La FIL para un nodo i es el último instante (instante más lejano en el tiempo) en el cual puede comenzar la actividad correspondiente al nodo i sin retrasar la duración total del proyecto.
- Fecha de terminación más lejana (FTL): La FTL para un nodo i es el último instante (instante más lejano en el tiempo) en el cual puede terminar la actividad correspondiente al nodo i sin retrasar la duración total del proyecto.
- Actividad crítica: Es una actividad que no puede ser retrasada sin afectar la duración total del proyecto. Es una actividad en la que la fecha de terminación más lejana y la fecha de terminación más próxima son idénticas, y por tanto la holgura es igual a cero.
- Holgura: Se define y calcula como la diferencia entre la fecha de terminación más lejana y la fecha de terminación más próxima:

$$h = FTL - FTP$$

Donde:

- FTL: Fecha de terminación más lejana.
 - FTP: Fecha de terminación más próxima.
- Ruta crítica: Es el camino o ruta desde el nodo inicial al nodo final, constituido sólo por actividades críticas (aquellas que tienen holgura igual a cero). Es decir, constituye la ruta que no puede ser retrasada sin afectar la duración del proyecto, o también, la ruta más larga entre los nodos inicial y final.

Modelos de Red

Construcción del Modelo de Red

A modo de ejemplo, se considera un proyecto compuesto por un total de diez (10) actividades, la primera acción a desarrollar es identificar las actividades y sus precedencias.

1. Hacer una lista de actividades o tareas que tienen que llevarse a cabo:

Hacer una lista de todas las tareas que son necesarias para poder llevar a buen término el proyecto. En este momento inicial de la aplicación, no es necesario que las tareas estén ordenadas cronológicamente.

Simplemente se trata de hacer una lista de tareas lo más completa posible.

Es fundamental que no se deje de considerar ninguna tarea.

2. Hacer una tabla de precedencias:

Para cada actividad, se trata de establecer qué actividades deben precederla. Es decir, a partir de la lista de actividades, se ordenan las tareas según su relación de precedencia.

En la tabla XYZ, se relacionan en la columna de la izquierda cada una de las actividades y, en la columna de la derecha, las actividades que la preceden, es decir: aquellas tareas que necesariamente deben haber terminado antes de poder empezar cada actividad.

En el caso de la actividad A, no tiene ninguna actividad precedente o predecesora, pues es la actividad inicial del proyecto.

Tabla N° 38: Tabla de Precedencias

Actividad	Actividades precedentes
A	-
B	A
C	A
D	A
E	B, C, D
F	E
G	F
H	G
I	H
J	G

Cada una de las relaciones de precedencia que se identifican en la tabla anterior se puede representar gráficamente.

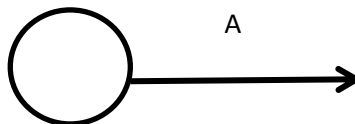
3. Construcción del gráfico o modelo de red

Para la construcción del gráfico, se debe considerar que existen o se definen cinco (5) tipos distintos de conceptos o gráficos parciales a utilizar, así como las reglas para la representación de las vinculaciones entre nodos y actividades.

Nodo Inicial:

De él deben partir todas las actividades que no tienen precedente. En el caso considerado, sólo hay una actividad sin precedente, la actividad A y por tanto se dibujaría de la siguiente manera:

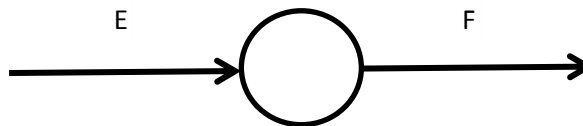
Ilustración N° 18: Precedencia lineales



Procedencias Lineales:

Corresponden a los casos en los que hay una única actividad que precede y una única actividad que procede. Por ejemplo:

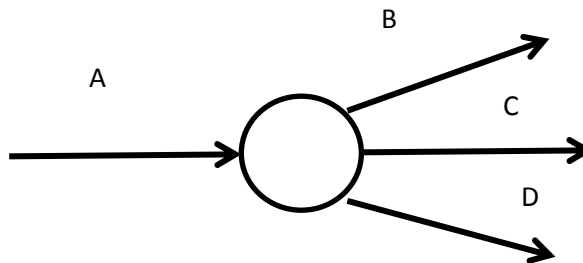
Ilustración N° 19: Precedencias lineales



Procedencias de Divergencia:

Corresponden a los casos en los que hay una actividad que precede y varias actividades que proceden. Por ejemplo:

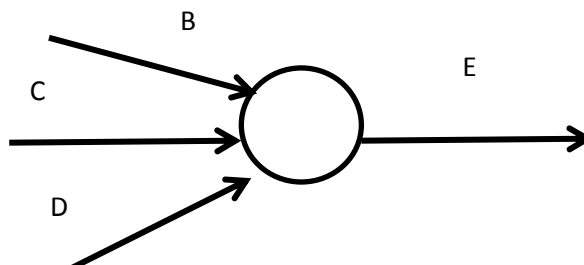
Ilustración N° 20: Precedencias de divergencia



Procedencias de Convergencia:

Corresponden a los casos en los que hay varias actividades que preceden y una única actividad que procede, en el caso de ejemplo según la Tabla XYZ:

Ilustración N° 21: Precedencias de convergencia

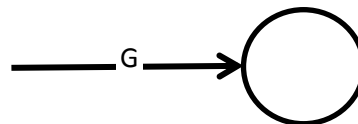


Nodo Final:

Representa el término de todas las actividades incluidas en el gráfico, ninguna flecha sale del nodo final.

Para la confección del modelo de red (grafo) se deben considerar las reglas siguientes:

Ilustración N° 22: Nodo final.

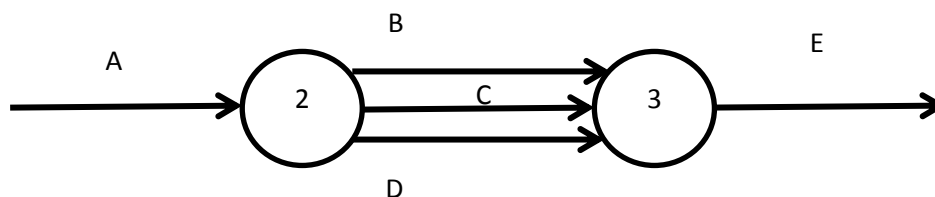


- Un nodo sólo puede numerarse una vez que se han numerado todos los nodos que le preceden (que tienen arcos que llegan hasta él).
- Debe haber un único nodo inicial y un único nodo final.
- Dos arcos que parten del mismo nodo no pueden tener el mismo nodo de destino.

La regla indicada en c) impone algunas restricciones en los gráficos, las que se exponen a continuación, pues puede suceder perfectamente que, para pasar de una fase del proyecto a la siguiente, sean necesarias varias actividades distintas.

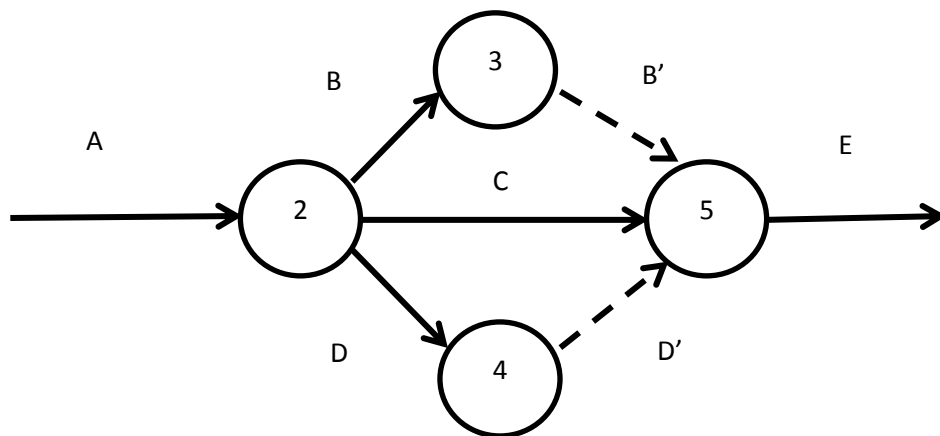
Según lo planteado en la regla indicada en c) es necesario adoptar algunas consideraciones, por ejemplo, en el proyecto identificado por las actividades en la tabla anterior, las actividades B, C y D son procedentes de A y preceden a E. En principio, esto se podría representar de la siguiente forma:

Ilustración N° 23: Representación Tabla N° 38- Incumplimiento Regla C



Pero esta representación incumple lo definido en la regla c), pues los nodos 2 y 3 están unidos por más de una actividad o arco, por lo que se hace necesario, la incorporación de actividades “ficticias”, en el ejemplo las actividades B’; C’ y D’, las que representadas por líneas discontinuas, para estas actividades se considera tiempo de duración “0”, quedando el gráfico de la siguiente forma:

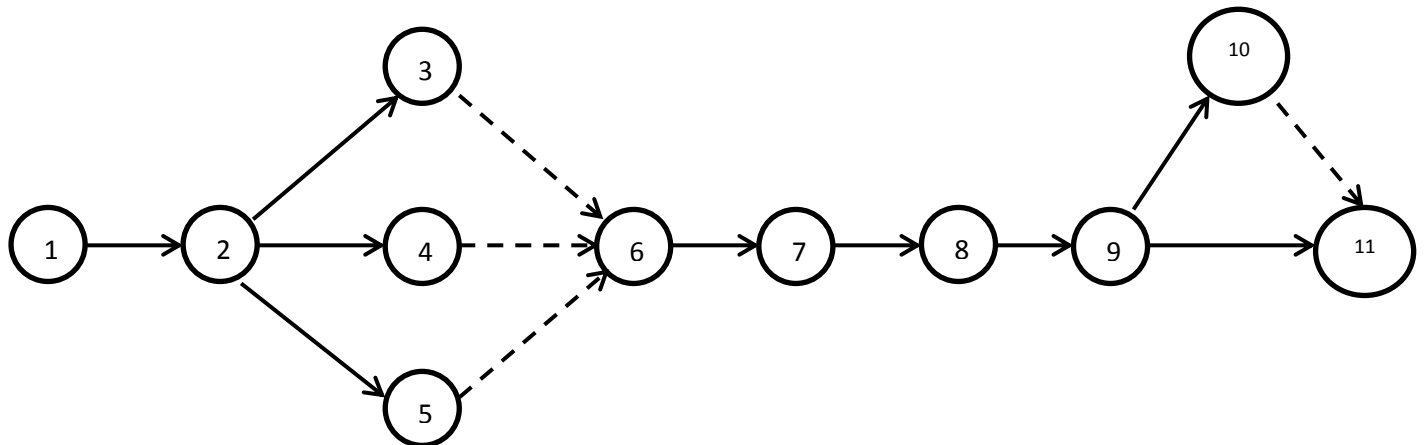
Ilustración N° 24: Representación Tabla N° 38– Cumplimiento Regla c)



Se han añadido tres (3) actividades “ficticias” (con los nombres B’, C’ y D’) y 3 nodos intermedios simplemente para respetar la regla enunciada.

Para construir la red completa del ejemplo se utilizan las reglas descritas y se obtiene el siguiente gráfico:

Ilustración N° 25: Representación PERT



📌 Cómo se aplica

Los Pasos en el proceso de aplicación de PERT son:

1. Identificar las actividades.
2. Determinar la secuencia apropiada de las actividades.
3. Construir el diagrama de red.
4. Estimar los tiempos requeridos para cada actividad.
5. Determinar la trayectoria crítica.
6. Actualizar el PERT según los avances del proyecto.

Identificar las Actividades

Se deben identificar todas las actividades requeridas para lograr el avance y terminación del proyecto. Es una buena práctica enumerar y escribir las tareas en una tabla, la que posteriormente puede ampliarse, como se indica en la Tabla siguiente, para incluir información sobre secuencia y duración de cada actividad:

Tabla N° 39: Secuencia y duración de actividades

Clave	Actividad	Predecesora	Tiempo Optimista	Tiempo más probable	Tiempo pesimista	Tiempo esperado

Determinar la secuencia apropiada de las actividades

Este paso se puede combinar con el paso de la identificación de las actividades, pues en algunos casos resulta evidente la secuencia de las actividades y se pueden enumerar considerando el orden de realización.

Construir el diagrama de red

Usando la información de la secuencia de actividades, se puede construir el diagrama de la red, considerando las reglas y el ejemplo, expuestos previamente.

Identifique las actividades en el diagrama, indicando sobre cada arco (correspondiente a cada una de las actividades) la letra que le corresponde de acuerdo con la designación en la **Tabla 39**.

Estimar los tiempos requeridos para cada actividad

Para cada actividad, se requiere estimar las siguientes cantidades:

- T_o = Tiempo optimista. Estimación de la duración de la actividad en las condiciones más favorables.
- T_p = Tiempo pesimista. Estimación de la duración de la actividad en las condiciones más desfavorables.
- T_m = Tiempo más probable. Duración más probable de la actividad.

En el proceso de estimar los tiempos, pueden considerarse experiencias anteriores y análisis de expertos para asumir las consideraciones pertinentes.

Posteriormente calcule el tiempo esperado.

T_e = Tiempo esperado, de acuerdo con la fórmula:

$$T_e = \frac{(T_o + 4(T_m) + T_p)}{6}$$

En el diagrama construido, inscriba junto a cada actividad, el Tiempo esperado T_e , calculado.

Determine la trayectoria crítica

Sobre cada actividad en el diagrama, incluya una cuadrícula con 4 secciones como la que se indica a continuación.

FIP	FTP
FIL	FTL

Donde:

- FIP: Fecha de inicio más próxima.
- FTP: Fecha de terminación más próxima.
- FIL: Fecha de inicio más lejana.
- FTL: Fecha de terminación más lejana.

Se calculan estas fechas utilizando los tiempos esperados para las actividades.

Las fechas más próximas de inicio y terminación de cada actividad se determinan partiendo desde el extremo izquierdo del diagrama (Nodo inicial) y avanzando, hacia el Nodo final, a través de la red y definiendo la fecha más temprana en la cual una actividad puede comenzar y terminar al considerar sus actividades predecesoras.

Las fechas más lejanas de inicio y de terminación de cada actividad se determinan en función la fecha más tardía en que una actividad puede comenzar y terminar sin modificar la duración del proyecto.

Estas fechas se determinan partiendo desde el extremo derecho del diagrama (Nodo final) y avanzando, hacia el Nodo inicial, a través de la red y definiendo la fecha más tardía en la cual una actividad puede comenzar y terminar sin modificar la duración del proyecto.

Determine a continuación la holgura para cada una de las actividades, considerando que la holgura (h):

$$h = FTL - FTP$$

La ruta crítica es la trayectoria a través de la red en la cual ninguna de las actividades tiene holgura y determina el tiempo total del plazo requerido para el proyecto.

En el gráfico se marca la ruta crítica, utilizando un color o grosor de línea diferente.

Considerando que la trayectoria crítica determina la fecha de terminación del proyecto, el proyecto puede ser acelerado agregando los recursos necesarios para reducir las fechas (inicio y terminación) para las actividades en la ruta crítica.

Actualizar el PERT según los avances del proyecto

En la medida que avanza el proyecto se deben realizar los ajustes pertinentes en el diagrama PERT, en función del progreso real del proyecto, los tiempos estimados se pueden sustituir por los reales.

En los casos en que se produzcan retrasos, puede ser necesario asignar recursos adicionales para garantizar la terminación del proyecto en los plazos previstos, en esos casos, se debe modificar el gráfico PERT para reflejar la nueva situación.

Beneficios

- Tiempo previsto de la terminación del proyecto.
- Identificación de las actividades de la ruta o trayectoria crítica que afectan directamente el tiempo de terminación del proyecto.
- Las actividades que tienen holgura y desde las que se pueden transferir recursos a las actividades de la ruta crítica.
- Permite su utilización de forma conjunta con la técnica Carta Gantt, para una mejor gestión del proyecto.

Limitaciones y precauciones

- Las estimaciones del tiempo de la actividad son subjetivas y dependen del juicio. En casos donde hay poca experiencia en la ejecución de una actividad, los valores de tiempo pueden ser solamente una conjetura.
- Suponiendo que se estiman adecuadamente los tiempos de cada actividad, PERT asume, que la variable tiempo, sigue una distribución Beta²⁶, pero la distribución real puede ser diferente.
- PERT parte del supuesto de que la distribución de la probabilidad del tiempo de terminación del proyecto es igual que la de la ruta crítica, esto puede no cumplirse en los casos en que se produzcan retrasos en actividades fuera de la ruta crítica, lo que implicaría la posibilidad de que otras trayectorias pueden convertirse en la trayectoria crítica.

Formato de aplicación sugerido

A continuación se da un ejemplo de PERT, utilizando los formatos mencionados anteriormente:

Proyecto: Capacitación del personal.

Origen del proyecto: Implementación de acción correctiva a No Conformidad.

Actividades del proyecto: elección de temas a abordar, determinación de participantes, determinar presupuesto, buscar oferente convenio marco, realizar solicitud, emitir orden

²⁶ Distribución utilizada para la estimación del tiempo esperado de cada actividad en PERT, esta estimación se basa en el supuesto de que el tiempo de la actividad es una variable aleatoria cuya probabilidad tiene una distribución beta unimodal.

de compra y confirmar, coordinar curso con entidad educativa y participantes y finalmente realizar el curso.

En base a lo anterior, determinaremos el diagrama PERT. Para ello, se debe establecer qué actividades son predecesoras, cuáles son los tiempos optimistas (T_o), más probable (T_m) y pesimista (T_p), y calcular el tiempo esperado (T_e). Es importante tener en cuenta las reglas expuestas en la explicación de esta herramienta, para estimar estos tiempos, donde se cumple:

$$T_o \geq T_m \geq T_p$$

Y,

$$T_e = \frac{(T_o + 4(T_m) + T_p)}{6}$$

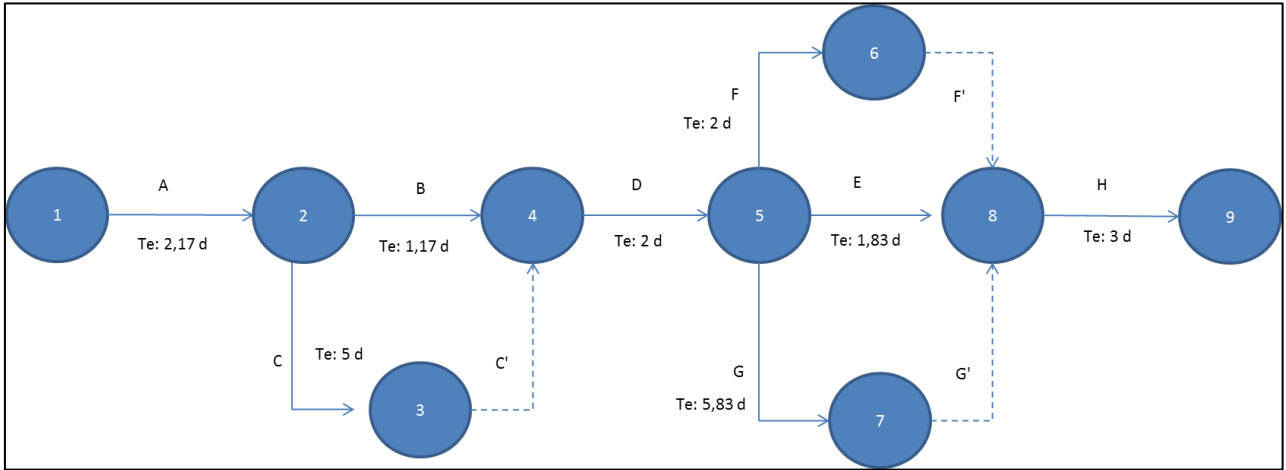
Entonces queda así:

Tabla N°40: Definición de Tabla PERT

Identificador	Actividades	Predecesora	Tiempo Optimista (T_o)	Tiempo más Probable (T_m)	Tiempo Pesimista (T_p)	Tiempo Esperado (T_e)
A	Elección de temas a capacitar	-	2	2	3	2,17
B	Determinación de participantes	A	1	1	2	1,17
C	Determinar presupuesto	A	4	5	6	5,00
D	Buscar oferente convenio marco	B-C	1	2	3	2,00
E	Realizar solicitud	D	1	2	2	1,83
F	Emitir Orden de Compra y Confirmación	D	1	2	3	2,00
G	Coordinar curso con entidad y participantes	D	5	6	6	5,83
H	Realización de Curso	E-F-G	3	3	3	3,00

Una vez construido esto se procede a dibujar el diagrama, respetando las reglas planteadas e indicando en cada flecha el nombre de la actividad y el tiempo esperado. Para enumerar los nodos se realiza siempre de arriba abajo y de izquierda a derecha:

Ilustración N° 26: Diagrama PERT

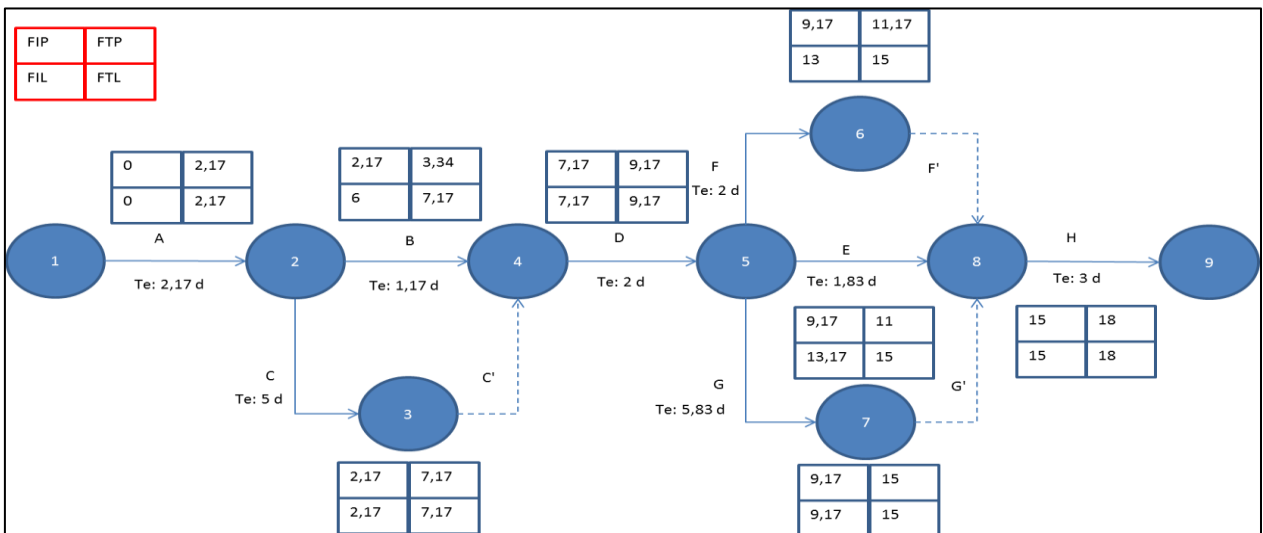


Una vez dibujado el PERT, calcular el:

- FIP: Fecha de inicio más próxima.
- FTP: Fecha de terminación más próxima.
- FIL: Fecha de inicio más lejana.
- FTL: Fecha de terminación más lejana.

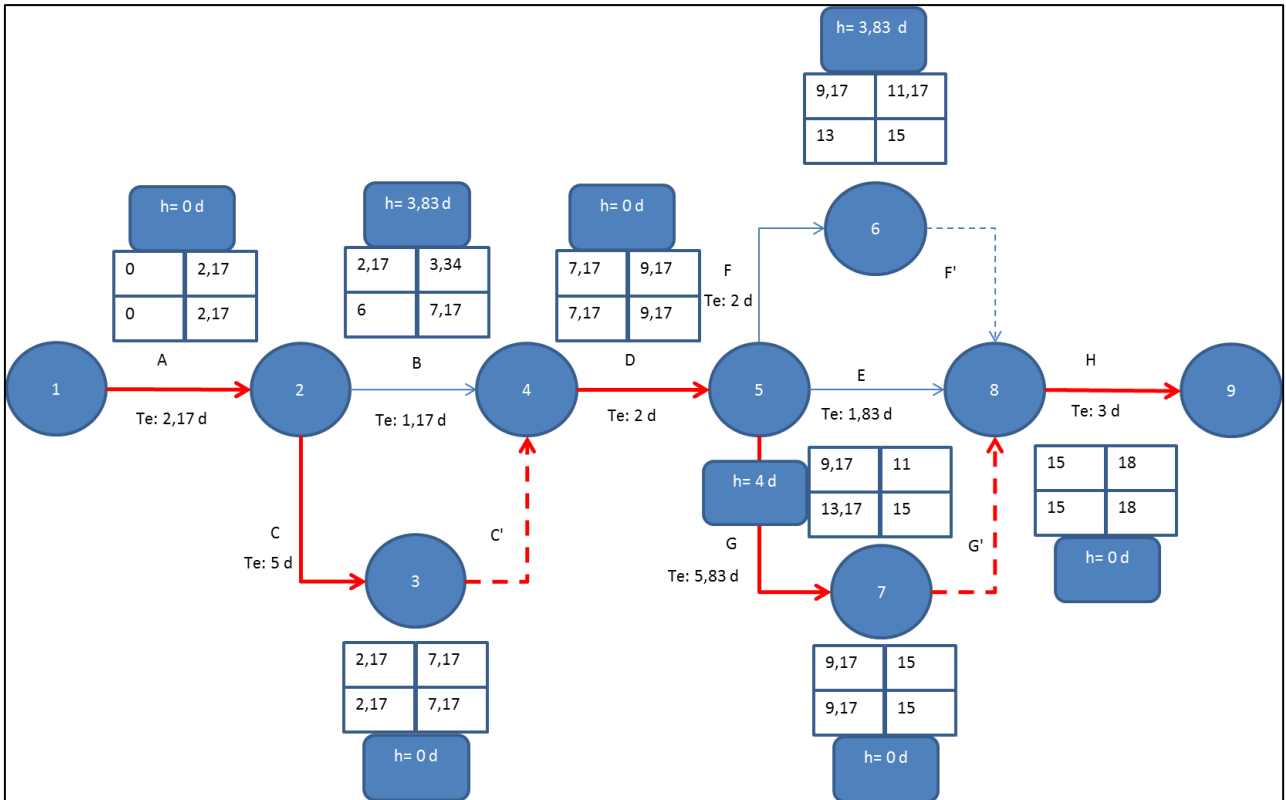
Quedando así:

Ilustración N° 27: Cálculo de FIP-FTP-FIL-FTL



Por último y una vez realizado lo anterior, se procede a calcular la holgura (h) por cada tarea, y determinar la ruta crítica, lo que representará qué actividades son prioritarias en el proyecto:

Ilustración N° 28: Representación Ruta Crítica



Con lo anterior se puede concluir que la ruta crítica en este caso es la actividad A, la Actividad C, Actividad D, Actividad G y Actividad H, ya que su holgura de tiempo es 0 días. Es importante dar énfasis, en que independiente de que esta sea la ruta crítica, no se deben descuidar las tareas que tengan más holgura, y se debe ejercer igual un control.

3.2.16 CPM

Explicación

El Método CPM por las siglas en inglés Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica), permite la planificación y seguimiento de proyectos. Fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por parte de la Compañía DuPont, junto con la División UNIVAC de la Remington Rand, para controlar el mantenimiento de proyectos de plantas químicas de DuPont.

El CPM es muy similar al PERT en concepto y metodología.

El Método de la Ruta Crítica (CPM) tiene como característica fundamental, el hecho que parte del supuesto de que la duración de cada actividad, es conocida con certeza, de esta forma, esta técnica puede ser empleada para determinar cuál es el tiempo requerido para completar el proyecto. Permite también identificar cuáles actividades pueden atrasarse sin afectar la duración total del proyecto, identificando la denominada ruta crítica del proyecto o programa.

El Método permite la representación gráfica de las actividades que componen el proyecto y determinar los tiempos de ejecución y las actividades críticas, lo que permite conocer la denominada ruta crítica del proyecto.

Dentro del ámbito aplicación, el método se utiliza para la planeación y control de diversos tipos de proyectos, tales como construcción de obras civiles y de infraestructura, proyectos de construcción de viviendas, reparación de barcos, investigación de mercados, estudios económicos, auditorías, planeación de carreras universitarias, distribución de tiempos de salas de operaciones, censos de población, etc.

El Método CPM realiza las siguientes consideraciones:

- Adopta un enfoque determinístico, pues considera que los tiempos de las actividades se conocen y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.
- A medida que el proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso del proyecto.

- Considera que las actividades son continuas e interdependientes, siguen un orden cronológico y ofrece parámetros del momento oportuno del inicio de cada actividad.

✚ Cómo se aplica

Los pasos²⁷ en el planeamiento del proyecto del CPM

1. Identificar las actividades individuales.
2. Determinar la secuencia de las actividades.
3. Construir el diagrama de red.
4. Estimar el tiempo de terminación para cada actividad.
5. Identificar la ruta crítica.
6. Actualizar el diagrama CPM en función del progreso del proyecto.

Identificar las actividades individuales.

Elabore un listado de todas las actividades del proyecto. Este listado se puede incluir en una tabla, como la que se indica a continuación, la que se puede utilizar como la base para agregar la información de la secuencia y de la duración en los pasos sucesivos del método.

Al igual que en método anterior se plantea la siguiente tabla:

Tabla N°41: Actividades y predecesoras CPM

Clave	Actividad	Predecesora	Tiempo Estimado

²⁷ Considerando que los pasos y estimaciones de tiempos en CPM, se utilizan de forma similar en el método PERT, en esta sección se enumeran las actividades o pasos para CPM, las que se expusieron previamente en la descripción de las actividades o pasos para PERT.

Determinar la secuencia de las actividades

Las actividades del proyecto, son, comúnmente interdependientes, unas actividades son predecesoras de otras y en ese sentido inciden en los momentos o tiempos de inicio y terminación de otras actividades. Se debe elaborar en incluir en la tabla indicada en el párrafo precedente, las actividades que son predecesoras inmediatas de cada actividad.

Construir el diagrama de red

Una vez identificadas las actividades y su orden de precedencia, se puede construir el diagrama de red del CPM, siguiendo las reglas descritas en esta misma sección del documento, sobre cada arco se indica la letra que identifica la actividad correspondiente.

Estimar el tiempo de terminación para cada actividad

El tiempo necesario para terminar cada actividad se puede estimar utilizando la experiencia previa o aplicando el método de expertos, quienes estiman la duración de cada actividad.

CPM adopta, como se menciona anteriormente, un enfoque determinista, por lo que, a diferencia de PERT sólo se realiza la estimación de un valor de tiempo para cada actividad.

Identificar la ruta crítica

Sobre cada actividad en el diagrama, incluya una cuadrícula con 4 secciones como la que se indica a continuación.

FIP	FTP
FIL	FTL

Donde:

- FIP: Fecha de inicio más próxima.
- FTP: Fecha de terminación más próxima.
- FIL: Fecha de inicio más lejana.
- FTL: Fecha de terminación más lejana.

Se calculan estas fechas utilizando los tiempos estimados para las actividades.

Una vez calculados estas fechas, según lo expuesto en la sección correspondiente del método PERT, calcular las holguras para cada actividad.

La ruta crítica es la trayectoria a través de la red en la cual ninguna de las actividades tiene holgura y determina el tiempo total requerido para el proyecto.

En el gráfico se marca la ruta crítica, utilizando un color o grosor de línea diferente.

Considerando que la trayectoria crítica determina la fecha de terminación del proyecto, el proyecto puede ser acelerado asignando los recursos necesarios para reducir las fechas (inicio y terminación) de las actividades en la ruta crítica.

Actualizar el diagrama CPM en función del progreso del proyecto

En la medida que avanza el proyecto, se conocen los tiempos reales de terminación de cada actividad, de forma tal que el diagrama de red se puede poner al día para incluir esta información.

Beneficios

Al igual que en el caso del PERT, los principales beneficios se asocian a la información que proporciona CPM, entre otras:

- Tiempo previsto de la terminación del proyecto.
- Identificación de las actividades de la ruta o trayectoria crítica que afectan directamente el tiempo de terminación del proyecto.
- Las actividades que tienen holgura y desde las que se pueden transferir recursos a las actividades de la ruta crítica.
- Permite su utilización de forma conjunta con la técnica Carta Gantt, para una mejor gestión del proyecto.

Limitaciones y precauciones

Las principales limitaciones del método CPM se asocian a:

- El CPM fue desarrollado para proyectos complejos pero rutinarios con un nivel de incertidumbre mínima en los tiempos de terminación de cada actividad del proyecto.
- En la práctica, los proyectos pueden ser muy variables y menos rutinarios, por lo que los niveles de incertidumbre relacionados con los tiempos de la terminación son significativos, lo que puede limitar la utilidad del modelo determinista del CPM.

Formato de aplicación sugerido

Para esta herramienta, al ser de similar aplicación que PERT, tomaremos el mismo ejemplo de aplicación anterior, donde T_e (Tiempo esperado) será el tiempo estimado de cada actividad. Aquí no es necesario el cálculo hecho anteriormente, por tanto sólo se procede a dibujar el Diagrama, siguiendo los pasos de PERT. Por tanto, el diagrama final corresponde a la *Ilustración N° 28: Representación Ruta Crítica*.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES

- **Activo Circulante:** Es un bien o derecho que puede convertirse en líquido (dinero) en menos de un año.
- **Auditoría Interna y de Gestión**²⁸: La auditoría interna y de gestión es una actividad independiente y objetiva de aseguramiento y consulta, concebida para agregar valor y mejorar las operaciones de una organización. Ayuda a una organización a cumplir sus objetivos aportando un enfoque sistemático y disciplinado para evaluar y mejorar la eficacia de los procesos de gestión de riesgos, control y gobierno.
- **Calidad:** Grado en que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos.
- **Costo:** Valor monetario de los insumos para la fabricación de un producto o prestación de un servicio.
- **Distribución de Poisson:** Se utiliza para calcular la probabilidad específica de “eventos” durante un período o espacio particular. La distribución de Poisson se desarrolló como una distribución de un sólo parámetro λ , donde λ puede interpretarse como el número promedio de eventos por unidad de “tiempo”. Dada por:

$$f(x, \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Donde,

- ✓ $f(x, \lambda)$, es la probabilidad de que ocurran x éxitos, cuando el número promedio de ocurrencia de ellos es λ .
- ✓ λ , es la media o promedio de éxitos por unidad de tiempo, área o producto.
- ✓ e , es 2,718.
- ✓ x , variable que muestra el número de éxitos que se desea ocurran.

²⁸ Normas de Auditoría Interna Colegio de Contadores de Chile. Norma N° 3: Glosario de Términos y Conceptos de Auditoría Interna y de Gestión. Norma N° 6 “Definición de Auditoría Interna y de Gestión”.

- **Distribución Exponencial:** Modelo adecuado para la distribución de probabilidad del tiempo de espera entre dos hechos que sigan un proceso de Poisson. La distribución exponencial puede derivarse de un proceso experimental de Poisson con las mismas características que las que enunciadas al estudiar la distribución de Poisson, pero tomando como variable aleatoria, en este caso, el tiempo que tarda en producirse un hecho. Dada una variable aleatoria X que tome valores reales no negativos, se dice que tiene una distribución exponencial de parámetro α con $\alpha \geq 0$, si y sólo si, su función de densidad tiene la expresión:

$$f(x) = \alpha - \alpha^{-\alpha x}$$

- **Eficacia**²⁹: Obtención del logro de los objetivos en los procesos, programas o labor de auditoría interna sin considerar los tiempos ni costos involucrados.
- **Eficiencia**³⁰: Obtención del logro de los objetivos en los procesos, programas o labor de auditoría interna en el menor tiempo posible a costos razonables.
- **Egresos**: Sacrificios de valor necesarios para generar ingresos.
- **Ingresos**: Cantidad de producto o servicio vendido en términos monetarios.
- **Mejora Continua**: Actividad recurrente para aumentar la capacidad de cumplir con los requisitos.
- **Pasivo Circulante**: Obligaciones a corto plazo de la organización.
- **Plan Anual de Auditoría Interna**³¹: Incluye un análisis integral por parte de la función de auditoría de todos los elementos internos y externos a la organización, con la finalidad de determinar los eventos que cuentan con la mayor relevancia para cumplir con la misión y objetivos estratégicos, y que a su vez, cuentan con el mayor nivel de riesgo. Debe fijar las metas para el año siguiente, los tipos de auditoría a realizar, los procesos a auditarse, el alcance de las auditorías y las estimaciones del uso de los recursos.

²⁹ Normas de Auditoría Interna Colegio de Contadores de Chile. Norma N° 3: Glosario de términos y conceptos de auditoría interna y de gestión. Norma N° 6 “Definición de Auditoría Interna y de Gestión”.

³⁰ Normas de Auditoría Interna Colegio de Contadores de Chile. Norma N° 3: Glosario de términos y conceptos de auditoría interna y de gestión. Norma N° 6 “Definición de Auditoría Interna y de Gestión”.

- **Programa de Auditoría:** Corresponde a un enfoque sistemático y estructurado del trabajo con la finalidad de garantizar que las actividades consideradas en el Plan se realicen de manera eficaz y aseguren el uso eficiente de los recursos y el cumplimiento de los objetivos de auditoría.
- **Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas, que transforman elementos de entrada en salidas; estas últimos tienen un impacto en el cliente.
- **Producto:** Resultado de un proceso. Incluye la categoría servicio.
- **Riesgo:** Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos. El tipo de riesgo, podrá ser identificado y tratado conforme al enfoque de los objetivos de la organización; por ejemplo, objetivos del proceso, medio ambientales, de prevención de riesgos, de eficiencia energética, entre otros.
- **Valor Libro:** Es el importe neto por el que un activo o un pasivo se encuentra registrado en balance una vez deducidos, en el caso de los activos, su amortización acumulada y cualquier corrección valorativa por deterioro acumulada que sería registrado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Consejo para la Práctica 2320-2: Análisis de la Causa Raíz. Instituto de Auditores Internos Global. Diciembre 2011.
- ✚ Cracking the case of ISO 9001:2000 for services. Autores: Charles A. Cianfrani – John E. (Jack) West. 2003.
- ✚ Guide to Quality Control. Autor: Kaoru Ishikawa.
- ✚ Documento Técnico N° 59 “Mantención y mejoramiento de las actividades asociadas al proceso de gestión de riesgos en el estado”, en su última versión, CAIGG, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- ✚ Documento Técnico N° 60 “Aseguramiento al proceso de Gestión de Riesgos”, en su última versión, CAIGG, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- ✚ Documento Técnico “Auditoría al Proceso de Compras Públicas en el Estado”, en su última versión, CAIGG, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- ✚ Documento Técnico “Aseguramiento a Procesos de Soporte para la Gestión”, en su última versión, CAIGG, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- ✚ Material técnico preparado para el Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, por don José María Mantilla, Ingeniero Energética Nuclear, consultor internacional y relator en el Instituto Nacional de Normalización - INN.
- ✚ Normas de Auditoría Interna Colegio de Contadores de Chile. Norma N° 3: Glosario de Términos y Conceptos de Auditoría Interna y de Gestión. Norma N° 6: Definición de Auditoría Interna y de Gestión.
- ✚ Teoría de Colas. Autor: José Pedro García Sabater. Universidad Politécnica de Cataluña. Curso 2010/2011.
- ✚ Sitio WEB www.chilecont.cl , visitado por última vez 18 de diciembre de 2014.



**Registro de Propiedad Intelectual.
Inscripción N° A-273601, año 2016.
Santiago de Chile.**

**Se autoriza la reproducción parcial de esta obra, a condición de que se cite su fuente,
título y autoría.**