



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

## CURSOS INSTITUCIONALES

# PREPARACIÓN DE RESIDENTES Y

# SUPERVISORES DE OBRA

Del 24 de mayo al 15 de junio de 2002

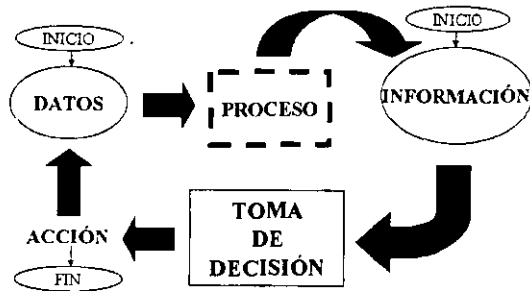
## APUNTES GENERALES

CI-064

Instructor: M. en I. Augusto Hernández Ruiz  
URBANIZADORA DEL BAJÍO

Para tomar una decisión, los individuos primeramente establecen parámetros de comparación con base en sus conveniencias, preferencias y gustos, posteriormente seleccionan el mejor elemento de un posible conjunto de soluciones mediante un proceso iterativo de comparación de dos elementos a la vez, el cual confronta a cada solución con todas las demás.

El proceso de toma de decisiones que sigue un individuo puede ser conceptualizado como un ciclo, el cual se esquematiza de la siguiente manera:



Cada elemento del posible conjunto de soluciones recibe el nombre de "alternativa", y aquella alternativa que aporta los mayores beneficios, o bien los menores perjuicios, se llamará "opción".

Puede ser existir el caso que más de una alternativa aporte al tomador de decisiones los mismos beneficios o perjuicios, por lo que será posible que en un conjunto de alternativas exista más de una opción.

En este sentido, para encontrar la opción buscada en un momento dado, los analistas y tomadores de decisiones en materia de proyectos se apoyan fundamentalmente en procedimientos de planeación,

programación, evaluación y control que serán expuestos más adelante en este documento.

Un líder se distinguirá de los demás individuos por su inteligencia y preparación profesional para tomar decisiones; sin embargo, está expuesto a los mayores riesgos al afrontar los retos que su posición le exige. Por tal motivo, es necesario que éste actúe con determinación, capacitado constantemente para lograr productividad y el mayor y mejor aprovechamiento de todos los recursos que están lícitamente a su alcance para lograr el éxito del proyecto.

Sin duda alguna, este éxito se basará en las cualidades personales de los individuos que en él intervengan, sea en niveles directivos, o bien en niveles operativos; así mismo en sus capacidades para resolver eficaz y eficientemente los problemas que se presenten, es decir, los logros que se alcancen dependerán de la "sinergia" que ellos generen.

## • PLANEACIÓN DE PROYECTOS: Algunos fundamentos

La planeación formal con sus características modernas fue introducida por primera vez en algunas empresas comerciales a mediados de 1950, denominándose en ese entonces como sistemas de planeación a largo plazo; y desde entonces, la planeación se ha ido perfeccionando al grado que en la actualidad un número cada vez mayor de empresas del sector privado y público está siguiendo este ejemplo.

La planeación será entendida como un proceso que estructura y ordena información, variables e indicadores involucrados en un proceso de toma de decisiones.

Planear significa diseñar un futuro deseado e identificar las formas para lograrlo, por lo que la planeación es el apoyo determinante para la gerencia de un proyecto, es esencial para ayudar a los directivos a cumplir con sus responsabilidades de la dirección y ha sido dividida principalmente en dos ramas: la *planeación estratégica* y la *planeación operacional*, las cuales están fuertemente ligadas.

En lo sucesivo, las ideas expresadas serán aplicables a la precisa conceptualización de un proyecto, o bien en un ámbito más general, a una organización.

La planeación estratégica proporciona guía, dirección y límites

para las operaciones cuando el problema más importante es el cómo usar eficientemente aquellos recursos que son cada vez más escasos para producir bienes y servicios, lo cual es una de las preocupaciones principales de la dirección de cualquier proyecto. El aspecto operacional será cubierto más adelante en el punto que corresponde a la programación.

La planeación es una función ejecutiva a cualquier nivel de un proyecto, y para poderla llevar a cabo es necesario que se determine la estructura del proyecto y se promueva el desarrollo de la filosofía del mismo con las creencias, valores, actitudes y lineamientos que señalan "cómo se hacen las cosas en este proyecto".

Así mismo será necesario buscar y seleccionar al personal adecuado que posea el talento para ocupar los puestos determinados en la planeación del proyecto.

También se deben establecer los procedimientos que determinen y prescriban cómo se llevarán a cabo todas las actividades importantes y rutinarias. Estos procedimientos serán indicados en un documento llamado "manual de procedimientos".

Por otro lado, habrá que garantizar que se contará con equipo e instalaciones físicas adecuadas para desarrollar las actividades del proyecto y, por supuesto, con el capital de trabajo suficiente para sufragar los gastos necesarios para su realización.

Lo anterior de ninguna manera soslaya la motivación al personal que procurará se siga la filosofía del proyecto y el establecimiento de normas que fijen las medidas de su desempeño.

A su vez, en la planeación estratégica existen dos formas importantes que deben ser estimadas para ayudar a los altos directivos a cumplir con sus responsabilidades: la planeación de *anticipación intuitiva* y la planeación *sistemática formal*. Sin embargo, en muchos sitios de ambas formas existen conflictos, ya que se encuentran involucrados dos diferentes procesos de pensamiento, pero la planeación sistemática formal no puede llevarse a cabo sin la intuición de la dirección. Si el sistema de planeación formal se adapta correctamente a las características directivas puede contribuir a mejorar la intuición de los directores.

## LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

La planeación general trata con el porvenir de las decisiones actuales; esto significa que la *planeación estratégica* observa durante un tiempo establecido la cadena de causas, consecuencias y efectos relacionada con una decisión que tomará el responsable de ello.

La planeación estratégica también observa las posibles alternativas de los cursos de acción en el futuro; y al escoger unas alternativas, éstas se convierten en el nuevo fundamento para tomar decisiones presentes. La esencia de la planeación estratégica consiste en la identificación sistemática de las oportunidades y

peligros que surgen en el futuro, los cuales combinados con otros datos importantes proporcionan la base para que una empresa tome mejores decisiones en el presente para explotar las oportunidades y evitar los peligros.

La planeación estratégica es un proceso que se inicia con el establecimiento de una misión organizacional, con la que se definirán políticas para cumplir con la misma, y desarrolla programas detallados para asegurar el éxito de sus proyectos

La planeación estratégica es sistemática en el sentido de que es organizada y conducida con base en una realidad entendida. También es un proceso para decidir de antemano qué tipo de esfuerzos deben hacerse, cuándo y cómo deben realizarse, quien los llevará a cabo, y qué se hará con los resultados.

Para la mayoría de las empresas, la planeación estratégica representa una serie de programas producidos después de un periodo de tiempo específico, durante el cual se elabora un plan; sin embargo debería entenderse como un proceso continuo, especialmente en cuanto a la formulación de políticas y estrategias, ya que los cambios en el ambiente del negocio son continuos.

La idea no es que los planes deberían cambiarse a diario, sino que la planeación debe efectuarse en forma continua y ser apoyada por acciones apropiadas cuando sea necesario.

Puede decirse entonces que la planeación estratégica es una actitud, una forma de vida; requiere de dedicación para actuar con base en la observación del futuro, y una determinación para planear constante y sistemáticamente como una parte integral de la dirección. Además, representa un proceso mental, un ejercicio intelectual, más que una serie de procesos, procedimientos, estructuras o técnicas prescritos.

Para lograr mejores resultados, los directivos y el personal involucrado en un proyecto deben creer en el valor de la planeación estratégica y deben tratar de desempeñar sus actividades lo mejor posible.

### **LO QUE NO ES LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**

La planeación estratégica no trata de tomar decisiones futuras, que ya que éstas sólo pueden tomarse en el presente; por supuesto que una vez tomadas, pueden generar fuertes consecuencias irrevocables a largo plazo.

La planeación estratégica no realiza pronósticos para después determinar qué medidas tomar con el fin de asegurar la realización de tal pronóstico. La planeación estratégica va más allá de pronósticos actuales y formula preguntas mucho más fundamentales como: ¿tenemos la misión adecuada?, ¿cuáles son nuestros objetivos básicos?, ¿cuándo serán obsoletas nuestras acciones actuales?, ¿están aumentando o disminuyendo nuestros mercados?

La planeación estratégica no representa una programación del futuro, ni tampoco el desarrollo de una serie de planes que sirvan de molde para usarse diariamente sin cambiarlos en el futuro lejano. Una gran parte de empresas del sector público y privado revisan sus planes estratégicos en forma periódica, en general una vez al año. La planeación estratégica debe ser flexible para poder aprovechar el conocimiento acerca del medio ambiente.

En realidad, no consiste en la preparación de varios programas detallados y correlacionados, aunque en algunas organizaciones grandes y descentralizadas así se producen. Pero, la naturaleza conceptual básica de la planeación estratégica, abarca una amplia variedad de sistemas de planeación que va desde el más sencillo hasta el más complejo.

La planeación estratégica no representa un esfuerzo para sustituir la intuición y criterio de los directores, punto que debe ser acentuado.

### **MODELOS DE PLANEACIÓN**

Un modelo conceptual de planeación es aquel que presenta una idea de lo que algo debería ser en lo general, o una imagen de algo formado mediante la generalización de particularidades.

Un modelo conceptual claro representa una herramienta poderosa, ya que proporciona la guía adecuada para un funcionamiento adecuado en la práctica.

El modelo que se induce está integrado por tres secciones principales: premisas, formulación de planes, e implantación y revisión. Cada una de ellas será abordada a continuación.

## PREMISAS DE PLANEACIÓN

Premisas significa literalmente lo que va antes, lo que se establece con anterioridad, o lo que se declara como introductorio, postulado o implicado. Las premisas están divididas en dos tipos: el plan para planear, y la información sustancial, necesaria para el desarrollo e implantación de los planes.

Antes de llevar a cabo un plan estratégico es importante que las personas involucradas en él tengan un amplio conocimiento de lo que tiene en mente el alto directivo y cómo operará el sistema.

La información acumulada durante la formulación de premisas es llamada "análisis de situación", pero también se usan otros términos para denominar esta parte de la planeación; por ejemplo: evaluación corporativa, análisis de posición, evaluación de la posición actual, y premisas de planeación.

Ninguna organización sin importar cuan grande o lucrativa sea, puede examinar en forma minuciosa todos los elementos que posiblemente están incluidos en el análisis de la situación. Por esto cada organización debe identificar aquellos elementos, pasados, presentes y futuros, que son de gran importancia para su crecimiento, prosperidad y bienestar,

y debe concentrar su pensamiento y sus esfuerzos para entenderlos.

Sin embargo, otros elementos pueden ser estimados o supuestos sin ser investigados o sacados de documentos publicados al respecto.

Los directores y empleados de las organizaciones tienen intereses que también deben ser apreciados y considerados en el proceso de planeación, especialmente aquellos que provienen de sus sistemas de valores y los cuales son premisas fundamentales.

## FORMULACIÓN DE PLANES

En esta parte de la planeación se pondrá atención en los fines más importantes y fundamentales buscados por una organización, y en los enfoques principales para lograrlos.

Con base en las premisas antes mencionadas, el siguiente paso en el proceso de planeación estratégica es formular cada uno de los siguientes puntos que posteriormente serán explicados:

- Misión,
- Políticas,
- Análisis interno,
- Análisis externo,
- Matriz DAFO,
- Visión, y
- Programas.

### ▪ **Misión:**

Enunciará la dedicación primordial y general de la organización o del proyecto integral, así como los factores importantes que lo guiarán y

caracterizarán durante su crecimiento continuo. Su naturaleza carece de límite de tiempo, es decir, la misión será permanente.

▪ **Políticas:**

Son enunciados orales que rigen las creencias, valores, actitudes y lineamientos que pueden definir o describir cómo se harán las cosas en el proyecto o en la organización, según sea el caso.

▪ **Análisis interno:**

Es un proceso que tiene como fin el señalar dos aspectos esenciales desde el punto de vista endógeno de la organización o del proyecto:

- Debilidades, y
- Fortalezas.

Las debilidades señalarán las carencias y aspectos deficientes del proyecto o de la organización como sistema, mientras que las fortalezas señalarán sus abundancias y sus aspectos robustos, también desde una concepción sistémica.

▪ **Análisis externo:**

Este proceso señala, desde una concepción exógena, dos aspectos que cobran especial importancia:

- Amenazas, y
- Oportunidades.

Las amenazas son los factores que tienden a dañar elementos específicos del proyecto o de la organización como sistema, y las oportunidades son aspectos que beneficiarán o robustecerán la integralidad como sistema.

▪ **Matriz "DAFO":**

Conjuntando ambos análisis, el interno y el externo, se obtendrá la integración de los factores que favorecerán y perjudicarán de una forma o de otra al proyecto u organización desde el punto de vista endógeno y exógeno con el siguiente esquema:

	ENDÓGENO	EXÓGENO
PERJUICIOS	<u>D</u> ebilidades · · · · · ·	<u>A</u> menazas · · · · · ·
BENEFICIOS	<u>F</u> ortalezas · · · · · ·	<u>O</u> pportunidades · · · · · ·

▪ **Visión:**

Es el planteamiento de una situación futura, que presente la idea de lo que será conforme los desempeños del plan. Este planteamiento futuro debe presentarse en dos vertientes:

- Tendencial, y
- Normativa.

La *visión tendencial* es el planteamiento que se espera encontrar en el futuro en caso de continuar las circunstancias actuales, es decir, que existirá si no se emprenden las acciones que señala el plan. La *visión normativa* presentará el escenario que se considera viable y posible de alcanzar en el futuro, siempre y cuando se lleven a cabo las acciones propuestas del plan.

▪ **Programas:**

Son los elementos fundamentales del plan que aportan los aspectos estructurales de fondo en materia cualitativa y cuantitativa, señalando así la parte operativa del plan estratégico. Su estructura será tratada más adelante dentro de la programación.

## **IMPLANTACIÓN Y REVISIÓN**

Una vez que los planes son elaborados deben ser puestos en marcha. El proceso de implantación cubre toda la gama de actividades directivas, incluyendo la motivación, compensación, evaluación directiva y proceso de control.

Los planes deben ser revisados y evaluados. No existe mejor manera para producir planes por parte de los subordinados que cuando los altos directivos muestran un interés profundo en éstos y en los resultados que pueden producir.

Cuando fue desarrollada por primera vez la planeación formal en la década de los cincuenta, las organizaciones tendían a hacer planes por escrito y no revisarlos hasta que obviamente eran obsoletos. En la actualidad, la gran mayoría de las organizaciones pasan por un ciclo anual de planeación, durante el cual se revisan los planes y programas existentes. Este proceso debería contribuir significativamente al mejoramiento de la planeación del siguiente ciclo.

En todo el proceso será necesario aplicar las normas de decisión y evaluación que hayan sido

establecidas. El desarrollo y desempeño mismos de las actividades representan normas de decisión cualitativas importantes pero, por otra parte, con el desarrollo de los programas, las normas de decisión se convierten en más cuantitativas, o sea, en fórmulas de sustitución de parámetros.

Habrà de tenerse presente que la buena planeación de un proyecto debe evitar que las personas que forman parte de él carezcan del conocimiento exacto sobre qué hacer y quién es el responsable, por lo que necesario será, al implantar o revisar el desempeño de cualquier plan, el empleo de talentos humanos que sustentan fundamentalmente a la planeación, como son: el sentido común, la habilidad para comunicarse con otras personas, y la capacidad para negociar soluciones que coadyuven a la solución de los problemas que comúnmente se presentan. Esto evitará también que el grupo directivo pida soluciones que no se adecuen a la organización vigente del proyecto, lo cual no significa que éste pueda y deba ser modificado según las circunstancias que se presenten

## **ALGUNAS OBSERVACIONES ACERCA DEL MODELO**

El modelo conceptual es una representación simplificada de la operación y debe contener aquellos aspectos que son de fundamental importancia en el problema que se examina. Es muy útil para el análisis de una operación.



Íntimamente relacionado con el modelo conceptual del sistema se debe tener una medida de la efectividad con la cual se pueda evaluar si las modificaciones a la operación están logrando lo esperado.

Generalmente, el modelo conceptual se construye con base en observaciones, experiencias y datos. En algunas ocasiones dependerá notablemente de suposiciones "a priori" de la situación. En cualquier caso, la teoría que describe la operación del sistema se debe poder verificar en forma experimental. Dos tipos de experimento tienen gran importancia en este proceso: el primero está diseñado simplemente para obtener información; el segundo tiene carácter más crítico y se diseña para probar la validez de las conclusiones.

Por otra parte, el planeador utiliza los métodos estadísticos cuando son necesarios, pero está restringido por ellos. La estadística se preocupa principalmente por las relaciones entre los datos; la planeación estratégica trata de entender la operación del sistema básico que esos datos representan, pero como consecuencia de esto, los resultados muchas veces pueden diferir significativamente.

El modelo comprende más de una dimensión de tiempo. La gente muchas veces habla de un plan de tres a cinco años, pero generalmente los sistemas de planeación estratégica carecen de una dimensión de tiempo fijo.

En la mayoría de las empresas, la misión y los propósitos básicos de la misma tienen una dimensión de tiempo ilimitado y son manejados sin ningún cambio durante mucho tiempo. Por otro lado, puede tomarse una decisión en el proceso de creación de una política para eliminar a una división poco rentable al día de mañana, o contratar un científico experimentado lo más pronto posible.

Dentro de la misión de una organización o proyecto pueden existir múltiples fines consignados en forma distinta y que tienen diferente importancia en su planeación y en sus operaciones.

No existe un sólo modelo de planeación para cualquier organización o proyecto. El sistema de planeación estratégica formal debe ser diseñado para satisfacer las características únicas de cada empresa. Los sistemas de planeación formal pueden ser situados en un espectro, el cual en un extremo indica sistemas sencillos y en el otro sistemas extremadamente complejos y completos.

### **¿POR QUÉ BENEFICIA LA PLANEACIÓN SISTEMÁTICA?**

Para aquellos directores que sienten que su intuición no es la única manera para tomar decisiones, la planeación debe llegar a formar una parte integral de sus actividades directivas, especialmente en aquellas organizaciones de actividades diversificadas, por las siguientes razones:

1. La planeación es indispensable para que los directivos puedan cumplir con sus responsabilidades en forma eficiente.
2. La planeación exige al director que formule y conteste preguntas claves para su organización, y a las cuales debería prestar su atención.
3. La planeación puede simular el futuro en papel, experiencia que no sólo es relativamente económica, sino que también permite a los corporativos tomar mejores decisiones acerca de las medidas a tomar en cuanto a oportunidades y peligros futuros, en vez de esperar hasta que sucedan las cosas. La planeación en sí aclara las oportunidades y peligros futuros de una corporación.
4. La planeación es una manera efectiva de considerar a un proyecto como un sistema, y así evitar la suboptimación de partes del sistema a costa de todo.
5. La planeación estimula el desarrollo de fines apropiados de la organización o del proyecto, los cuales a su vez son factores poderosos para la motivación de las personas.
6. La planeación proporciona una estructura para la toma de decisiones en toda la organización. Así mismo, permite que los ejecutivos de nivel inferior tomen sus decisiones de acuerdo con los deseos de la alta dirección.
7. La planeación es necesaria para el mejor desempeño de la mayoría de las demás funciones directivas.
8. La planeación proporciona una base para medir el desempeño de la empresa y sus principales partes integrantes.
9. La planeación señala a la alta dirección los asuntos claves y ayuda a establecer las prioridades adecuadas para tratar a los mismos.
10. Los sistemas de planeación estratégica son canales perfectos de comunicación, mediante los cuales el personal en toda la organización habla el mismo lenguaje al tratar con problemas sustanciales tanto para ellos como para la misma empresa.
11. La planeación estratégica ayuda a capacitar a los directivos como directores. Además contribuye a desarrollar habilidades directivas y del personal que facilitarán la reacción apropiada frente a eventos desconocidos.
12. Los sistemas de planeación proporcionan una

oportunidad para la gente que integra una organización de contribuir con sus talentos en el proceso de la toma de decisiones, dándole al mismo tiempo un sentido de participación y satisfacción único.

13. Investigaciones muestran que la planeación beneficia. Aquellos corporativos que la aplican han superado a los que no la utilizan.
14. Es posible que una organización tenga éxito sin la planeación formal, pero en la mayoría de los casos el éxito se obtiene más fácilmente con la planeación.
15. La planeación tiene limitaciones: los pronósticos en los cuales se basa, pueden estar equivocados; la resistencia interna puede reducir su eficacia; es cara y difícil; requiere de un cierto tipo de talento que puede no estar a la mano; no puede sacar de una crisis a una organización; existen muchos peligros latentes que debe evitar.
16. La planeación no es adecuada para cualquier persona. Existen algunas razones válidas, aunque no muchas, acerca del porqué una empresa puede preferir no adoptar un sistema de planeación formal.
17. La planeación no garantiza el éxito, pero considerando

todos los factores, los directivos en la mayoría de las empresas harán mejor en utilizarla. Para asegurar su resultado positivo será necesario adaptar el sistema de planeación a las características particulares de cada organización.

## TENDENCIAS EN LA EVOLUCIÓN DE LA PLANEACIÓN FORMAL

Es importante señalar, que la planeación no pretende sustituir otras técnicas administrativas ni competir con ellas; aunque muchas veces se ha demostrado su utilidad aún en aquellas áreas donde otro tipo de actividades se encuentran muy desarrolladas.

Sin embargo, la planeación estratégica no es un curativo para todos los problemas de organizaciones, ni una fuente automática de decisiones. Aunque provee una base cuantitativa, muchos factores importantes en el proceso de toma de decisiones conservan su carácter cualitativo o intangible, y deben evaluarse basándose en el juicio e intuición del tomador de decisiones.

La planeación formal continuará evolucionando y las brechas en nuestros conocimientos acerca de este tema se irán reduciendo. Pero, además de tal aumento en los conocimientos ¿qué tendencias significativas pueden esperarse? Se sugirieron las siguientes proyecciones, sin un orden de importancia:

Primero, las variedades de sistemas de planeación utilizadas aumentarán cada vez más. Los sistemas de planeación deben adaptarse a las características únicas de la organización para la cual fueron diseñados, y como cada empresa es diferente de las demás, los sistemas no serán los mismos. No obstante, los sistemas de planeación deben seguir los patrones básicos y las prácticas preferidas.

La planeación formal no es una moda, sino que está y seguirá estando entremezclada de modo inseparable con el proceso directivo, y a excepción de unos pocos casos, es efectiva para una dirección efectiva. Los procesos, estructuras, prácticas y lecciones de la experiencia, continuarán siendo las guías básicas para el diseño e implantación de sistemas de planeación formal en organizaciones tanto grandes como pequeñas.

Sin embargo, las variedades de los sistemas seguirán aumentando conforme los directores van adaptando las guías y los diseños de sistemas más adecuados para sus organizaciones.

Segundo, los sistemas de planeación serán flexibles y menos procesales, especialmente en organizaciones grandes. Los directivos se volverán más conscientes de que los procedimientos excesivos eliminarán el tipo de creatividad, innovación e imaginación necesarios para una planeación superior.

Tercero, se expandirá el uso de herramientas analíticas avanzadas, basadas en la computación como, por ejemplo, modelos de simulación,

análisis de riesgos y argumentos. Sin embargo, los métodos analíticos antiguos como la intuición y el criterio directivos, creatividad, datos contables y diagramas de flujo sencillos, serán reconocidos cada vez más como indispensables para una planeación exitosa.

Cuarto, se continuará dando énfasis en la estrategia, lo cual no significa que la planeación estratégica prestará menos atención a la planeación operativa o programación, sino que se dará más énfasis a la formulación e implantación de estrategias. La razón es que los medios ambientes tienden a hacerse más turbulentos y más complejos, lo cual hace aún más necesario que una empresa siga aquellas estrategias que se adaptarán mejor a circunstancias cambiadas.

Quinto, la participación de la gente en el proceso de planeación aumentará y será más efectiva. Los directores reconocerán más que ahora que la planeación permite a la gente participar de manera significativa en la operación de su organización, lo cual incrementará la satisfacción de los empleados. Además, los directivos se preocuparán más por este aspecto del trabajo, ya que obtener la satisfacción en el trabajo significa mejor desempeño.

Sexto, el surgimiento del “planeador corporativo” en la organización. Esta tendencia continuará y cada vez más planeadores tendrán una posición más alta. La razón es sencilla, como el planeador corporativo ayuda al directivo a desempeñar su función, es natural que ambos desarrollen relaciones laborales más cercanas.

Séptimo, cada vez menos organizaciones caerán en los peligros latentes que resultan de una planeación inefectiva. En otras palabras, aumentará la satisfacción que se obtiene con los sistemas de planeación. No debería olvidarse al considerar expresiones de descontento con la planeación que muchas veces se le culpa al sistema de planeación por otras deficiencias en una organización, tales como una mala dirección. Conforme nuestros conocimientos acerca de los requisitos para una planeación exitosa van aumentando, deberá haber un incremento paralelo en la satisfacción con la planeación estratégica.

Octavo, además de las grandes, cada vez más compañías pequeñas desarrollan algún tipo de planeación formal. Como se ha mencionado anteriormente, es raro encontrar una empresa grande en alguna parte del mundo que no tenga algún tipo de sistema de planeación, y un número creciente de empresas pequeñas descubrirán el valor de desarrollar sistemas de planeación que se adapten a sus circunstancias particulares.

Noveno, habrá una mayor integración de sistemas de planeación comercial, y de la planeación gubernamental, como por ejemplo, una combinación de planes para tratar con problemas sociales, tales como transporte reconstrucción en la ciudad, generación de energía, capacitación laboral y aumento en la productividad. Se parece una relación flexible, en la cual el gobierno establece la política y proporciona

incentivos, mientras que la industria implanta las políticas.

Décimo, habrá más transferencia de las lecciones básicas de la experiencia obtenida en el sector público y privado de las organizaciones. Sin embargo, esta transferencia no será fácil y el mejoramiento de la planeación en este último sector no será muy rápido; no obstante, sí habrá una mejora, ya que varias de estas lecciones tienen un grado de aplicación muy alto a la planeación de este sector.

• **PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS: Aspectos operativos de la planeación**

Históricamente han sido empleados diversos métodos para programar y controlar las actividades de un proyecto. Hasta antes del año de 1870 el hombre acudía a la experiencia adquirida al paso de los años y a su intuición, pero en ese año Federico Taylor realizó los primeros estudios formales de temporización de movimientos.

En el año de 1915, posterior a los estudios de Taylor, surgió la teoría de Gantt, aplicable prácticamente a cualquier tipo de operación de cualquier tipo de industria, aunque con algunas limitaciones. Henry Gantt se basó en sencillos pero objetivos diagramas de barras, usando su sistema por primera vez durante la Primera Guerra Mundial para construir un arsenal en 1917, y en febrero de 1918 publicó un artículo sobre este tema en "Industrial Management".

A la muerte de Henry Gantt, Wallace Clark siguió desarrollando la técnica de diagramas de barras para la ejecución de trabajos específicos en proyectos de índole industrial.

En el año de 1956, surgió otra técnica que es complementaria a la desarrollada por Gantt para efectos de programación y control de proyectos, la cual recibe el nombre de *Método de la Ruta Crítica*,

identificado por sus siglas en idioma inglés: CPM (Critical Path Method).

Este método lo desarrolló por un lado la Marina de los Estados Unidos de Norteamérica al iniciar la construcción del submarino atómico "Polaris", donde además de dificultades de tipo científico y tecnológico se enfrentaron problemas de coordinación entre más de 250 contratistas directos y más de 9,000 subcontratistas encargados de algún aspecto específico de todo el trabajo. Por el otro lado, también la empresa E.I. du Pont de Nemours, bajo la dirección de J.E. Kelly y M.R. Walker, desarrolló el sistema que originalmente se denominó PPS (Project Planning and Scheduling), el cual evolucionó en lo que constituye actualmente el CPM (Critical Path Method), con la intención de estructurar un mecanismo para la programación y el control de un plan muy amplio de construcción de plantas industriales en los Estados Unidos de Norteamérica.

El Método de la Ruta Crítica es una técnica "determinística" que procura identificar en una "red de actividades", aquellas cuyo retraso repercute en la duración de ejecución del proyecto. El término calificativo "determinístico" indica que existe plena certidumbre en lo que se refiere a la duración de cada actividad de una red.

Sin embargo, no siempre es posible tener certidumbre del tiempo en que se ejecutará una o un conjunto de actividades, por lo que las estimaciones de tiempos, y consecuentemente de costos, deben hacerse con base en

"probabilidades", dando así lugar a una Técnica de Evaluación y de Revisión de Programas conocida por sus siglas en el idioma inglés: PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Así pues, la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) es un método probabilístico análogo al Método de la Ruta Crítica (CPM), pero que supone el desarrollo de tres escenarios básicamente: uno optimista, uno pesimista, y otro esperado, el cual puede ser determinado con técnicas de simulación acotadas por los primeros dos escenarios.

Hoy en día, un sistema de planeación estratégica formal integra y une tres tipos de programas: a corto o de plazo inmediato, a mediano o mediano plazo, y a largo plazo. Aunque en términos del tiempo de vigencia de estos hay indefinición, generalmente se acepta que los programas de corto plazo tienen una vigencia de menos de un año, los de mediano plazo entre uno y tres años, y los de largo plazo más de tres.

El periodo típico de planeación es de cinco años, pero existe una tendencia en organizaciones avanzadas en el rubro tecnológico de planear sobre un horizonte de siete a diez años. Las empresas que se enfrentan a ambientes problemáticos reducen la perspectiva de planeación a cuatro o tres años.

La programación a mediano plazo es un proceso mediante el cual se preparan e interrelacionan programas específicos a largo plazo con aquellos que son de corto.

Una vez desarrollados los programas de plazo mediano, el siguiente paso es, con base en éstos, desarrollar los programas a corto plazo; por supuesto, los programas de plazo inmediato serán mucho más detallados que los de mediano plazo.

En algunas organizaciones los números obtenidos durante el primer año con los programas a mediano plazo son los mismos que aquellos logrados con los de corto plazo, aunque en otras empresas no existe la misma similitud.

Un conjunto de programas constituye la parte operativa de un plan y su integración es conocida con el nombre de *planeación operativa*. La formulación de cada plan se realiza con base en los siguientes puntos:

- Objetivos,
- Metas,
- Estrategias,
- Acciones concretas,
- Responsables,
- Instancias de apoyo,
- Calendarización,
- Indicadores para evaluación,
- Periodicidad de evaluación,
- Prioridad en el plan.

▪ **Objetivos:**

Son los logros pretendidos por el programa constituidos en términos cualitativos.

▪ **Metas:**

Este punto complementará al anterior, pues aquí se expresarán los logros pretendidos por el programa en términos cuantitativos. Sin embargo, las metas también pueden formularse como una sucesión de

eventos consecutivos, con los cuales serán cumplidos los objetivos de manera completa.

▪ **Estrategias:**

Expresan las disposiciones generales con las que serán alcanzados los objetivos y cumplidas las metas, enfocadas a expresar el cómo. Para evitar confundir este concepto debe tenerse presente el siguiente enunciado: "con tácticas se encaran batallas, y con las estrategias se enfrentan guerras".

▪ **Acciones concretas:**

Son los mecanismos operativos específicos con los cuales será cumplido el programa y la parte correspondiente del plan. Estos mecanismos pueden formularse como tácticas, pero jamás deben semejarse a las estrategias.

▪ **Responsables:**

Son los entes físicos o morales responsables de cumplir, supervisar, o bien de llevar a cabo las acciones concretas.

▪ **Instancias de apoyo:**

Entes físicos o morales que pueden coadyuvar para que los responsables cumplan su encomienda.

▪ **Calendarización:**

En este apartado se señalarán con toda claridad la fecha de inicio de cada actividad y su duración, o bien la fecha de inicio y de término de cada una de ellas. La fecha de inicio podrá ser determinada con el auxilio del método de la ruta crítica que será expuesto más adelante.

▪ **Indicadores para evaluación:**

Serán elementos que deberán valuarse en términos cuantitativos para ser comparados con las metas fijadas, de este modo podrá determinarse el cumplimiento, avance, o bien, carencias de las mismas.

▪ **Periodicidad de la evaluación:**

Expresará los lapsos que deberán transcurrir para evaluar el desempeño del programa y del plan.

▪ **Prioridad en el plan:**

Éste será un valor numérico, preferentemente expresado en escala del uno al cien, que indicará la importancia de cada uno de los programas respecto de los demás; con esta calificación será posible ajustar aquellos programas que posean menor importancia en caso de que se disminuyan los recursos disponibles. Asimismo, cabe destacar que la suma de las prioridades de todos los programas que integran un plan debe ser "normalizada", es decir, igual a cien en caso de seguir la escala que se ha recomendado.

Por lo general existe una considerable repetición entre la creación de objetivos concretos de planeación a largo plazo y las estrategias para lograrlos. Si un director establece un objetivo y no puede desarrollar estrategias adecuadas para su logro, entonces el objetivo debe ser cambiado por uno más factible. De otra manera, al buscar las alternativas para obtener un objetivo particular, un ejecutivo puede descubrir una estrategia útil que funcionará mejor. Indudablemente el alcance del objetivo en este caso debería ser aumentado.



## EL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

Este método presenta “el programa” mediante la representación gráfica de todas las operaciones o acciones concretas que intervienen en el proyecto, coordinándolas y relacionándolas de acuerdo con exigencias, restricciones o condicionamientos de tipo tecnológicos, económicos, tácticos, políticos, sociales, ambientales, físicos, de seguridad, financieros, o de disponibilidad y utilización de recursos en general como son: de mano de obra, materiales, equipo, maquinaria, dinero, etc.

La representación gráfica que ha sido aludida anteriormente es conocida con el nombre de *red de actividades*, la cual, desarrollada integralmente con las técnicas de la Ruta Crítica, constituye un modelo matemático para la programación de un proyecto. Con este modelo es posible determinar el tiempo óptimo de realización de cada una de las *cadena de actividades* que integran la red con el fin de aprovechar en forma económica todos los recursos disponibles.

El CPM (Critical Path Method) supone que las experiencias pasadas nos liberan de la incertidumbre de tiempos de ejecución, pero no así del problema de los costos, por ello se requiere de estimaciones realistas de ellos con relación al tiempo.

La relación costo-tiempo tiene normalmente un número grande de puntos que logran la optimización de recursos. Si no considerar al factor tiempo no tuviera consecuencias, cada actividad podría ser ejecutada

de manera que originara el menor costo posible; y si el costo no tuviese importancia, cada proceso podría ser acelerado con el fin de lograrlo en el menor tiempo. Entre estos dos límites se encuentra la solución más económica del problema, pero encontrarla implica recurrir a técnicas de programación matemática.

No obstante lo anterior, este método ofrece amplias ventajas como son las siguientes:

1. Suministra una base disciplinada y metódica para la programación de un proyecto.
2. Permite obtener una visión de conjunto muy clara en cuanto a los alcances, grado de complejidad, limitaciones, restricciones tecnológicas y de uso de recursos del proyecto.
3. Es una herramienta importante para controlar el proyecto, pues aporta elementos concretos para evaluar los objetivos y las metas del proyecto, y para efectuar la correcta selección de alternativas de corrección.
4. Reduce significativamente, desde el punto de vista de control del proyecto, la posibilidad de omitir un trabajo específico del mismo.
5. Mostrando las interrelaciones entre las diferentes actividades,

señala y ubica las responsabilidades de las diferentes personas, grupos o departamentos involucrados en el proyecto.

6. Hace posible la "dirección por excepción", llamando la atención del ejecutivo sobre aquellas actividades que en realidad lo requieren por presentar mayores dificultades y riesgo.
7. En la etapa de control forma un útil y completo registro del desarrollo de los proyectos para aprovechar las experiencias en el futuro.
8. Es lo suficientemente flexible para permitir que durante la ejecución del proyecto se realicen ajustes o actualizaciones del programa original.
9. Permite cuantificar y valuar la magnitud de las consecuencias de las desviaciones respecto del programa original.
10. Proporciona al tomador de decisiones información objetiva sobre el desarrollo del programa.

El uso de una red de actividades permite, de una forma gráfica, establecer la secuencia e interrelación entre las actividades que se deben realizar como ya ha sido inducido anteriormente, siempre y cuando éstas estén perfectamente definidas, tengan inicios y terminaciones independientes de las

demás, y puedan ser ordenadas con una secuencia condicionada por los requerimientos propios del proyecto.

El primer paso para elaborar la red de actividades de un programa consiste en detectar, configurar y separar las distintas operaciones o procesos necesarios para la ejecución de un proyecto, con fundamento en los objetivos, metas y estrategias establecidas en el programa.

Una vez elaborada la lista completa de estas actividades, el siguiente paso consiste en definir las relaciones esenciales entre todas las actividades, su secuencia y sus dependencias.

Cada "actividad" será representada con una flecha. El inicio de cada actividad constituirá un evento, así como también su culminación, el cual quedará representado generalmente con un círculo. La representación gráfica de una actividad y de sus eventos inicial y final es la siguiente:



Las flechas carecen de un significado integral vectorial; esto es, la dirección no es relevante y su magnitud tampoco, salvo los casos de representación de una red a escala. En cambio, el sentido indicado por la cabeza de la flecha sí tiene significado, pues indica que la acción se desarrolla del inicio al final de la flecha mientras que el tiempo transcurre.

Debe entenderse que las actividades consumen tiempo, los eventos no. Los primeros implican una acción y los segundos marcan un hecho; el momento del inicio de una acción será denominado como evento inicial o evento de origen, y el instante de su culminación será llamado evento final.

Cada vez que se va a trazar una flecha deben hacerse tres preguntas esenciales:

1. ¿Qué otra(s) actividad(es) debe(n) estar terminada(s) antes de que pueda iniciar ésta?
2. ¿Qué actividad(es) puede(n) efectuarse simultáneamente con ésta?
3. ¿Qué actividad(es) debe(n) seguir a ésta?

Con un conocimiento completo del proyecto por efectuarse las respuestas a estas preguntas son sencillas, y con ellas se pueden desarrollar una Red de actividades completa, que representa un esquema lógico para el desarrollo del proyecto.

La liga y secuencia de las diversas actividades identificadas (flechas) formarán "cadenas" o áreas de acción. La unión de todas las cadenas de actividades constituirá la Red de actividades, representada por un diagrama de flechas.

Para que la red de actividades de un programa determinado sea representativa, deberá incluir todas las actividades por realizar, habrá de

incorporar todos los elementos y factores que intervienen en el proyecto como son recursos y procesos y, además, habrá de considerar todas las limitantes y restricciones tecnológicas, de procedimiento, de seguridad, ambientales, etc., así como consideraciones especiales como son la urgencia del proyecto, sus implicaciones económicas, políticas, o sociales, por citar algunos ejemplos.

El grado de desglose de las actividades y, en consecuencia, el tamaño de la red reflejado en el número de actividades que la constituyan deberá determinarse prudentemente para cada proyecto en particular. Dicho desglose dependerá de factores tales como: la naturaleza de los trabajos e importancia de los mismos, complejidad de las operaciones, grado del control de calidad y avance que se especifique, localización y finalidad del proyecto, y periodo esperado para su ejecución.

Es conveniente señalar que una red de actividades debe constituir una ayuda para quien tiene la responsabilidad de programar y controlar un proyecto; de ninguna manera debe incrementar sus problemas ni complicar su trabajo. Por otro lado la red debe tener objetividad para ayudar a visualizar la problemática que representa la realización del proyecto y debe carecer de una magnitud y complejidad que hagan que su manejo e interpretación signifique un consumo alto e innecesario de recursos.

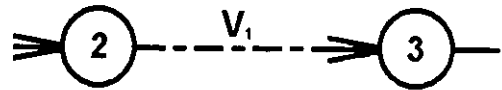
Por otro lado, la preparación de un diagrama de flechas o red de actividades tiene reglas básicas que deberán respetarse, toda vez que constituyen la "lógica" de cualquier red.

1. Los eventos serán identificados con números arábigos o romanos. Las actividades con nombres, letras mayúsculas, o bien, con números arábigos.
2. Todas las actividades tendrán un evento de origen o inicial y un evento final como se ejemplifica en la figura, donde la actividad "A" tiene su origen en el evento "1" y su término en el evento "2", y la actividad "B" tiene un origen en el evento "2" y finaliza en el evento "3".

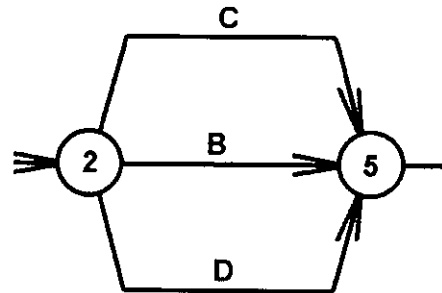


3. La numeración de eventos deberá ser tal, que siempre el número en el evento final de cada actividad debe ser mayor que el del evento inicial. El evento inicial de la primera actividad puede numerarse con el uno o con el cero.
4. Las actividades de tiempo cero y/o costo nulo se denominarán *actividades virtuales* o "dummy", y se usan para mantener la secuencia correcta. Estas actividades se indicarán con flechas de líneas

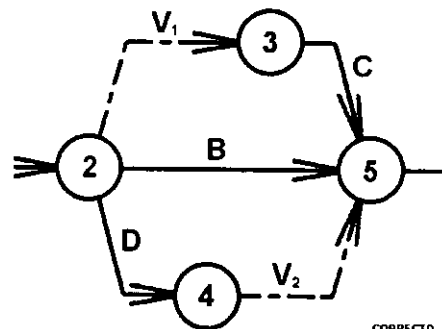
discontinuas como la que se ejemplifica en la figura, pero también tendrán eventos inicial y final.



5. Cuando dos o más actividades tengan los mismos eventos inicial y final, se utilizarán actividades virtuales para todas las ramas con excepción de una; esto con el fin de que cada actividad pueda identificarse separadamente por los números de los eventos inicial y final. La primera figura muestra la forma incorrecta, y la segunda la correcta.



INCORRECTO



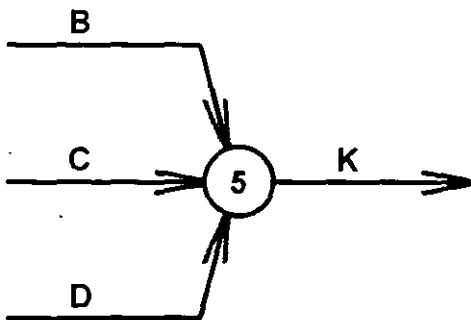
CORRECTO

6. Las actividades que consuman tiempo pero no

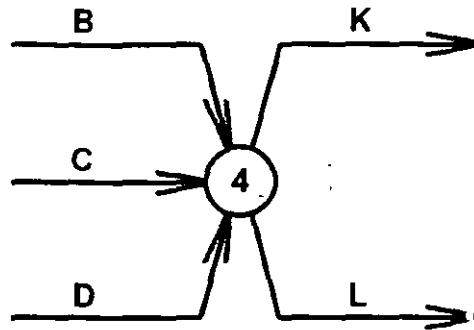
recursos, como por ejemplo el secado de pintura, o fraguado del concreto, se conocerán como *actividades ficticias* y se representarán de la misma manera que las actividades virtuales. Las actividades ficticias se emplearán para simplemente representar periodos de espera obligados por cualquier circunstancia ajena a la ejecución del trabajo propiamente dicho.

Es evidente que cada proyecto tiene secuencias propias y diversas relaciones entre sus diferentes actividades; de hecho, esas situaciones son las que llegan a caracterizarlos. Sin pretender señalar todas las clases de relaciones factibles de existir entre las diversas actividades de un proyecto, a continuación se ejemplifican las más típicas, mismas que podrán combinarse para establecer relaciones complejas:

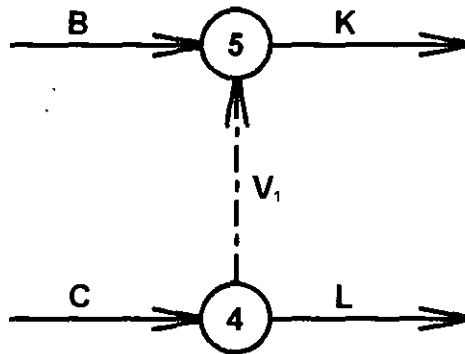
a) La actividad "K" depende de las actividades "B", "C" y "D".



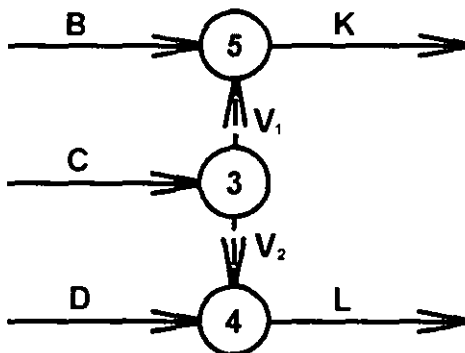
b) Las actividades "K" y "L" dependen de las actividades "B", "C" y "D".



c) La actividad "K" depende de las actividades "B" y "C", y la actividad "L" depende solamente de "C".

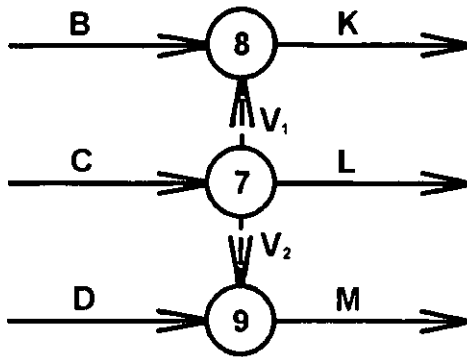


d) La actividad "K" depende de las actividades "B" y "C", y la actividad "L" depende de las actividades "C" y "D".

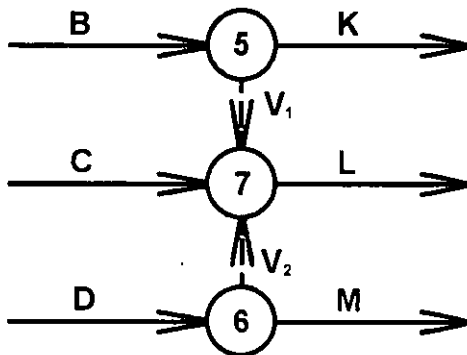


e) La actividad "K" depende de las actividades "B" y "C", la actividad "L" depende de la

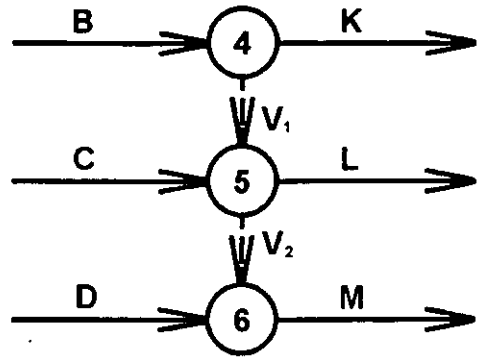
actividad "C" solamente, y la actividad "M" depende de las actividades "C" y "D".



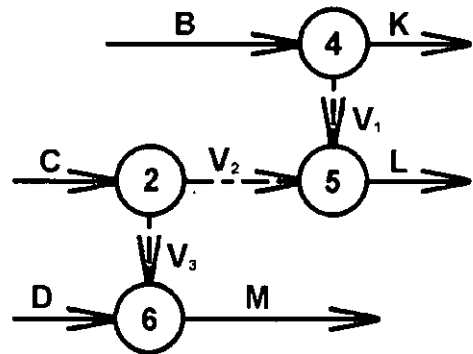
f) La actividad "K" sólo depende de la actividad "B", la actividad "L" depende de las actividades "B", "C" y "D", y la actividad "M" depende de la actividad "D" solamente.



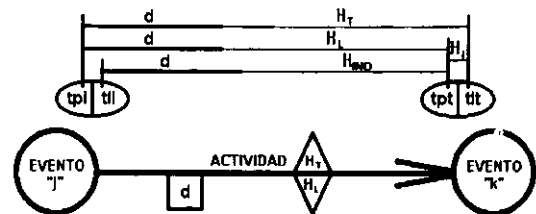
g) La actividad "K" depende de la actividad "B", la actividad "L" depende de las actividades "B" y "C", y la actividad "M" depende de las actividades "B", "C" y "D".



h) La actividad "K" depende de la actividad "B", la actividad "L" depende de las actividades "B" y "C", y la actividad "M" depende de las actividades "C" y "D".

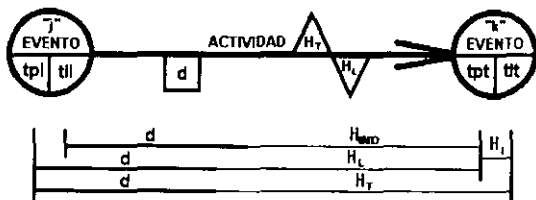


En adición a lo anteriormente expuesto habrá que considerar el empleo de la siguiente nomenclatura que complementará la información que es posible incluir en una red de actividades:



Donde el evento "j" es aquel que da origen a la actividad, el evento "k" es el generado al término de la misma, "d" es el tiempo que dura su

ejecución, "t<sub>pi</sub>" y "t<sub>li</sub>" son el tiempo próximo de inicio y el tiempo lejano de inicio respectivamente en los que puede comenzar la actividad, mientras que "t<sub>pt</sub>" y "t<sub>lt</sub>" son el *tiempo próximo de término* y el *tiempo lejano de término* en que puede concluir ésta, "H<sub>T</sub>", "H<sub>L</sub>", "H<sub>I</sub>" y "H<sub>IND</sub>" representan a la *holgura total*, a la *holgura libre*, a la *holgura de interferencia* y a la *holgura independiente*, las cuales serán explicadas más adelante. Sin embargo, si se desea, puede emplearse la siguiente representación gráfica con la nomenclatura ya expuesta:



El cálculo de los números cardinales que se deben asentar del lado izquierdo y derecho de los eventos que integran una red de actividades, mismos que, según la actividad que se esté tratando, representarán al  $t_{pi}$ ,  $t_{li}$ ,  $t_{pt}$ ,  $t_{ft}$  de la misma, se calcularán de la siguiente manera:

- a) Primeramente se determinará el lado izquierdo de cada evento, comenzando por anotar un cero en el evento inicial del proyecto, para posteriormente avanzar en el sentido indicado por las flechas, sumando las duraciones indicadas en cada actividad y colocando el

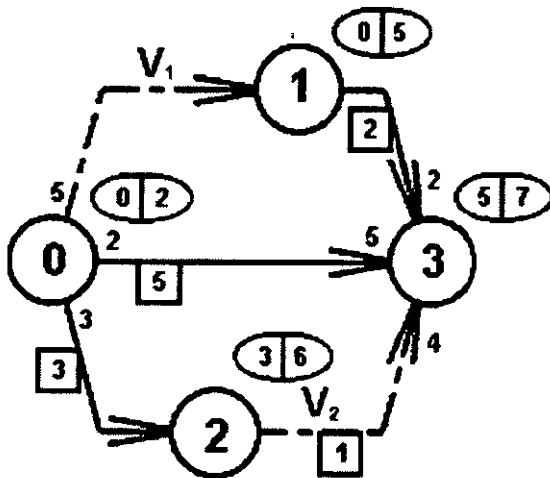
resultado en la "cabeza" de la flecha.

- b) Cuando un evento final sea concurrido por más de una flecha, se colocará el número mayor de los anotados en cada "cabeza" de flecha.
- c) El lado izquierdo del resto de los eventos se determinará de la misma manera descrita en el inciso a), pero partiendo del número anotado en el evento inicial de cada actividad. Se procederá de este modo hasta llegar al evento final del proyecto.
- d) Una vez que se completó el cálculo de los lados izquierdos de todos los eventos, habrá que decidir sobre cuál será el tiempo lejano para la terminación del proyecto, es decir, se deberá elegir la "holgura" máxima que podrá disponerse para la conclusión de sus actividades, y se le sumará este número al lado izquierdo del evento final del proyecto, anotando el resultado del lado derecho del mismo.
- e) Los números de los lados derechos de cada evento se determinarán retrocediendo a partir del evento final del proyecto, restando las duraciones anotadas en cada actividad y se asentará el resultado en el inicio de flecha respectiva.
- f) Cuando de un evento inicial diverjan dos o más

actividades, se anotará el menor número anotado en el inicio de cada flecha durante el retroceso.

- g) Finalmente, se verificará que la diferencia entre el lado derecho e izquierdo del evento inicial del proyecto sea la misma que la dispuesta como "holgura" del mismo.

Este procedimiento descrito, fue aplicado como ejemplo en la figura que a continuación se muestra:



Con base en lo anteriormente explicado y en lo mostrado por la figura, podrá verse en la red de actividades que los tiempos próximos y lejanos ya referidos guardan la siguiente relación:

$$tpt = tpi + d$$

$$tlt = tli + d$$

Para el cálculo de las holguras también ya mencionadas, se deberán aplicar las siguientes equivalencias por cada una de las actividades de la red:

$$H_T = tlt - tpi - d$$

$$H_T = tli - tpi$$

$$H_L = tpt - tpi - d \quad (1)$$

$$H_I = H_T - H_L$$

$$H_{IND} = tpt - tli - d \quad (2)$$

Para esto, es conveniente realizar una tabulación en la que se apliquen los siguientes pasos:

1. Se anotarán las duraciones asignadas a cada actividad.
2. Se extraerán de la red de actividades los tiempos próximos de inicio de cada actividad y se anotarán en la tabla, pero sumándoles la unidad.
3. Se calculará el tiempo próximo de término de cada actividad sumándole a su tiempo próximo de inicio la duración correspondiente y se le restará al valor obtenido la unidad.
4. Se extraerá de la red y se anotará en la tabla el tiempo lejano de término de cada actividad.

<sup>1</sup> Estos valores serán tomados de la red de actividades y se omitirá la aplicación de la expresión que calcula el tiempo próximo de término de forma tabular.

<sup>2</sup> Estos valores serán tomados de la red de actividades, se omitirá la aplicación de las expresiones que calculan el tiempo próximo de término y el tiempo lejano de inicio de manera tabular, y habrá que considerar que el lapso entre estos tiempos puede ser insuficiente para cubrir la duración de la actividad, por lo que es posible que los valores de esta holgura sean negativos, en cuyo caso serán ignorados y considerados como equivalentes a cero.



5. El tiempo lejano de inicio se calculará restando la duración de cada actividad de su tiempo lejano de término y se le adicionará la unidad.
6. La holgura total de las actividades se determinará realizando la diferencia entre los respectivos tiempos lejanos de inicio y próximos de inicio, o bien, restándole al tiempo lejano de término el próximo de término.
7. La ruta o cadena crítica la integrará aquella secuencia de actividades cuya holgura total sea equivalente a la "holgura" seleccionada para el proyecto, misma que suele ser igual a "cero".
8. La holgura libre de las actividades deberá ser calculada en la red de actividades y de ninguna manera en la tabla que se está generando, pues esto provocaría incoherencias; al tiempo próximo de término de cada actividad se le restará su tiempo próximo de inicio y su duración, lo cual corresponde a la aplicación de la expresión señalada con anterioridad.
9. Correspondientemente también a las expresiones aritméticas señaladas para determinar las distintas holguras, la de interferencia se calculará restándole a la holgura total de cada actividad, su holgura libre.

10. Al igual que el cálculo de la holgura libre, el de la independiente se realizará sobre la red de actividades, restando del tiempo próximo de término de cada actividad, el lejano de inicio y la duración de la propia actividad, igualmente de conformidad con las expresiones ya anotadas. Deberá tomarse en cuenta que, las características conceptuales de esta holgura hacen posible que en su cálculo se obtengan valores negativos, en cuyo caso serán ignorados y se anotará un "cero".

La holgura total es el máximo tiempo que dispone una actividad en adición al necesario para su ejecución para ser llevada al cabo, es decir, es el máximo tiempo que puede retrasarse sin afectar la duración total del proyecto, aunque sí puede causar que se alteren los tiempos de iniciación de algunas de las actividades subsecuentes.

En cambio, la holgura libre es la parte de la holgura total que una actividad puede consumir sin retrasar el proyecto y sin impedir que ninguna de las actividades subsecuentes se comiencen en sus tiempos próximos de inicio.

Si una actividad se retrasara un lapso mayor al señalado por la holgura libre, pero menor o igual al de la holgura total, habrá también retraso en alguna actividad subsiguiente relativo a su tiempo próximo de inicio, aunque el proyecto mantendrá su fecha de terminación.

La situación anterior define entonces a la holgura de interferencia, que en caso de ser consumida completa o parcialmente, se hará necesario reprogramar las actividades subsecuentes y analizar las consecuencias de esa interferencia; de hecho, si un retraso consumiera un tiempo mayor al indicado por la holgura de interferencia, la conclusión del proyecto será postergada en la misma medida.

La holgura independiente es el tiempo adicional con que cuenta una actividad, independientemente de los tiempos más lejanos de inicio de las actividades precedentes y de los tiempos más próximos de término de las subsecuentes; en otras palabras, es el tiempo en exceso a la duración de una actividad que puede consumirse sin retardar la terminación del proyecto ni la iniciación de la siguiente actividad, y que no puede ser retardada a su vez por las actividades precedentes. Por esta razón, la expresión señalada con que se calcula la holgura independiente considera que la actividad precedente termine en su tiempo lejano de término y la actividad subsecuente inicie en su tiempo próximo de inicio.

La holgura independiente puede considerarse como una medida de la mínima holgura de una actividad, ya que representa el margen adicional de una actividad en las condiciones más ajustadas para llevarse a cabo.

Pasando a otro concepto, aquellas actividades consecutivas que posean holgura total con el mismo valor numérico recibirán el nombre conjunto de "cadena de actividades".

Este conjunto de dos o más actividades en serie con la misma holgura total puede clasificarse en dos tipos: cadenas simples y cadenas complejas o ramificadas.

Una cadena de actividades será simple si a cada evento intermedio llega una sola actividad y de cada uno de ellos se genera una sola actividad; pero cuando más de una actividad es originada o más de una actividad concurre al mismo evento, se dirá que la cadena es compleja o ramificada.

La "ruta crítica", que da nombre a este método, se formará con aquella serie o cadena de actividades que tenga su origen en el evento inicial del proyecto, su término en el evento final o conclusión del mismo y, cuyas holguras totales coincidan con la establecida en el proyecto (generalmente iguales a cero). Esta cadena particular de actividades también recibirá el nombre de *cadena crítica*.

Con lo anterior se deduce que el conjunto de actividades no críticas tendrá una holgura total mayor que la del proyecto (generalmente mayor de cero, si es que éste valor fue elegido como holgura del proyecto); sin embargo, si se llegara a consumir toda la holgura de interferencia de una actividad, todas las actividades subsecuentes se convertirán en críticas, dando lugar así a una nueva cadena crítica.

El concepto de holgura es aplicable tanto a cada actividad de la red como a cadenas de actividades de la misma, ya que se pueden observar relaciones entre las holguras que son

directamente aplicables a las cadenas de actividades.

Cabe señalar que la holgura libre, la de interferencia y la independiente son parte de la holgura total, por lo que ninguna de ellas podrá tener un valor numérico mayor a esta última.

Adicionalmente a esto, debe tenerse presente que las holguras sirven como margen de seguridad para posibles e inevitables retrasos, pero también pueden ser empleadas y consumidas intencionalmente de forma razonada para balancear o equilibrar el empleo de los diversos recursos que se invierten en un proyecto. Concretamente, del hecho que indica que la holgura libre puede consumirse sin afectar a las actividades subsecuentes, se desprende su importancia para dicho equilibrio o balanceo de recursos.

## DIAGRAMAS DE GANTT

Claro es que durante las fases operativas de un proyecto se buscará facilitar las instrucciones sobre lo que se debe hacer y cómo se debe hacer para tener un control adecuado del mismo; con lo cual se procurará obtener los resultados esperados en el proyecto, así como también concluirlo con los recursos previstos en el tiempo especificado.

La pretensión de esta situación da origen a esta forma de control de proyecto, la cual busca evitar problemas de comunicación y el retraso de acciones por parte del personal que intervenga en cualquier proyecto.

Durante la ejecución de un proyecto existe la posibilidad de que se presenten diversos factores que dificulten la ejecución del mismo, por ejemplo, que exista disidencia entre las personas que trabajan en él, que las actividades no provean los resultados óptimos que se esperaban, o que el proyecto consuma más recursos de los previstos. Por tales motivos es necesario diseñar mecanismos de control que procuren eficacia y eficiencia al respecto.

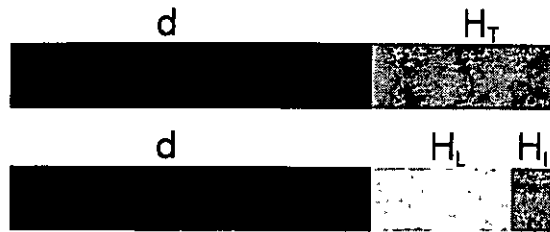
Un sistema de control debe ser simple y sencillo de seguir, con el fin de evitar que el personal y sus supervisores pasen la mayor parte del tiempo llenando y revisando papeles de distintos trámites.

Sin embargo, los documentos que se generen por el proyecto deben ser archivados sistemáticamente para facilitar su búsqueda en los momentos necesarios. En el futuro proveerán la retroalimentación de datos con los que será posible generar mayor y mejor información; con ello se conseguirá que las personas se especialicen, teniendo la experiencia y los conocimientos prácticos indispensables para analizar, diseñar, ejecutar y/o controlar proyectos de tipo específico.

A este respecto, los *diagramas de Gantt* resultan ser un mecanismo adecuado debido a su flexibilidad y claridad con que puede presentarse la información relativa al proyecto para su seguimiento y control.

Un diagrama de Gantt será sustentado en el método de la *ruta crítica*, donde la información relativa a

cada actividad se representará mediante una barra horizontal que tendrá cualquiera de las dos siguientes características:



Estas barras tendrán una escala determinada y serán colocadas sobre un esquema análogo al de un calendario, donde el principio de cada barra coincidirá con la fecha o momento en que deba iniciarse la actividad que se está representando.

Si se selecciona la primera forma de las barras, la holgura total se presentará concentrada al final de cada cadena de actividades, es decir, se sumarán los valores de todas las holguras totales de las actividades que integran la cadena y se representará esta suma al final de la cadena, en la última actividad de la misma. Obviamente estas cadenas serán no críticas, pues las que sí son críticas carecen de holgura.

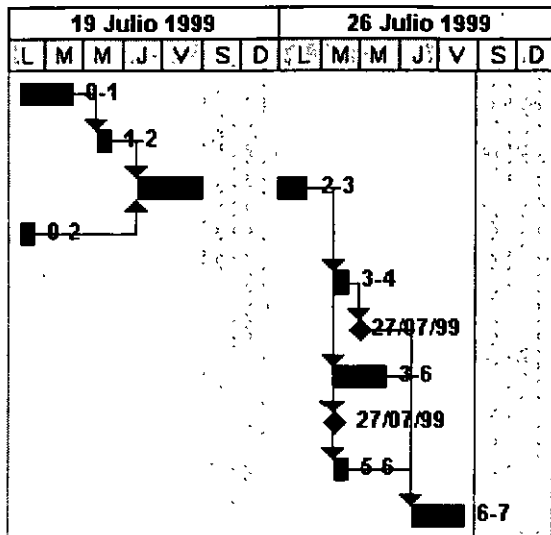
En cambio, si se selecciona la segunda forma, la holgura libre se colocará al final de la duración de cada actividad, y la suma de las holguras de interferencia de las actividades se concentrará al final de la cadena de la misma manera que la suma de las holguras totales en el caso anterior.

Es necesario señalar que la holgura total y la holgura de interferencia son

holguras "compartidas", pues éstas pueden ser consumidas parcial o totalmente por una o varias de las actividades que forman una cadena.

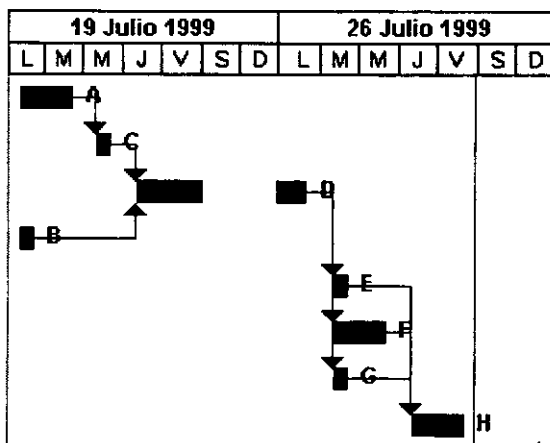
En una cadena simple, la holgura total y la suma de las holguras de interferencia de las actividades que la integran podrán considerarse pertenecientes a la cadena misma, pues aunque ambas se encontrarán concentradas al final de ésta, pueden ser compartidas por las actividades que la forman, tal como fue mencionado, causando este caso una reprogramación de las actividades de la misma. Con base en esto, puede afirmarse que la holgura de interferencia equivaldrá a la holgura total de la última actividad de una cadena.

Por otro lado, la holgura independiente de una actividad no puede ser compartida con ninguna otra. Existirá normalmente en actividades no críticas aisladas conectadas en su inicio y en su terminación con la ruta crítica, o bien, en las actividades finales de cadenas no críticas que terminen en otras cadenas más críticas. A continuación se presenta un ejemplo manejando un diagrama de Gantt:



En este ejemplo se expuso una red de actividades mediante la segunda representación de barras; pero la holgura libre se presentó mediante un alargamiento horizontal de las flechas que indican la secuencia de las actividades. Las actividades virtuales se presentaron con rombos, lo cual indica una duración de valor cero.

Lo anterior obedece a los principios expuestos por el método de la ruta crítica, sin embargo, también es posible la siguiente representación, la cual corresponde al mismo ejemplo esquematizado:



En este ejemplo las actividades son referidas por sus nombres, o bien por letras, pero si fueran referidas por sus eventos de inicio y término se tendría que emplear el primer caso expuesto con actividades virtuales.

Desde el punto de vista de control del proyecto, las actividades críticas deberán realizarse rigurosamente iniciando y terminando precisamente en sus tiempos próximos de inicio y de término, los cuales coincidirán con los tiempos lejanos de inicio y término; esta característica específica es la que hace que carezcan de holgura y por tanto sean críticas. De ocurrir un retraso en cualquiera de estas actividades críticas, se producirá un retraso de la misma magnitud en todo el proyecto.

En contraposición, las actividades no críticas, sí tendrán un tiempo disponible para su ejecución mayor que el estrictamente necesario para su realización, y podrán moverse, desplazarse, o bien "flotar" dentro de ese tiempo más amplio disponible.

Sin embargo, si se dispone de las holguras de cada actividad para balancear y optimar los recursos del proyecto, habrá entonces que respetar estrictamente también sus tiempos de inicio y término. Esta situación deberá ser informada y especificada a los ejecutores y supervisores del proyecto.

A medida que la holgura total de una actividad o de una cadena de actividades sea más pequeña, el riesgo de convertirse en crítica es mayor. Las cadenas de actividades con holgura total pequeña deberán ser vigiladas con mayor cuidado

durante la ejecución del proyecto, ya que un pequeño retraso puede convertirlas en críticas.

Hablando ahora de otra actividad inherente al control de un proyecto, el desarrollo operativo del mismo será seguido sobre su respectivo diagrama de Gantt, marcando sobre las barras el avance que se presente día a día cada actividad.

Este marcaje puede realizarse de una forma similar a la que a continuación se indica:



Debe observarse que solamente será colocada la marca referida en los días en que efectivamente sea ejecutada la actividad, esperando que la longitud de dicha marca sea equivalente a la duración esperada de la misma.

En caso de que la duración real de la actividad sea menor que la programada, podrán adelantarse los tiempos próximos de inicio de aquellas subsecuentes. Si esta duración menor se presenta en una actividad crítica, significará una conclusión anticipada del proyecto.

Por el contrario, también la duración real podría ser mayor que la prevista, por lo tanto, la longitud de la marca será entonces más grande que la duración indicada en la barra,

consumiéndose necesariamente así las holguras que correspondan.

Existe además la posibilidad de que se genere un retraso operativo que haga que una o más actividades duren un lapso mayor que el indicado en las barras incluyendo sus holguras, por lo que se causará una reprogramación de las actividades subsecuentes que podrían convertirse en críticas, e incluso del proyecto mismo si se trata de actividades que ya son críticas como ha sido referido anteriormente; esta situación debe ser señalada en el diagrama de Gantt respectivo para efectos de memoria del proyecto. Las causas que pueden dar origen a una situación como ésta son diversas y su exposición es obvia.

Adicionalmente al control operativo que puede lograrse empleando diagramas de Gantt, este mecanismo puede auxiliar también en el manejo de una mayor y mejor información durante el proceso de programación de presupuestos; dicha información es relativa a la administración y consumo de los recursos financieros y humanos que deben invertirse en el proyecto. En este sentido, un diagrama de Gantt es un magnífico auxiliar para el proceso de *presupuestación*, con el cual es posible aplicar técnicas cuantitativas de evaluación de proyectos.

Para lo anterior, basta con colocar la cantidad de recursos que consumirá cada actividad de manera tal que se concuerde con el esquema de calendario que se esté empleando, y después sumar todos los valores por unidad de tiempo que procedan. Por ejemplo:



duraciones, además de la menor disposición de los recursos en general.

El escenario esperado resulta ser uno intermedio de los dos anteriores obviamente; su generación se logra simulando el acontecimiento de las situaciones más probables que pueden ocurrir en el futuro, por eso mismo es que este escenario también puede ser llamado "escenario más probable". Un método de simulación muy empleado para este fin es el denominado *Monte Carlo*.

El modelo de Monte Carlo, llamado también método de ensayos estadísticos, es una técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no controlables mediante la selección aleatoria de valores, donde la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles está en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

El mecanismo a seguir para realizar tales ensayos estadísticos obedece a estos pasos:

1. Seleccionar un conjunto representativo de proyectos ya realizados para tomar de ellos los parámetros que nos interesan simular en la creación del escenario más probable del proyecto que se pretende realizar.
2. Se formarán clases estadísticas con los datos elegidos, estableciendo un intervalo o amplitud que sea

conveniente en las mismas; posteriormente se calculará el valor medio en cada clase, la frecuencia con que se presentó cada clase en el conjunto seleccionado, la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada, tal como se ejemplifica en la siguiente tabla:

Valor Medio del Estrato de la Variable "X"	Frecuencia	Frecuencia Relativa P(X)	Frecuencia Relativa Acumulada
200	11	0.1058	0.1058
250	27	0.2596	0.3654
300	34	0.3269	0.6923
350	16	0.1538	0.8462
400	9	0.0865	0.9327
450	5	0.0481	0.9808
500	2	0.0192	1.0000
<b>Suma</b>	<b>104</b>	<b>1.0000</b>	

La frecuencia, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$n = \sum_{i=1}^k f_i,$$

$$fr_i = f_i / n,$$

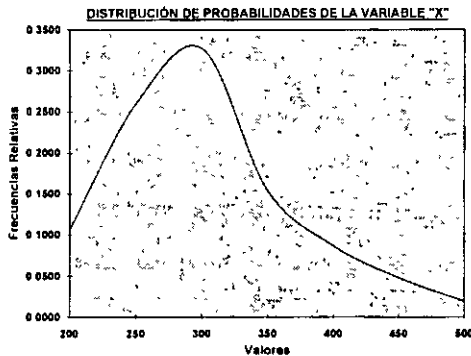
$$fra_i = \sum_{k=1}^i fr_k,$$

donde "n" es el número de elementos que integra el conjunto en estudio, "f<sub>i</sub>" el número de elementos del conjunto en estudio que incurrir en el estrato "i", "fr<sub>i</sub>" y "fra<sub>i</sub>" la frecuencia relativa y la frecuencia relativa

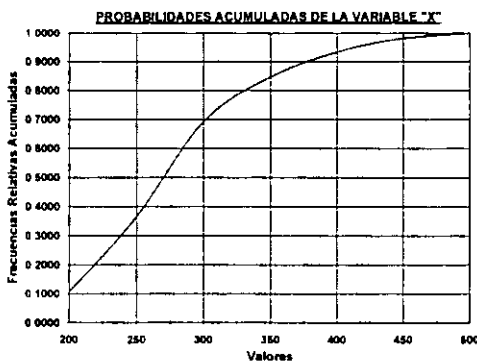


acumulada que corresponden al estrato "i".

- Con la frecuencia relativa calculada puede conocerse la distribución de probabilidades de los parámetros tratados, la cual se apreciará en una gráfica como la siguiente:



- La distribución de los datos puede estar concentrada alrededor de cualquier abscisa y para que el proceso de simulación la respete será necesario construir la siguiente gráfica con la frecuencia relativa acumulada que se calculó en la tabla:

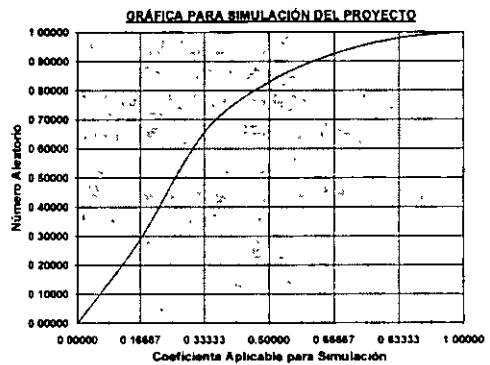


- Como paso inmediato se procederá a "normalizar" el rango empleado en los ejes

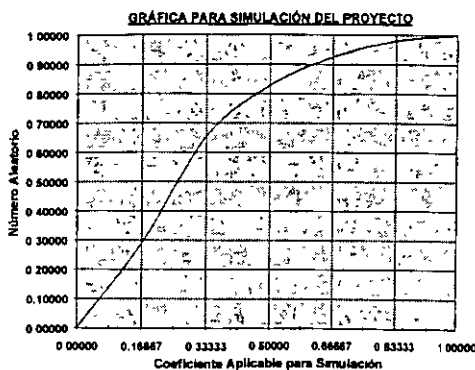
de las abscisas y de las ordenadas, es decir, a convertir su amplitud de cero a uno con la expresión siguiente:

$$C_j = (V_j - V_{\min}) / (V_{\max} - V_{\min}),$$

donde "V" refiere los valores ubicados en cada eje de la gráfica anterior y "C<sub>i</sub>" es cada uno de los valores de los ejes con los que se creará una gráfica "normalizada" como la que se muestra en esta figura:



- Por último, se generará una serie de números aleatorios que sea lo suficientemente grande para que ésta sea considerada representativa del proyecto en cuanto a su comportamiento; dichos números aleatorios se comprenderán entre el cero y la unidad, y serán ubicados en el eje de las ordenadas de esta última gráfica y se obtendrá el coeficiente que les corresponda sobre las abscisas. Con el coeficiente aplicable para la simulación se aplicará la siguiente expresión, con la cual se



valor resultado de la aplicación de cada "C<sub>Ai</sub>".

Cabe señalar que en caso de no contar con los datos indicados en el primer paso, los números aleatorios pueden ser aplicados directamente en la expresión del último punto.

Existe la posibilidad de que la cantidad de números aleatorios que se generarán sea determinada mediante la aplicación de conceptos de muestreo aleatorio; incluso estos conceptos pueden apoyar para generar varios escenarios que son posibles y tomar de ellos el más representativo para catalogarlo como el más probable de presentarse en la realidad.

Para analizar características específicas de una muestra aleatoria, misma que se considerará representativa de una población, se emplearán los parámetros conocidos como estadísticos, mismos que reciben también el nombre de "medidas de tendencia central". Un estadístico o medida de tendencia central será cualquier función (expresión matemática) que involucre a las variables aleatorias que constituyen una muestra aleatoria.

Los estadísticos más comunes utilizados para determinar el punto medio de un conjunto de datos, dispuestos en orden de magnitud, son la media, la mediana y la moda.

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", donde cada una de ellas tiene la misma probabilidad de ocurrencia, entonces la "media muestral" se define con el estadístico:

6. Por último, se generará una serie de números aleatorios que sea lo suficientemente grande para que ésta sea considerada representativa del proyecto en cuanto a su comportamiento; dichos números aleatorios se comprenderán entre el cero y la unidad, y serán ubicados en el eje de las ordenadas de esta última gráfica y se obtendrá el coeficiente que les corresponda sobre las abscisas. Con el coeficiente aplicable para la simulación se aplicará la siguiente expresión, con la cual se calcularán los parámetros buscados con la simulación:

$$S_{Ei} = P_{\min} + C_{Ai} (P_{\max} - P_{\min}),$$

donde "C<sub>Ai</sub>" es cada coeficiente corregido por la correlación normalizada que se aplicó para el caso específico de cada número aleatorio de la serie generada, "P" corresponde a los valores de los parámetros que se tomaron como base para efectuar el ordenamiento estadístico con que partió el proceso de simulación y S<sub>Ei</sub> es cada

$$\mu_x = 1/n \sum_{i=1}^n X_i,$$

y en caso de que cada una de estas variables posea su propia y respectiva probabilidad de ocurrencia, el estadístico de la media muestral será:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^n P(X_i) X_i.$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", dispuesta en orden creciente de magnitud, entonces la "mediana de la muestra" se define con el estadístico siguiente:

$$m_x = X_{(n+1)/2} \text{ si "n" es impar, y}$$

$$m_x = 1/2 (X_{n/2} + X_{(n/2)+1}) \text{ si "n" es par.}$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , que no son necesariamente diferentes, constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", entonces la "moda muestral" es el valor de la observación que ocurre más a menudo o con la mayor frecuencia. La moda será referida con la letra " $M_x$ ", la cuál puede no existir y cuando existe no es necesariamente única.

De las tres medidas de tendencia central definidas anteriormente, será la media en la que centraremos nuestra atención, pues servirá para definir otras características de índole estadística que referirá la dispersión que existe de los datos muestrales respecto de su media. Esta información que es referida recibe el nombre de momento de orden "k" con respecto a la media; el cuál, cuando los valores de la muestra tienen la

misma probabilidad de ocurrencia, es definido de la siguiente manera:

$$m^k = 1/n \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^k,$$

pero cuando los valores de dicha muestra poseen distintas probabilidades de ocurrencia, la expresión aplicable será:

$$m_x^k = \sum_{i=1}^n P(X_i) (X_i - \mu_x)^k.$$

En lo sucesivo, será el momento de orden dos con respecto a la media el que nos interesará, el cuál será denominado como varianza de la muestra y se determinará con la siguiente expresión cuando exista la misma probabilidad de ocurrencia en los valores de la muestra:

$$\sigma_x^2 = 1/n \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^2,$$

y como se ha venido señalando, en caso de que los valores que integran la muestra tengan distinta probabilidad de ocurrencia, la expresión anterior será modificada del siguiente modo:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n P(X_i) (X_i - \mu_x)^2.$$

A la raíz cuadrada de la varianza se le conocerá con el nombre de desviación estándar, misma que se expresará de la forma siguiente:

$$\sigma_x = (\sigma_x^2)^{1/2}.$$

Adicionalmente es posible determinar de una manera relativa o porcentual la dispersión de los datos analizados en una muestra con respecto de su media, la cual se fundamenta en la

determinación de un índice conocido como “coeficiente de variación”, mismo que guarda la siguiente equivalencia:

$$v_x = \sigma_x / \mu_x.$$

No obstante, existe una cuarta medida de dispersión que no depende de la media de la muestra, ésta recibe el nombre de “rango de la muestra aleatoria”. Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son elementos de una muestra aleatoria, el rango se define como  $X_n - X_1$ , donde  $X_n$  y  $X_1$  son, respectivamente, las observaciones mayor y menor de la muestra.

En adición a lo expuesto, es posible calificar a una muestra con base en su distribución simétrica respecto de su media y con base en su aplanamiento o exceso (kurtosis), es decir, podemos inducir el cálculo de dos índices: el primero denominado coeficiente de simetría, y el segundo llamado coeficiente de kurtosis.

El coeficiente de simetría se calcula con la siguiente relación:

$$\beta_1 = m_3^2 / m_2^3.$$

Si el valor de este coeficiente es igual a cero, significará que la curva de distribución de la muestra es simétrica, es decir, que existe el mismo número de elementos a la derecha y a la izquierda de la media. En cambio, si el valor del coeficiente de simetría es mayor que cero, se dirá que existe una asimetría “positiva”, e indicará que el valor de la moda es menor que el de la media; si por el contrario, el valor del coeficiente es menor que cero, la

asimetría será “negativa”, y el valor de la moda será mayor que el de la media de la muestra,

Por su parte, el coeficiente de kurtosis o de aplanamiento se determinará con este cociente:

$$\beta_2 = m_4 / m_2^2.$$

Para calificar el grado de aplanamiento de la distribución de una muestra, se le comparará con una distribución teórica de gran importancia, la cual es llamada “normal estándar”. El valor del coeficiente de kurtosis para la distribución normal es equivalente a tres unidades (mezokúrtica), por lo que, si éste coeficiente resulta ser menor que tres, la distribución de la muestra será “platokúrtica”, es decir, más aplanada que la curva de la distribución normal; si por el contrario, el valor calculado fuera mayor que tres, la curva de distribución de la muestra será “leptokúrtica”, o sea, menos aplanada que la distribución normal.

Una curva de distribución platokúrtica (achatada) indica que los datos muestrales se encuentran muy dispersos respecto de su media, ya que su altura es menor que la curva de distribución normal, en cambio, una curva leptokúrtica (alta y estrecha en el centro) indica que los elementos de la muestra son concentrados, es decir, poseen valores cercanos a la media.

Con base en lo anteriormente explicado, cabe destacar que la media es fácil de calcular y emplea toda la información disponible, por

esa razón los métodos utilizados en inferencia estadística se basan en la media de la muestra. La única desventaja importante de la media es que puede ser afectada en forma nociva por los valores extremos.

La mediana tiene la ventaja de ser fácil de calcular si el número de observaciones es relativamente pequeño, y no es influida por valores extremos. Al considerar muestras tomadas de poblaciones, las medias muestrales por lo general no varían tanto de una muestra a otra como lo harían las medianas, por consiguiente, la media es más estable que la mediana si se intenta estimar el punto central de una población con base en un valor de muestra. En consecuencia, una media muestral ha de estar probablemente más próxima a la media de la población que la mediana de su muestra.

La moda es la medida menos utilizada de las tres medidas de tendencia central ya referidas. Para conjuntos pequeños de datos su valor es casi inútil, si es que existe. Tiene un valor significativo sólo en el caso de una gran cantidad de datos. Sus dos principales ventajas son que:

1. no requiere cálculo y que,
2. se puede utilizar para evaluar datos cualitativos o cuantitativos.

Sin embargo, las tres medidas de tendencia central definidas no dan por sí solas una descripción adecuada de los datos. Se necesita saber en qué grado las observaciones se apartan del

promedio, y es entonces donde cobran relevancia las medidas de dispersión, ya que es posible tener dos conjuntos de observaciones con la misma media o mediana que difieran considerablemente en la variabilidad de sus mediciones con respecto a su respectiva media.

El rango puede ser una medida de variabilidad deficiente, en particular si el tamaño de la muestra o población es grande. Tal medida considera sólo los valores extremos y no expresa nada acerca de la distribución de valores comprendidos entre ellos.

La varianza contrarresta la desventaja del rango, y estas dos medidas de dispersión las complementa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Para concluir con este punto, podemos decir que la simulación aplicada en el método PERT es una manera "virtual" de hacer historia sin correr riesgo, pues en caso de notar deficiencias en puntos específicos del proyecto, es posible tomar medidas pertinentes para evitarlas o disminuirlas sin una repercusión sorpresiva en los recursos.

## LA BITÁCORA DE PROYECTO

La palabra "bitácora" refiere, originalmente, al armario o caja cilíndrica donde se guardan los instrumentos de navegación, entre los cuales se encuentra un libro en el que se anotan rumbos, velocidades, orígenes, destinos, maniobras e incidentes de viaje; no obstante esto, en materia de control se entenderá por bitácora al documento utilizado

para anotar en él cualquier situación que se presente durante el desarrollo de los trabajos de un proyecto que sean diferentes a lo supuesto o establecido durante los procesos de planeación o programación.

La bitácora de proyecto es un medio oficial y legal de comunicación entre las partes que intervienen en la ejecución del mismo. Su objetivo es oficializar los comunicados y decisiones que se tomen, pues durante el desarrollo del proyecto será un documento vigente.

Cabe destacar que éste es un documento sumamente importante, por tanto debe ser utilizado únicamente para asentar notas trascendentes y relativas al proyecto mismo, de ninguna manera debe emplearse para hacer observaciones de carácter personal o como "buzón de quejas".

Evidentemente la bitácora es una herramienta importante para el control de un proyecto; de hecho, esa es la razón principal por la que es empleada. Además permite dar seguimiento al desarrollo del mismo durante su avance para así procurar que se logren y alcancen los objetivos y metas esperados.

Por tal motivo, habrá que seguir para su elaboración un conjunto de reglas que normarán las anotaciones que ahí se realicen:

1. Las fojas que integren el documento deberán ser foliadas con números arábigos consecutivos e iniciando con el uno. En caso de contar también con

copias, éstas deberán tener los mismos folios e indicar que son una copia fiel de su original.

2. En la parte superior de cada foja deberá indicarse, al menos, el proyecto al que refieren las notas, contenidas, fecha de inicio, plazo de ejecución, quien lo realiza y el personal responsable.
3. La apertura de la bitácora se realiza con un primer asiento en el cual se exprese de la manera más precisa posible los generales del proyecto, la misión que se pretende cumplir, los objetivos y metas que se deben alcanzar, la ubicación física del proyecto, los responsables de las acciones, las firmas autógrafas autorizadas para emitir notas de bitácora, etcétera.
4. Las personas que deben firmar la nota de apertura son aquellas que tengan capacidad técnica, jurídica y legal para hacerlo, ende la responsabilidad de tomar las decisiones. Quien en primera instancia debe firmar es el coordinador general del proyecto, y en segunda instancia aquellas personas que él mismo ha designado y autorizado como responsables de realizar las acciones concretas, así como aquellas que las supervisarán.

5. Con el objeto de evitar posibles contradicciones en los trabajos, la participación de un mando superior en la bitácora debe restringirse al caso exclusivo de autorizar, o bien de desautorizar la intervención de los subordinados, pues al final de las cuentas, los asientos en la bitácora de proyecto es responsabilidad de las personas autorizadas.
6. Todas las notas deben seriarse consecutivamente con números arábigos y seguidamente se colocará la fecha de su asiento, respetando el orden sin excepción alguna. En caso de que alguna nota carezca de esto deberá ser invalidada.
7. Se deberá evitar el uso de abreviaturas, sin embargo sí se permite el uso de acrónimos, siempre y cuando se señale en una nota el significado del término formado por las primeras letras de las palabras de la expresión compuesta.
8. Habrá que respetar un margen izquierdo para que en él se anote el número de nota que proceda y su fecha de escritura.
9. La escritura de las notas debe efectuarse con tinta indeleble, a mano y con letra de molde para que sea completamente legible.
10. Al final de cada una de las notas de bitácora deberá aparecer la firma autógrafa de quien la emitió. Dicha firma deberá pertenecer a alguna de las personas autorizadas en la nota de apertura para realizar los asientos que procedan, tal como ya fue referido.
11. Cuando se cometa un error de ortografía o de redacción la nota debe invalidarse colocando una leyenda que diga: "esta nota es inválida por presentar errores". De inmediato se asentará la siguiente sustituyendo a la anterior.
12. Una nota con tachaduras o enmendaduras es ilegal, por tal razón debe ser anulada como se indica en el punto inmediato anterior.
13. Es ilícito sobreponer o añadir algún escrito a una nota de bitácora, así como escribir entre renglones y en los márgenes, por lo que en este caso de detectar esta situación la nota debe ser invalidada como ya se ha establecido.
14. Cuando cambien los responsables de un programa, sea porque se les asignó otra tarea o porque dejan de prestar sus servicios para el proyecto, será necesario que el

coordinador general del proyecto desautorice sus funciones mediante el asentamiento de la nota correspondiente, indicando quienes los sustituirán. Los sustitutos deberán firmar esta nota que se genere para que sea autorizada y validada su firma.

15. Al completar el uso de cada una de las fojas de la bitácora, se cancelará el espacio restante en ellas rayándolos diagonalmente para inutilizarlos.
16. La bitácora de proyecto es un documento que debe estar encuadernado con pastas duras y resistentes al mal trato, con lo cual esta bitácora estará contenida en una libreta.
17. El tamaño de las libretas de bitácora es difícil de determinar; en ocasiones las fojas encuadernadas son insuficientes y en otras son demasiadas. En el primer caso será necesario abrir otra libreta e indicar en cada una de sus fojas el volumen que corresponde con número romano, así como también en las libretas anteriores; si ocurriera lo segundo, las fojas desocupadas se cruzarán con líneas diagonales con el fin de inutilizarlas.
18. Cuando sea necesario emplear más de una libreta para la bitácora de proyecto,

todas las fojas de cada uno de estos volúmenes serán foliadas también con números arábigos consecutivos e iniciando, en cada caso, con el uno.

19. Al momento de terminar el proyecto, se efectuará el cierre de la bitácora mediante el asiento de la nota final, misma que expresará este hecho junto con la indicación del número de volúmenes que la integran y el número de fojas contenidas en cada uno de ellos. Deberá ser firmada por el coordinador general del proyecto y por las personas que, como responsables, lo hayan concluido.

Como en su momento se mencionó, la bitácora de proyecto nunca debe utilizarse para discutir asuntos intrascendentes, insensateces y, mucho menos para agraviar o agredir, por eso cabe destacar la conveniencia de meditar y pensar cuidadosamente lo que se quiere decir y cómo debe expresarse antes de asentar alguna nota.

Es conveniente primero hacer un borrador por separado para asegurar que se escribirá una nota pertinente y adecuada. Debe evitarse en la medida de lo posible realizar una nota directamente en la bitácora.

Así mismo, es importante cuidar la ortografía y semántica de las palabras, pues esta cuestión es la que da seriedad al documento.



Por su lado la redacción es un asunto también de vital importancia, pues la descripción de hechos u órdenes debe ser clara y precisa para evitar futuras interrogantes o dudas al respecto.

Se recomienda que en cada nota se especifique primeramente si se trata de una orden, de un informe o si se trata de dar constancia de un hecho, por ejemplo; después expresar una breve descripción del asunto o problema, su ubicación, las causas que han dado origen al problema, la solución necesaria, el plazo para realizarla, medidas futuras de prevención, posibles consecuencias económicas, sanciones procedentes, croquis explicativos, nuevos mecanismos de seguimiento y control, etcétera.

Como puede notarse, la bitácora es un excelente mecanismo de "memoria" de un proyecto, además de constituir una buena herramienta para el seguimiento y control del mismo; por tal motivo es preciso que siempre sea referido en ella todo hecho que se considere de singular importancia o que signifique un logro o un retraso en el avance de las acciones concretas. El uso y manejo de una bitácora de proyecto jamás deben ser omitidos.

• **EVALUACIÓN DE PROYECTOS:**  
**Elementos para la toma de decisiones**

Los movimientos económicos existentes en la sociedad en general, han creado, desde hace mucho tiempo, el concepto de préstamo. Un préstamo es la facilitación que una persona con excedentes de recursos económicos hace a otra para quien esos recursos son escasos, a cambio de la reintegración de ese mismo recurso económico más un "interés" en un momento posterior.

El "interés" es la cantidad o cuantía monetaria que se debe pagar, en el momento establecido, por el uso del recurso económico ajeno referido, sin menoscabo de su reintegración a quien lo prestó. A este recurso económico prestado se le denomina "suerte principal".

Como es lógico de pensar, un préstamo es regido por usos y costumbres de índole comercial, por lo que será necesario definir fundamentos que servirán de principio para el desarrollo de la "teoría del interés" y de la "teoría del descuento".

Se comenzará por denominar al recurso económico prestado como "suerte principal"; se llamará "plazo" al tiempo total en que debe ser reintegrado el préstamo y su interés generado, y "periodo" al tiempo que transcurre entre el pago de un interés y otro. Debe tenerse presente que el plazo y el periodo no necesariamente son equivalentes, es más, puede

decirse que el plazo es el conjunto de periodos que transcurren para la reintegración de la suerte principal y su interés generado.

Sin embargo, existen lapsos menores al periodo en que suele calcularse el interés que corresponde para integrarlo a la suerte principal, de tal manera que ésta será mayor la siguiente vez que vuelva a calcularse el interés respectivo. A esta forma de generación de intereses se le conoce como "interés compuesto", y a los lapsos referidos en esta idea se le conocen como "subperiodos". Habrá que entender que un conjunto de subperiodos formarán un periodo, y como anteriormente se dijo, un conjunto de periodos formarán el plazo.

Para efectos de nomenclatura, se designará a cada subperiodo con la literal "m", a cada periodo con la literal "n", y el plazo quedará referido consecuentemente con el producto "mn". La suerte principal se denotará con la sigla " $C_0$ ", y el monto que se debe reintegrar en un momento determinado se entenderá como " $C_1, C_2, C_3, \dots, C_{mn}$ ", el cual será equivalente a la suerte principal original, más los intereses generados al momento; lo anterior significa que "m" se variará desde la unidad y hasta el número total de subperiodos que tenga cada periodo, y de manera análoga, "n" se variará también desde la unidad y hasta el número total de periodos que tenga el plazo.

Con lo anterior se deduce que, siempre y cuando el interés sea diferente de cero, las cantidades en el tiempo serán diferentes entre sí, es decir que:

$$C_0 \neq C_1 \neq C_2 \neq C_3 \neq \dots \neq C_{mn},$$

y por esta razón se afirma que un recurso económico tiene valor en el tiempo, denominando a la cantidad de la extrema izquierda como "valor presente" respecto de los valores a su derecha; y a la cantidad de la extrema derecha como "valor futuro" respecto de los que están a su izquierda.

### TEORÍA DEL INTERÉS

El interés que se pacta pagar por el préstamo en cada subperiodo se establecerá como una proporción de la suerte principal, es decir, se calculará mediante el producto de la misma por una "tasa" expresada en términos porcentuales, y denotada como "i"; con lo cual se obtiene que:

$$I' = C_0 (i'),$$

y si se desea conocer la "tasa de interés nominal del periodo", entonces bastará con multiplicar el número total de subperiodos de cada periodo por la tasa de cada subperiodo, es decir:

$$i_{(m)} = m i',$$

donde "m" es el número de subperiodos que tiene cada periodo, "i'" es la tasa de interés aplicable en cada subperiodo para el cálculo del interés, y la tasa de interés nominal del periodo " $i_{(m)}$ " se conocerá simplemente con el nombre de "tasa nominal de interés".

Con esto, es posible definir la tasa de interés aplicable en cada subperiodo de la siguiente manera:

$$i' = i_{(m)} / m.$$

Ahora bien, si nos referimos a los montos " $C_1, C_2, C_3, \dots, C_{mn}$ " indicados anteriormente, esta tasa tiene la siguiente equivalencia:

$$i' = (C_{k+1} - C_k) / C_k,$$

donde el subíndice "k" señala el monto de un subperiodo específico, y variará desde cero, haciendo referencia a la suerte principal, hasta el valor del producto "mn".

La teoría del interés parte de esta última expresión, en la cual la tasa de interés es vista como un cociente o razón de cambio de la diferencia entre el monto siguiente y el anterior, respecto del monto anterior.

Ahora se puede deducir otra expresión que calcule el siguiente monto a pagar con fundamento en lo anterior de la siguiente manera:

$$C_k (i') = C_{k+1} - C_k$$

$$C_{k+1} = C_k + C_k (i')$$

$$C_{k+1} = C_k (1 + i')$$

Sin embargo, habrá que considerar la idea del interés compuesto introducida anteriormente, pues cuando un interés no es pagado en el subperiodo correspondiente, es costumbre que éste se adicione a la suerte principal; y con este nuevo monto incrementado, se calculará el interés del siguiente subperiodo.

Si esta situación se repite, aplicando la misma tasa en cada subperiodo, se aplicará la misma mecánica, generalizándola de la siguiente manera:

$$C_1 = C_0 (1 + i')$$

$$C_2 = C_1 (1 + i')$$

$$C_2 = C_0 (1 + i')^2 (1 + i')$$

$$C_2 = C_0 (1 + i')^2$$

$$C_3 = C_2 (1 + i')$$

$$C_3 = C_0 (1 + i')^2 (1 + i')$$

$$C_3 = C_0 (1 + i')^3$$

$$C_4 = C_3 (1 + i')$$

$$C_4 = C_0 (1 + i')^3 (1 + i')$$

$$C_4 = C_0 (1 + i')^4$$

$$C_5 = C_4 (1 + i')$$

$$C_5 = C_0 (1 + i')^4 (1 + i')$$

$$C_5 = C_0 (1 + i')^5$$

.....  
 .....  
 .....

$$C_k = C_{k-1} (1 + i')$$

$$C_k = C_0 (1 + i')^{k-1} (1 + i')$$

$$C_k = C_0 (1 + i')^k$$

$$C_{k+1} = C_k (1 + i')$$

$$C_{k+1} = C_0 (1 + i')^k (1 + i')$$

$$C_{k+1} = C_0 (1 + i')^{k+1}$$

con lo cual se da lugar a la expresión general del interés compuesto:

$$C_k = C_0 (1 + i')^k$$

Si se restringe el valor del subíndice "k" desde cero hasta el número de subperiodos que tiene cada periodo, la diferencia entre "C<sub>k</sub>" y "C<sub>0</sub>" es el

interés total que "efectivamente" se generó durante los "m" subperiodos por el préstamo del recurso ajeno, desprendiéndose de esta situación el concepto de "tasa efectiva de interés del periodo", que será distinguida con la literal simple "i", y que tendrá la siguiente equivalencia:

$$i = (C_m - C_0) / C_0$$

de donde se desprende que:

$$C_m = C_0 + C_0 (i)$$

Sustituyendo el valor de "C<sub>m</sub>" en la expresión general del interés compuesto, y teniendo presente que "k" tomará el valor de "m", se llega a que:

$$C_0 + C_0 (i) = C_0 (1 + i')^m$$

Si se divide lo anterior entre el término "C<sub>0</sub>" se obtiene la expresión que relaciona a la tasa efectiva con la tasa de interés aplicable en cada subperiodo, que es la siguiente:

$$1 + i = (1 + i')^m$$

$$i = (1 + i')^m - 1$$

El valor de "i" y de "i<sub>(m)</sub>" son referidos a una misma amplitud de tiempo: el periodo; pero la primera es de índole efectivo y la otra de índole nominal.

Para obtener la relación de la tasa efectiva de interés con la tasa nominal de interés, ambas referidas al periodo como se ha mencionado, se sustituye el valor de la tasa de interés aplicable a cada subperiodo por la equivalencia correspondiente, quedando:

$$i = (1 + i_{(m)}/m)^m - 1$$

Despejando de lo anterior a la tasa nominal de interés se obtiene que:

$$i_{(m)} = m \{ (1 + i)^{1/m} - 1 \}$$

En términos de la tasa de interés aplicable en cada subperiodo, esta expresión se transforma a lo siguiente:

$$i' = (1 + i)^{1/m} - 1$$

Tomando la expresión general del interés compuesto, y considerando que "k" puede ser variada desde cero hasta el valor del producto "mn", se tendrá lo siguiente:

$$C_{mn} = C_0 (1 + i')^{mn},$$

o bien, si se considera la tasa efectiva del periodo:

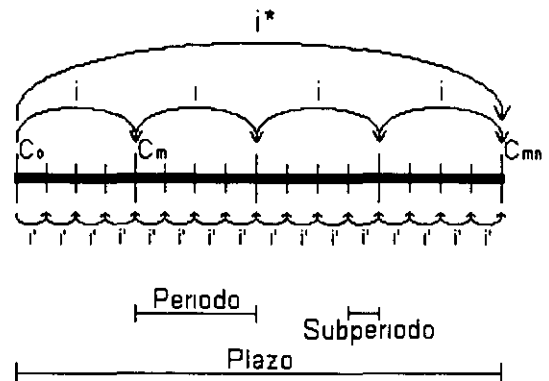
$$C_{mn} = C_0 (1 + i)^n$$

donde "m" es el número de subperiodos que tiene cada periodo, y "n" el número de periodos que tiene el plazo.

Por ejemplo, con las bases ya planteadas, si deseamos en un plazo de cinco años generar intereses doce veces al año (serán cinco periodos con duración cada uno de un año y se tendrán en cada periodo doce subperiodos con duración cada uno de un mes), el exponente al que habrá que elevar el binomio "(1 + i)" será igual a sesenta, cantidad proveniente de multiplicar doce por cinco, es decir, el valor aplicable de "m" en este caso es de doce, y el de

"n" igual a cinco. Cabe mencionar con este ejemplo, que al proceso de generar intereses en cada subperiodo, se le denomina como "capitalización de la tasa".

Con base en lo hasta ahora explicado, es posible realizar un esquema con los conceptos planteados de tasas efectivas referidas a los subperiodos, periodos y plazo de la operación, así como las cuantías de valor involucradas en cada punto de la barra del tiempo mediante la siguiente figura:



donde "i'" es la tasa efectiva del subperiodo y servirá como base para determinar el valor de "i", misma que es la tasa efectiva del periodo y que se empleará para determinar a "i\*", que es la tasa efectiva del plazo. Estas tres tasas están relacionadas entre sí mediante las siguientes expresiones matemáticas:

$$i = (1 + i')^m - 1$$

$$i^* = (1 + i)^n - 1$$

$$i^* = (1 + i')^{mn} - 1$$

Consecuentemente, las relaciones de capital serán las siguientes:

$$C_m = C_0 (1 + i)^m$$

$$C_{mn} = C_0 (1 + i)^n$$

$$C_{mn} = C_0 (1 + i)^{mn}$$

Es muy importante destacar que, no obstante todo lo anterior, el producto "mn" puede inclusive ser definido en el campo de los número reales, es decir, puede tener valores numéricos con cifras decimales; sin embargo, esta idea será discutida más adelante.

Es prudente aclarar que "i\*" es la tasa de interés que será pagada al transcurrir todo el tiempo que durará la operación comercial, y puede ser calculada también de la siguiente manera:

$$i^* = (C_{mn} - C_0) / C_0.$$

Pero enfoquemos ahora nuestra atención en la fórmula antes vista que relaciona una tasa efectiva de interés con una nominal:

$$i_{(m)} = m \{ (1 + i)^{1/m} - 1 \},$$

ambas tasas son referidas a una misma amplitud de tiempo como se ha venido reiterando, es decir, si una es expresada en términos anuales, la otra será referida también a un año, por ejemplo.

Planteado este caso, ¿qué ocurriría si, manteniendo constante el valor de la tasa efectiva de interés, esta proviniera de la capitalización semestral de una tasa nominal de interés?. La respuesta es la siguiente:

$$i_{(2)} = 2 \{ (1 + i)^{1/2} - 1 \}.$$

Si proviniera de una capitalización trimestral, se tendría que:

$$i_{(4)} = 4 \{ (1 + i)^{1/4} - 1 \};$$

si se tratara de una capitalización bimestral, procedería lo siguiente:

$$i_{(6)} = 6 \{ (1 + i)^{1/6} - 1 \};$$

si la capitalización se realizara de forma mensual, se llegaría a que:

$$i_{(12)} = 12 \{ (1 + i)^{1/12} - 1 \};$$

si existiese una capitalización diaria, la expresión aplicable sería la indicada a continuación:

$$i_{(365)} = 365 \{ (1 + i)^{1/365} - 1 \};$$

y así, es factible proseguir, hasta llegar al caso de tratar con una "capitalización instantánea", es decir, una en la que "m" tuviera un valor sumamente grande.

Continuando con la emulación de este procedimiento, se definirá el concepto denominado "fuerza de interés", el cual es representado con la sigla "δ". Este valor puede ser definido con los principios de límite expresados por el cálculo diferencial, como a continuación se muestra:

$$\delta = \lim_{m \rightarrow \infty} i_{(m)} = \lim_{m \rightarrow \infty} m \{ (1 + i)^{1/m} - 1 \}$$

Para encontrar este límite, es necesario hacer el siguiente cambio de variable:

Si  $x = 1/m$ :

$$\delta = \lim_{x \rightarrow 0} i_{(m)} = \lim_{x \rightarrow 0} \{ (1 + i)^x - 1 \} / x.$$

Aplicando el Teorema de L'hopital nos queda:

$$\delta = \lim_{x \rightarrow 0} i_{(m)} = \lim_{x \rightarrow 0} (1 + i)^x \text{Ln}(1 + i)$$

$$\delta = \text{Ln}(1 + i)$$

Si se desea despejar de aquí la tasa efectiva de interés del periodo, queda lo siguiente:

$$e^\delta = 1 + i$$

$$i = e^\delta - 1$$

Como ya fue expresado, existe la siguiente relación entre la tasa efectiva de interés y la tasa de interés aplicable a cada subperiodo:

$$1 + i = (1 + i')^m,$$

por lo que es válida la siguiente expresión:

$$e^\delta = (1 + i')^m$$

$$e^{\delta n} = (1 + i')^{mn},$$

lo cual significa que la expresión del Interés Compuesto antes vista:

$$C_{mn} = C_0 (1 + i')^{mn}$$

puede escribirse también como:

$$C_{mn} = C_0 e^{(\delta n)}$$

Para ejemplificar lo anterior, supongamos que deseamos determinar la tasa nominal de interés

que corresponde a una efectiva de interés del 13.8%, para distintos subperiodos de capitalización:

Si  $m=1$ :

$$i_{(1)} = 1 \{ (1 + 0.138)^{1/1} - 1 \}$$

$$i_{(1)} = 13.8\%$$

Si  $m=2$ :

$$i_{(2)} = 2 \{ (1 + 0.138)^{1/2} - 1 \}$$

$$i_{(2)} = 13.3542\%$$

Si  $m=3$ :

$$i_{(3)} = 3 \{ (1 + 0.138)^{1/3} - 1 \}$$

$$i_{(3)} = 13.2098\%$$

Si  $m=4$ :

$$i_{(4)} = 4 \{ (1 + 0.138)^{1/4} - 1 \}$$

$$i_{(m)} = 13.1384\%$$

Si  $m=6$ :

$$i_{(6)} = 6 \{ (1 + 0.138)^{1/6} - 1 \}$$

$$i_{(6)} = 13.0675\%$$

Si  $m=12$ :

$$i_{(12)} = 12 \{ (1 + 0.138)^{1/12} - 1 \}$$

$$i_{(12)} = 12.9971\%$$

Si  $m=24$ :

$$i_{(24)} = 24 \{ (1 + 0.138)^{1/24} - 1 \}$$

$$i_{(24)} = 12.9621\%$$

Si  $m=52$ :

$$i_{(52)} = 52 \{ (1 + 0.138)^{1/52} - 1 \}$$

$$i_{(52)} = 12.9433\%$$

Si  $m=365$ :

$$i_{(365)} = 365 \{ (1 + 0.138)^{1/365} - 1 \}$$

$$i_{(365)} = 12.9295\%$$

Si  $m=8,760$ :

$$i_{(8,760)} = 8,760 \{ (1 + 0.138)^{1/8,760} - 1 \}$$

$$i_{(8,760)} = 12.9273\%$$

Si  $m=525,600$ :

$$i_{(525,600)} = 525,600 \{ (1 + 0.138)^{1/525,600} - 1 \}$$

$$i_{(8,760)} = 12.9272\%.$$

Como puede observarse, a medida que crece "m", "i<sub>(m)</sub>" concurre a un valor que puede determinarse mediante la expresión de la "fuerza del interés":

$$\begin{aligned} \delta &= \text{Ln}(1 + i) \\ \delta &= \text{Ln}(1 + 0.138) \\ \delta &= 12.9272\%. \end{aligned}$$

Esto quiere decir que "δ" equivale a una idealización: "i<sub>(∞)</sub>"; con lo cual se concluye que, dada una tasa efectiva de interés, no existirá tasa nominal de interés alguna que sea menor que la efectiva, ni mayor que la fuerza del interés, es decir:

$$\delta \leq i_{(m)} \leq i.$$

Por otro lado, en materia de comprobación, la validez de la expresión general del interés compuesto puede verificarse, para el conjunto de los número naturales, por el método de Inducción Matemática de la siguiente manera:

Si mn = 0:

$$\begin{aligned} C_0 &= C_0 (1 + i')^0 \\ C_0 &= C_0 \end{aligned}$$

Si mn = 1:

$$\begin{aligned} C_1 &= C_0 (1 + i') \\ C_1 &= C_0 (1 + i') \end{aligned}$$

Si mn = k:

$$C_k = C_0 (1 + i')^k$$

Si mn = k+1:

$$C_{k+1} = C_0 (1 + i')^{k+1}$$

o bien:

$$\begin{aligned} C_{k+1} &= C_0 (1 + i')^k (1 + i') \\ C_{k+1} &= C_0 (1 + i')^{k+1} \end{aligned}$$

El ser las dos expresiones idénticas y equivalentes, queda demostrada la validez de la expresión general para el conjunto de los números naturales.

Así mismo, la expresión puede verificarse también para el conjunto de los números reales, como fue mencionado con anterioridad; pero hay que considerar que el incremento en "C<sub>k</sub>" estará dado por el número real "1/m", el cual representa a cada subperiodo en que es capitalizada la tasa; situación que dirige al siguiente análisis:

$$i' = i_{(m)} / m = (C_{k+1/m} - C_k) / C_k$$

Si "m" tiende al infinito, puede observarse que la diferencia de "C<sub>k+1/m</sub>" y "C<sub>k</sub>" es tendiente a cero por su parte, lo que es equivalente a tener:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} i' = \lim_{m \rightarrow \infty} i_{(m)} / m = \delta / m$$

$$\delta / m = \lim_{m \rightarrow \infty} (C_{k+1/m} - C_k) / C_k$$

Haciendo el siguiente cambio de variable se tiene:

Si Δm = 1/m:

$$i' = (C_{k+\Delta m} - C_k) / C_k = (\Delta m) i_{(m)},$$

y despejando "i<sub>(m)</sub>" se obtiene:

$$i_{(m)} = (1 / C_k) (C_{k+\Delta m} - C_k) / \Delta m.$$

El límite de esta función cuando "m" tiende al infinito, es equivalente a aplicar el límite de la función cuando "Δm" tiende a cero; pero, si se



observa el segundo cociente de la expresión, se notará que al aplicar este límite se tratará con el teorema fundamental del cálculo diferencial, por lo que se obtiene que:

$$\delta = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} i_{(m)} = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} (1/C_k) (C_{k+\Delta m} - C_k) / \Delta m$$

$$\delta = C_k' / C_k.$$

La sigla "C<sub>k</sub>", representa la derivada de la función "C<sub>k</sub>".

No obstante lo anterior, se necesita conocer el valor de la función y no el de su derivada, por lo que debe integrarse la afirmación anterior, y para ello es necesario hacer lo siguiente:

Si C<sub>k</sub> = C<sub>τ</sub>:

$$\delta = C_{\tau}' / C_{\tau}.$$

Multiplicando ambos términos por "dτ" se obtendrá que:

$$\delta(d\tau) = (C_{\tau}' / C_{\tau}) d\tau.$$

Se debe tener presente que se ha partido de la expresión fundamentada en la tasa efectiva de interés al hacer tender a la literal "m" al infinito, es decir, la amplitud del subperiodo es equivalente a la del periodo, y consecuentemente ambos resultan ser iguales (cada periodo solamente tendrá un subperiodo), por lo que sólo en este caso, bajo esa condición se tiene que:

$$i = i' = i_{(m)}.$$

Al integrar definitivamente la última expresión, donde se obtuvo la relación de "δ(dτ)", desde "0" hasta

"n", que es el intervalo de interés en virtud de lo anterior, y recordando el principio del cálculo integral que afirma que la integración del cociente de la derivada de una función entre dicha función es equivalente al logaritmo natural de la misma más una constante de integración, se tiene:

$$\int_0^n \delta(d\tau) = \int_0^n (C_{\tau}' / C_{\tau}) d\tau$$

$$\delta n = \text{Ln } C_{mn} - \text{Ln } C_0$$

$$\delta n = \text{Ln } (C_{mn} / C_0)$$

$$e^{(\delta n)} = C_{mn} / C_0$$

$$C_{mn} = C_0 e^{(\delta n)},$$

pero se sabe que:

$$e^{\delta n} = (1 + i)^{mn}$$

$$C_{mn} = C_0 (1 + i)^{mn}$$

Con lo cual, queda demostrado que la expresión es válida también para el conjunto de los números reales.

Habrá que hacer notar, que al efectuar la integral de la demostración anterior, el término "C<sub>mn</sub>" aparece debido a que la amplitud del subperiodo es equivalente a la del periodo como se mencionó, y se trató con una expresión donde se involucra la tasa efectiva de interés "i", por lo que "C<sub>τ</sub>" en realidad equivale a "C<sub>m</sub>", que al integrarse genera a "C<sub>mn</sub>".

## EJEMPLOS DE TEORÍA DEL INTERÉS

1. Encontrar el valor presente " $C_0$ " de 1,500.00 U.M. (Unidades Monetarias), si la tasa de interés es del 8% anual efectiva y el plazo es de 5 años.

**Solución:**

$$C_0 = 1,500.00 (1 + 0.08)^{-5}$$

$$C_0 = 1,020.87 \text{ U.M.}$$

**Solución:**

$$C_{30} = 300,000.00 e^{(0.06)(30)}$$

$$C_{30} = 1'814,894.24 \text{ U.M.}$$

7. Dado que  $C_0 = 1,000.00$  U.M., y que el monto que le corresponderá dentro de 1 año será  $C_{mn} = 1,100.00$ , determinar el interés y la tasa efectiva de interés respectivos.

**Solución:**

El interés estará dado por la diferencia entre el monto y su valor presente, es decir:

$$I = 1,100.00 - 1,000.00$$

$$I = 100.00 \text{ U.M.}$$

La tasa efectiva de interés, estará definida de la siguiente manera:

$$i = 100.00 / 1,000.00$$

$$i = 10\%$$

8. Encontrar la tasa efectiva anual equivalente a una tasa nominal anual del 6% capitalizable semestralmente.

**Solución:**

$$1 + i = (1 + 0.06/2)^2$$

$$i = 6.09\%$$

9. Encontrar la tasa nominal anual convertible trimestralmente, equivalente a una tasa efectiva anual del 4%.

**Solución:**

$$1 + 0.04 = (1 + i_{(4)}/4)^4$$

$$i_{(4)} = 3.94\%$$

10. Encontrar la tasa efectiva anual equivalente a una fuerza del interés del 5% anual.

**Solución:**

$$1 + i = e^{0.05}$$

$$i = 5.13\%$$

2. Encontrar el monto " $C_{mn}$ " de 100,000.00 U.M., acumuladas durante 20 años a una tasa efectiva de interés del 10% durante 20 años.

**Solución:**

$$C_{20} = 100,000.00 (1 + 0.10)^{20}$$

$$C_{20} = 672,750.00 \text{ U.M.}$$

3. Encontrar el valor presente de 5,000.00 U.M. pagaderas dentro de 4 años, cuando el interés es del 5%, capitalizable semestralmente.

**Solución:**

$$C_0 = 5,000.00 (1 + 0.05/2)^{-(2)(4)}$$

$$C_0 = 4,103.73 \text{ U.M.}$$

4. Encontrar el monto de 300.00 U.M., acumuladas durante 30 años a una tasa nominal de interés del 6% anual, convertible trimestralmente.

**Solución:**

$$C_{120} = 300.00(1 + 0.06/4)^{(4)(30)}$$

$$C_{120} = 1,790.80 \text{ U.M.}$$

5. Encontrar el valor presente de 5,000.00 U.M. pagaderas dentro de 4 años cuando la fuerza del interés es del 5% anual.

**Solución:**

$$C_0 = 5,000.00 e^{-(0.05)(4)}$$

$$C_0 = 4,093.65 \text{ U.M.}$$

6. Encontrar el monto de 300,000.00 U.M. acumuladas durante 30 años a una fuerza efectiva de interés del 6% anual.

11. Encontrar la fuerza de interés anual equivalente a una tasa efectiva de interés del 5% anual.

**Solución:**

$$1 + 0.05 = e^{\delta}$$

$$\delta = 4.88\%$$

12. Encontrar la tasa nominal anual de interés convertible mensualmente equivalente a una fuerza de interés del 10% anual.

**Solución:**

$$(1 + i_{(12)}/12)^{12} = e^{0.10}$$

$$i_{(12)} = 10.04\%$$

13. Encontrar la fuerza de interés anual equivalente a una tasa nominal anual convertible cuatrimestralmente del 9%.

**Solución:**

$$(1 + 0.09/3)^3 = e^{\delta}$$

$$\delta = 8.87\%$$

## TEORÍA DEL DESCUENTO

El descuento es una cantidad equivalente en monto al interés; pero la determinación de la tasa aplicable en cada subperiodo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$d' = (C_{k+1} - C_k) / C_{k+1},$$

donde el subíndice "k", al igual que lo visto bajo la teoría del interés, señala el monto de un subperiodo específico, y variará desde cero, haciendo referencia a la suerte principal, hasta el valor del producto "mn". También se hará referencia a los montos "C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, ..., C<sub>mn</sub>" ya indicados anteriormente.

La teoría del descuento sostiene que la tasa de descuento es un cociente o

razón de cambio de la diferencia entre el monto siguiente y el anterior, respecto del monto siguiente.

El descuento se calculará mediante el producto del valor futuro de la suerte principal por una "tasa" expresada en términos porcentuales, y denotada como "d"; con lo cual se obtiene que:

$$D' = C_{mn} (d'),$$

y si se desea conocer la "tasa de descuento del periodo", entonces bastará con multiplicar el número total de subperiodos de cada periodo por la tasa de cada subperiodo, es decir:

$$d_{(m)} = m d',$$

donde "m" es el número de subperiodos que tiene cada periodo, "d" es la tasa de descuento aplicable en cada subperiodo para el cálculo del descuento, y la tasa de descuento del periodo "d<sub>(m)</sub>" se conocerá con el nombre de "tasa nominal de descuento".

Con esto, es posible definir la tasa de descuento aplicable en cada subperiodo de la siguiente manera:

$$d' = d_{(m)} / m.$$

De manera análoga a lo hecho en la teoría del interés, se puede deducir una expresión que calcule el siguiente monto a pagar del modo siguiente:

$$C_{k+1} (d') = C_{k+1} - C_k$$

$$C_{k+1} (1 - d') = C_k$$

$$C_{k+1} = C_k (1 - d')^{-1};$$

y con este razonamiento se puede llegar a la expresión general del descuento compuesto:

$$C_k = C_0 (1 - d')^{-k}$$

Si se restringe el valor del subíndice "k" desde cero hasta el número de subperiodos que tiene cada periodo, la diferencia entre "C<sub>k</sub>" y "C<sub>0</sub>" es el descuento total que "efectivamente" se generó durante los "m" subperiodos por el préstamo de un recurso ajeno, desprendiéndose así el concepto de "tasa efectiva de descuento", que será distinguida con la literal simple "d", y que tendrá la siguiente equivalencia:

$$d = (C_m - C_0) / C_m,$$

de donde se desprende que:

$$C_m = C_0 (1 - d)^{-1}$$

Sustituyendo el valor de "C<sub>m</sub>" en la expresión general del descuento compuesto, y teniendo presente que "k" tomará el valor de "m", se llega a que:

$$C_0 (1 - d)^{-1} = C_0 (1 - d')^{-m}$$

Si se divide lo anterior entre el término "C<sub>0</sub>" se obtiene la expresión que relaciona a la tasa efectiva de descuento con la tasa de descuento aplicable en cada subperiodo, que es la siguiente:

$$1 - d = (1 - d')^m$$

$$d = 1 - (1 - d')^m$$

Para obtener la relación de la tasa efectiva de descuento con la tasa nominal de descuento, se sustituye el valor de la tasa de descuento aplicable a cada subperiodo por la equivalencia correspondiente, quedando:

$$d = 1 - (1 - d_{(m)}/m)^m$$

Despejando de lo anterior a la tasa nominal de descuento se obtiene que:

$$d_{(m)} = m \{ 1 - (1 - d)^{1/m} \}$$

En términos de la tasa de descuento aplicable en cada subperiodo, esta expresión se transforma a lo siguiente:

$$d' = 1 - (1 - d)^{1/m}$$

Tomando la expresión general del descuento compuesto, y considerando que "k" puede ser variada desde cero hasta el valor del producto "mn", se tendrá lo siguiente:

$$C_{mn} = C_0 (1 - d')^{-mn}$$

donde "m" es el número de subperiodos que tiene cada periodo, y "n" el número de periodos que tiene el plazo.

En términos de la tasa de descuento efectiva, la relación anterior queda de la siguiente forma:

$$C_{mn} = C_0 (1 - d)^{-n}$$

De manera análoga a lo tratado bajo la teoría del interés, a continuación se definirá el concepto denominado "fuerza de descuento", representado

con la sigla "δ'". Este valor puede ser definido con el concepto de límite, formulado en el cálculo diferencial, como a continuación se muestra:

$$\delta' = \lim_{m \rightarrow \infty} d_{(m)} = \lim_{m \rightarrow \infty} m \{ 1 - (1 - d)^{1/m} \}$$

Para encontrar este límite, es necesario hacer el siguiente cambio de variable:

Si  $x = 1/m$ :

$$\delta' = \lim_{x \rightarrow 0} d_{(m)} = \lim_{x \rightarrow 0} \{ 1 - (1 - d)^x \} / x.$$

Aplicando el Teorema de L'hopital nos queda:

$$\delta' = \lim_{x \rightarrow 0} d_{(m)} = \lim_{x \rightarrow 0} (1 - d)^x \text{Ln}(1 - d)$$

$$\delta' = - \text{Ln}(1 - d)$$

Si se desea despejar de aquí la tasa efectiva de descuento del periodo, queda lo siguiente:

$$e^{-\delta'} = 1 - d$$

$$d = 1 - e^{-\delta'}$$

Como ya fue expresado, existe la siguiente relación entre la tasa efectiva de descuento y la tasa de descuento aplicable a cada subperiodo:

$$1 - d = (1 - d')^m,$$

por lo que es válida la siguiente expresión:

$$e^{-\delta'} = (1 - d')^m$$

$$e^{\delta'n} = (1 - d')^{-mn},$$

lo cual significa que la expresión del descuento compuesto antes vista:

$$C_{mn} = C_0 (1 - d')^{-mn}$$

puede escribirse también como:

$$C_{mn} = C_0 e^{(\delta'n)}$$

Esta última expresión es equivalente a la análoga determinado bajo los conceptos de la teoría del interés, es decir:

$$C_0 e^{(\delta'n)} = C_0 e^{(\delta'n)},$$

por tal motivo, puede afirmarse que la fuerza de interés es equivalente en valor a la fuerza de descuento.

La validez de la expresión general del descuento compuesto puede ser verificada, para el conjunto de los números naturales y para el conjunto de los números reales, de maneras análogas a las desarrolladas en la teoría del interés, razón por la cual las demostraciones respectivas se omitirán en este apartado.

## EJEMPLOS DE TEORÍA DEL DESCUENTO

1. Encontrar el valor presente "C<sub>0</sub>" de 4,500.00 U.M. (Unidades Monetarias), si la tasa efectiva de descuento es del 7.50% anual, y el plazo es de 6 años.

**Solución:**

$$C_0 = 4,500.00 (1 - 0.075)^6$$

$$C_0 = 4,162.50 \text{ U.M.}$$

2. Determinar el monto de 1,000.00 U.M., acumuladas durante 15 años

a una tasa efectiva de descuento del 8% anual.

**Solución:**

$$C_{15} = 1,000.00 (1 - 0.08)^{-15}$$

$$C_{15} = 3,492.87 \text{ U.M.}$$

3. Encontrar el valor presente de 5,000.00 pagaderos dentro de 4 años, cuando la tasa nominal de descuento es del 4.50% anual, convertible semestralmente.

**Solución:**

$$C_0 = 5,000.00 (1 - 0.045/2)^{(2)(4)}$$

$$C_0 = 4,167.77 \text{ U.M.}$$

4. Encontrar el monto de 300.00 U.M. acumuladas durante 30 años a una tasa nominal de descuento del 6% anual, convertible bimestralmente.

**Solución:**

$$C_{180} = 300.00 (1 - 0.06/6)^{-(6)(30)}$$

$$C_{180} = 1,831.41.00$$

5. Dado que  $C_0 = 1,000.00 \text{ U.M.}$ , y que el monto que le corresponderá dentro de 1 año será  $C_{mn} = 1,100.00$ , determinar el descuento y la tasa efectiva de descuento respectivos.

**Solución:**

El descuento estará dado por la diferencia entre el monto y su valor presente, es decir:

$$D = 1,100.00 - 1,000.00$$

$$D = 100.00 \text{ U.M.}$$

La tasa efectiva de descuento, estará definida de la siguiente manera:

$$d = 100.00 / 1,100.00$$

$$d = 9.09\%$$

6. Encontrar la tasa de descuento efectiva anual equivalente a una tasa de descuento nominal anual del 5% capitalizable semestralmente.

**Solución:**

$$1 - d = (1 - 0.05/2)^2$$

$$d = 4.94\%$$

7. Encontrar la tasa nominal anual de descuento convertible trimestralmente, equivalente a una tasa efectiva de descuento del 4% anual.

**Solución:**

$$1 - 0.04 = (1 - d_{(4)}/4)^4$$

$$d_{(4)} = 4.06\%$$

8. Encontrar la tasa efectiva de descuento anual equivalente a una fuerza de descuento del 6% anual.

**Solución:**

$$1 - d = e^{-0.06}$$

$$d = 5.82\%$$

9. Encontrar la fuerza de descuento anual, equivalente a una tasa efectiva de descuento del 6% anual.

**Solución:**

$$1 - 0.06 = e^{-\delta'}$$

$$\delta' = 6.19\%$$

10. Encontrar la tasa nominal anual de descuento convertible mensualmente equivalente a una fuerza de descuento del 10% anual.

**Solución:**

$$(1 - d_{(12)}/12)^{12} = e^{-0.10}$$

$$d_{(12)} = 9.96\%$$

11. Encontrar la fuerza de descuento anual equivalente a una tasa nominal anual de descuento del 9%, capitalizable cuatrimestralmente.

**Solución:**

$$(1 - 0.09/3)^3 = e^{-\delta'}$$

$$\delta' = 9.14\%$$

## EQUIVALENCIA ENTRE TASAS DE INTERÉS Y DE DESCUENTO

Tras lo expuesto hasta ahora, surge la interrogante respecto de la existencia de alguna relación entre la teoría del interés y la del descuento, cuya respuesta es evidente, pues se conoce lo siguiente:

$$C_{mn} = C_0 (1 + i)^n$$

$$C_{mn} = C_0 (1 - d)^{-n},$$

de donde basta con igualar ambas relaciones, y dividir la resultante entre el término " $C_0$ ", obteniendo:

$$C_0 (1 + i)^n = C_0 (1 - d)^{-n}$$

$$(1 + i)^n = (1 - d)^{-n}$$

$$1 + i = (1 - d)^{-1}$$

$$i = (1 - d)^{-1} - 1,$$

o bien:

$$i = d / (1 - d);$$

y de forma análoga, se desprende también que:

$$d = i / (1 + i),$$

lo cual resulta ser la equivalencia entre la tasa efectiva de interés y la tasa efectiva de descuento, con las cuales es posible relacionar un mismo valor presente con un mismo valor futuro, aplicando la teoría respectiva.

Cuando se haga referencia a planteamientos de índole financiera,

debe tenerse presente que la tasa aplicable a un esquema derivado de la teoría del interés, puede ser mencionada simplemente como "la tasa", es decir, la palabra "interés" puede ser omitida; pero, en cambio, al tratar con esquemas derivados de la teoría del descuento, habrá que precisar que la tasa tratada es "la tasa de descuento".

## EJEMPLOS DE EQUIVALENCIA ENTRE TASAS DE INTERÉS Y DE DESCUENTO

1. Encontrar la tasa nominal anual de descuento convertible mensualmente, equivalente a una tasa nominal de interés, también capitalizable mensualmente, del 15% anual.

**Solución:**

$$(1 + 0.15/12)^{12} = (1 - d_{(12)/12})^{-12}$$

$$d_{(12)} = 14.81\%$$

2. Encontrar la tasa efectiva de interés anual equivalente a una tasa nominal anual de descuento convertible quincenalmente del 7.50%.

**Solución:**

$$1 + i = (1 - 0.075/24)^{-24}$$

$$i = 7.80\%$$

## AMORTIZACIONES

Un concepto más que debe abordarse dentro del tratado de la matemática financiera es el de "amortización", misma que se define como el elemento de un conjunto de pagos iguales, realizados a intervalos iguales de tiempo para liquidar una cuantía monetaria. La amortización

suele conocerse también con el nombre de "anualidad", pero a pesar de este nombre, no necesariamente los pagos deben ser hechos anualmente.

La amortización es el procedimiento con el que se salda gradualmente una deuda por medio de una serie de pagos que, generalmente, son iguales y se realizan en periodos equivalentes como ya se mencionó.

En el cálculo del monto de estos pagos, infiere también la teoría del interés, y se relaciona con el concepto matemático de las progresiones geométricas.

Para conocer el valor futuro de una serie de ingresos periódicos, referidos subsecuentemente con la literal "a", se generaría la siguiente sumatoria:

$$C_{mn} = a(1+i)^0 + a(1+i)^1 + a(1+i)^2 + a(1+i)^3 + \dots + a(1+i)^{n-1}$$

La expresión corresponde evidentemente a una progresión geométrica, que se define como una serie de cantidades que guardan entre sí una relación constante, donde para determinar el siguiente término de la serie, deberá multiplicarse el elemento anterior por la razón conocida "r", que para este caso específico resulta ser equivalente a "(1+i)".

Cabe destacar que, tanto el ingreso periódico "a" como la tasa de interés "i", son referidos a la misma amplitud de tiempo, es decir, el subperiodo es equivalente al periodo. En caso de que ambos no coincidan, habrá que aplicar la tasa de interés del

subperiodo "i" que corresponda, y la literal "n" será sustituida por el término "mn".

Si se formula la solución a este problema con fundamento al concepto matemático de la suma de una progresión geométrica se llega al siguiente desarrollo:

$$C_{mn} = a(1+i)^0 + a(1+i)^1 + a(1+i)^2 + a(1+i)^3 + \dots + a(1+i)^{n-2} + a(1+i)^{n-1}$$

Si se multiplica la expresión anterior por la razón (1+i) se llega a que:

$$C_{mn} (1+i) = a(1+i)^1 + a(1+i)^2 + a(1+i)^3 + a(1+i)^4 + \dots + a(1+i)^{n-1} + a(1+i)^n$$

Si se obtiene la diferencia entre la segunda y la primera expresión se obtiene:

$$C_{mn} (1+i) - C_{mn} = a(1+i)^n - a(1+i)^0$$

$$C_{mn} (i) = a [(1+i)^n - 1]$$

$$C_{mn} = [a / i] [(1+i)^n - 1]$$

Donde "C<sub>mn</sub>" es el valor futuro de una suerte principal, y "a" el monto del pago periódico que amortizará una deuda considerando el esquema del interés.

Si se desea referir una amortización en términos de un valor presente o suerte principal "C<sub>0</sub>", habrá que considerar lo siguiente:

$$C_{mn} = C_0 (1+i)^n$$

por lo tanto:

$$C_0(1+i)^n = [a/i] [(1+i)^n - 1]$$



$$C_0(1+i)^n (1+i)^{-n} = [a/i] [(1+i)^n - 1] (1+i)^{-n}$$

$$C_0 = [ a / i ] [ 1 - (1+i)^{-n} ]$$

De cualquiera de ambas expresiones, según sea el caso, puede despejarse fácilmente el pago periódico "a" de la siguiente manera:

$$a = C_{mn} ( i ) / [ ( 1 + i )^n - 1 ],$$

o también:

$$a = C_0 ( i ) / [ 1 - (1+i)^{-n} ].$$

Debe hacerse hincapié en que ambas expresiones consideran un esquema de pagos vencidos, es decir, el primer pago se liquidará una vez transcurrido el primer subperiodo, el segundo al final del siguiente, y así sucesivamente.

Si se trata con casos en los cuales las amortizaciones son expresadas en términos de tiempo distinto al que corresponde a la tasa de interés, donde como ya fue señalado, un periodo cuenta con más de un subperiodo, las expresiones anteriores se transforman a lo siguiente:

$$C_0 = [ a' / i' ] [ 1 - (1+i')^{-mn} ];$$

$$C_{mn} = [ a' / i' ] [ ( 1 + i' )^{mn} - 1 ];$$

$$a' = C_0 ( i' ) / [ 1 - (1+i')^{-mn} ]; \text{ y}$$

$$a' = C_{mn} ( i' ) / [ ( 1 + i' )^{mn} - 1 ],$$

donde las literales "a" e "i" corresponden al pago periódico y a la tasa de interés aplicables en cada subperiodo respectivamente.

No obstante lo anterior, en finanzas existen casos en los cuales se efectúan amortizaciones de "suertes principales" mediante la aportación de pagos constantes que duran un periodo muy grande, que incluso puede considerarse como indefinido; dando lugar de este modo al concepto de "amortizaciones perpetuas", las cuales son pagos constantes que se realizan a lo largo de un tiempo muy amplio para igualar un valor presente.

En matemáticas, esto se traduce a lo consideración de un plazo tan grande que tiende al "infinito", es decir, el número de periodos son tantos, que hacen que el plazo se vuelva en un valor sumamente grande.

Siguiendo las ideas planteadas por el concepto de amortización, es posible determinar valores presentes y futuros con esta nueva condición, efectuando el siguiente límite:

$$C_0 = \lim_{mn \rightarrow \infty} [ a' / i' ] [ 1 - (1+i')^{-mn} ];$$

evidentemente el término " $(1+i')^{-mn}$ " tenderá al valor de cero al aplicar las sustituciones correspondientes, quedando la siguiente expresión:

$$C_0 = a' / i',$$

misma que resulta ser la equivalencia de un valor presente con una sucesión de amortizaciones perpetuas.

Sin embargo, este proceso sólo es aplicable de manera práctica hacia un valor presente, no así para un

valor futuro, pues como puede observarse, si se aplica el límite a la expresión que liga a una amortización con un valor futuro, éste generará un valor tan grande, comparable solamente con el del "infinito".

### EJEMPLOS DE AMORTIZACIONES

1. Calcular el valor presente de 20 pagos anuales de 500.00 U.M., el primero de ellos efectuándolo un año después del momento actual, a una tasa de interés del 8% efectiva anual.

**Solución:**

$$C_0 = (500.00/0.08)[1-(1+0.08)^{-20}]$$

$$C_0 = 4,909.07 \text{ U.M.}$$

2. Obtener el valor futuro de los pagos del problema anterior, empleando la expresión correspondiente de anualidad.

**Solución:**

$$C_{20} = (500.00/0.08)[(1+0.08)^{20}-1]$$

$$C_{20} = 22,880.98 \text{ U.M.}$$

3. Un bono tiene un valor nominal de 100.00 U.M., y es redimible a la par en 10 años, ¿cuál debe ser el precio de compra de un bono que proporciona dividendos netos vencidos del 1% semestral, pagaderos semestralmente?

**Solución:**

Evidentemente, la cantidad que se ofrece pagar como dividendo al final de cada uno de los 20 semestres se deben tratar como el valor presente de una anualidad ordinaria, la cual equivale al 1% del valor nominal del bono, es decir, 1 U.M.; sin embargo, los pagos son semestrales (20 subperiodos), y la tasa es efectiva anual, por lo que, para utilizar una

de las fórmulas discutidas, primero de requiere obtener la tasa de interés efectiva semestral equivalente a una tasa efectiva anual de interés del 4.50%. Adicionalmente, habrá que incluir el valor presente de la redención del bono al transcurrir el plazo establecido, pero considerando la tasa efectiva expresada en términos anuales (10 periodos).

$$1 + 0.045 = (1 + i_{(2)}/2)^2$$

$$i_{(2)}/2 = 2.23\%$$

$$C_0 = (1.00/0.023)[1-(1+0.023)^{-20}] + 100(1+0.045)^{-10}$$

$$C_0 = 16.00 + 64.39$$

$$C_0 = 80.39 \text{ U.M.}$$

4. Una deuda se va a liquidar mediante pagos semestrales iguales y vencidos. Encontrar el valor de la deuda si la renta anual es de 500.00 U.M. cada uno, durante 5 años; y la tasa de interés es del 8% anual convertible semestralmente.

**Solución:**

Habrà que considerar que la renta se ha expresado en términos anuales, pero se deberá involucrar en los cálculos en términos semestrales; así mismo, la tasa de interés expresada.

$$i' = i_{(2)}/2$$

$$i_{(2)}/2 = 0.08 / 2$$

$$i_{(2)}/2 = 0.04$$

$$a' = 500.00 / 2$$

$$a' = 250.00$$

$$C_0 = (250.00/0.04)[1-(1+0.04)^{-10}]$$

$$C_0 = 2,027.72 \text{ U.M.}$$

5. Una persona está formando un fondo de ahorro efectuando abonos de 10.00 U.M. cada 6 meses al 4.5% de interés capitalizable al semestre. ¿cuánto

dinero habrá en el fondo al final de 7 años?

**Solución:**

$$i' = i_{(2)}/2$$

$$i_{(2)}/2 = 0.045 / 2$$

$$i_{(2)}/2 = 0.0225$$

$$C_{14} = (10.00/0.0225)[(1+0.0225)^{14} - 1]$$

$$C_{14} = 162.44 \text{ U.M.}$$

6. ¿Cuántos pagos anuales completos y vencidos de 1.50 U.M., y qué pago incompleto un año después deben hacerse para acumular 25.00 U.M. al 6% de interés anual?

**Solución:**

El término "acumular" indica que la cantidad de 25.00 U.M. se tendrá una vez transcurrido el plazo que debe calcularse, por lo que habrá que tratar con la expresión que relaciona un valor futuro con una anualidad.

$$25.00 = (1.50 / 0.06)[(1+0.06)^n - 1]$$

$$n = \text{Ln}[1 + \{(25)(.06)/1.5\}] / \text{Ln}(1+0.06)$$

$$n = 11.90 \text{ años}$$

El número de pagos completos y vencidos de 1.50 U.M. será 11, y la diferencia de las 25.00 U.M. con su respectivo valor futuro, trasladado a un año después, será el último pago incompleto que se efectuará.

$$C_{11} = (1.50 / 0.06)[(1 + 0.06)^{11} - 1]$$

$$C_{11} = 22.46 \text{ U.M.}$$

$$C_{12} = 22.46(1 + 0.06)$$

$$C_{12} = 23.80 \text{ U.M.}$$

$$a' = 25.00 - C_{12}$$

$$a' = 25.00 - 23.80$$

$$a' = 1.20 \text{ U.M.}$$

El último pago incompleto que se efectuará un año después será de 1.20 U.M.

7. Una persona dona 250,000.00 U.M. a una Universidad con el objeto de que ésta proporcione

una beca anual a un grupo de alumnos en forma indefinida. Si el dinero puede ser invertido al 8% efectivo anual, ¿de cuánto será el total de becas que se otorguen al año?

**Solución:**

$$C_0 = a' / i'$$

$$250,000.00 = a' / 0.08$$

$$a' = (250,000.00)(0.08)$$

$$a' = 20,000.00 \text{ U.M.}$$

8. Una deuda de 10,000.00 U.M. va a ser amortizada mediante 7 pagos anuales iguales y vencidos, cada uno de ellos conteniendo un abono a interés y otro a capital. Si la tasa efectiva de interés es del 5% anual, encontrar el pago anual correspondiente.

**Solución:**

$$10,000.00 = (a / 0.05)[1 - (1+0.05)^{-7}]$$

$$a = (10,000.00)(0.05) / [1 - (1+0.05)^{-7}]$$

$$a = 1,728.20 \text{ U.M.}$$

9. Una deuda de 16.00 U.M. devenga una tasa de interés del 4% efectivo anual y va a ser amortizada mediante pagos iguales de 4.00 U.M. al final de cada año. Encontrar cuántos pagos completos se deben efectuar y qué pago incompleto deberá cubrirse un año después del último completo.

**Solución:**

$$16.00 = (4.00 / 0.04)[1 - (1+0.04)^n]$$

$$n = \text{Ln}[1 - \{(16)(0.04)/4\}] / -\text{Ln}(1+0.04)$$

$$n = 4.45 \text{ años}$$

De lo anterior se concluye que el número de pagos completos de 4.00 U.M. es igual a 4; pero para determinar cuánto se deberá pagar al final del 5° año, primeramente se debe obtener el valor futuro de la deuda al final de 4 años, o sea,

de las 16.00 U.M., y después se le restará el valor futuro de los cuatro pagos completos.

$$C'_4 = 16.00(1+0.04)^4$$

$$C'_4 = 18.72 \text{ U.M.}$$

$$C''_4 = (4.00 / 0.04)[(1 + 0.04)^4 - 1]$$

$$C''_4 = 16.99 \text{ U.M.}$$

$$C_4 = C'_4 - C''_4$$

$$C_4 = 18.72 - 16.99$$

$$C_4 = 1.73 \text{ U.M.}$$

Esto significa que después de 4 años, se tendrá un saldo insoluto (deuda) de 1.73 U.M.; pero para determinar el último pago, que será incompleto, habrá que determinar el valor futuro de dicho saldo insoluto en el 5° año, considerando que entre éste y el 4° año sólo existe un periodo.

$$a' = 1.73(1+0.04)$$

$$a' = 1.80 \text{ U.M.}$$

El último pago incompleto que se efectuará será de 1.80 U.M.

10. Un heredero ha recibido un inmueble que actualmente es rentado en 2,500.00 U.M. al mes bajo un contrato de duración anual que se renueva indefinidamente. Actualmente, el inquilino está dispuesto a comprarle el bien de contado. ¿En qué cantidad de dinero estaría dispuesto el heredero a vender la propiedad, por lo menos, si desea invertir lo que reciba en un banco que le garantiza entregarle el 10.75% de interés efectivo anual.

#### **Solución:**

El hecho que el contrato se renueva indefinidamente indica que se trata de anualidades perpetuas, pero para poder aplicar la expresión correspondiente, primeramente habrá que anualizar la renta que se recibe mes a mes,

es decir, se deberá multiplicar por 12, a fin de obtener la renta total que se obtiene en un año.

$$C_0 = (2,500.00)(12) / 0.1075$$

$$C_0 = 279,069.77 \text{ U.M.}$$

La cantidad mínima que esperaría recibir el heredero es de 279,069.77 Unidades Monetarias.

## **INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Es sabido que el objetivo preciso de un inversionista es incrementar su patrimonio, y por eso necesita una base sólida sobre la cual fundamente la toma de una buena decisión respecto de qué alternativa elegir con tal efecto; es decir, el inversionista debe determinar y comparar parámetros e indicadores que le permitan eliminar de inmediato las alternativas no viables según la rentabilidad que cada alternativa le aporte a él.

Para lograr este objetivo, es conveniente y necesario seguir los lineamientos de un proceso estructurado, en el cual se distinguen cuatro etapas fundamentales:

- 1) Identificación de la necesidad de una decisión o de una oportunidad de inversión.
- 2) Formulación de alternativas de acción para satisfacer la necesidad, o bien para aprovechar la oportunidad que se presenta (proyectos de inversión).
- 3) Evaluación de las alternativas de inversión er.

términos de su contribución para el alcance de las metas.

- 4) Selección de una o varias alternativas de inversión para su implantación.

Habiendo identificado una necesidad de inversión, el paso a seguir es la formulación de alternativas de acción, y en ese sentido debe señalarse que para tomar la mejor decisión es fundamental tratar de agotar las diferentes alternativas que “a priori” cumplen con las restricciones establecidas para cada caso específico.

Una vez determinados los “proyectos de inversión”, se procederá en consecuencia a la evaluación y jerarquización de los mismos para determinar la contribución o utilidad de cada uno de ellos al logro de las metas establecidas por el inversionista. Generalmente la contribución de los proyectos se expresa en términos de retornos monetarios como base de comparación entre cada acción a emprender.

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación y considerando que la pretensión es maximizar la utilidad susceptible de ser generada, se seleccionará la mejor alternativa de inversión, y para ello se deberá seleccionar el, o los subconjuntos de proyectos que maximicen la utilidad global respectiva, toda vez que cumplan con las restricciones de tipo tecnológico, económico y de financiamiento que en su caso procedan.

Suponiendo la certeza de las características cuantitativas de un proyecto, se presentan tres criterios que permiten clasificar las inversiones en favorables (rentables) o desfavorables (no rentables) en términos del crecimiento patrimonial del inversionista.

Para efectos de la exposición de estos criterios, la notación utilizada para la definición de un proyecto será el siguiente:

- $C_0$  Inversión inicial requerida
- $B_t$  Beneficio generado por el proyecto durante el período “t”.
- $C_t$  Costo causado por el proyecto en el período “t”.
- $FEN_t$  Flujo de Efectivo Neto del periodo “t”.
- n Horizonte de la inversión dividido en periodos.

El Flujo de Efectivo Neto (FEN) del periodo “t” será igual a los beneficios generados menos los costos causados en el mismo periodo.

### **Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)**

Este método consiste en cuantificar el período en que será recuperada la inversión inicial “ $C_0$ ”, tomando como parámetro principal el costo total del proyecto (inversión total), respecto de los ingresos obtenidos anualmente durante el horizonte de inversión del mismo.

El periodo de recuperación de una inversión puede ser definido como el tiempo requerido para que el flujo de ingresos producido por una inversión sea igual al desembolso original; con

lo cual es posible medir la liquidez del proyecto, la recuperación de su capital y su ganancia o utilidad.

Este método es uno de los más simples y sólo se utiliza como complemento en la toma de decisiones, ya que no toma el valor del dinero en el tiempo.

Para determinar el periodo de recuperación de una inversión se debe establecer la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=1}^{PRI} FEN_t = C_0,$$

donde el valor de "t" será variado desde uno y hasta el valor del periodo de recuperación de la inversión, mismo que es la incógnita a resolver mediante tanteos o por aproximaciones sucesivas.

Bajo el criterio del periodo de recuperación de la inversión, se considerará que ésta es rentable si el periodo de recuperación de la misma es menor o igual que el horizonte o plazo de la inversión; es decir:

$$PRI \leq n,$$

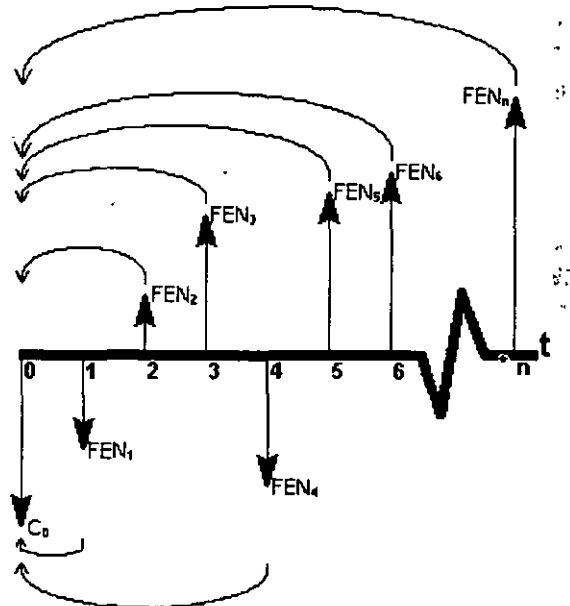
y será considerada como no rentable en caso que esto no ocurra.

No obstante lo anterior, existen otros indicadores que sí consideran el valor del dinero en el tiempo y por tanto resultan se más útiles al proceso de toma de decisiones, como son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Relación Beneficio-Costo (B/C), el Índice de Rentabilidad de la Inversión (IRI), el Pago Anual Equivalente (PAE) y el

Periodo de Recuperación Actualizado (PRA).

### Método del Valor Presente Neto

El método del Valor Presente Neto es uno de los criterios financieros más ampliamente utilizado en el Análisis de Inversiones. Para entender su conceptualización, y también posteriormente el de Tasa Interna de Retorno, consideremos la siguiente figura que recibe el nombre de Diagrama de Flujo de Efectivo, en el cual se representan, como su nombre lo indica, los flujos de efectivo para una inversión:



En este proyecto de inversión se requiere de un desembolso inicial de efectivo "C<sub>0</sub>", con lo que se generarán una sucesión de Flujos de Efectivo Neto al paso del tiempo, desde el primer periodo y hasta el horizonte de la inversión donde se presenta el flujo de efectivo final, quedando éstos representados como "FEN<sub>1</sub>", "FEN<sub>2</sub>", "FEN<sub>3</sub>", ..., "FEN<sub>n</sub>". Los subíndices

colocados corresponden a la variación del contador "t", el cual representa al t-ésimo periodo.

En la figura anterior, la inversión inicial es denotada con la sigla "C<sub>0</sub>" y se representa gráficamente con una flecha hacia abajo de la línea de tiempo, lo cual significa que es una erogación de efectivo. Los flujos de efectivo "FEN<sub>1</sub>" y "FEN<sub>4</sub>" también son hacia abajo en la línea de tiempo y representan flujos de efectivo negativos, es decir, son erogaciones proyectadas. Los flujos positivos son representados con flechas hacia arriba y representan ingresos o beneficios que el proyecto le aporta al inversionista.

El valor presente neto se calcula sumando la inversión inicial al valor actualizado de los Flujos de Efectivo Neto futuros; es decir, a la inversión inicial (representada por un flujo de efectivo negativo) se le suman algebraicamente los Flujos de Efectivo Neto traídos a valor presente mediante una "tasa" con la aplicación de la teoría del interés, tratada ya anteriormente. Dicha tasa será conocida como Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA).

La Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA) es una tasa de interés que indica el rendimiento mínimo que se espera tenga el proyecto.

En resumen, el método del Valor Presente Neto (VPN) consiste en actualizar los flujos de efectivo a través de una tasa de interés y compararlos con la inversión inicial mediante la siguiente relación:

$$VPN_i = C_0 + \sum_{t=1}^n FEN_t (1 + i)^{-t}$$

Se considerará que la inversión es rentable si el Valor Presente Neto tiene un valor positivo, y en caso contrario será no rentable; por lo que se deduce entonces que el resultado que se obtiene refleja si el proyecto será capaz de generar utilidades o pérdidas respectivamente.

Este método tiene las ventajas de:

1. Considerar el valor del dinero en el tiempo mediante la aplicación de la teoría del interés.
2. Facilidad de cálculo.
3. Tiene solución única por cada tasa de interés que se aplique.

Sin embargo, la desventaja es que el resultado obtenido depende de la tasa de interés para deflactación que sea utilizada.

En lo sucesivo, se entenderá por deflactación al procedimiento mediante el cual un Valor Futuro es transformado en un Valor Presente. Al proceso inverso se le conocerá como reflactación.

### Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), considerada también como tasa interna de rendimiento financiero, se define como la tasa de interés de deflactación que hace que el Valor Presente Neto de todos los Flujos de

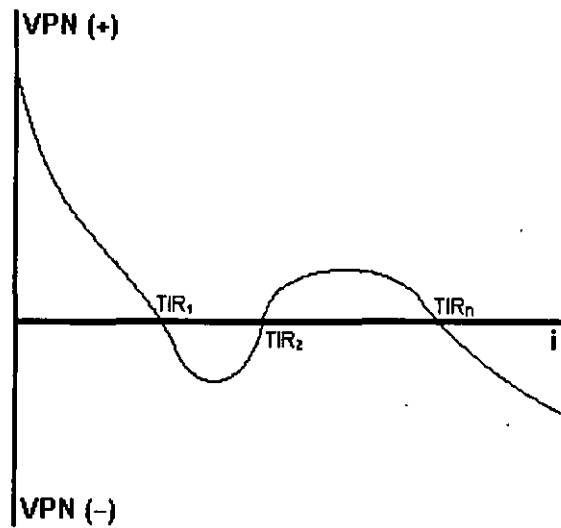
Efectivo Neto de una inversión o proyecto, sea igual a cero, satisfaciendo la siguiente ecuación:

$$C_0 + \sum_{t=1}^n FEN_t (1+TIR)^{-t} = 0,$$

donde la Tasa Interna de Retorno (TIR) es la solución o raíz de dicha ecuación.

Este método tiene una desventaja, la cual radica en el hecho que, la anterior es una ecuación de grado "t", misma que tendrá hasta "t" raíces o soluciones; una o más comprendidas en el campo de los números reales, y el resto existirán en el campo de los números complejos. Cuando existe uno o más Flujos de Efectivo Neto negativos, traen como resultado la obtención de Tasas Internas de Retorno múltiples.

Lo anterior quiere decir que, cuando tratamos casos con características no típicas, pueden obtenerse varias soluciones (Tasas Internas de Retorno) que hacen que el Valor Presente Neto de una inversión sea igual a cero; por lo que para tomar una decisión, es necesario apoyarse en un mecanismo gráfico como el que se ilustra a continuación:



### Relación Beneficio Costo (B/C)

Este indicador se define como la relación entre los Beneficios y los Costos de un proyecto a valores actuales (Valor Presente). Si la relación  $B/C > 1$  el proyecto deberá aceptarse pues indica que sus beneficios son mayores que sus costos, y por lo tanto es conveniente para el o los inversionistas (inversión rentable). Si por el contrario,  $B/C < 1$ ; se debe rechazar el proyecto pues indica que sus costos son mayores a sus beneficios y por lo tanto el proyecto no es rentable.

La relación B/C se calculará aplicando la siguiente relación:

$$(B/C)_i = \sum_{t=1}^n B_t (1+i)^{-t} / C_0 + \sum_{t=1}^n C_t (1+i)^{-t}$$

### Índice de Rentabilidad de la Inversión (IRI)

Este índice será calculado con la siguiente ecuación:

n



$$IRI_i = VPN_i / C_0 + \sum_{t=1} C_t (1+i)^{-t}$$

Se considerará como rentable un proyecto cuyo Índice de Rentabilidad de Inversión sea positivo; y como no rentable el caso negativo.

### **Pago Anual Equivalente (PAE)**

Con el Método del Pago Anual Equivalente (PAE), todos los ingresos y gastos que ocurran dentro de un período son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando dicha anualidad es positiva, el proyecto generará utilidades y es conveniente llevarlo a cabo; si es negativo ocurre lo inverso.

El Pago Anual Equivalente (PAE) será determinado con la expresión siguiente:

$$PAE_i = VPN_i (i) / [1 - (1 + i)^{-n}]$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

# SEGUNDA PARTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES

## ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE PROYECTOS

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Técnica que busca obtener,  
primeramente, resultados  
de eficacia y,  
posteriormente, de  
máxima eficiencia  
mediante la coordinación  
de personas, insumos y  
sistemas que forman una  
empresa.

M.I. Enrique A. Hernández Ruiz

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Una empresa será  
expresada simplemente  
como la unidad de  
producción de bienes y  
servicios para un  
mercado específico, es  
decir, se tratará de una  
unidad económica  
determinada.

M.I. Enrique A. Hernández Ruiz

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

El fin de una empresa siempre será generar nueva riqueza para incrementar el patrimonio de sus inversionistas.

MI Ensayo A Hernandez Ruiz

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

La generación de nueva riqueza se realizará con base en la satisfacción o mitigación de una necesidad específica de una sociedad dispuesta a consumir.

MI Ensayo A Hernandez Ruiz

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

En otras palabras, una empresa comercializa su potencial para producir bienes y/o servicios, a cambio de una retribución económica que satisfaga a sus inversionistas.

MI Ensayo A Hernandez Ruiz

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Con base en lo anterior, puede entenderse que la administración se encargará del suministro, manejo y disposición de los recursos empleados por una empresa.

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Recursos empleados por una empresa:

- Humanos,
- Materiales y,
- Financieros.

---

---

---

---

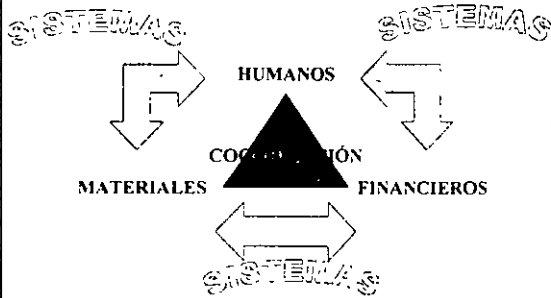
---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN



---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Un sistema será entendido como la integración de diversos elementos que interactúan para lograr el mismo fin.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

10

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Un administrador debe ser una persona que desarrollará actividades de coordinación, es decir, será un "facilitador".

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

11

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

Sin embargo, su labor no debe ser entendida de la siguiente manera:



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

12

---

---

---

---

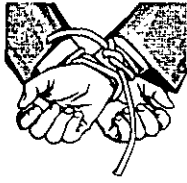
---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

13

---

---

---

---

---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

14

---

---

---

---

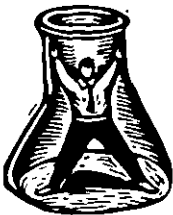
---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

15

---

---

---

---

---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN

Es difícil describir la totalidad de las habilidades que debe lograr un buen administrador, no obstante, siempre será deseable que sea:

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

16

---

---

---

---

---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

17

---

---

---

---

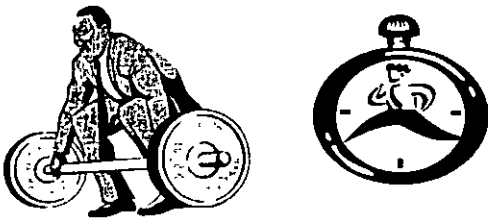
---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

18

---

---

---

---

---

---

---

---



# ADMINISTRACIÓN



M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

19

---

---

---

---

---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN



M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

20

---

---

---

---

---

---

---

---

# ADMINISTRACIÓN

EN RESUMEN:



M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

21

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADMINISTRACIÓN

La coordinación de los recursos de una empresa debe realizarse con elementos razonados mediante la teoría de toma de decisiones.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

22

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Una decisión es la contestación a una interrogante cuyos sucesos a su alrededor tienen tanta incertidumbre que la respuesta no resulta obvia.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

23

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

En la actividad de una empresa hay tantos aspectos inciertos que deberán tomarse en cuenta, como son los que a continuación se mencionan.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

24

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

- La demanda,
- Los competidores,
- El proceso de fabricación,
- La escala de producción,
- El financiamiento,

M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

25

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

- La comercialización,
- Las condiciones generales del mercado,
- Los responsables de cada acción,
- Etcétera.

M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

26

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Vamos a considerar como una toma de decisión en los proyectos, aquella cuyas consecuencias pueden ser determinantes para el mismo si no se actúa adecuadamente.

M I Enrique A. Hernandez-Ruiz

27

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Tomar decisiones debe ser una de las habilidades clave de los ejecutivos de una empresa; por lo que este curso tiene como fin que éstos mejoren dicha habilidad.

M I Estrategia A. Hernandez-Ruiz

28

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Se deberá tomar una decisión cuando exista un problema que se quiera resolver.

Un problema es la diferencia que existe entre un estado real y otro que es deseado.

M I Estrategia A. Hernandez-Ruiz

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Para que un individuo pueda ejercer su capacidad de toma de decisiones será necesario que parta de dos elementos básicos:

- Datos,
- Información

M I Estrategia A. Hernandez-Ruiz

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## **TOMA DE DECISIONES**

Los datos son elementos cognoscitivos carentes de valor y significado para tomar una decisión.

---

---

---

---

---

---

---

---

## **TOMA DE DECISIONES**

La información esta integrada por elementos cognoscitivos homologados, tipificados y clasificados; por lo que cobran relevancia para la toma de decisiones.

---

---

---

---

---

---

---

---

## **TOMA DE DECISIONES**

Para transformar un conjunto de datos en información será necesario someterlos a un proceso ordenado que los homologue, es decir, que los seleccione y discrimine.

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Dicho proceso ordenado será de índole analítica, y procurará que la transformación de los datos conserve una naturaleza, ya sea cualitativa, o cuantitativa.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

34

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Un individuo compara indicadores para tomar una decisión; sin embargo, el proceso comparativo se establece aplicando una selección sucesiva de dos elementos a la vez.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

35

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOMA DE DECISIONES

Los indicadores de decisión se establecen con antelación, de manera acorde a las conveniencias, preferencias y gustos del tomador de decisiones.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

36

---

---

---

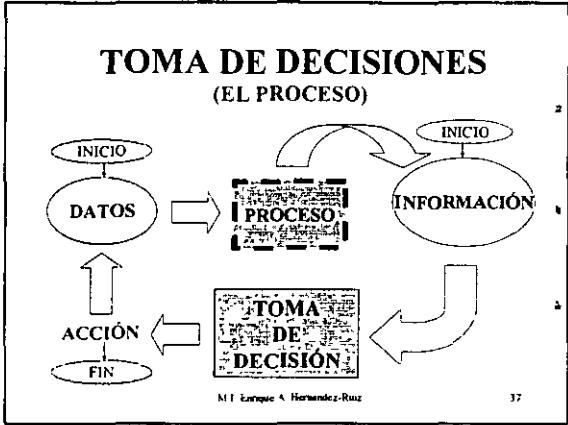
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### PLANEACIÓN

El apoyo fundamental para la toma de decisiones en materia de evaluación de proyectos lo constituye la PLANEACIÓN.

M I Enrique A. Hernandez-Ruiz 38

---

---

---

---

---

---

---

---

### PLANEACIÓN

La Planeación será entendida como un proceso que estructura y ordena información, variables e indicadores involucrados en un proceso de toma de decisiones.

M I Enrique A. Hernandez-Ruiz 39

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

La planeación fue introducida por primera vez en 1950, denominándose en ese entonces como sistemas de planeación a largo plazo.

M I Enrique A. Hernández-Ruiz

40

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Desde entonces, un número mayor de empresas del sector privado y público está siguiendo este ejemplo para controlar sus proyectos, en especial los de inversión

M I Enrique A. Hernández-Ruiz

41

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

La planeación vigila la cadena de consecuencias de causas y efectos durante el tiempo, así como las posibles alternativas de los cursos de acción en el futuro.

M I Enrique A. Hernández-Ruiz

42

---

---

---

---

---

---

---

---



## PLANEACIÓN

Al escoger unas alternativas de todo un conjunto, éstas se convierten en la base para tomar decisiones presentes, procurando seleccionar aquellas que sean opciones.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

43

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

La planeación - proporciona una guía, dirección y límites para la operación de un proyecto de inversión, por lo que resulta más fácil su seguimiento y control ejecutivo.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

44

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

El problema más importante que enfrenta la planeación es el cómo usar y transformar eficientemente los recursos que son cada vez más escasos.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

45

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

La optimación de los recursos es una de las preocupaciones principales al ejecutar cualquier proyecto, pues se procura que éste aporte los mayores y mejores beneficios.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

46

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Para procurar que un proyecto de inversión logre su finalidad se deberá integrar cada una de sus partes dentro de un esquema al que denominaremos PLAN.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

47

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Integración de un Plan:

- Misión,
- Políticas,
- Diagnóstico,
- Visión, y
- Programas.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

48

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Misión:

Enunciará la dedicación primordial y general del proyecto, así como los factores importantes que lo guiarán. Su naturaleza carece de límite de tiempo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Políticas:

Enunciados orales que rigen las creencias, valores, actitudes y lineamientos que pueden definir o describir cómo se harán las cosas en el proyecto.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Diagnóstico:

Corresponde a la presentación del estado real de la entidad. También suele conocerse como "visión retrospectiva" y se divide en dos puntos:

- Análisis interno, y
- Análisis externo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis interno:

Es un proceso que tiene como fin el señalar dos aspectos esenciales desde el punto de vista endógeno:

- Debilidades, y
- Fortalezas.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

52

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis interno  
(Debilidades):

Señalarán las carencias y aspectos deficientes del proyecto como sistema y que son susceptibles de ser mejorados.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

53

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis interno  
(Fortalezas):

Señalarán las abundancias del proyecto y sus aspectos robustos, también desde una concepción sistémica del mismo.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

54

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis externo:  
Este proceso señala, desde una concepción exógena, dos aspectos que cobran especial importancia:

- Amenazas, y
- Oportunidades.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis externo (Amenazas):  
Son los factores que tienden a dañar elementos específicos del proyecto como sistema.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- Análisis externo (Oportunidades):  
Son aspectos que beneficiarán integralmente al proyecto, o bien, que lo robustecerán como sistema.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Conjuntando ambos análisis, el interno y el externo, obtendremos la integración de los factores que favorecerán y perjudicarán de alguna forma al proyecto.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

18

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Perjuicios al proyecto:

- Debilidades y
- Amenazas.

Beneficios al proyecto:

- Fortalezas y
- Oportunidades.

“ D A F O ”

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

19

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

Matriz de DAFO o de diagnóstico

	ENDÓGENO	EXÓGENO
PERJUICIOS	Debilidades Amenazas	Oportunidades Fortalezas
BENEFICIOS	Fortalezas Oportunidades	Debilidades Amenazas

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

20

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- **Visión:**

Es el planteamiento de una situación futura, que presente la idea de lo que debe lograrse conforme los seguimientos y desempeños del plan.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- **Visión:**

Este planteamiento futuro, también llamado "visión prospectiva", puede presentarse en dos vertientes:

- Tendencial, y
- Normativa.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- **Visión tendencial:**

Es el planteamiento que espera encontrarse en el futuro bajo las circunstancias actuales, es decir, en caso de no emprender las acciones por el plan.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- **Visión normativa:**  
Es el escenario que se considera viable y posible de alcanzar en el futuro, siempre y cuando se lleven a cabo las acciones propuestas por el plan.

M I Enrique A. Hernández-Ruiz

64

---

---

---

---

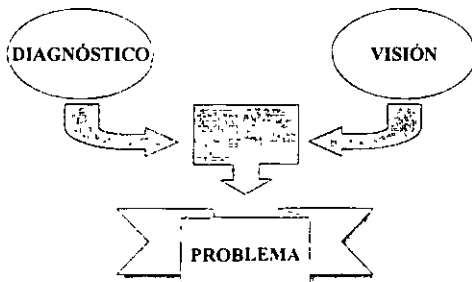
---

---

---

---

## PLANEACIÓN



M I Enrique A. Hernández-Ruiz

65

---

---

---

---

---

---

---

---

## PLANEACIÓN

- **Programas:**  
Son elementos fundamentales del plan, aportan los aspectos estructurales de fondo cualitativos y cuantitativos que se pretenden controlar.

M I Enrique A. Hernández-Ruiz

66

---

---

---

---

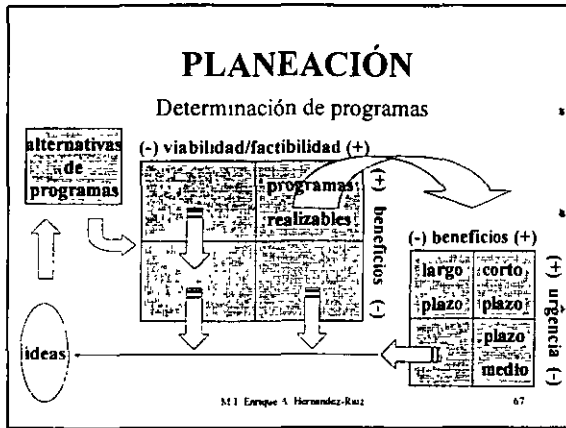
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- ## PROGRAMACIÓN
- Integración de un programa:
- Objetivos,
  - Metas,
  - Estrategias,
  - Acciones concretas,
  - Instancias de apoyo,
- M1 Enrique A. Hernández-Ruz 68

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- ## PROGRAMACIÓN
- Calendarización,
  - Responsables,
  - Indicadores para evaluación,
  - Periodicidad de las evaluaciones, y
  - Prioridad en el plan.
- M1 Enrique A. Hernández-Ruz 69

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- **Objetivos:**

Es la expresión de los logros pretendidos por el programa, constituidos en términos cualitativos.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

70

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- **Metas:**

Este punto complementará al anterior, pues aquí se expresarán los logros pretendidos por el programa en términos cuantitativos.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

71

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- **Metas:**

Sin embargo, éstas pueden formularse como una sucesión de eventos consecutivos, con los cuales serán cumplidos los objetivos de manera completa.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

72

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Estrategias:

Expresan disposiciones generales con las que serán alcanzados los objetivos y cumplidas las metas, enfocadas a expresar el cómo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Estrategias:

Para evitar confundir este concepto debe tenerse presente que: “con tácticas se encaran batallas, y con las estrategias se enfrentan guerras”.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Responsables:

Son los entes físicos o morales encargados de cumplir, supervisar, o bien de llevar a cabo las acciones concretas.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Acciones concretas:  
Son los mecanismos operativos específicos con los cuales será cumplido el programa y la parte correspondiente del plan.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

76

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Acciones concretas:  
Estos mecanismos pueden formularse como tácticas, pero jamás como estrategias.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

77

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Instancias de apoyo:  
Son los entes físicos o morales que pueden coadyuvar a que los responsables desarrollen su encomienda.

M.I. Enrique A. Hernández-Ruiz

78

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Calendarización:

Aquí se señalarán con toda claridad la fecha de inicio de cada actividad y su duración, o bien la fecha de inicio y de término de cada una de ellas.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Calendarización:

La fecha de inicio y término podrán ser determinadas con el auxilio de métodos como el de la ruta crítica (CPM).

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Indicadores para evaluación:

Serán elementos que se valorarán en términos cuantitativos para ser comparados con las metas fijadas.

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Indicadores para evaluación:

De este modo será posible determinar el cumplimiento, avance, o bien, carencias del programa o plan según sea el caso.

M1 Enrique A. Hernández Ruiz

32

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Periodicidad de la evaluación:

Expresará los lapsos que deberán transcurrir para evaluar el desempeño del programa y del plan

M1 Enrique A. Hernández Ruiz

33

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- Prioridad en el plan:  
Será un valor numérico que indicará la importancia de cada programa respecto de los demás.

M1 Enrique A. Hernández-Ruiz

34

---

---

---

---

---

---

---

---

## PROGRAMACIÓN

- **Prioridad en el plan:**  
De esta manera será posible realizar ajustes razonadamente de los programas en caso de una disminución presupuestal.

M.T. Enrique A. Hernández-Ruiz

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Es una función consistente en evaluar y corregir el desempeño de los recursos invertidos en un proyecto (materiales, humanos y financieros) para asegurar que lo planeado se alcance.

M.T. Enrique A. Hernández-Ruiz

16

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Éste deberá adecuarse a los programas, es decir, el control no es un fin, sino un medio para alcanzar los objetivos y metas establecidos en ellos.

M.T. Enrique A. Hernández-Ruiz

17

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Para que sea eficaz necesita ser oportuno, o sea, debe aplicarse antes que ocurran desviaciones, a efecto de tomar medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.

M.I. Enrique A. Hernández Ruiz

88

---

---

---

---

---

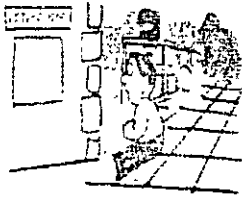
---

---

---

## CONTROL

Se deben evitar situaciones como ésta:



M.I. Enrique A. Hernández Ruiz

89

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Las variaciones y desviaciones deben ser analizadas para conocer las causas que las originan, y así tomar las medidas precisas para evitarlas en el futuro.

M.I. Enrique A. Hernández Ruiz

90

---

---

---

---

---

---

---

---



## CONTROL

Ese análisis deberá ser minucioso.



M. I. Enrique A. Hernández-Ruiz

91

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Un sistema de control debe justificarse en relación con las ventajas económicas que aporte.



M. I. Enrique A. Hernández Ruiz

92

---

---

---

---

---

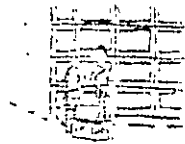
---

---

---

## CONTROL

Debe aplicarse preferentemente sobre las actividades representativas, a fin de reducir costos y tiempo.



M. I. Enrique A. Hernández-Ruiz

93

---

---

---

---

---

---

---

---

# CONTROL

La persona que realiza el control no debe estar involucrada con la actividad misma por controlar.



M1 Enrique A. Hernandez-Ruiz

94

---

---

---

---

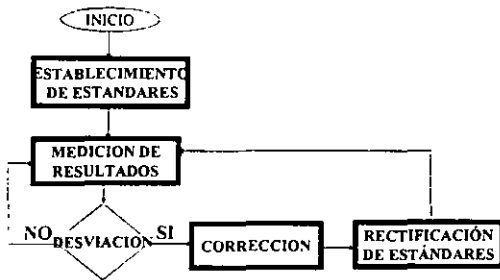
---

---

---

---

# CONTROL (EL PROCESO)



M1 Enrique A. Hernandez-Ruiz

95

---

---

---

---

---

---

---

---

# CONTROL

Los mecanismos de control pueden ser:

- Documental
- Diagramas y gráficas
- Métodos estadísticos

M1 Enrique A. Hernandez-Ruiz

96

---

---

---

---

---

---

---

---

## CONTROL

Una ventaja importante de los sistemas de control es que permiten, en los diferentes niveles y áreas, evaluar los desempeños de manera genérica o específica, para así determinar la acción correctiva necesaria.

M. I. Enrique A. Hernández Ruiz

97

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

# **CURSOS INSTITUCIONALES**

# **PREPARACIÓN DE RESIDENTES Y SUPERVISORES DE OBRA**

Del 24 de mayo al 15 de junio de 2002

## ***ANEXOS***

CI-064

**Instructor: M. en I. Augusto Hernández Ruiz  
URBANIZADORA DEL BAJÍO**

# LA BITACORA

## DEFINICION

Bitácora es un término marítimo; se refiere a un armario en donde se guarda la aguja de marear o navegar. El cuaderno o libro de bitácora es, también en términos marítimos, un libro en el que se apunta el rumbo, velocidad, maniobras y demás accidentes de la navegación.

En construcción, la Bitácora de obra es una libreta que forma parte del contrato. Se utiliza para anotar en ella cualquier situación que se presente durante el desarrollo de los trabajos de construcción que sea diferente a lo establecido en los anexos técnicos de contratación. Diciéndolo en otras palabras, se anota en ella todo lo que resulte distinto a lo previsto a la firma del contrato. Veamos algunos ejemplos que nos aclararán esto: en caso de existir una escasez de cemento, habría que anotarlo en la bitácora, ya que afecta al programa de obra al no poderse avanzar en colados; en caso de ocurrir, deberá anotarse también un alza imprevista en el precio del acero, ya que ello tendrá repercusiones al incrementar los costos originales; se anotaría también un cambio en las especificaciones de un mueble de baño, puesto que quedaría afectada la calidad del producto. Estos ejemplos nos muestran situaciones que afectan los resultados al modificar las condiciones sobre las que se estableció el pacto entre quien encarga la obra y quien la ejecuta.

Anotaciones como las descritas en el párrafo anterior pueden provenir de cualquiera de las partes que firman el contrato, ya que ambas tienen tanto el legítimo derecho como la obligación de hacerlas.

La bitácora tiene otras funciones que son diferentes para cada parte. En lo que se refiere al contratante, éste podrá, por medio de la supervisión, dar fe del Cumplimiento de eventos significativos en tiempo, así como también respecto a situaciones causadas

por motivos ajenos a la responsabilidad del contratado. Pero, indudablemente, la función más importante de la bitácora para el supervisor, es la de constituir una herramienta de control. De hecho, es esa la principal razón por la que fue creada. Partiendo de este enfoque, podemos definir a la bitácora como el máspreciado instrumento para el control del desarrollo de la obra. Ella permite mantener las riendas que controlan el avance de la obra y obtener los resultados preconcebidos. Por ello mismo, será un espejo que refleje fielmente la buena o la mala actuación del supervisor.

El contratado se servirá de la bitácora para solicitar elementos que le sean indispensables para realizar su trabajo. También se vale de ella para señalar cualquier inconformidad que tenga respecto a las órdenes emitidas por la supervisión, en representación técnica del contratante. Ocasionalmente podrá asentar alguna constancia sobre situaciones que considere importantes y que se presenten durante el desarrollo de los trabajos.

#### TEORIA SOBRE EL USO DE LA BITACORA DE OBRA

Hemos señalado que la bitácora forma parte del contrato de obra, por consiguiente, al término de los trabajos de construcción, el contenido de la bitácora complementará los términos y condiciones establecidas tanto en el texto del contrato, como en los anexos técnicos que son así mismo parte integrante del contrato y, por tal razón, deben estar firmados por las mismas personas autorizadas legalmente para firmar el instrumento de compromiso denominado "contrato". En esta forma consideramos que se ha establecido la importancia y trascendencia, así como las posibles consecuencias, de cada intervención en la bitácora. Cabe mencionar que las circunstancias son idénticas para cada una de las partes que intervienen en el manejo de la bitácora.

En lo que se refiere a la supervisión, hemos dicho y ahora reiteramos que la bitácora es el instrumento por excelencia para ejercer el control de la obra a nuestro cargo. Esta gran virtud lleva implícita también una gran responsabilidad, sobre la cual el supervisor debe tener plena conciencia. Cada uno de los asientos en la bitácora es importante. Es posible que muchas de las notas no representan consecuencias

posteriores, pero nunca podremos saber en ese momento cuales de ellas van a convertirse en significativas. Por lo tanto, debemos cuidar la elaboración y el contenido de todos los asientos sin excepción.

Teóricamente, la bitácora de obra es un medio oficial y legal de comunicación entre las partes que firman el contrato. Está Vigente durante el desarrollo de la obra y su último objetivo es el de oficializar todos los elementos que integrarán el finiquito del contrato, un instrumento que, a su vez, trata de la relación de costos reales autorizados que determinan el valor final de la obra misma. Es fundamental comprender esta teoría, ya que de ahí partirá la posibilidad de un manejo adecuado y profesional de todo el proceso constructivo, con todas las ventajas y conveniencias que representa para el ejecutor, el contratante y para la calidad del producto terminado.

Dada la seriedad que debe tener la bitácora, es importante reiterar que su uso debe limitarse a asuntos importantes relacionados con la obra. Desgraciadamente ocurre con demasiada frecuencia que se le utilice como una especie de "buzón de quejas" anotando en ella asuntos no sólo intrascendentes, sino de carácter personal. En casos así se puede llegar a la necesidad de comunicar la anomalía a los directivos de la empresa contratada o contratante para que la corrija.

## FORMATOS DE LA BITACORA DE OBRA

Los podemos clasificar en tres tipos:

En el primer tipo encontramos el formato diseñado e impreso conforme a las necesidades de una institución, una dependencia o una empresa que contratan obra regularmente. Estas libretas, por lo general, ya tienen el número de copias que son necesarias de acuerdo a las necesidades particulares, e inclusive está indicado el destino de cada una de dichas copias, por ejemplo: "Departamento de construcción", "Delegación regional", "Jefatura de zona", etc.

El segundo tipo son los formatos que se encuentran a la venta en papelerías especializadas.

El tercer tipo serían los formatos improvisados.

En cualquiera de los tres casos se deben cumplir las condiciones descritas a continuación:

- 1) Las hojas originales deben estar foliadas.
- 2) Se debe contar con un original y al menos dos copias, una para el contratista y otra para el contratante.
- 3) Las hojas copia deben ser desprendibles, no así la original.
- 4) En las primeras hojas debe haber espacio para anotar los datos indicativos del contrato del que forma parte la bitácora. El mínimo de datos requeridos son: nombre de los contratantes, fecha del contrato, alcances, monto y plazo de ejecución.
- 5) En el margen izquierdo deberá existir una columna para anotar el número de la nota y la fecha.

Estas son condiciones imprescindibles para una bitácora. Las que continúan son meramente recomendaciones.

6) Sobre el margen derecho conviene destinar un espacio para dibujar un croquis explicativo, cuando así lo requiera la nota.

7) En la parte superior de cada hoja es recomendable que haya dos renglones para anotar el nombre del frente de obra y el número de contrato, sobre todo si se trata de una dependencia en la que se manejan muchas obras.



8) Si ello fuera posible, sería muy conveniente que si se trata de bitácoras mandadas a hacer ex profeso, se hagan con el papel especial que no requiere de papel carbón (como el utilizado en las fichas de depósito de los bancos). Comprendemos que debe de tratarse de un material costoso, pero el personal administrativo debe comprender a su vez la dificultad que representa el manejar papel carbón en una obra.

9) El tamaño de las libretas de bitácora constituye un problema, en ocasiones son insuficientes y en otras quedan muchas hojas sobrantes, en el primer caso será necesario abrir otra u otras libretas e indicar en cada una de las hojas, justo antes del número, la leyenda correspondiente: "Libreta 2a.", "Libreta 3a.", Etc. Aquellos que manejen obras de tamaño similar repetidamente, deberán ordenar su fabricación de acuerdo a la necesidad que les indique su experiencia, de manera que siempre se use una sola libreta.

10) Las pastas deben ser duras y resistentes al mal trato, y de preferencia de algún material capaz de resistir a la humedad.

11) En caso de trabajarse en un frente de obra en donde existen muchos contratistas, y por consiguiente se manejan muchas libretas de bitácora, se recomienda que en los lomos y en las pastas frontales se prevea espacio para pegarles etiquetas de colores, sobre las que se escribirán los datos indicativos en letras del mayor tamaño posible. Esto ahorrará tiempo para identificarlas pues las fracciones de minuto perdidas diariamente pueden significar horas al final de la obra. Estos detalles son importantes si deseamos ser eficientes.

Los siguientes puntos se refieren a prohibiciones respecto a las libretas de bitácora. Como supervisores profesionales no debemos permitir que se ponga en entredicho nuestra principal herramienta de control. En este sentido deberemos ser muy estrictos.

13) El foliado de las hojas debe revisarse antes de empezar a utilizarlas, ya

que puede haber errores de imprenta, en cuyo caso es conveniente desechar la libreta. Si fuese necesario foliarla a mano, se procederá a realizar esto por triplicado y con tinta indeleble, cuidando de no omitir ningún número.

14) En el caso de que se utilice una libreta de bitácora improvisada, es conveniente, para proteger los asientos, que en la parte superior junto al número de folio firmen cada hoja aunque sea con antefirma cada una de las partes (residente y supervisor).

15) Si no hay libreta de bitácora no puede iniciarse la obra. En caso de no haberse recibido oportunamente por cualquier razón, será válido iniciar con una libreta improvisada que reúna las condiciones mencionadas y después, cuando se reciba la libreta oficial, hacer el traspaso de una a la otra, poniendo especial cuidado en asentar una nota final en la bitácora improvisada, mediante la cual se realiza el traspaso, e inutilizar el resto de las hojas.

Para terminar este tema sólo diremos qué de acuerdo a la experiencia lograda durante muchos años en la revisión de infinidad de obras en toda la República, con más frecuencia de la deseable hemos encontrado libretas de bitácora que no cumplen con los mínimos requisitos. Reflexionando al respecto llegamos a la conclusión de que en muchas ocasiones la bitácora no recibe la debida importancia, empezando por un manifiesto descuido en lo más elemental, como es el formato mismo. Por lo tanto consideramos fundamental recalcar su importancia y despertar conciencia al respecto, sobre todo por las consecuencias que traería el no aprovechar las virtudes de este instrumento de trabajo.

#### REGLAS PARA EL USO CORRECTO DE LA BITACORA DE OBRA

Bajo este título haremos una lista de una serie de reglas indispensables para el uso adecuado de la bitácora de obra. La intención es facilitar a los señores supervisores el uso correcto y el pleno aprovechamiento de la misma. Ya que la bitácora es manejada por los representantes de las dos partes que firman un contrato, indicaremos reglas que conciernen a ambas, en la inteligencia de que las referentes a la supervisión nos son

esenciales, mientras que es conveniente conocer las de la contraparte, para que nos sea posible establecer el equilibrio que priva en la relación bipartita desde el contrato mismo.

## REGLAS GENERALES

- 1° APERTURA Y CIERRE.- Es imprescindible que las bitácoras sean abiertas con una nota especial al caso. Nos limitaremos a señalar esta regla como básica; los detalles de cómo hacerlo los describiremos más adelante en su sub-capítulo. El cierre de la bitácora es igualmente importante, por lo tanto, también le dedicaremos nuestra atención en particular a su debida oportunidad. Por lo pronto, únicamente indicaremos la necesidad de realizarlo.
- 2° SERIADO DE NOTAS.- Todas las notas deben seriarse consecutivamente, respetando el orden sin excepción. Esta regla tiene por objeto su identificación inequívoca al momento que se requiera. No debe existir nota sin número.
- 3° FECHADO.- Todas las notas de bitácora deben estar fechadas en el día en que se efectúa el asiento.
- 4° ESCRITURA.- Los asientos deben efectuarse con tinta indeleble, nunca a máquina o con tinta que pueda borrarse, mucho menos con lápiz. Es importante además tener cuidado en escribir con letra de molde que sea fácilmente legible y sin abreviaturas. Cualquier persona debe ser capaz de leer todo lo escrito.
- 5° ERRORES.- Cuando se comete un error de redacción, de intención o de ortografía, la nota debe anularse acompañada de una leyenda que diga "Esta nota se anula por tener error". De inmediato se abre la siguiente nota repitiendo lo asentado, esta vez sin errores. En lo posible se debe evitar el tener que proceder como se indica, pero llegado el caso es imprescindible hacerlo.
- 6° TACHADURAS O ENMENDADURAS.- En la bitácora se aplican las mismas reglas

que para la expedición de un cheque bancario. Una nota con tachaduras o enmendaduras automáticamente es legalmente nula, con todas las consecuencias que puede acarrear el hecho. No hay que correr riesgos. Si por alguna razón se precisa tachar algo se debe proceder de acuerdo a lo indicado en el punto N° 5 de esta relación.

7° SOBREPOSICIONES ADICIONES.- No está permitido sobreponer ni añadir nada a las notas de bitácora, ni entre renglones, ni en los márgenes, ni en ningún otro sitio. Si hubiere la necesidad de agregar algo, se abre otra nota haciendo referencia a la de origen.

8° FIRMAS.- Haremos cuatro consideraciones respecto a quienes deben firmar en la bitácora. Primera: es necesario legalmente que las primeras firmas sean las de las personas que firman el contrato. Esta importante condición se requiere para vincular el contrato con la bitácora. Se habrá observado que es costumbre firmar los anexos técnicos por las mismas personas legal y notarialmente autorizadas para firmar el contrato, con objeto de que dichos anexos formen parte integral del mi multicitado contrato. Por idéntica razón, la legalidad de la bitácora debe fincarse en el reconocimiento oficial de quienes están jurídicamente facultados para hacerlo. Al lado de sus firmas indicarán a quien transmiten la autoridad para continuar con el manejo de la bitácora de obra. Esta in discutido condición por desgracia es muy poco atendida, y consideramos que ha llegado el momento de exigir su observancia por principio de orden.

La segunda consideración se refiere a aquellos que son responsables superiores de la obra. Por una parte nos referimos al Coordinador o Jefe de supervisión, por la otra al Superintendente o Gerente de construcción, que son quienes firman la bitácora para abrirla, cerrarla, para autorizar a los supervisores y residentes responsables de cada contrato y para desautorizarlos cuando dejen de prestar sus servicios nombrando a los substitutos asignados. Se recomienda que su participación en la bitácora se restrinja exclusivamente a estas funciones, con el objeto de evitar contradicciones. Si desean asentar algo, basta con que se lo ordenen a sus subordinados autorizados por ellos mismos. Únicamente falta mencionar que son ellos el coordinador y el superintendente quienes están autorizados por los firmantes del contrato a representar los intereses del contratado y el contratante respectivamente.

La tercera consideración, y la más importante, se refiere al supervisor y al residente responsables del contrato en cuestión. Son ellos quienes usarán cotidianamente la bitácora de obra y quienes se valdrán de ésta para controlar la obra en todos sentidos. Serán los celosos guardianes del orden en la misma y todos sus superiores deben procurar de abstenerse de intervenir directamente en la libreta, pues si lo hacen atentan contra el orden establecido y desautorizan lo que ellos mismos autorizaron. Reiteramos que el Supervisor y el Residente son los únicos que deben manejar la bitácora, teniendo toda la libertad y la consiguiente responsabilidad.

La cuarta y última consideración respecto a las firmas son para la intervención de la auditoría técnica de cualquiera de las partes que llegase a visitar la obra y que tendrá facultad para intervenir en la bitácora. Esta facultad queda restringida a dar fe de su visita en determinada fecha, y nada más.

Sólo resta hacer la observación de que cuando existen varios supervisores y/o residentes en una obra a cargo de un mismo contrato, no es recomendable que todos firmen, ya que se presta a confusiones, repeticiones y contradicciones. Llegado este caso, recomendamos que se nombre un responsable de cada parte, y únicamente éste asiente en la bitácora.

9° INUTILIZACION DE ESPACIOS SOBRANTES.— Al completarse el llenado de cada una de las hojas de la bitácora, es indispensable cancelar todos los espacios sobrantes. Esto se logra cruzándolos con rayas diagonales para inutilizarlos.

10° RETIRO DE COPIAS.— inmediatamente que se ha llenado cada una de las hojas de la bitácora, es menester retirar las copias y remitirlas a las oficinas centrales las de la empresa responsable de la supervisión y las del contratista. Esta práctica evita que por un extravío por descuido o intencional de la libreta de bitácora, se pierda el control de la obra. Por esto mismo se revela que es necesario que las copias sean legibles y por tanto el supervisor y el residente deben vigilar que así sea. Hacemos hincapié en esto porque es muy frecuente encontrar bitácoras con hojas escritas y de las cuales no se han retirado las copias, y en no pocos casos la libreta se encuentra con todos los originales y copias, a pesar de estar ocupada en su mayor parte.

11° VALIDACIONES.— Como sabemos, existen diversos medios de comunicación y de transmisión de órdenes y de información. Los más comunes son: los oficios, las minutas de las juntas, los memorandums, las circulares y las comunicaciones telefónicas. Ahora bien, ninguno de estos medios tiene la validez oficial y legal respecto al contrato de obra y, a pesar de su importancia, sólo tienen una validez relativa respecto a la bitácora de obra. Por este motivo es importante validar cualquiera de los medios mencionados, cuando así se requiera, por medio de una nota de bitácora en la cual citamos el medio utilizado y lo convertimos en parte integral de la bitácora. De acuerdo a la importancia del tema y a nuestro propio criterio, procederemos a únicamente mencionar el documento y su tema central, o bien a anexar copia por triplicado al original y copias de la libreta, o en caso extremo transcribir todo el documento en la bitácora. En esta forma quedará manejada apropiadamente toda la información generada en tomo a la obra.

Aquí es necesario describir el procedimiento a seguir para validar las órdenes telefónicas de nuestros superiores. El primer paso consiste en poner por escrito las órdenes que se transmiten telefónicamente y, antes de cortar la comunicación, leer lo escrito a nuestro interlocutor para ver si se han comprendido sus ordenes. A continuación se debe transcribir íntegramente la orden recibida y elaborar un memorandum con copia; mencionando la fecha en que se ha recibido esa orden telefónica. El tercer paso es llevar o remitir al ordenante el memorandum, para obtener el acuse de recibo, de preferencia del superior mismo, o al menos por su secretaría o su intermediario en jerarquía, y si la distancia no permite este procedimiento, enviar un telegrama con copia que se hace sellar en la oficina de telégrafos. La última parte del procedimiento será el esperar una respuesta confirmándonos la orden aclarándonos algo que no hubiésemos comprendido bien. Si no tenemos respuesta, significará que todo está correcto y quedamos así protegidos para posibles reclamaciones futuras. Este procedimiento nos evitará responsabilidades que no nos corresponden y evitará reclamaciones posteriores. No hay que olvidar que a las palabras se las lleva el viento.

12° NOTAS APREMIANTES.— Cuando sea necesario escribir una nota de particular importancia y que por sus características es preciso dar conocimiento de ella a las autoridades de las oficinas centrales de cualquiera de las empresas, se procederán a anular el resto de la hoja correspondiente para retirar de inmediato las copias y poder remitirlas con carácter de urgente.

13° CANTIDAD DE NOTAS.— Algunos colegas expresan preocupación por saber qué cantidad de notas es conveniente o recomendable asentar en la bitácora. Algunos piensan que si se hacen muchos asientos es síntoma de que se puso especial empeño en el control de la obra. Otros argumentan que si hay pocas notas significa que la obra se ha realizado en orden y no ha sido necesario utilizar la bitácora. Es indudable que ambos criterios están equivocados. La bitácora de obra no es un espacio para demostrar mucho trabajo, ya que no se paga por hoja llenada, ni tampoco un medidor de problemas. Tal como hemos explicado al principio de este escrito, en la bitácora se asentará todo lo necesario conforme a los principios que le dan razón de existir, por lo tanto su extensión será determinada por factores definidos por las situaciones que, durante el desarrollo de la obra, resulten distintas a las previstas originalmente en los anexos técnicos del contrato.

14° FRECUENCIA DE LAS NOTAS DE BITACORA.— A las consideraciones mencionadas en el punto anterior añadiríamos que es común encontrar bitácoras que casi no han sido utilizadas. Estamos seguros de que en estos casos sólo se toma la bitácora como un engorroso requerimiento y no se ha descubierto su utilidad para el control efectivo de la obra.

15° SERIEDAD.— Todos los puntos anteriores hacen comprender la seriedad que se requiere para manejar una bitácora de obra.

Por consiguiente recomendamos que, antes de hacer un asiento se medite sobre la necesidad de hacerlo. Si decidimos hacerlo, debemos pensar cuidadosamente lo que queremos decir. Por ningún motivo consideramos apropiado escribir la nota directamente en la Bitácora. Es necesario primero hacer un borrador de ella, para asegurarnos que estamos diciendo precisamente lo que queremos dejar asentado. La libreta de bitácora nunca debe utilizarse para asuntos intrascendentes, insensateces y mucho menos para ventilar agravios o hacer agresiones. La bitácora no es el sitio para desarrollar pleitos personales, y es muy frecuente encontrar asentada en ella agresiones personales y sus respuestas.

16° COMPROMISO DE USO DE LA BITACORA DE OBRA.— Tanto él residente como el supervisor está comprometidos a utilizar la bitácora. De ninguna manera deberá

permitirse que se evada la responsabilidad de realizar asientos para no comprometerse. Los encargados de hacer que se cumpla este ordenamiento son los coordinadores o jefes de supervisión y los superintendentes o gerentes de construcción, cada quien respecto a sus subordinados. Es conveniente aclarar que si una de las partes observa que la contraparte elude el uso de la bitácora es prudente no hacer nada y dejar que ese hecho quede evidente por él mismo. Pero si el objetivo primordial es hacer que la obra se ejecute lo mejor posible, será válido intentar por los debidos conductos que esta actitud se modifique por el bien de la obra misma.

17° REDACCION.—Este es un asunto de capital importancia. Hemos tenido ocasión de observar, una vez que se ha acabado la obra, que a una de las partes se le interroga sobre un asiento que hizo en la bitácora y las respuestas más frecuentemente dadas son de que se intentaba decir otra cosa, que se olvidó el hacer una aclaración o de que "hay varias formas de interpretar lo escrito". Estas respuestas y otras en el mismo talante están motivadas por errores de redacción, y todas dan como resultado afectaciones económicas a veces muy costosas para cualquiera de las partes. Cabe reconocer que en la mayoría de los casos es el contratista el que se ve beneficiado con estas situaciones, aunque existen casos en que ocurre lo contrario. Es por lo tanto importante aprender a redactar correctamente, ya sea en forma autodidacta, para lo cual existen muchos libros, o tomando cursos sobre el tema. No podemos ser profesionales en nuestro trabajo si presentamos deficiencias en este sentido.

18° ORTOGRAFIA.— Un supervisor profesional que se precie en ser lo, está obligado a manejar bien la ortografía. Aunque puede considerarse que este tema es un asunto de segunda importancia, hacemos especial énfasis en él pues significa mucho para la imagen que proporcione de quien escribe con faltas ortográficas, y recordemos que algunos asientos serán leídos por mucha gente. A este respecto recomendamos a los señores supervisores que adquieran un libro sobre el tema y lo estudien, o que tomen un curso una de las formas para reforzar este conocimiento es leer mucho, ya que aquel que lee mucho acaba escribiendo sin fallas.

19° CERRADO DE ASIENTOS EN LA BITACORA DE OBRA.— Todas y cada una de las notas deben quedar cerradas, esto es, resueltas. Naturalmente que nos referimos a



notas que traten asuntos que deben atenderse. Es también fundamental cerrarlas a la brevedad posible dejando resueltos los problemas o situación mes que las motivaron. A nosotros, como supervisores, nos afecta mucho nuestro tiempo y nuestra concentración el hecho de estar arrastrando asuntos pendientes de resolverse, una razón suficiente para que pongamos especial atención en cerrar las notas lo más pronto posible. El no atender a esto en forma eficiente da como resultado que con el tiempo es tal el número de problemas no solucionados que acabamos bloqueados y perdemos de manera efectiva el control de los eventos y en consecuencia, el de la obra misma y la bitácora deja de ser el principal instrumento de control para convertirse en nuestro verdugo. Nunca dejemos hilos sueltos.

20° CUSTODIA DE LA LIBRETA DE BITACORA.— Por su carácter de instrumento de control y por las razones por las que fue creada, la libreta de bitácora de obra debe quedar bajo la custodia del supervisor. En alguna dependencia esto está reglamentado para que el responsable sea el residente, algo que nos parece incorrecto pero que, en última instancia, no nos afecta substancialmente. Independientemente de quien la custodie, lo importante es que realmente esté disponible para ambas partes y a este respecto es conveniente reglamentar en cada caso cómo, cuándo y en dónde se encuentra la libreta, para tener libre acceso a ella en horas de trabajo, desde luego en el mismo lugar en el que se desarrolla la obra. De hecho, es absolutamente incorrecto sacar la libreta de la obra, salvo en casos excepcionales, cuando no hay lugar para guardarla. Se debe tener en cuenta que custodia no quiere decir propiedad, y que es un asunto muy grave ocultar la libreta, lo que afecta por igual a cualquiera de las partes que intervienen en el proceso de construcción.

21° BITACORA UNITARIA POR CONTRATO.— solo está permitida una bitácora por cada uno de los contratos. No podrá existir una libreta utilizada por dos contratos, aunque se trate de la misma constructora o del mismo frente. Si los contratos son pequeños, las libretas habrán de ser pequeñas, pero siempre unitarias.

22° HABITO DE LECTURA.— Debe hacerse una costumbre el leer cada día lo anotado en la libreta de bitácora. Esta regla deberá seguirse Siempre, lo cual nos evitará sorpresas desagradables. Queremos aprovechar la ocasión para hacerla extensiva a toda documentación que se maneje relacionada con la obra durante el desarrollo de la misma.

Uno de los aspectos más significativos de este tema es el que se refiere a las especificaciones, pues de nada servirá un excelente trabajo de integración de éstas, para que después no se lean y por lo tanto no se apliquen en la realización de los trabajos de campo. El hábito de la lectura no es malo y lo consideramos imprescindible para cualquier profesionista que desee superarse.

Las reglas que continúan ya no son generales, sino particulares, en primer lugar para el supervisor, y en segundo para los residentes, y en esta forma se completan las reglas de uso de la bitácora de obra.

## REGLAS DE LA SUPERVISIÓN

1° ORDENES.— El uso más frecuente que el supervisor hace de la Bitácora de obra es para ordenar al contratista lo que debe realizar, sobre todo cuando, por cualquier motivo, es menester ejecutar procedimientos distintos o utilizar materia les diferentes a los señalados en el proyecto ejecutivo. También es frecuente ordenar la aceleración de un proceso que se retrasa en cuanto a su tiempo o secuencia de ejecución. Oigamos para concluir que por medio de la bitácora el supervisor ordena lo necesario para corregir desviaciones que se presenten en tiempo, costo o calidad. Consideramos conveniente aclarar que el supervisor nunca solicita, pide y mucho menos suplica por medio de la bitácora. Cualquier palabra diferente a “ordenar” representa una distorsión a la función que desempeña y no debe usarse, aunque se hieran susceptibilidades. Recordemos que la supervisión, esta en la obra para ordenar. Debe hacerlo con cortesía, pero siempre ordenando.

2° CERTIFICACIONES.— En la libreta da bitácora el supervisor debe certificar o dar fe de situaciones o del cumplimiento de órdenes por iniciativa propia o a solicitud del contratista. Recomendamos que siempre que se certifique algo es por que se tiene seguridad de que es exacta y precisamente como se escribe en la bitácora. No está permitido equivocarse cuando se está actuando prácticamente en calidad de notario. La responsabilidad en estos casos es enorme y se sugiere revisar a lo menos dos veces lo que se asevera y, de ser posible, se acumulen pruebas que respalden la certificación. Esto puede hacerse por medio de fotografías o tratándose de fenómenos atmosféricos,

obteniendo copias de los reportes respectivos de las oficinas meteorológicas de la zona. Si se tratara de huelgas, por medio de los oficios de los sindicatos. Como cada caso es diferente, habrá que buscar la forma de obtener lo necesario para proteger nuestro trabajo y nuestras decisiones.

3° AUTORIZACIONES.— Es frecuente que la supervisión dé autorizaciones por conducto de la bitácora. De hecho debe hacerse rutinariamente sobre aspectos críticos, como son autorizaciones de colados de Concreto, compactaciones de rellenos, bancos de nivel, trazos para la fijación de vértices de los inmuebles y todo aspecto crítico de cada proyecto en particular. Por el tipo de autorizaciones regulares en el desarrollo de los trabajos, requiere una cuidadosa revisión previa para asegurarse de que todo está correcto. Si bien es cierto que tenemos la facultad para autorizar estas ejecuciones críticas, también es cierto que en el momento de autorizarlas somos corresponsales con el constructor en el resultado final de los trabajos. Por consiguiente estas revisiones deben efectuarse con un sistema o guía que nos garantice el haber cubierto toda eventualidad o irregularidad para ordenar su corrección antes de autorizar. Existen otros tipos de autorizaciones y estas son las que se refieren a aspectos no rutinarios, o sea que son asuntos que difieren de lo establecido previamente en los anexos técnicos. También puede tratarse de órdenes recibidas por nosotros de superiores reconocidos, tanto de nuestra empresa como directamente del contratante. En estos casos debemos proceder basados en las siguientes reflexiones que orientarán cada acción. Si bien es cierto que somos los responsables de la bitácora y en ella emitimos las órdenes, también es cierto que no estamos facultados para modificar nada de lo comprendido en los anexos técnicos. Por lo tanto, si actuamos transmitiendo una orden o modificando un plano, nosotros a la vez requerimos imprescindiblemente que se nos autorice para poder hacerlo. De no proceder así, estaremos tomando atribuciones que no nos corresponden y adquiriendo responsabilidades que no son nuestras, ya que si se le paga a un calculista estructural para diseñar y responsabilizarse por la estructura de la obra, no podemos nosotros, como supervisores, modificar alguna parte de dicha estructura por nuestra cuenta, ya que en esta forma nos volvemos automáticamente los únicos responsables de dicha estructura eximiendo al calculista de su responsabilidad. En caso de cualquier reclamación posterior el calculista podría argumentar con toda razón que no se construyó lo que él ordenó. Un asunto como el que describimos puede ser muy delicado y esperamos que sea lo suficientemente ilustrativo como para dejarnos como regla el no

tomar responsabilidades ajenas y que si transmitimos una orden o una autorización de un tercero a la bitácora es por que contamos con autorizaciones firmadas y oficiales que respaldan plenamente.

4° INFORMACIONES.— Eventualmente, el supervisor utiliza la bitácora para informar al contratista sobre alguna situación, evento, cambio de personal, visita oficial, revisión especial, etc. Cuando sea necesario asentar una nota de este tipo debemos observar como única regla el que se anotarán en la bitácora únicamente las informaciones que representen afectación al programa, al presupuesto o a la calidad de la obra. De no ser así, es necesario transmitir esta información por cualquier medio de los reconocidos, absteniéndose de ocupar un espacio en la bitácora.

5° PREVENCIONES.— Es muy saludable en asuntos de construcción el prevenir situaciones o anticiparse a posibles problemas. El uso de la bitácora por parte del supervisor no debe marginarse de este principio. Ocasionalmente veremos la conveniencia de anticiparnos, haciéndole saber al contratista sobre algún material o equipo que debe tener listo para una fecha futura. En el manejo de este tipo de notas, que son también advertencias, debemos cuidar su limitación a aspectos realmente significativos y trascendentes dentro del proceso constructivo.

6° CONTROL POR BITÁCORA DE OBRA.— Este tema que, como hemos dicho, es el central desde el enfoque de la supervisión, en realidad comprende un poco de todos los temas que ya hemos tratado anteriormente, más un tanto de lo suyo propio. El control entonces se ejercerá valiéndonos de todos los temas según las necesidades de cada momento del desarrollo. Cada supervisor tendrá su estilo y criterio particulares para aprovecharlo expuesto dosificando debidamente las opciones. Lo único que nos restaría por tratar es el procedimiento que debe observarse cuando nos encontramos con un contratista que se niega a obedecer las órdenes o hace caso omiso de las mismas. Sobre este tema hemos observado situaciones de todo tipo, pero desgraciadamente abundan aquellas en las que la supervisión carece de recursos para manejar el problema, y en no pocos casos termina representando un papel realmente lastimero al quedar atrapada en un juego establecido por el contratista para su propio beneficio. Procederemos a exponer un procedimiento adecuado, pero antes recordamos o hacemos saber a los señores supervisores que ante un contratista que se rebela contra el orden establecido se debe,

antes que nada, conservar la serenidad y actuar inteligentemente. No olviden que como supervisores que recibieron esta designación por parte del contratante (dueño del dinero para realizar los trabajos) son quienes tienen el mando, y si proceden debidamente el que acaba por quedar mal es el contratista de quien, por cierto, jamás debemos permitir el ser amedrentados por sus amenazas.

Los pasos a seguir son los siguientes:

I.— Todo parte de una orden rutinaria o extraordinaria que se le da al contratista por medio de la bitácora de obra, precisa para que la orden proceda, que la supervisión mencione en la nota un plazo razonable para su cumplimiento.

II.— Una vez vencido el plazo concedido y habiendo comprobado que no se atendió la orden emitida, procederemos a asentar una segunda nota en la bitácora, haciendo referencia a la primera y concediendo un nuevo plazo, igual o menor que el anterior. Simultáneamente deberá informarse del asunto a nuestros superiores. Por último se tratará de con vencer con amabilidad al contratista para que cumpla su obligación o nos exprese el motivo por el que se resiste a cumplirla. Si en su explicación encontramos argumentos sólidas y convincentes, debemos ser razonables y reconsiderar la orden, ya sea para ampliarle el plazo o bien para buscar alguna solución al problema en su conjunto para no dejar cabos sueltos. Cuando se presente un caso así, debemos tener mucho cuidado en que los argumentos sean realmente razonables.

III.— Si llegase a vencerse el segundo plazo concedido, procederemos a asentar una última nota en la bitácora, haciendo referencia a las notas anteriores, conminando a la atención inmediata del problema y señalando una sanción en caso de no actuar conforme a lo ordenado en un nuevo plazo que deberá ser, de preferencia, menor al segundo concedido (en caso extremo será de la misma duración que el segundo). Las sanciones más apropiadas y efectivas serán las de no autorizar la estimación inmediata, el no conceder prórrogas, y la más drástica puede ser la rescisión del contrato por incumplimiento. Desde luego puede haber muchas o tras y la que se use dependerá de las circunstancias, del tipo de obra y del criterio del supervisor. Procederemos después a informar a los superiores y, de común acuerdo con ellos, se optará por alguna de las siguientes alternativas citar a una reunión urgente al personal técnico directivo de la constructora

para tratar el asunto. Esta reunión debe convocarse para la fecha más próxima posible y conviene hacerlo, además de por vía telefónica, por escrito y con acuse de recibo, y con copias marcadas para él. Director general de la constructora y para el contratante. En esta reunión se tratará de resolver, por medio de la cordialidad, pero en forma inflexible, el problema. Encontráremos en ella, además, ocasión para poner al tanto de los acontecimientos a los directivos de la constructora, los cuales es común que no estén al tanto o que tengan versiones de formadas de estos problemas de parte de su personal de campo, o bien actúan en total acuerdo con ellos. Indudablemente que la presión ejercida en la reunión motivará un cambio en la resistencia ofrecida. En caso de que hubiera ignorancia de los hechos, se reclamará al residente su actitud inconveniente y tendrá que someterse al orden establecido en la obra. Además, para la supervisión, quedará el precedente en contra del residente y, en caso de repetirse un problema de esta naturaleza, quedará expuesto a que se solicite su sustitución. Facultad que en la mayoría de los formatos de contrato se otorga al supervisor.

La segunda alternativa consiste en el mismo procedimiento, pero por medio de oficios. Esta tiene efectos más limitados y más lentos, pero es también muy útil y tiene la ventaja de dejar huella por escrito. Si manejamos adecuadamente estos recursos, podemos estar seguros de que no será necesario asentar mas notas en la bitácora exigiendo atención al problema cuyo desarrollo he nos analizado.

Para terminar con el tema del control de obra por medio de la bitácora, diremos que su correcto uso y su aprovechamiento dependen del conocimiento pleno de los procedimientos y recursos por parte del supervisor, así como de su criterio el que administrará el empleo de los citados recursos en la forma y en el momento que le sea más conveniente sin exagerar en ningún sentido. Terminemos diciendo que es necesario que el supervisor no sea ni ingenuo ni cándido, lo complejo del control de obra requiere destreza y experiencia, inteligencia y profesionalismo.

## REGLAS DE LA RESIDENCIA DE OBRA

1° SOLICITUDES.— La residencia de la obra utiliza la libreta para solicitar a la supervisión elementos necesarios para ejecutar la obra. Esta forma de uso es la más frecuente por parte del personal de campo del contratado. También se comprende en este tipo de uso, las solicitudes de autorización, de certificación, de constancia, de información y de revisión, por medio de las cuales el contratista hace peticiones de Visto Bueno de los trabajos que realiza. Visto Bueno que, al serle otorgado, le exime de la total responsabilidad sobre lo ejecutado. Y decimos total, porque una vez aceptado por la supervisión, la responsabilidad se comparte, aunque el último responsable seguirá siendo el contratista. Al menos así tendrá atenuantes a su favor.

2° ACEPTACIONES. — En la bitácora, el contratista acepta ordenes o instrucciones giradas por la supervisión, e implícitamente se obliga a cumplir lo requerido. Ahora bien, si no está totalmente de acuerdo con lo ordenado, tiene derecho a aceptar bajo protesta, pero es necesario que en la nota siguiente exponga los motivos por los que no está totalmente de acuerdo y podrá, si lo desea, solicitar una reconsideración de lo ordenado, o bien una explicación de los motivos que impiden que se atienda a su solicitud.

3° INCONFORMIDADES. — En caso de que el contratista esté en total desacuerdo con la orden que recibe, podrá recurrir a asentar una inconformidad. Desde luego que tendrá que explicar suficientemente los motivos, ya que la inconformidad lleva explícita la solicitud de anulación. La supervisión está obligada a contestar ya sea anulando, modificando o reiterando la orden. En el último caso deberá darse una amplia explicación de las razones que obligan a la reiteración. En el caso de que la supervisión no conteste la inconformidad, el contratista podrá solicitar respuesta repetidamente, y si esto tampoco da resultado, tendrá opción de recurrir a un procedimiento como el presentado para la supervisión en el punto N° 28 de esta relación, denominado "Control por bitácora de obra", con la diferencia de que solicitará la reunión en vez de convocarla, y de que en caso de no ser escuchado podrá recurrir, en última instancia, al contratante y a la demanda legal, si el caso lo amerita y así lo considera necesario el contratista en defensa legítima de sus intereses. En una situación de esta naturaleza la supervisión se verá en graves

dificultades si no tiene elementos suficientes y amplios para apoyar su postura, y peor aún si actuó con negligencia e irresponsabilidad al no contestar a la inconformidad.

4° EXIGENCIAS.— En algunas ocasiones el contratista puede exigir por medio de la bitácora. Estas ocasiones se presentan cuando la supervisión, por algún motivo injustificado, no le entrega soluciones a problemas concretos de la obra y debido a esto se retrasan los trabajos lesionando los intereses del contratista por retraso del programa o por la provocación de tiempos muertos que mantengan a los trabajadores inactivos, sin el reconocimiento económico correspondiente. Lo mismo es aplicable cuando la supervisión ha ofrecido oficialmente una solución y no ha cumplido.

5° ADVERTENCIAS.— Existe la posibilidad de que el contratista asiente en la bitácora advertencias cuando se le ordene algo que, a su juicio, puede acarrear determinadas consecuencias. También puede presentarse la ocasión cuando no se le suministre información o elementos necesarios a tiempo, lo cual puede tener efectos negativos o lesivos posteriormente.

Aquí terminamos la exposición de las reglas principales sobre el uso regular de la bitácora de obra. La intención ha sido incluir en estas reglas las situaciones que se presentan con mayor frecuencia, y en caso de ocurrir algo extraordinario. Nuestra recomendación es que el supervisor recurra a su coordinador o jefe de supervisión para decidir el procedimiento a seguir, que sea adecuado a las circunstancias particulares de la obra en cuestión y la situación extraordinaria que mencionamos. Nunca actuemos solos cuando los acontecimientos salgan del cauce normal o del previsto durante el desarrollo de la obra.

#### APERTURA DE LIBRETA DE BITACORA DE OBRA

La apertura de la bitácora se realiza por un primer asiento en el cual se menciona, el principio de la relación entre las partes (esto no significa que no coincida con el inicio de la obra, ya que regularmente la apertura se efectúa días antes del arranque de los trabajos y en no pocos casos, en forma incorrecta pero frecuente, la obra se inicia



antes de que se designen los supervisores). En otras palabras, la apertura de la bitácora indica el inicio de la relación entre los representantes del contratante y el personal de campo de la empresa constructora. De esta manera queda definida la "Apertura". En lo que respecta al contenido de este primer asiento, diremos que en él deben relacionarse los siguientes datos:

Primeramente los datos de las partes: nombres de las empresas, direcciones y teléfonos. Después, los datos indicativos del contrato y su alcance, en la forma descriptiva más precisa posible. A continuación una descripción detallada del terreno o lugar en donde se llevarán a cabo los trabajos, incluyendo todas las características principales y las particulares que se observen y que se considere que pueden afectar de alguna manera la ejecución de los trabajos a realizarse. Esta parte de la nota de apertura es muy poco acostumbrada, pero la consideramos fundamental, sobre todo porque protege la primera intervención de la supervisión en la obra. Encaso de que la supervisión se designe cuando la obra ya ha sido iniciada, en este lugar se debe anotar un corte completo de los trabajos ya realizados, haciendo las observaciones pertinentes sobre irregularidades observadas durante la primera revisión, quedando así deslindada nuestra responsabilidad a partir de ese momento. La siguiente parte de la nota de apertura debe ser la declaración de inicio de bitácora. Por último se hará el registro de las notas autorizadas, el cual debe comprender un mínimo de dos por cada una de las partes como ya hemos mencionado, las más convenientes son por la supervisión, el supervisor responsable y su coordinador o jefe de supervisión, y por el contratista, el residente a cargo del contrato y el superintendente o gerente técnico o de construcción.

### CIERRE DE LA BITACORA

Cuando se ha terminado la obra, incluyendo las actividades correspondientes a la entrega de la misma, y cuando ya no queda ningún pendiente, o sea que todas las notas sin excepción han sido cerradas, se procede a efectuar el asiento final o cierre de la bitácora. Esta última nota debe expresar que por medio de ella se da por finiquitada la relación técnica de campo, habiéndose cumplido en todo lo que en ella se consignó. Después se procede a firmar y a anular todas las hojas sobrantes, inutilizándolas sin

arrancárselas de la libreta y ésta, por conducto de la supervisión, se anexa al finiquito de la obra, para ser entregada al contratante, quien la guardará en su archivo para cualquier aclaración posterior. Con esto damos por terminada la obra en lo que actividades de campo se refiere.

## TIPOS DE NOTAS Y EJEMPLIFICACIONES

Los tipos de notas de bitácora ya han sido clasificados en las reglas. En este capítulo haremos un análisis del contenido que deben tener cada una de las notas según su tipo. Iniciaremos este análisis por la nota más compleja. Se trata del orden de corrección de un elemento que ha sido ejecutado con defectos. Primero procederemos a presentar un desglose de las partes que imprescindiblemente debe con tener el asiento:

1º — CLASIFICACION DE LA NOTA.— Las primeras palabras del asiento deben referirse a la finalidad de la nota en este caso se tratará de una orden. Entonces debe iniciarse diciendo:

"SE ORDENA". En otros casos: "SE INFORMA", o bien "SE CERTIFICA", etc.

II.—DESCRIPCION DEL ASUNTO.— A Continuación escribimos el asunto que motivó la nota. La redacción tipo sería, por ejemplo: "La reparación de la arista de la losa", o "La sustitución del aplanado", etc. Se trata en esta parte de expresar el motivo de la orden que se emite.

III.— UBICACION.— Consiste en mencionar la ubicación del elemento al que nos referimos. Lo delicado de esto aparece cuando se trata de un elemento repetido muchas veces, por ejemplo, trabes y muros. Por lo reiterativo de la mención de estos elementos es preciso mencionar su ubicación con datos suficientes para que puedan localizarse sin equívocos. Es por tanto indispensable indicar la ubicación en forma muy clara, de manera de que no se preste en ninguna forma a permitir eludir responsabilidades al argumentarse, por ejemplo:

"Es que yo había entendido que era del otro lado", o bien:

"Como no está muy claro, yo creí que se trataba del otro edificio", o a veces: "Pensé que era en el tercer nivel y no en el quinto", etc., etc. Para evitar problemas indiquemos con toda claridad. Más vale exagerar que pecar por falta de datos.

IV.— CAUSAS DEL PROBLEMA.— A continuación de la ubicación tenemos que mencionar las causas del problema, en forma breve, pero abarcando con precisión cuáles fueron las causas y refiriendo éstas a la o a las especificaciones por las que no fueron observados y cumplidos, por lo cual se motivó el error o la deficiencia.

Un ejemplo sería: "Las oquedades en la contratrabe fueron causadas por el uso de agregados de tamaño máximo 1", cuando que en la especificación del plano estructural ES-1 dice que el agregado máximo será de ½", desde luego que para emitir este dictamen es fundamental haber investigado todo lo necesario hasta tenerla plena y absoluta seguridad de escribir en la bitácora lo que es absolutamente cierto. Habrá ocasiones en que esta investigación nos obligue a consultar al calculista o al especialista externos, a los fabricantes o a quienes sea necesario hasta conocer la verdadera causa de la deficiencia y poder emitir el dictamen. Estos casos extremos pueden presentarse, pero el proceso de investigación se inicia aplicando nuestros conocimientos interrogando al contratista al respecto y, de no encontrar respuesta satisfactoria, en segunda instancia recurriremos a nuestros superiores y al responsable del proyecto y de las especificaciones, y por último a ayudas externas. Lo realmente importante es encontrar las causas.

V.— SOLUCION EXIGIDA.— El siguiente paso consiste en anotar la solución que debe efectuarse para subsanar el problema. Para esa solución debemos proceder paralelamente y en forma idéntica a como lo indicamos en el párrafo anterior, con el fin de determinar las causas del problema. Únicamente añadiremos que es preciso anotar en la bitácora todos los datos necesarios para su corrección. De hecho habremos de generar una especificación completa y particular y, si fuese necesario, se hará referencia a las especificaciones generales de la obra.

VI.— PLAZO PARA LA SOLUCION.— Inmediatamente después de la solución descriptiva, se establece un plazo máximo para su ejecución. El plazo determinado debe de ser factible de cumplirse considerando todos los pasos que implica el proceso, recomendamos anotarlo señalando una fecha fija. En esta forma sabremos que para esa fecha el problema deberá estar resuelto. No recomendamos anotar cantidades al determinar los plazos, decir por ejemplo: “en 72 horas” o “para la semana próxima”, ya que nos obligamos a hacer cuentas para saber cuándo se vence el plazo.

VII.—PREVENCION.— Se trata sin duda de la parte más importante de la nota de bitácora. Desgraciadamente es la parte que me nos se acostumbra considerar al hacer los asientos y podemos afirmar que por medio de ella la supervisión crece y cumple realmente sus objetivos, ya que actuando con carácter preventivo es como se presta un servicio eficiente y profesional. El espíritu que predomina en la acción preventiva del supervisar se fundamenta en la siguiente reflexión:

“Si hemos encontrado un error o defecto, hemos investigado las causas y determinado una solución para subsanarlo, ¿por qué no aprovechamos la experiencia y tomamos las medidas necesarias para que no vuelva a presentarse otro caso igual?”. Ahorraremos dinero, evitaremos pérdidas de tiempo, no nos veremos en la necesidad de hacer remiendos y trabajaremos menos, todo en beneficio directo de la obra, del propietario. Del constructor y del supervisor. Como se puede constatar, todos los efectos son positivos y sanos. Asentar la parte preventiva de la nota de bitácora tiene cierto grado de dificultad, debido a que es necesario meditar la forma en que es más conveniente realizar el trabajo que nos ocupa, requiriéndose analizar el proceso y quizás hasta observar ese proceso durante su ejecución, en busca de elementos que nos permitan perfeccionarlo y racionalizarlo. Es así mismo recomendable consultar al respecto con el residente de la obra. Es él quien finalmente será el responsable de efectuar las modificaciones preventivas y nada sería mejor que el que aceptara de antemano y que participe en la elaboración de la solución que habrá de dictarse.

VIII ° RESPONSABILIDAD DE LA NOTA Y CONSECUENCIAS ECONOMICAS.—

La Última parte del texto de la nota de bitácora corresponde a señalar quién

cubrirá el costo de las modificaciones, reparaciones, substituciones o lo que represente económicamente la nota misma. Por lo general y salvo contadas excepciones, se genera con las órdenes emitidas un costo extra, sobre todo si son reparaciones o substituciones. Debe señalarse en la nota quién es el que debe pagar esto. El cargo podría hacerse al contratista si ocurre que por no haber observado el plano o no haber seguido el procedimiento indicado en las especificaciones, o bien por no haber utilizado los materiales indicados en el presupuesto él fue quien generó el problema, y será con cargo al contratante cuando se trate de modificaciones a los planos, especificaciones o materiales, inclusive cambios de proyecto, o cuando habiéndose seguido debidamente las instrucciones de la especificación y ocupado los materiales aprobados, el resultado fue distinto y no es posible lograr lo que se pidió. En cualquiera de los casos la supervisión deberá cuantificar los volúmenes de material y de trabajo, y anotarlos en la bitácora. En caso de tener los precios autorizados para todos los conceptos incluidos en cada caso particular, deberá anotar también el costo inicial.

Sobre lo dicho cabe la posibilidad de que algunos se pregunten: ¿qué caso tiene anotar el costo, o los elementos del costo, cuando el cargo es al contratista? Hay cierta razón para esta objeción. En realidad no es necesario, pero si queremos llevar nuestro trabajo con la mayor perfección, estos datos nos servirán posteriormente para acumular los y mostrarle al contratista a cuánto asciende el costo de sus errores y defectos, y de esta manera acabaremos con frecuentes discusiones cuando intentan de que se les reconozcan pérdidas porque, argumentan, "no era posible construir la obra en cuestión y obtener una utilidad decorosa". Los datos citados también nos servirán en caso de que se presente el improbable caso de que el contratante les reconozca un pago que se había cargado en su contra. Como puede constatarse, hemos dejado la parte del costo al final de la nota de bitácora. No es fortuito. Se procede así para que cuando se elabore el finiquito se nos facilite el trabajo, en vez de andar buscando el costo entre todo el texto de cada nota, bastará con leer el último renglón de cada una.

IX.— CROQUIS EXPLICATIVO.— Se recomienda dibujar en la bitácora uno o varios croquis que acompañen al texto como auxiliares para mejorar la comprensión. En situaciones especiales puede ser indispensable dibujar un croquis de tal tamaño que no quepa en la hoja de bitácora. En tales circunstancias es correcto hacerlo en hoja aparte;

se valida después el dibujo con la firma de cada una de las partes bajo un texto que debe decir: "Este croquis forma parte de la nota "X" de la página no. "Y" de la bitácora de obra del contrato. A continuación se le manda sacar las copias que se necesiten. Una vez obtenidos se anexan a la bitácora en el sitio respectivo (original y copias), indicando en la nota de bitácora que se adjunta el croquis respectivo engrapado a esa página. Por el cumplimiento de idénticos lineamientos, podemos validar y anexar fotografías, en caso de requerirse, con la condición de tener las reproducciones necesarias y firmar cada una de ellas antes de engraparlas a la bitácora.

X.—SANCIONES.— Hemos colocado este tema en décimo lugar porque sólo lo consideraremos cuando las circunstancias nos obliguen, de acuerdo a lo establecido en el punto N° 28 de las reglas de uso de la bitácora, en donde se detallan los tipos de sanción y los casos en que deben ser aplicadas. Añadiremos que cada una de las sanciones debe ser meditada analizando sus posibles efectos secundarios, sus consecuencias y su procedencia legal, es decir si, de acuerdo al contrato, el supervisor tiene facultades para aplicar la sanción. Una vez decidido lo que hay que anotar, lo que procede y ya que hemos medido sus efectos, únicamente nos resta redactar correctamente. Con esto no pretendemos desalentar el uso de la sanción, sino sólo recalcar que se trata de un punto delicado que amerita cuidado en su manejo. Se comprende que una sanción tiene carácter de amenaza y por lo tanto provoca ataques; midamos bien el alcance de nuestras facultades antes de provocar un ataque innecesario contra nosotros mismos. Utilicemos este recurso siempre que se justifique.

XI.— SEGUIMIENTOS.— Los seguimientos se manejan fuera de la libreta de bitácora. Son indispensables puesto que se han concedido plazos a los que se debe vigilar que se cumplan en la fecha estipulada. Los seguimientos no competen directamente al residente y lo más conveniente es llevarlos en el diario de obra destinándoles una sección del mismo por medio de un separador que aislé unas cuantas hojas. En el margen izquierdo de éstas anotaremos consecutivamente los números de las notas en las que se otorgó algún plazo, utilizando un renglón para cada una. Seguidamente se describirá, en la forma más breve, el elemento a revisar para tener referencia al contenido de la nota. Finalmente se anota la fecha en que vence el plazo. El seguimiento se logra cuando adquirimos el hábito de leer todas las mañanas qué notas vencen ese día para verificar su

cumplimiento. Si el resultado es positivo, escribiremos en la hoja de seguimiento "Cumplido" y, a continuación, el número de nota de bitácora en el que damos por finiquitado el asunto (Nota de cierre). En caso de que no se haya realizado aún lo ordenado, se escribirá "Pendiente, pasa a nota número. . ." y asentaremos el número correspondiente al siguiente asiento en que reclamamos el incumplimiento, según el procedimiento descrito en la regla N° 28 "Control por bitácora de obra". Este seguimiento, llevado con orden, nos evita la posibilidad de olvidos cuyas consecuencias habremos de lamentar al término de la obra, cuando se esté elaborando el finiquito.

Los otros tipos de notas de bitácora quedan comprendidos parcialmente en lo descrito, debida a que se trata de asientos menos complicados. Por ejemplo, una certificación se reduce a considerar los puntos I, II, III y IX del análisis precedente, con la particularidad de iniciarse diciendo "Se certifica". Una autorización de colado después de la revisión de armados y cimbras es muy simple y puede reducirse a un texto igual o similar al siguiente: "Se autoriza el colado de la losa ubicada en el cuerpo "W", tercer nivel entre los ejes "A" y "D" en sentido longitudinal, y "3" y "5" en sentido transversal una vez que se revisé la cimbra, encontrándose correctos los armados e instalaciones".

Si hubiese alguna falta menor se indicaría ésta diciendo por ejemplo: "Antes de iniciar el colado deberán colocarse tres puntales sobre el eje "8" repartidos proporcionalmente", o bien "Antes de iniciar el colado deberán calzar el armado en el perímetro del vano para el domo central".

Si la falta o carencia fuese mayor y requiriera una nueva revisión antes de autorizar el colado (por faltarle bastones al armado de la losa, o por estar incompleta la colocación de ductos eléctricos, o por algún otro asunto de importancia que signifique riesgo sobre la calidad del producto), simplemente no autorizamos por bitácora, sino que lo anotamos en el diario de obra como recordatorio y, una vez cumplidos todos los requisitos, entonces autorizamos.

En lo que respecta a las notas de información, el único requisito consiste en iniciar el texto con las palabras "Se informa", lo cual nos sirve para diferenciar e identificar las notas. En estos casos no existe estructura formal, lo que se hace es simplemente anotar la información.

Después de este análisis de las notas de bitácora y antes de presentar un

ejemplo típico, queremos hacer una recomendación tan importante y significativa que podemos considerarla norma fundamental debido a que no se permite legalmente hacer tachaduras, enmendaduras, borrones o superposiciones en la libreta de bitácora, y con el fin de evitar la necesidad de hacer composturas, **NUNCA HAY QUE ESCRIBIR DIRECTAMENTE EN LA BITACORA.** Nuestra sugerencia es añadir otra sección al diario de obra con páginas suficientes para anotar en borrador las notas. Ahí sí se nos está permitido agregar y componer todo lo que se necesite y corregir la redacción hasta asegurarnos de que lo escrito es precisamente lo que queremos decir. Después, bastará con copiar esto a la bitácora.

En el caso de que a pesar de las precauciones tomadas se cometa algún error en la transcripción, esa nota debe anularse, para lo cual procederemos de la siguiente manera: interrumpimos la escritura en el momento en que cometamos o detectemos la equivocación, después utilizando los dos o tres renglones inferiores escribimos la leyenda:

"Esta nota se anula por tener error" trazando las palabras diagonalmente, con objeto de que destaquen y llamen la atención. A continuación procedemos a transcribir correctamente la nota para firmarla pues, como es obvio, el asiento erróneo no se firma. Demos ahora un ejemplo de nota de bitácora completa, señalando en cada una de sus partes, entre paréntesis y con minúsculas, qué sección del análisis practicado corresponde.

NOTA N<sup>o</sup>"X" SE ORDENA A LA CONTRATISTA.

(I.- Clasificación de la nota mayo 6, 1986) RESANAR LA ARISTA EXTERIOR AL FRENTE DE LA COLUMNA TIPO K—3

(II.- Descripción del asunto) UBICADA EN LA INTERSECCION DE LOS EJES F Y 6 DEL PRIMER NIVEL DEL EDIFICIO DE TALLERES ELECTROMECAÑICOS

(III.- Ubicación) QUE SÉ DESPRENDIO, SEGUN DICTAMEN DEL PERITO OFICIAL DE LA OBRA, ING. GERARDO GONZALEZ, DEBIDO AL RETIRO PREMATURO DE LA CIMBRA.

(IV.— Causas del problema). ÉL RESANE HABRA DE EFECTUARSE CON MEZCLA FINA EN PROPORCION 11:1 CEMENTO ARENA, AGREGANDOLE ADITIVO RTY TIPO M DE LA MARCA ACME, A RAZON DE UN LITRO POR KILO DE CEMENTO.



PREVIAMENTE DEBERA LIMPIARSE Y HUMEDECERSE LA SUPERFICIE Y A LA MEZCLA SE LE AÑADIRA AGUA SUFICIENTE PARA QUE ADQUIERA CONSISTENCIA DE PASTA. UNA VEZ COLOCADA SE LE DARA FORMA CON UNA LLANA Y SE PERFILARA LA ARISTA CON UNA ESCUADRA DE MADERA FABRICADA EX PROFESO A 90 GRADOS PARA EVITAR IRREGULARIDADES O ABULTAMIENTOS EN LOS PAÑOS DE LA COLUMNA.

(V.— Solución exigida) ESTE TRABAJO DEBERA ESTAR TERMINADO A MAS TARDAR EL LUNES 12 DE MAYO DE 1986

(VI.— Plazo de solución) (La Supervisión pasará a revisar el día 13 de mayo) PARA EVITAR QUE SE REPITA ESTE PROBLEMA, EL CONTRATISTA DEBERA, DE AHORA EN ADELANTE, ESPERAR 4 DIAS (CUATRO DIAS) PARA RETIRAR LAS CIMBRAS EN LAS COLUMNAS QUE SE ELABOREN. CONTROL SE LLEVARA A CABO DE LA SIGUIENTE MANERA; EL CONTRATISTA SE OBLIGA A MARCAR CON PINTURA ROJA LA FECHA DEL COLADO EN UN COSTADO VISIBLE DE LA FORJA, A LA ALTURA DE UN METRO Y MEDIO PARA INICIAR. SE ANOTARA LA FECHA Y LOS EJES QUE CORRESPONDEN A ESA COLUMNA. CUANDO SE CAMBIE LA CIMBRA DE LUGAR SE MARCARA LA SIGUIENTE POSICION Y LA FECHA INMEDIATAMENTE ABAJO.

(VII — Prevención) LA REPARACION SE HARA POR CUENTA DEL CONTRATISTA SIN DERECHO A RECLAMACION ALGUNA.

EL COSTO QUE REPRESENTA LA MEDIDA CORRECTIVA EN BIEN DE LA CALIDAD DE LA OBRA TAMBIEN SERA CON CARGO AL CONTRATISTA Y SIN INCREMENTO A LOS PRECIOS UNITARIOS. (Debido a que es más cara la reparación que la prevención) (ELEMENTOS DE COSTO DE LA REPARACION: Aquí se anotará en lista con los materiales necesarios, cantidades respectivas y rendimientos de mano de obra) (ELEMENTOS DE COSTO DE LA MEDIDA PREVENTIVA: Aquí se consignarán los materiales necesarios, cantidades de estos y mano de obra requerida para los trabajos preventivos, así como la posible necesidad de aumentar el número de juegos de cimbra. Se remata la nota con la siguiente frase: COSTOS A CARGO DEL CONTRATISTA).

## (VIII.— Responsabilidad de la nota y consecuencias económicas)

### REGLAMENTO DE LA BITACORA DE OBRA

Debido a que la libreta de bitácora es operada por dos personas que representan a dos entidades distintas, es necesario reglamentar su uso para evitar malos entendidos y manipulaciones que distorsionen la buena marcha de la obra y lesionen la labor de control de la misma, en perjuicio de quien sea responsable de la supervisión. El establecimiento de este reglamento y su correspondiente validación, se efectúan en la misma libreta de bitácora, inmediatamente después de la nota de apertura. En esta forma se logra oficializar e integrar al contrato las reglas que lo componen.

Se necesita que el constructor acepte y firme estos preceptos, por lo tanto es conveniente comentarlos y lograr su convencimiento antes de anotarlos. En caso de existir oposición, recordemos que tenemos conductos para forzar la aceptación, si esta no se otorga por un simple afán de oposición y sin esgrimir razones válidas. Conforme a nuestra experiencia, no habrá impugnación en la mayoría de los casos, debido a que al principio de la relación existe entre las partes cordialidad y expectativas sobre la manera en que se desarrollarán dichas relaciones, en consecuencia habrá disponibilidad para firmar un reglamento coherente, equilibrado y bien intencionado respecto a la finalidad del esfuerzo común.

En lo que respecta a la elaboración del reglamento proporcionaremos algunas reglas que consideramos que nunca deben faltar. Cada supervisor podrá complementarlas con otras, producto de su propia iniciativa, por las condiciones y tipo de obra que tiene a su cargo. Con el tiempo enriquecerá su acervo con reglas que irá deduciendo conforme a las experiencias vividas en la obra inmediata anterior. Al paso de los años se llega a manejar un reglamento adaptable a diversos tipos de construcción. Uno de los vicios más graves en la industria de la construcción es el desaprovechamiento de las experiencias anteriores. Tanto a nivel personal como colectivo en las empresas, instituciones o dependencias, la explotación de la experiencia es deleznable. ¡Cuánto se beneficiaría la construcción si los errores se cometieran "una sola vez y si se le diese una

difusión suficiente a la solución de determinados problemas!

Volviendo al reglamento de la bitácora de obra, procederemos a enlistar las reglas básicas que nos servirán para iniciar nuestra primera aplicación. Estas reglas no tienen ningún orden prioritario y se dan únicamente en calidad de ejemplo:

- \*. DISPONIBILIDAD.— La libreta de bitácora estará disponible. En las oficinas de obra de la supervisión los días hábiles de 8:00 a 18:00 horas, excepto los sábados, cuando el horario será de 8:00 a 15:00 horas. Cualquier cambio temporal o definitivo se comunicará por memorandum, o en la misma libreta de bitácora, con 24 horas de anticipación.
- \*. FIRMADO.— Todas las autorizaciones en bitácora deberán ser firmadas por ambas partes. La emisora (indistintamente cualquiera de las partes) como responsable del asiento, y la receptora de enterada o conforme. En caso de inconformidad, se contestará en la siguiente nota, por lo tanto, se concede un plazo de 48 horas para firmar. En caso contrario se acepta automáticamente el contenido del asiento en cuestión, perdiéndose el derecho a la inconformidad o a la aceptación bajo protesta.
- \*. RETIRO DE COPIAS.— Las hojas originales de la bitácora deberán estar siempre adheridas a la libreta. Queda estrictamente prohibido desprenderlas. Esas copias serán destinadas de la siguiente manera: la primera para el contratista y la segunda para el contratante (puede haber bitácoras con más copias, cada una de las cuales lleva impreso al pie su destinatario). Los interesados deberán retirarlas una vez que estén completas y firmadas si no se ha cumplido el plazo de 48 horas (ver párrafo anterior). No se admitirán quejas de ninguna de las partes por no tener en su poder las copias respectivas después de 48 horas de emitido el último asiento en la hoja.
- \*. INVOLABILIDAD DE LOS ASIENTOS.— Está prohibido escribir en la bitácora sobre cualquiera de las notas ya firmadas, aún cuando éstas hayan sido emitidas por el mismo que las altera.
- \*. CLARIDAD DE LAS COPIAS.— Es responsabilidad de quien escribe una nota en la libreta de bitácora cerciorarse de que las hojas de carbón están colocadas correctamente,

así como de que hasta en la última hoja pase con claridad lo asentado. La letra debe ser de molde y fácilmente legible.

\*. INSTRUMENTOS DE ESCRITURA.— Los asientos en la libreta de bitácora deberán hacerse obligatoriamente con bolígrafo, no se deberá escribir con plumón, lápiz ni pluma fuente. El color de la tinta deberá ser preferentemente negro. Queda prohibido el azul cuando la bitácora va a ser copiada y el rojo cuando va a ser microfilmada. El hacer el reglamento de bitácora con al menos las reglas que mencionamos nos evitará problemas y discusiones innecesarias. No hay razón para no aprovechar las ventajas que esto representa. Si se invierte un poco de tiempo al inicio de la obra se pueden evitar dificultades y un ahorro de tiempo que puede sumar varias horas al finalizar la obra. Una recomendación práctica para terminar: es conveniente encadenar de alguna manera un bolígrafo negro a la libreta de bitácora, hay que destinar un lugar fijo en donde ésta puede encontrarse durante el día (puede mandarse construir una pequeña mesa para ella) y debe tenerse siempre a mano papel carbón:

#### REGLAMENTACION DE LA OBRA POR LA BITÁCORA

Sirviéndonos de la bitácora podemos reglamentar muchas de las labores cotidianas de la obra. Todos los involucrados en ésta obtendremos las ventajas que representa el orden y la supervisión saldrá particularmente beneficiada al facilitársele en forma significativa el control de los eventos. Para lograr esto integramos un reglamento que anotaremos en la bitácora a continuación del reglamento de la misma que ha sido descrito en el subcapítulo anterior.

La intención de este nuevo reglamento es regular toda actividad repetitiva de carácter administrativo técnico interno, como las siguientes: autorización de estimaciones, elaboración, de generadores de obras extra y extraordinarias, solicitud de revisiones de armados, presentación de muestras de acabados, probado de instalaciones, elaboración de cortes de obra, etc. También podrán adicionarse reglas respecto a seguridad e higiene, o a necesidades de la supervisión para ejercer el control de la obra, o requerimientos

indispensables para cumplir con la obligación de rendir información periódica. La reglamentación de todos estos aspectos obligan al contratista a atender oportunamente las necesidades que tenemos para cumplir nuestro cometido, y también nos obligan a nosotros a respetar un orden que nosotros mismos estamos estableciendo.

Este reglamento puede ser algo extenso. No debemos preocuparnos por tal motivo. Cada regla que quede formalizada nos evitará el tener que decidir, al momento que surja un problema, cómo vamos a resolverlo o qué procedimiento vamos a emplear. Ante la imposibilidad de describir todos los aspectos que requieren de una regla, sobre todo por lo variado de los tipos de obra, sólo citaremos algunos ejemplos aislados para ilustrar la manera en que deben realizarse:

\*ESTIMACIONES SEMANALES.— La presentación de los borradores de estimación semanal acompañada de sus respectivos generadores deberá hacerse los miércoles de cada semana, en la oficina de obra de la supervisión, entre las 12:00 y las 15:00 horas. La supervisión contará con un plazo de revisión que vence los jueves a las 14:00 horas para la entrega de la estimación aprobada; o con las correcciones correspondientes en un memorandum anexo. La residencia podrá optar por pasar en limpio la estimación con las correcciones indicadas, o hacer las reclamaciones en ese mismo momento con objeto de llegar a un acuerdo final y no retrasar el trámite.

\*GENERADORES DE OBRA EXTRAORDINARIA.— La elaboración de 16 generadores que justifiquen obras extraordinarias, deberán hacerse en forma conjunta para acelerar su autorización y trámite de cobro. El contratista se obliga a solicitar por bitácora la revisión con 24 horas de anticipación, mencionando qué concepto desea cuantificar. La supervisión se obliga a efectuar la medición conjunta, dejando aprobado el concepto al término de la citada revisión. Se aclara que solo se aceptarán trabajos autorizados previamente para su ejecución por la propia supervisión.

\*REVISION DE ARMADOS.— Para poder colar losas, trabes, contratrabes, columnas o zapatas, será necesaria la autorización de la supervisión. Esta se otorgará previa revisión de cimbras y armados y la revisión se llevará a cabo sólo por solicitud en bitácora,

indicando la ubicación precisa del elemento por colar. Esta solicitud deberá presentarse con un mínimo de 24 horas de anticipación. La supervisión se obliga a revisar como máximo dos horas antes del inicio.

\*MUESTRAS DE ACABADOS.— Para poder iniciar la colocación de cualquiera de los acabados señalados en el plano respectivo, El contratista se obliga a elaborar una muestra de determinado tamaño, según el caso, que permita calificar el trabajo. La supervisión la revisará aceptándola o haciendo las correcciones que considere pertinentes, en cuyo caso se elaborará otra muestra en distinto sitio, y así las veces que sea necesario hasta la aprobación, con la cual el contratista podrá iniciar formalmente la ejecución del concepto, obligándose a conservar la muestra hasta que se haya ejecutado el último tramo y la supervisión revise la totalidad del trabajo.

\*PROBADO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.— Una vez terminado un tramo de instalación hidráulica, el contratista deberá preparar lo necesario para su prueba y avisar con 24 horas de anticipación a la supervisión, para que esta asista al momento de cargar la instalación y colocar los manómetros correspondientes, los cuales no podrán ser retirados hasta que la supervisión misma lo ordene y certifique por bitácora la aceptación del trabajo.

Insistimos en que estos puntos sólo se proporcionan en calidad de ejemplos de la inmensa variedad de casos que deben reglamentarse. Son las condiciones y las circunstancias de cada obra las que determinan la extensión del reglamento.

## CONCLUSIONES

La bitácora de obra es importante cumpla con su cometido, permitiendo a los lectores comprender la importancia que reviste el control de la obra utilizando plenamente el principal instrumento que existe para ese efecto. Supervisar una obra representa una enorme responsabilidad. No podría exigirse el cumplimiento de una supervisión si no se proporcionasen medios y facultades para realizar con éxito la función.

Quien contrate los servicios de un profesionalista para ejercer la especialidad de supervisor, debe asegurarse de que éste conoce la responsabilidad que asume y es capaz de manejarla con propiedad. Recordemos que, en general, en ninguna escuela de profesionistas de la construcción se enseñan técnicas sobre la supervisión. Hasta fechas muy recientes ha comenzado a tomar importancia esta especialidad en el desarrollo de las obras. Por consiguiente es imprescindible la necesidad de instruir a quienes contratamos para tal efecto. Contribuir para este fin y ayudar a todo supervisor que desee prepararse mejor para cumplir con sus obligaciones, son los principales motivos que nos han impulsado para la elaboración de este trabajo.

Estamos conscientes de la enorme responsabilidad que significa supervisar una obra, por experiencia conocemos las consecuencias, por lo general graves, producto de una mala supervisión, lo que sé evidencia al revisar las bitácoras de obra. Sabemos además que no faltarán críticas, objetando que son demasiadas cosas las que se exige hacer, pero comprendemos que solo por el trabajo constante y por el uso adecuado de las herramientas y sistemas de trabajo, podremos conservar nuestra fuente de ingresos y hacerla evolucionar, particularmente en estos tiempos que nos ha tocado vivir.

# HERRAMIENTAS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL

M. en I. Enrique Augusto Hernández Ruiz.

## • LA ESTADÍSTICA Y LA SIMULACIÓN

### EL MÉTODO "PERT"

Esta Técnica de Evaluación y de Revisión de Programas es referida mediante el acrónimo formado por su nombre en inglés (Program Evaluation and Review Technique) y, como anteriormente se afirmó, es similar al de la ruta crítica, pero la diferencia básica consiste en que "PERT" es un método probabilístico que supone el desarrollo de un escenario optimista, uno pesimista y otro esperado; el último de ellos se determina acotado por los dos primeros, aplicando técnicas de simulación.

Obviamente con la programación se trata de establecer el mejor ordenamiento de un conjunto de actividades que deberán ser emprendidas en el futuro, con las cuales se pretende llevar a cabo un proyecto; sin embargo, por ser eventos futuros se tratará inherentemente con incertidumbre respecto de las condiciones en que serán realizadas.

Es precisamente este hecho el que hace que las cosas resulten de manera distinta a la que se supuso de manera determinística, debido a que la ocurrencia de eventos futuros es una cuestión aleatoria, es decir, puede depender del azar; por esta razón es recomendable prepararse para las mejores y las peores condiciones.

El escenario optimista se formulará con la determinación de las mejores condiciones en que pueden ser desarrolladas las actividades del proyecto, o sea, se considerarán los menores costos y mínimas duraciones de las actividades, así como también la mayor disposición de recursos económicos y humanos.

Por el contrario, el escenario pesimista se formará determinando la ocurrencia de las peores condiciones de trabajo en el proyecto, es decir, se supondrá que se alcanzarán los mayores costos y máximas duraciones, además de la menor disposición de los recursos en general.

El escenario esperado resulta ser uno intermedio de los dos anteriores obviamente; su generación se logra simulando el acontecimiento de las situaciones más probables que pueden ocurrir en el futuro, por eso mismo es que este escenario también puede ser llamado "escenario más probable". Un método de simulación muy empleado para este fin es el denominado *Monte Carlo*.

El modelo de Monte Carlo, llamado también método de ensayos estadísticos, es una técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no controlables mediante la selección aleatoria de valores, donde la



probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles está en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

El mecanismo a seguir para realizar tales ensayos estadísticos obedece a estos pasos:

1. Seleccionar un conjunto representativo de proyectos ya realizados para tomar de ellos los parámetros que nos interesan simular en la creación del escenario más probable del proyecto que se pretende realizar.
2. Se formarán clases estadísticas con los datos elegidos, estableciendo un intervalo o amplitud que sea conveniente en las mismas; posteriormente se calculará el valor medio en cada clase, la frecuencia con que se presentó cada clase en el conjunto seleccionado, la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada, tal como se ejemplifica en la siguiente tabla:

Valor Medio del Estrato de la Variable "X"	Frecuencia	Frecuencia Relativa P(X)	Frecuencia Relativa Acumulada
200	11	0.1058	0.1058
250	27	0.2596	0.3654
300	34	0.3269	0.6923
350	16	0.1538	0.8462
400	9	0.0865	0.9327
450	5	0.0481	0.9808
500	2	0.0192	1.0000
Suma	104	1.0000	

La frecuencia, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada deberán cumplir las siguientes condiciones:

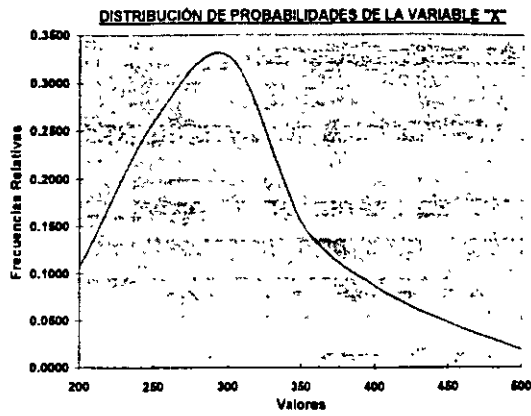
$$n = \sum_{i=1}^k f_i$$

$$fr_i = f_i / n,$$

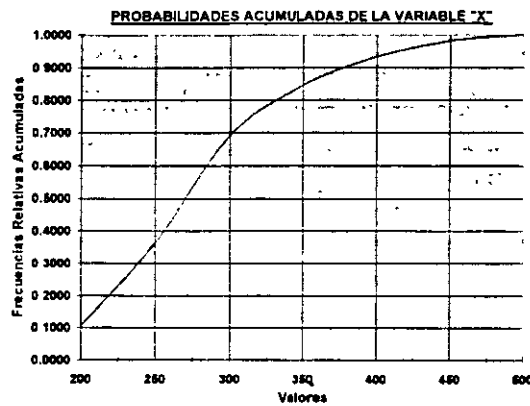
$$fra_i = \sum_{k=1}^i fr_k,$$

donde "n" es el número de elementos que integra el conjunto en estudio, "f<sub>i</sub>" el número de elementos del conjunto en estudio que incurren en el estrato "i", "fr<sub>i</sub>" y "fra<sub>i</sub>" la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada que corresponden al estrato "i".

3. Con la frecuencia relativa calculada puede conocerse la distribución de probabilidades de los parámetros tratados, la cual se apreciará en una gráfica como la siguiente:



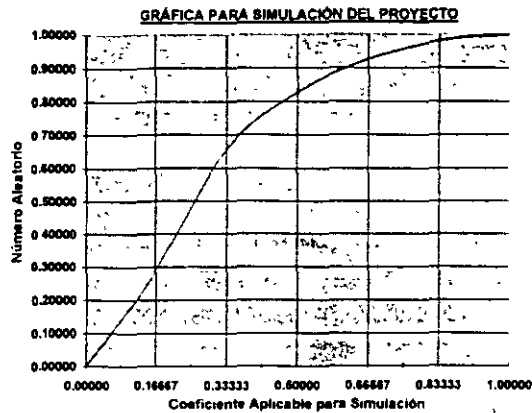
4. La distribución de los datos puede estar concentrada alrededor de cualquier abscisa y para que el proceso de simulación la respete será necesario construir la siguiente gráfica con la frecuencia relativa acumulada que se calculó en la tabla:



5. Como paso inmediato se procederá a "normalizar" el rango empleado en los ejes de las abscisas y de las ordenadas, es decir, a convertir su amplitud de cero a uno con la expresión siguiente:

$$C_j = (V_j - V_{\min}) / (V_{\max} - V_{\min}),$$

donde "V" refiere los valores ubicados en cada eje de la gráfica anterior y "C<sub>i</sub>" es cada uno de los valores de los ejes con los que se creará una gráfica "normalizada" como la que se muestra en esta figura:



6. Por último, se generará una serie de números aleatorios que sea lo suficientemente grande para que ésta sea considerada representativa del proyecto en cuanto a su comportamiento; dichos números aleatorios se comprenderán entre el cero y la unidad, y serán ubicados en el eje de las ordenadas de esta última gráfica y se obtendrá el coeficiente que les corresponda sobre las abscisas. Con el coeficiente aplicable para la simulación se aplicará la siguiente expresión, con la cual se calcularán los parámetros buscados con la simulación:

$$S_{Ei} = P_{\min} + C_{Ai} (P_{\max} - P_{\min}),$$

donde " $C_{Ai}$ " es cada coeficiente corregido por la correlación normalizada que se aplicó para el caso específico de cada número aleatorio de la serie generada, " $P$ " corresponde a los valores de los parámetros que se tomaron como base para efectuar el ordenamiento estadístico con que partió el proceso de simulación y  $S_{Ei}$  es cada valor resultado de la aplicación de cada " $C_{Ai}$ ".

Cabe señalar que en caso de no contar con los datos indicados en el primer paso, los números aleatorios pueden ser aplicados directamente en la expresión del último punto.

Existe la posibilidad de que la cantidad de números aleatorios que se generarán sean determinados mediante la aplicación de conceptos de muestreo aleatorio; incluso estos conceptos pueden apoyar para generar varios escenarios que son posibles y tomar de ellos el más representativo para catalogarlo como el más probable de presentarse en la realidad.

Para concluir con este punto, podemos decir que la simulación aplicada en el método PERT es una manera "virtual" de hacer historia sin correr riesgo, pues en caso de notar deficiencias en puntos específicos del proyecto, es posible tomar medidas pertinentes para evitarlas o disminuirlas sin una repercusión sorpresiva en los recursos.

# • EL MUESTREO ALEATORIO

## INTRODUCCIÓN

El resultado de un experimento estadístico puede registrarse como un valor numérico o como una representación descriptiva, y es por eso que la estadística se interesa principalmente por el análisis de datos numéricos. En un estudio particular, el número de posibles observaciones puede ser pequeño, grande pero finito, o bien infinito.

Siempre que trabajemos en el muestreo, debemos contar con un plan preciso para delimitar el tamaño de la muestra que deseamos extraer de una población para cumplir con los objetivos de la investigación. Un error muy común consiste en pensar que una muestra debe ser grande para que realmente sea representativa de la población, pero quizá esto no suministre información adecuada sobre el parámetro en cuestión; sin embargo, sí mermará en mucho los recursos económicos que se empleen para llevar al cabo esta actividad.

La totalidad de las observaciones que interesan, sea su número finito o infinito, constituye lo que se llama una "población"; esta palabra considera las observaciones acerca de algo de interés, ya sean grupos de personas, animales u objetos, y el número de observaciones en la población se define como el tamaño de ésta.

En otros términos, se llamará población al conjunto formado por la totalidad de resultados obtenidos, o posibles, al realizar un experimento cualquiera.

Como ejemplo de una población de tamaño finito podemos citar, entre otros, los números de los naipes de la baraja, las estaturas de los residentes de una ciudad y las longitudes de los peces atrapados en un lago. El experimento de lanzar dados, las observaciones obtenidas al medir la presión atmosférica todos los días, desde el pasado remoto hasta el futuro, o todas las mediciones de la profundidad de un lago en cualquier punto concebible, son ejemplos de poblaciones de tamaño infinito. Algunas poblaciones finitas son tan grandes, que en teoría se supone que son infinitas.

En el campo de la inferencia estadística, interesa lograr conclusiones concernientes a una población cuando es imposible o impráctico observar el conjunto total que forma a la población, y es por eso que se depende de un subconjunto de ésta para poder realizar estudios relativos a la misma. Esto ha conducido al desarrollo de la teoría del muestreo.

A los datos obtenidos al realizar un experimento determinado número de veces se le conocerá como "muestra de la población", por lo que una muestra será entendida como un subconjunto de su población, y para que sean válidas las inferencias que se realicen se deben obtener "muestras representativas" de la citada población.

Con frecuencia, al elegir una muestra se seleccionan los elementos que se consideran más convenientes de la población; pero tal procedimiento puede conducir a inferencias

erróneas. Los procedimientos de muestreo que generan inferencias que sobrestimen o subestimen de manera consistente algunas características de la población reciben el nombre de "sesgados".

Para eliminar cualquier posibilidad de sesgo en el procedimiento de muestreo, es deseable recurrir al manejo de "muestras aleatorias", las cuales se seleccionan de modo independiente y al azar, cuyo principal objeto es presentar información representativa acerca de los parámetros de la población que son desconocidos.

Para analizar características específicas de una muestra aleatoria, misma que se considerará representativa de una población, se emplearán los parámetros conocidos como estadísticos, mismos que reciben también el nombre de "medidas de tendencia central". Un estadístico o medida de tendencia central será cualquier función (expresión matemática) que involucre a las variables aleatorias que constituyen una muestra aleatoria.

Los estadísticos más comunes utilizados para determinar el punto medio de un conjunto de datos, dispuestos en orden de magnitud, son la media, la mediana y la moda.

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", donde cada una de ellas tiene la misma probabilidad de ocurrencia, entonces la "media muestral" se define con el estadístico:

$$\mu_x = 1/n \sum_{i=1}^n X_i,$$

y en caso de que cada una de estas variables posea su propia y respectiva probabilidad de ocurrencia, el estadístico de la media muestral será:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^n P(X_i) X_i.$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", dispuesta en orden creciente de magnitud, entonces la "mediana de la muestra" se define con el estadístico siguiente:

$$m_x = X_{(n+1)/2} \text{ si "n" es impar, y}$$

$$m_x = 1/2 (X_{n/2} + X_{(n/2)+1}) \text{ si "n" es par.}$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , que no son necesariamente diferentes, constituyen una muestra aleatoria de tamaño "n", entonces la "moda muestral" es el valor de la observación que ocurre más a menudo o con la mayor frecuencia. La moda será referida con la letra " $M_x$ ", la cuál puede no existir y cuando existe no es necesariamente única, de hecho,

cuando exista una sola moda se dirá que la muestra será unimodal, cuando sean dos será bimodal, y cuando sean tres o más la muestra será multimodal.

De las tres medidas de tendencia central definidas anteriormente, será la media en la que centraremos nuestra atención, pues servirá para definir otras características de índole estadística que referirá la dispersión que existe de los datos muestrales respecto de su media, definiendo así a las "medidas de dispersión". Esta información que es referida recibe el nombre de momento de orden "k" con respecto a la media y; el cuál, cuando los valores de la muestra tienen la misma probabilidad de ocurrencia, es definido de la siguiente manera:

$$m_k = 1/n \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^k,$$

pero cuando los valores de dicha muestra poseen distintas probabilidades de ocurrencia, la expresión aplicable será:

$$m_{xk} = \sum_{i=1}^n P(X_i) (X_i - \mu_x)^k.$$

En lo sucesivo, será el momento de orden dos con respecto a la media el que nos interesará, el cuál será denominado como varianza de la muestra y se determinará con la siguiente expresión cuando exista la misma probabilidad de ocurrencia en los valores de la muestra:

$$m_2 = \sigma_x^2 = 1/n \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^2,$$

y como se ha venido señalando, en caso de que los valores que integran la muestra tengan distinta probabilidad de ocurrencia, la expresión anterior será modificada del siguiente modo:

$$m_{x2} = \sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n P(X_i) (X_i - \mu_x)^2.$$

A la raíz cuadrada de la varianza se le conocerá con el nombre de desviación estándar, misma que se expresará de la forma siguiente:

$$\sigma_x = (\sigma_x^2)^{1/2}.$$

Adicionalmente es posible determinar de una manera relativa o porcentual la dispersión de los datos analizados en una muestra con respecto de su media, la cual se

fundamenta en la determinación de un índice conocido como “coeficiente de variación”, mismo que guarda la siguiente equivalencia:

$$v_x = \sigma_x / \mu_x.$$

No obstante, existe una cuarta medida de dispersión que no depende de la media de la muestra, ésta recibe el nombre de “rango de la muestra aleatoria”. Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son elementos de una muestra aleatoria, el rango se define como  $X_n - X_1$ , donde  $X_n$  y  $X_1$  son, respectivamente, las observaciones mayor y menor de la muestra.

En adición a lo expuesto, es posible calificar a una muestra con base en su distribución simétrica respecto de su media y con base en su aplanamiento o exceso (kurtosis), es decir, podemos inducir el cálculo de dos índices: el primero denominado coeficiente de simetría, y el segundo llamado coeficiente de kurtosis.

El coeficiente de simetría se calcula con la siguiente relación:

$$\beta_1 = m_3^2 / m_2^3.$$

Si el valor de este coeficiente es igual a cero, significará que la curva de distribución de la muestra es simétrica, es decir, que existe el mismo número de elementos a la derecha y a la izquierda de la media. En cambio, si el valor del coeficiente de simetría es mayor que cero, se dirá que existe una asimetría “positiva”, e indicará que el valor de la moda es menor que el de la media; si por el contrario, el valor del coeficiente es menor que cero, la asimetría será “negativa”, y el valor de la moda será mayor que el de la media de la muestra,

Por su parte, el coeficiente de kurtosis o de aplanamiento se determinará con este cociente:

$$\beta_2 = m_4 / m_2^2.$$

Para calificar el grado de aplanamiento de la distribución de una muestra, se le comparará con una distribución teórica de gran importancia, la cual es llamada “normal estándar”. El valor del coeficiente de kurtosis para la distribución normal es equivalente a tres unidades (mezokúrtica), por lo que, si éste coeficiente resulta ser menor que tres, la distribución de la muestra será “platokúrtica”, es decir, más aplanada que la curva de la distribución normal; si por el contrario, el valor calculado fuera mayor que tres, la curva de distribución de la muestra será “leptokúrtica”, o sea, menos aplanada que la distribución normal.

Una curva de distribución platokúrtica (achatada) indica que los datos muestrales se encuentran muy dispersos respecto de su media, ya que su altura es menor que la curva de distribución normal, en cambio, una curva leptokúrtica (alta y estrecha en el centro) indica que los elementos de la muestra son concentrados, es decir, poseen valores cercanos a la media.

Con base en lo anteriormente explicado, cabe destacar que la media es fácil de calcular y emplea toda la información disponible, por esa razón los métodos utilizados en inferencia estadística se basan en la media de la muestra. La única desventaja importante de la media es que puede ser afectada en forma nociva por los valores extremos.

La mediana tiene la ventaja de ser fácil de calcular si el número de observaciones es relativamente pequeño, y no es influida por valores extremos. Al considerar muestras tomadas de poblaciones, las medias muestrales por lo general no varían tanto de una muestra a otra como lo harían las medianas, por consiguiente, la media es más estable que la mediana si se intenta estimar el punto central de una población con base en un valor de muestra. En consecuencia, una media muestral ha de estar probablemente más próxima a la media de la población que la mediana de su muestra.

La moda es la medida menos utilizada de las tres medidas de tendencia central ya referidas. Para conjuntos pequeños de datos su valor es casi inútil, si es que existe. Tiene un valor significativo sólo en el caso de una gran cantidad de datos. Sus dos principales ventajas son que:

1. no requiere cálculo y que,
2. se puede utilizar para evaluar datos cualitativos o cuantitativos.

Sin embargo, las tres medidas de tendencia central definidas no dan por sí solas una descripción adecuada de los datos. Se necesita saber en qué grado las observaciones se apartan del promedio, y es entonces donde cobran relevancia las medidas de dispersión, ya que es posible tener dos conjuntos de observaciones con la misma media o mediana que difieran considerablemente en la variabilidad de sus mediciones con respecto a su respectiva media.

El rango puede ser una medida de variabilidad deficiente, en particular si el tamaño de la muestra o población es grande. Tal medida considera sólo los valores extremos y no expresa nada acerca de la distribución de valores comprendidos entre ellos.

La varianza contrarresta la desventaja del rango, y estas dos medidas de dispersión las complementa la desviación estándar.

Si se toma una población finita o infinita con distribución desconocida, con media " $\mu$ " y varianza  $\sigma^2/n$ , la distribución de la media de una muestra aleatoria de tamaño " $n$ " de la misma será aún aproximadamente normal, siempre que el tamaño de la muestra sea muy grande. Este sorprendente resultado es una consecuencia inmediata del siguiente teorema llamado "teorema del límite central":

**Teorema del límite central:** Si  $\mu_x$  es la media de una muestra aleatoria de tamaño " $n$ " tomado de una población con media  $\mu$  y varianza finita  $\sigma^2$ , entonces la forma límite de la distribución de

$$Z = [\mu_x - \mu] / [\sigma / (n)^{1/2}],$$



cuando  $n \rightarrow \infty$ , es la distribución normal  $n(z; 0, 1)$ .

La aproximación normal para " $\mu_x$ " será aceptable si  $n > 30$ , independientemente de la forma de la población. Si  $n < 30$ , la aproximación es aceptable sólo si dicha población no es muy diferente de una distribución normal y, si se sabe que la población es normal, la distribución muestral de " $\mu_x$ " seguirá con exactitud una distribución normal, sin que importe qué tan pequeño sea el tamaño de las muestras.

## DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA

La determinación del tamaño de la muestra incluirá puntos específicos, según sea el caso:

1. cuando se estima la media de la población,
2. cuando se estima la proporción de la población,
3. cuando la población es finita y,
4. cuando se aplican técnicas de muestreo estratificado.

## TAMAÑO DE LA MUESTRA AL ESTIMAR LA MEDIA DE LA POBLACIÓN

Al prever el intervalo de confianza resultante de una media muestral y la desviación estándar, es posible aplicar la distribución normal a la delimitación previa de la extensión del intervalo y del grado de confianza que nos brindará. Lo que estamos haciendo es examinar la construcción real del intervalo de confianza antes de que efectuemos el estudio y determinemos la media y la desviación estándar.

La fórmula con que se calcula el tamaño necesario de la muestra para estimar la media de la población es:

$$n = Z^2 \sigma^2 / E^2,$$

donde:

- n: Tamaño de la muestra.
- Z: Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel deseado de confianza.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la población (conocida o estimada a partir de estudios anteriores).
- E: Error, o diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población que se está dispuesto a aceptar en el nivel de confianza fijado.

La mayor dificultad al determinar el tamaño de la muestra necesaria para estimar la media de la población consiste en calcular la desviación estándar de la población; después de todo, si tuviéramos un conocimiento completo sobre la población, no habría

necesidad de realizar una investigación sobre sus parámetros estadísticos. Si no podemos confiar en los trabajos anteriores, para calcular la desviación estándar de la población, las alternativas incluyen el juicio o el empleo de estudios exploratorios con muestras pequeñas para conocer su valor.

Si lo preferimos, podemos abordar este mismo tipo de problema desde el punto de vista del "error permisible relativo" en vez del "error absoluto". En este caso la desviación estándar " $\sigma$ " y el error permisible "E" se expresan en función de su porcentaje de la media verdadera de la población connotada como " $\mu$ ". La ecuación más apropiada en este caso se parece a la que acabamos de presentar y será:

$$n = Z^2 (\sigma / \mu)^2 / (E / \mu)^2,$$

donde:

- n: Tamaño de la muestra.
- Z: Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel deseado de confianza.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la población (conocida o estimada a partir de estudios anteriores).
- $\mu$ : Media de la población.
- E: Error, o diferencia máxima entre la media muestra y la media de la población que estamos dispuestos a aceptar en el nivel de confianza que hemos indicado.

### TAMAÑO DE LA MUESTRA AL ESTIMAR LA PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN.

Determinar el tamaño necesario de la muestra en este caso se parece en principio al procedimiento que seguimos en la sección anterior, salvo que ahora se trata de una proporción y no de una media. La fórmula apropiada es:

$$n = Z^2 P(1 - P) / E^2,$$

donde:

- n: Tamaño necesario de muestra.
- Z: Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal, que producirá el grado deseado de confianza.
- P: Proporción de la población que posee la característica de interés.
- E: Error, máxima diferencia entre la media muestral y la media de la población que estamos dispuestos a aceptar en el nivel de confianza señalado.

Al aplicar esta fórmula, primero hay que decir si podemos estimar aproximadamente el valor de la proporción de la población "P"; y en caso de que podamos decir con seguridad que esa proporción difiere mucho de 0.5 en una u otra dirección, estaremos en condiciones de obtener la precisión deseada con un tamaño más pequeño (y menos caro) de la muestra. Como se aprecia en la fórmula, el tamaño será proporcional al

producto de  $P(1 - P)$  y este producto es mayor cada vez que  $P=0.5$ . Observe detenidamente los siguientes productos de  $P(1 - P)$ :

P	(1 - P)	P(1 - P)
0.5	0.5	0.25
0.4	0.6	0.24
0.3	0.7	0.21
0.2	0.8	0.16
0.1	0.9	0.09

Como se advierte en la expresión anterior, el producto se vuelve muy pequeño cuando una proporción de la población es sumamente pequeña o demasiado amplia. Así pues, si podemos acortar por lo menos el valor de la proporción de la población, ahorraremos dinero al poder valernos de un tamaño más pequeño de la muestra.

Si tratamos de medir el valor de una proporción de la población pero ignoramos los resultados probables, quizá queramos realizar una encuesta exploratoria con objeto de hacernos una idea aproximada de la proporción. En caso de que la proporción resultante sea muy diferente de .5, plantearemos para conseguir un tamaño menor en la fase principal del estudio.

## MUESTREO CON POBLACIONES FINITAS

Hasta ahora hemos supuesto que la muestra será relativamente pequeña en comparación con la población total. Sin embargo, hay casos en que la muestra es 5% o más de la población; entonces hemos de modificar ligeramente el procedimiento. Después de todo si extraemos una muestra de 900 personas de una población de 1 000, tendremos una muy buena idea de la media o proporción de la población. Dicho de otra manera, a medida que el tamaño de la muestra se acerca al de la población, desaparece el error muestral y a la postre tendremos un censo completo de la población. El punto crítico de 5% no es más que una regla práctica, pero suficiente en casi todos los trabajos. En caso de duda, supondremos que la población es finita y aplicaremos las siguientes fórmulas de corrección.

## TAMAÑO DE LA MUESTRA AL ESTIMAR LA MEDIA DE UNA POBLACIÓN FINITA

$$n = \sigma^2 / [ (E^2 / Z^2) + (\sigma^2 / N) ],$$

donde:

- n: Tamaño de la muestra.
- N: Tamaño de la población.
- Z: Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel deseado de confianza.

- $\sigma$ : Desviación estándar de la población (conocida o estimada a partir de estudios anteriores).
- E: Error, o diferencia máxima entre la media muestra y la media de la población que se está dispuesto a aceptar en el nivel de confianza establecido.

### TAMAÑO DE LA MUESTRA AL ESTIMAR LA PROPORCIÓN DE UNA POBLACIÓN FINITA.

La expresión que será empleada en esta caso será la siguiente:

$$n = P(1-P) / \{(E^2 / Z^2) + [P(1-P) / N]\},$$

- n: Tamaño necesario de muestra.
- N: Tamaño de la población.
- Z: Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal, que producirá el grado deseado de confianza.
- P: Proporción de la población que posee la característica de interés.
- E: Error, o diferencia máxima entre la media muestra y la media de la población que se está dispuesto a aceptar en el nivel de confianza establecido.

### TAMAÑO DE LA MUESTRA EN UN MUESTREO ESTRATIFICADO DE UNA POBLACIÓN FINITA

Para llevar a cabo este tipo de muestreo, habrá que considerar que se trata con una población sumamente grande que es dividida a su vez en un determinado número de estratos o clases, y que de acuerdo con el teorema del límite central de probabilidad, dicha población y sus estratos obedecen a una distribución aproximada a la normal, cuya función es:

$$F(Z) = e^{-Z^2/2} / (2\pi)^{1/2},$$

donde:

- Z: Variable aleatoria cuyo valor dependerá del grado de confianza que se espera en la muestra.
- F(Z): Ordenada de la variable aleatoria Z.
- e: Número equivalente al número real 2.718281828459.
- $\pi$ : Número equivalente al número real 3.14159265359.

Habrà que tener presente, que en este caso, según los postulados de la probabilidad, se cumple lo siguiente:

$$\mu_x = \mu_x^*.$$

$$\sigma_x^{*2} = [\sigma_x^2 / n] [(N - n) / (N - 1)],$$

donde:

$\mu_x$ : Media estadística de todo el estrato o clase de la población.

$\mu_x^*$ : Media de la muestra del estrato o clase de la población.

$\sigma_x^2$ : Varianza de todo el estrato o clase de la población.

$\sigma_x^{*2}$ : Varianza de la muestra del estrato o clase de la población.

N: Número total de elementos en el estrato o clase de la población.

n: Tamaño de la muestra del estrato o clase de la población.

El tamaño de la muestra de cada estrato o clase se determinará con base en los fundamentos de probabilidad ya expuestos, y sustituyéndolos en la expresión aplicable para determinar el tamaño de una muestra estimando la media de una población infinita:

$$n = Z^2 \sigma_x^2 / E^2,$$

de donde se desprende la siguiente fórmula:

$$n = N Z^2 (\sigma_x)^2 / [E^2 + Z^2 (\sigma_x)^2],$$

donde:

n: Tamaño de la muestra del estrato o clase de la población.

N: Número total de elementos en el estrato o clase de la población.

Z: Variable aleatoria cuyo valor dependerá del grado de confianza que se espera en la muestra.

$\sigma_x^2$ : Varianza del estrato o clase de la población.

E Error entre el estrato y su muestra.

El error o desviación existente entre todo el estrato y su muestra se interpretará como la diferencia entre la media estadística del estrato y la media de la muestra ( $\mu_x - \mu_x^*$ ), por lo que la expresión anterior será equivalente a la siguiente:

$$n = N Z^2 (\sigma_x)^2 / [(\mu_x - \mu_x^*)^2 + Z^2 (\sigma_x)^2],$$

Al momento de aplicar esta última expresión, podría pensarse que es necesario conocer el valor de la media de la muestra del estrato o clase, pero esto no es posible si no ha procedido la acción de muestreo. Sin embargo, este error o diferencia puede establecerse en términos porcentuales relativos a la media de todo el estrato o clase; o bien como un valor absoluto, por lo que la igualdad expresada puede ser aplicada de la siguiente manera:

$$n = N Z^2 (\sigma_x)^2 / [(0.10 \mu_x)^2 + Z^2 (\sigma_x)^2],$$

El valor que corresponde a la variable aleatoria "Z" se determinará de acuerdo con el grado de confianza que convenga aplicar al caso. A continuación se refieren los valores de la variable aleatoria "Z" con diferentes niveles de confianza, que van del 90 al 99% :

NIVEL DE CONFIANZA (%)	VALOR APLICABLE DE "Z"
90	1.645
91	1.695
92	1.750
93	1.810
94	1.880
95	1.960
96	2.055
97	2.170
98	2.330
99	2.575

## • ÁRBOLES DE PROBABILIDAD Y DE DECISIÓN

### AXIOMAS DEL COMPORTAMIENTO RACIONAL

Cada individuo tiene una estructura de preferencias que servirá para seleccionar las mejores alternativas de decisión, siempre y cuando dicha estructura quede acotada por lo que se considera un comportamiento racional establecido por seis axiomas.

Antes de referir los seis axiomas mencionados, habrá que definir lo que es una lotería. Una lotería es un ensayo probabilístico caracterizado por un conjunto mutuamente excluyente y colectivamente exhaustivo de resultados posibles:  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_m$  y sus probabilidades respectivas:  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$ , donde la suma de todas ellas sea equivalente a la unidad.

Al analizar cualquier situación deberemos considerar todas las consecuencias posibles y se dirá que una lista de consecuencias completa es *colectivamente exhaustiva*. Por otro lado, si ocurre una consecuencia, no debe haber sucedido al mismo tiempo otra de ellas de la lista, es decir, será imposible que se presenten combinaciones de ellas; cuando se cumpla esta condición para cualquier consecuencia de una lista, se dirá que éstas son *mutuamente excluyentes*.

Las loterías serán representadas de la siguiente manera:

$$L[r_1, r_2, r_3, \dots, r_m; p_1, p_2, p_3, \dots, p_m].$$

Por ejemplo,  $L[60, -20; 0.7, 0.3]$  representa la lotería donde es factible ganar 60 unidades con probabilidad del 70%, o perder 20 unidades con probabilidad del 30%.

Una lotería puede poseerse y venderse; poseerla implica que se tiene la obligación de jugarlo se quiera o no. Sin embargo, en el momento en que dicha lotería proporciona un resultado, ésta deja de existir.

El deseo por una lotería dependerá de sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia, así como de los aspectos personales; tales aspectos incluyen los recursos de la persona en juego, sus necesidades y sus actitudes ante el riesgo.

La lotería del ejemplo anterior podría ser valuada en 40 unidades por alguien que ha incrementado su patrimonio asumiendo riesgos y una persona más conservadora tal vez la valuaría en 10 unidades, pero para una persona que actúa conforme a los promedios, esta lotería representaría un valor de 36 unidades, valor que se obtendría siguiendo el siguiente razonamiento:

$$V_E = \sum_{i=1}^m (r_i p_i).$$

Para el caso de  $L[60, -20; 0.7, 0.3]$ :

$$\begin{aligned} V_E &= (60)(0.70) + (-20)(0.30) \\ V_E &= 42 - 6 \\ V_E &= 36 \end{aligned}$$

Para analizar oportunidades de decisión existe una estructura de preferencias tal que si nos presentan dos resultados cualesquiera:  $r_j$  y  $r_k$ , siempre se podrá decir que se prefiere  $r_j$ , que se prefiere  $r_k$ , o bien que se es indiferente entre ambas. La notación que se utilizará para referir lo anterior será la siguiente:

$$\begin{aligned} r_j > r_k &.- \text{ se prefiere } r_j \\ r_j < r_k &.- \text{ se prefiere } r_k \\ r_j r_k &.- \text{ hay indiferencia ente } r_j \text{ y } r_k \end{aligned}$$

Una vez mencionado lo anterior, se procederá a enunciar los axiomas del comportamiento racional, indicando que aceptar que éstos normen nuestras preferencias es equivalente a convenir que un decisor racional nunca violará estas reglas de selección de alternativas.

**Axioma 1: Comparación de loterías con consecuencias idénticas.** Si se tienen dos loterías con dos resultados que son los mismos para ambas, se elegirá aquella cuya probabilidad de obtener el mejor resultado sea mayor. Por ejemplo, si  $L_1[120, -50; 0.8, 0.2]$  y  $L_2[120, -50; 0.6, 0.4]$  son dos loterías posibles de acceder, se preferirá  $L_1$ .

**Axioma 2: Cuantificación de preferencias.** Sean "a" y "b" dos valores tal que  $a > r_j > b$ , entonces para  $r_j$  podrá especificarse un número "q(r<sub>j</sub>)" entre cero y uno tal que se sea indiferente entre poseer  $r_j$  con certeza y poseer la lotería L[a,b; q(r<sub>j</sub>), 1-q(r<sub>j</sub>)]. Por ejemplo, supóngase que se tiene una lotería con dos posibles resultados: se pueden ganar 800 unidades o perder 100 y, al mismo tiempo, se tiene la posibilidad de obtener con certeza 700 unidades. Si se considera que quien tomará la decisión sigue un comportamiento lineal ante el riesgo, el número "q(r<sub>j</sub>)" se determinará planteando que:

$$\begin{aligned} &L[800, -100; q(r_j), 1-q(r_j)] \\ &[800][q(r_j)] + [-100][1-q(r_j)] = 700 \\ &q(r_j) = 0.8889 \end{aligned}$$

Nota.- Cuando el decisor sigue un comportamiento diferente al lineal ante el riesgo, como ocurre en la mayor parte de los casos, habrá que construir una función de utilidad.

**Axioma 3: Cuantificación de incertidumbre.** Para cada evento "E" existe una cantidad p(E) entre cero y uno tal que so es indiferente entre la lotería L[a,b; p(E), 1-p(E)], y otra lotería donde se tendrá "a" si "E" ocurre y "b" si éste no sucede.

**Axioma 4: Transitividad.** Sea una lotería con  $r_1, r_2$  y  $r_3$  como resultados. Si  $r_1 > r_2$  y  $r_2 > r_3$ , entonces  $r_1 > r_3$ . Así mismo, si  $r_1 r_2$  y  $r_2 r_3$ , implica que  $r_1 r_3$ .

**Axioma 5: Sustitución de resultados.** Si una oportunidad de decisión se modifica reemplazando un resultado  $r_j$  con otro resultado  $r_k$ , y si se es indiferente entre estos dos resultados, entonces también habrá indiferencia entre la posesión de la oportunidad original y la posesión de la modificada.

**Axioma 6: Equivalencia entre la situación real y de conjetura.** Si se tienen determinados resultados que dependen de la ocurrencia de un evento "E" y además un orden de preferencias por ellos, después de que acontece "E" nuestro orden de preferencias por esos resultados deberá seguir siendo el mismo.

## FUNCIONES DE UTILIDAD

El análisis de decisiones consta de tres etapas: estructurar las oportunidades de decisión, cuantificar los impactos y la incertidumbre y, establecer los criterios de decisión y determinar la mejor opción. Pero cada individuo tiene su propia estructura de preferencias para seleccionar las mejores decisiones, siempre y cuando dicha estructura no esté fuera de lo que se considera un comportamiento racional establecido por los seis axiomas expuestos anteriormente.

Para cuantificar la preferencia de un resultado "r<sub>i</sub>" que está dentro de un intervalo [B, A], donde "B" es lo que se prefiere menos y "A" lo que se prefiere más, se buscará la probabilidad "q(r<sub>i</sub>)" que hace equivalente en preferencias a "r<sub>i</sub>" con la lotería donde con probabilidad "q(r<sub>i</sub>)" se obtendrá "A" y con probabilidad "1-q(r<sub>i</sub>)" resultará "B". La preferencia del resultado "r<sub>i</sub>" es la probabilidad de obtener "A", es decir, "q(r<sub>i</sub>)".



Supóngase que se desea cuantificar la preferencia que se tiene por la lotería:  $L[r_1, r_2, r_3, \dots, r_m; p_1, p_2, p_3, \dots, p_m]$ ; para ello se cuantificará primero las preferencias de “ $r_1$ ”, “ $r_2$ ”, “ $r_3$ ”, ..., “ $r_m$ ”. Asíumase que éstas son, respectivamente “ $q(r_1)$ ”, “ $q(r_2)$ ”, “ $q(r_3)$ ”, ..., “ $q(r_m)$ ”, de manera que:

- “ $r_1$ ” es equivalente a la lotería  $L[A, B; q(r_1), 1-q(r_1)]$ ,
- “ $r_2$ ” es equivalente a la lotería  $L[A, B; q(r_2), 1-q(r_2)]$ ,
- “ $r_3$ ” es equivalente a la lotería  $L[A, B; q(r_3), 1-q(r_3)]$ ,
- ... y,
- “ $r_m$ ” es equivalente a la lotería  $L[A, B; q(r_m), 1-q(r_m)]$ .

De manera que la probabilidad de tener “A” (preferencia de “A”) y la probabilidad de tener “B” son:

$$P(A) = p_1q(r_1) + p_2q(r_2) + p_3q(r_3) + \dots + p_mq(r_m)$$

$$P(B) = 1 - P(A)$$

Si se observa, la preferencia de una cantidad se obtiene sustituyendo cada “ $r_i$ ” por su preferencia “ $q(r_i)$ ” en la lotería y calculando su valor esperado “ $V_E$ ” que ya fue inducido anteriormente.

Se dice que las probabilidades de indiferencia o cualquier transformación lineal positiva de la forma “ $u(r_i) = aq(r_i) + b$ ”, donde “ $a$ ” debe ser mayor que cero, constituyen una función de utilidad.

Una persona que cumpla con el primer axioma del comportamiento racional preferirá un resultado con una probabilidad de indiferencia más grande que un resultado con una probabilidad de indiferencia menor.

Debido a que la utilidad de un resultado es una transformación lineal positiva de su probabilidad de indiferencia, puede aseverarse que una persona siempre preferirá un resultado cuya utilidad sea más grande que otro con utilidad menor y, que la utilidad de una lotería es el valor esperado de las utilidades de los resultados posibles de la lotería.

Por ejemplo, supóngase que se desea cuantificar las preferencias que un decisor siente por las cantidades que varían de -10 u.m. (unidades monetarias) a 80 u.m. La pregunta será: ¿cuál es la mínima cantidad por la que estará dispuesto a vender esta lotería, en la que con probabilidad de 60% puede ganar 80 u.m. y con probabilidad de 1-0.60 perder 10 u.m.? Supóngase que el decisor responde que la cantidad es 30 u.m.

Seguidamente, con esa información se formarán dos loterías:  $L_1[80, 30; 0.6, 0.4]$  y  $L_2[30, -10; 0.6, 0.4]$ , y de nuevo se le preguntará al decisor por las mínimas cantidades por las que estará dispuesto a cambiar las loterías si es que son atractivas para él, o las máximas cantidades que pagaría por no tener que jugarlas si no son de su agrado.

Asúmase que esas cantidades son 50 y 5 u.m. respectivamente para ambas loterías, cantidades que serán empleadas posteriormente.

Como la cantidad que prefiere más es 80 u.m., se le asignará una utilidad equivalente a la unidad, y como la que se prefiere menos es -10 u.m. se le asignará una utilidad de cero. En este momento se aceptará que la utilidad de una lotería es su utilidad esperada.

La utilidad esperada de la primera lotería se calcula sustituyendo sus valores monetarios por sus utilidades y calculando el valor esperado de la siguiente manera:

$$V_E = (1)(0.60) + (0)(0.40) \\ V_E = 0.60.$$

Como la primera lotería es equivalente a 30 u.m., la utilidad de 30 u.m. y de la lotería deben ser iguales, es decir, 0.60.

A continuación se sustituirá en las últimas dos loterías las cantidades por sus utilidades respectivas, de manera que las utilidades de la segunda y tercera loterías son:

$$V_{E1} = (1)(0.60) + (0.60)(0.40) \\ V_{E1} = 0.84,$$

$$V_{E2} = (0.60)(0.40) + (0)(0.40) \\ V_{E2} = 0.24.$$

Como el decisor definió que 50 u.m. es equivalente a "L<sub>1</sub>", su utilidad es 0.84 y, como 5 u.m. es equivalente a "L<sub>2</sub>", su utilidad es 0.24.

La función utilidad será la curva que se trace a través de estos cinco puntos: [-10,0.00], [5,0.24], [30,0.60], [50,0.84] y [80,1.00], donde en el eje horizontal se representarán las unidades monetarias y en el vertical las utilidades. Esta función utilidad se podrá utilizar para analizar las oportunidades de decisión, ya que un resultado de la aceptación de los seis axiomas es que se elegirá aquella alternativa que maximice la utilidad esperada.

## ÁRBOLES DE PROBABILIDAD

La incertidumbre la medimos con números denominados probabilidades que varían de cero a uno, donde por convención es aceptado que la unidad representa la probabilidad de lo que acontece con certeza y el cero la probabilidad del evento imposible. Todos los eventos imposibles tienen probabilidad cero, aunque no todos los eventos con probabilidad cero son imposibles.

La teoría de la probabilidad es un conjunto de deducciones derivadas de los axiomas formulados por Kolmogorov, que son los siguientes:

1. Una probabilidad es un número entre cero y uno asignado a una consecuencia, mismo que representa su posibilidad de ocurrencia.
2. La suma de las probabilidades que les corresponden a las consecuencias mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas debe ser equivalente a la unidad.
3. La probabilidad de una consecuencia compuesta por consecuencias mutuamente excluyentes es la suma de sus probabilidades.

Con fundamento en la fuente del conocimiento de la probabilidad, ésta puede dividirse en dos tipos:

- Subjetiva o a priori y,
- Objetiva, estadística o a posteriori.

La primera se formula con suposiciones hechas por el decisor y la segunda se fundamenta en el análisis de hechos consumados. Cuando se cuenta con un conjunto de datos ordenado por clases estadísticas, la frecuencia con que se presentó cada una de ellas determinará su probabilidad de ocurrencia en el futuro, por lo que la frecuencia relativa calculada en un estudio estadístico, se convertirá automáticamente en una probabilidad.

En lo sucesivo se conocerá con el nombre de *experimento aleatorio* a cualquier acción que dé origen a un resultado cualquiera que dependerá del azar, y se llamará evento a cada uno de estos resultados posibles. La probabilidad de un evento es una cantidad que carece de unidades, comprendida entre el cero y la unidad, incluyendo estos límites, y suele expresarse como una magnitud porcentual (porcentaje); dicha cantidad referirá el número de veces que ocurrirá el evento al repetir cien veces un experimento aleatorio.

Supóngase que se desea conocer la probabilidad de que en un mes cualquiera se presente un temblor de grado 7 en la escala Richter en la ciudad de México, sabiendo que los movimientos de esta magnitud ocurren al menos cada 50 años (periodo de retorno). Dicha probabilidad se determinará del siguiente modo:

$$P_m(T_7) = (1 \text{ mes}) / [(50 \text{ años}) (12 \text{ meses} / \text{año})]$$

$$P_m(T_7) = 1 / [(50) (12)]$$

$$P_m(T_7) = 0.167\%$$

Si, en cambio, se desea conocer la probabilidad de que en un año cualquiera se presente el mismo evento, ésta quedará establecida de una forma análoga:

$$P_a(T_7) = (1 \text{ año}) / (50 \text{ años})$$

$$P_a(T_7) = 1 / 50$$

$$P_a(T_7) = 2.00\%$$

En el mismo sentido, la probabilidad de que se presente en un día cualquiera será:

$$P_d(T_7) = (1 \text{ día}) / [(50 \text{ años}) (12 \text{ meses / año}) (30 \text{ días / mes})]$$

$$P_m(T_7) = 1 / [(50) (12) (30)]$$

$$P_m(T_7) = 0.006\%$$

Por su puesto, si conocemos que un evento de esa índole se presentó hace 49 años, la probabilidad de que se presente en el año en curso será mucho más alta; aunque sin llegar a ser seguro, y se determinará acumulando la probabilidad que correspondió a cada uno de esos 49 años, es decir:

$$P_a'(T_7) = (49 \text{ años}) / (50 \text{ años})]$$

$$P_m(T_7) = 49 / 50$$

$$P_m(T_7) = 98.00\%$$

La dificultad que representa tomar una decisión se incrementará a medida que el número de eventos que pueden ocurrir se incrementa. La incertidumbre asociada a una consecuencia cambia al variar nuestro conocimiento, por lo que las probabilidades estarán condicionadas por dicho conocimiento.

Al tener conocimiento de una nueva información habrá una nueva probabilidad, conocida como probabilidad condicional. Dicha probabilidad se calcula como el cociente que resulta de dividir la probabilidad de que ocurran simultáneamente, el evento cuya nueva probabilidad se quiere obtener y el evento condicionante, entre la probabilidad del evento condicionante, es decir:

$$P(\alpha/\beta) = P(\alpha \cap \beta) / P(\beta)$$

$$P(\alpha \cap \beta) = [P(\alpha)] [P(\beta)]$$

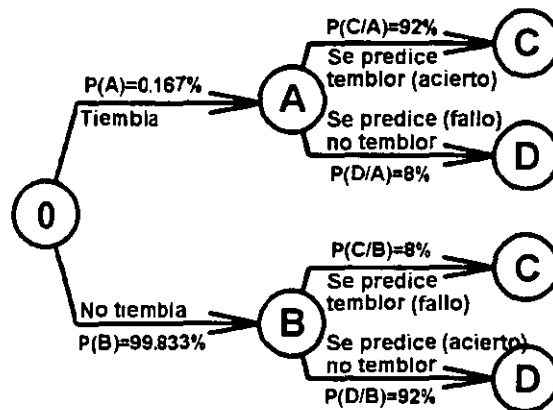
Este concepto fundamentará la formulación de árboles de probabilidad, los cuales son la representación gráfica que esquematiza secuencialmente situaciones falibles, es decir, que pueden ocurrir o no como una dependencia del azar.

Un árbol de probabilidad se conformará con nodos de incertidumbre que dependerán de otros y, a su vez, otros dependerán de ellos. Su principal característica es que, sobre un nodo de incertidumbre, no se tiene ningún control, es decir, no hay certeza sobre su acontecimiento.

Los nodos de incertidumbre se representarán gráficamente mediante el uso de circunferencias y las relaciones que entre ellos existan con líneas rectas o con un solo quiebre.

Con base en el ejemplo anterior donde se determinaron probabilidades de ocurrencia de un sismo con un periodo de retorno de 50 años, supóngase ahora que además existe una "alarma sísmica", un aparato que puede predecir temblores con 1 mes de anticipación y que acierta en sus pronósticos el 92% de las ocasiones. Las

probabilidades correspondientes serán determinadas con el apoyo de un árbol de probabilidad como el que a continuación se expone:



Nótese que la predicción de que temblará será un “acierto” del aparato en caso de que efectivamente tiemble en el mes que se está analizando, pero será un “fallo” si no tiembra; en cambio, el aparato incurrirá en un “fallo” si predice que no temblará y en realidad ocurre un sismo, pero será un “acierto” si hay ausencia del mismo. Lo anterior induce que el “acierto” o “fallo” de la alarma sísmica dependerá de que tiemble o no, por tal motivo éstas ramas del árbol de probabilidad dependen de las que señalan los hechos de temblar o no.

En la gráfica anterior el evento “A” representa la ocurrencia de un temblor, el evento “B” la carencia del mismo, el evento “C” el pronóstico del aparato afirmando que temblará y el evento “D” el pronóstico del aparato negando la presencia de un sismo. También, en la misma, está reflejado lo que se ha expuesto en el párrafo anterior: si el aparato pronostica que temblará y, transcurrido el mes, efectivamente tiembra, entonces el aparato habrá acertado (92%), pero si no tiembra, el aparato habrá fallado (1-0.92=8%); en cambio, si el aparato pronostica que no temblará y en realidad tiembra, el aparato habrá incurrido en un fallo (8%), pero si no ocurre el temblor, entonces el aparato habrá acertado (92%).

Los eventos “A” y “B” son complementarios ya que son los únicos dos posibles resultados del experimento aleatorio (temblará o no temblará), por lo que ambos cumplen con el primero y el segundo de los axiomas de Kolmogorov. Igualmente, los eventos “C” y “D” (el aparato pronostica que temblará, o bien, pronostica que no temblará) cumplen con el mismo teorema.

La probabilidad de que ocurran simultáneamente los eventos “A” y “C” se calculará multiplicando las probabilidades que se ubican sobre las ramas correspondientes del árbol, es decir:

$$P(A \cap C) = (0.00167) (0.92)$$

$$P(A \cap C) = 0.154\%$$

y de la misma manera se podrán calcular las demás probabilidades:

$$P(A \cap D) = (0.00167) (0.08)$$

$$P(A \cap D) = 0.013\%$$

$$P(B \cap C) = (0.99833) (0.08)$$

$$P(B \cap C) = 7.987\%$$

$$P(B \cap D) = (0.99833) (0.92)$$

$$P(B \cap D) = 91.846\%$$

Nótese que igualmente estos cuatro eventos compuestos cumplen con los primeros dos axiomas de Kolmogorov, ya que:

$$P(A \cap C) + P(A \cap D) + P(B \cap C) + P(B \cap D) = 100\% \\ 0.00154 + 0.00013 + 0.07987 + 0.91846 = 1.00.$$

Aplicando el tercer axioma de Kolmogorov, mismo que sostiene que la probabilidad de una consecuencia compuesta por consecuencias mutuamente excluyentes es la suma de sus probabilidades, la probabilidad del evento "C" y la probabilidad del evento "D" se calcularán como sigue:

$$P(C) = P(A \cap C) + P(B \cap C)$$

$$P(C) = 0.00154 + 0.07987$$

$$P(C) = 8.141\%$$

$$P(D) = P(A \cap D) + P(B \cap D)$$

$$P(D) = 0.00013 + 0.91846$$

$$P(D) = 91.859\%$$

De igual forma, se siguen cumpliendo los dos primeros axiomas de Kolmogorov, ya que:

$$P(C) + P(D) = 100\%$$

$$0.08141 + 0.91859 = 1.00.$$

Con estos valores calculados será posible determinar la probabilidad condicional de que tiemble dado que el aparato predijo un temblor aplicando la expresión expuesta con antelación a este caso:

$$P(A/C) = P(A \cap C) / P(C)$$

$$P(A/C) = 0.00154 / 0.08141$$

$$P(A/C) = 1.892\%$$

La probabilidad condicional de que tiemble dado que el aparato negó que fuera a temblar será:

$$P(A/D) = P(A \cap D) / P(D)$$

$$P(A/D) = 0.00013 / 0.91859$$

$$P(A/D) = 0.014\%$$

La probabilidad condicional de que no se presente un sismo dado que el aparato predijo que sí temblaría se calculará de la misma manera, es decir:

$$P(B/C) = P(B \cap C) / P(C)$$

$$P(B/C) = 0.07987 / 0.08141$$

$$P(B/C) = 98.108\%.$$

Por último, la probabilidad condicional de que no haya un sismo dado que la "alarma sísmica" pronosticó que no habrá movimiento telúrico alguno se calculará de manera análoga a las anteriores:

$$P(B/D) = P(B \cap D) / P(D)$$

$$P(B/D) = 0.91846 / 0.91859$$

$$P(B/D) = 99.986\%.$$

Debe tenerse presente que el evento condicionante es la indicación del aparato, que de hecho es el primer suceso que ocurre cronológicamente hablando, posteriormente se presentará el sismo o no.

Si se efectúa por un lado la sumatoria de  $P(A/C)$  y de  $P(B/C)$  y, por el otro, la suma de  $P(A/D)$  y de  $P(B/D)$ , se tendrá que:

$$P(A/C) + P(B/C) = 100\%$$

$$0.01892 + 0.98108 = 1.00,$$

$$P(A/D) + P(B/D)$$

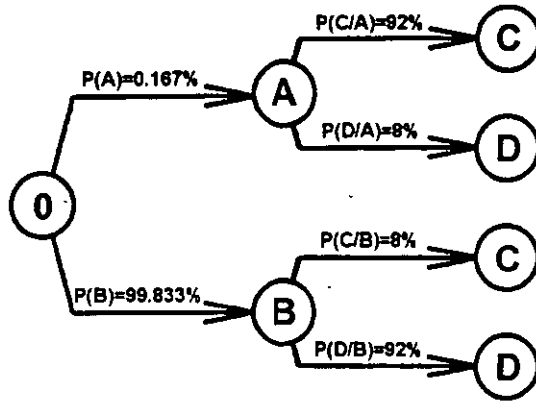
$$0.00014 + 0.99986 = 1.00,$$

por lo que se continúan cumpliendo los dos primeros axiomas de Kolmogorov.

El desarrollo de este proceso puede sintetizarse como la aplicación del teorema de Bayes, el cual afirma que si se conocen las probabilidades *a priori*  $P(H_i)$  de un conjunto de tamaño "n" de eventos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos; si se conocen además las probabilidades  $P(\alpha/H_i)$  donde "α" es un evento que se verifica cuando alguno de los eventos "H<sub>i</sub>" ocurre; y se pretenden determinar las probabilidades de que al ocurrir "α" se verifique uno de los "H<sub>i</sub>", esto es, se quieren calcular las probabilidades  $P(H_i/\alpha)$  conocidas como probabilidades *a posteriori*, se deberá aplicar la siguiente expresión:

$$P(H_i/\alpha) = [ P(H_i) P(\alpha/H_i) ] / [ \sum_{i=1}^n \{ P(H_i) P(\alpha/H_i) \} ].$$

En el ejemplo anterior que fue planteado, el teorema de Bayes se aplicó de la siguiente manera:



- $n=2$  (probabilidades a priori de la ocurrencia del sismo: presencia o ausencia del temblor),
- $P(H_1) = P(A) = 0.167\%$  (probabilidad de que se presente un sismo con periodo de retorno equivalente a 50 años en un mes cualquiera),
- $P(H_2) = P(B) = 99.833\%$  (complemento de la probabilidad del evento "A"),
- $P(\alpha/H_1) = P(C/A) = 92\%$  (probabilidad de acierto del aparato),
- $P(\beta/H_1) = P(D/A) = 8\%$  (probabilidad de fallo del aparato),
- $P(\alpha/H_2) = P(C/B) = 8\%$  (probabilidad de fallo del aparato),
- $P(\beta/H_2) = P(D/B) = 92\%$  (probabilidad de acierto del aparato),

por lo tanto:

$$P(H_1/\alpha) = [ P(H_1) P(\alpha/H_1) ] / [ \{P(H_1) P(\alpha/H_1)\} + \{P(H_2) P(\alpha/H_2)\} ]$$

$$P(H_1/\alpha) = P(A/C) = [ (0.00167) (0.92) ] / [ \{ (0.00167) (0.92) \} + \{ (0.99833) (0.08) \} ]$$

$$P(H_1/\alpha) = P(A/C) = 1.892\%$$

$$P(H_2/\alpha) = [ P(H_2) P(\alpha/H_2) ] / [ \{P(H_1) P(\alpha/H_1)\} + \{P(H_2) P(\alpha/H_2)\} ]$$

$$P(H_2/\alpha) = P(B/C) = [ (0.99833) (0.08) ] / [ \{ (0.00167) (0.92) \} + \{ (0.99833) (0.08) \} ]$$

$$P(H_2/\alpha) = P(B/C) = 98.108\%$$

Del mismo modo se aplicó:

- $n=2$  (probabilidades a priori de la ocurrencia del sismo: presencia o ausencia del temblor),
- $P(H_1) = P(A) = 0.167\%$  (probabilidad de que se presente un sismo con periodo de retorno equivalente a 50 años en un mes cualquiera),
- $P(H_2) = P(B) = 99.833\%$  (complemento de la probabilidad del evento "A"),
- $P(\beta/H_1) = P(D/A) = 8\%$  (probabilidad de fallo del aparato),
- $P(\alpha/H_2) = P(C/B) = 8\%$  (probabilidad de fallo del aparato),
- $P(\beta/H_2) = P(D/B) = 92\%$  (probabilidad de acierto del aparato),

por lo que:

$$P(H_1/\beta) = [ P(H_1) P(\beta/H_1) ] / [ \{P(H_1) P(\beta/H_1)\} + \{P(H_2) P(\beta/H_2)\} ]$$

$$P(H_1/\beta) = P(A/D) = [ (0.00167) (0.08) ] / [ \{ (0.00167) (0.08) \} + \{ (0.99833) (0.92) \} ]$$

$$P(H_1/\beta) = P(A/D) = 0.014\%$$



$$P(H_2/\beta) = [ P(H_2) P(\beta/H_2) ] / [ \{P(H_1) P(\beta/H_1)\} + \{P(H_2) P(\beta/H_2)\} ]$$

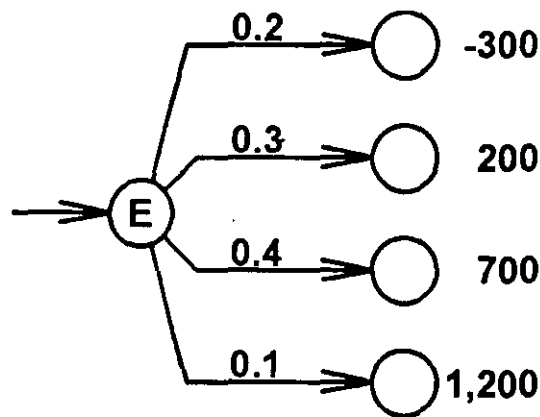
$$P(H_2/\beta) = P(B/D) = [(0.99833) (0.92)] / [ \{(0.00167) (0.08)\} + \{(0.99833) (0.92)\} ]$$

$$P(H_2/\beta) = P(B/D) = 99.986\%$$

En lo sucesivo, un nodo de incertidumbre con "m" ramas deberá ser entendido como la representación gráfica de la lotería:  $L[r_1, r_2, r_3, \dots, r_m; p_1, p_2, p_3, \dots, p_m]$ ; por lo tanto será posible determinar su valor esperado. El valor esperado de un nodo de incertidumbre se define como la suma de los productos que resultan al multiplicar cada consecuencia por su respectiva probabilidad como anteriormente fue definido, es decir:

$$V_E = \sum_{i=1}^m (r_i p_i)$$

El valor esperado de un nodo de incertidumbre es una cantidad equivalente que podrá sustituir al nodo de incertidumbre en cuestión; esta acción servirá para jerarquizar y seleccionar las mejores alternativas que sean expresadas en un árbol de probabilidad o de decisión. Por ejemplo, si en una de las ramas de un árbol de probabilidad se expresó la lotería:  $L[-300, 200, 700, 1,200; 0.2, 0.3, 0.40, 0.1]$ , y se desea determinar su valor esperado para sustituir el nodo de incertidumbre en dicho árbol, deberá hacerse lo siguiente:



reemplazando las cuatro ramas del nodo "E" de este ejemplo por su valor esperado, el cual se calculará de la siguiente manera:

$$V_E = (-300)(0.20) + (200)(0.30) + (700)(0.40) + (1,200)(0.10)$$

$$V_E = -60 + 60 + 280 + 120$$

$$V_E = 400,$$

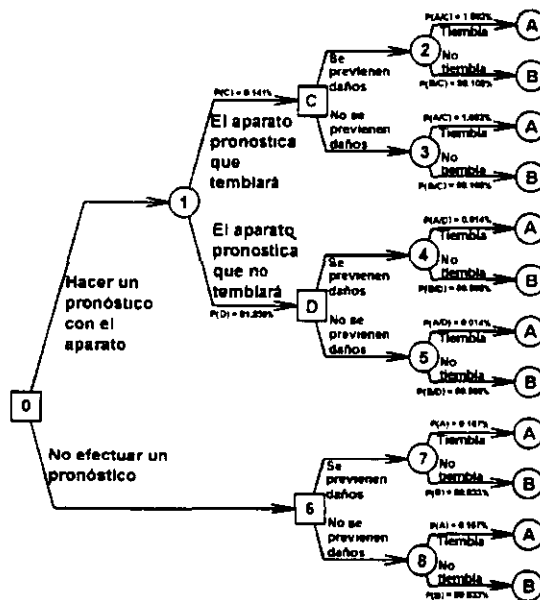
por lo que la representación gráfica de esa sección del árbol de probabilidad quedará ahora como sigue:

## ÁRBOLES DE DECISIÓN

Un árbol de decisión será similar a un árbol de probabilidad. Consiste en un diagrama donde se presentan alternativas seguidas por sus respectivas consecuencias y se compone por nodos de decisión y por nodos de incertidumbre.

Un nodo de decisión se caracteriza por que en él hay la libertad de elegir, mientras que uno de incertidumbre no se sabe si sucederá, situación que ya fue expuesta. Los nodos de decisión se representarán gráficamente mediante cuadrados.

Ejemplo de un árbol de decisión factible para la situación planteada en el punto inmediato anterior (la de la ocurrencia de un sismo y de la "alarma sísmica" que lo puede predecir) es el siguiente:



En el árbol de decisión expresado en el gráfico anterior puede mandarse o no hacer una prueba para que el aparato pronostique si temblará o no; después de conocer el pronóstico se deberá tomar la decisión de llevar a cabo o no acciones para prevenir los daños del temblor (recuérdese que se dispondrá de al menos un mes); y posteriormente se sabrá si el sismo existió o no.

En los nodos de incertidumbre de este árbol se emplearon las probabilidades  $P(A)$ ,  $P(B)$ ,  $P(C)$ ,  $P(D)$ ,  $P(A/C)$ ,  $P(B/C)$ ,  $P(A/D)$  y  $P(B/D)$ , donde el evento "A" representa la ocurrencia de un temblor, el evento "B" la carencia del mismo, el evento "C" el

pronóstico del aparato afirmando que temblará y el evento "D" el pronóstico del aparato negando la presencia de un sismo. La nomenclatura "A/C" indica la ocurrencia de un temblor dado que el aparato pronosticó que sí podría temblar, "B/C" expresa la ausencia del sismo dado que el aparato pronosticó que efectivamente temblaría, "A/D" señala la presencia de un temblor dado que el pronóstico del aparato negó que ocurriera y, por último, "B/D" manifiesta que no tembló dado que el aparato dijo en su pronóstico que no se presentaría el sismo.

Evidentemente, cada una de las ramas finales del árbol proporcionará resultados distintos, es decir, diferentes beneficios o perjuicios según sea el caso. El hecho de disponer de la alarma sísmica genera costos de operación y mantenimiento, además de los de adquisición (estos costos dejarán de existir si se desea no hacer pronósticos); sin embargo, el disponer y confiar en este equipo podría hacer que en un momento dado se ahorren recursos para la prevención del desastre y se destinen hacia otros rubros, aunque el estar preparados contra los daños hará que éstos no sean tan cuantiosos como si no se estuviera preparado. En fin, habrá que valorar cada una de las ramas para poder tomar la mejor decisión, bien sea en términos financieros, económicos, sociales o políticos.

El propósito de elaborar un árbol como el anterior es orientar nuestras decisiones hacia la obtención de los mayores y mejores beneficios, o bien, de los menores perjuicios. Esto se puede lograr, en caso de estar llevando a cabo inversiones de recursos, sustituyendo los nodos de incertidumbre por sus respectivos valores esperados como ya fue explicado, y así poder jerarquizar las distintas alternativas a las que el decisor puede acceder al paso del tiempo.

## • EL MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

En diversas ocasiones, al correlacionar datos entre sí o al realizar análisis de regresión de los mismos, se observa que éstos siguen una tendencia que podría modelarse mediante la expresión de un polinomio entero de grado "n" del tipo:

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n,$$

donde:

P(x): variable dependiente o valor del polinomio.

$a_i$ : coeficientes de la variable independiente.

x: variable independiente.

n: grado del polinomio al que se desean ajustar pares de datos.

Un polinomio es una expresión matemática que en la mayor parte de las ocasiones logra correlacionar las variables involucradas en "pares ordenados" que representan la correspondiente correlación entre variables y, una manera que permite determinar el

grado adecuado del polinomio y los coeficientes de la variable independiente incluida en el mismo, es la aplicación del método de los "Mínimos Cuadrados".

El método de los "Mínimos Cuadrados" es empleado cuando se desea ajustar una curva a un conjunto de datos obtenidos mediante la aplicación de un proceso experimental o de medición "in situ", tales como los que se obtienen en estudios estadísticos por ejemplo.

Uno de los requisitos para ajustar una curva a los datos es que el proceso no sea ambiguo, es decir, que si los datos ajustados por una persona son distintos a los que obtiene otra, el método resulta ineficaz, impráctico e inconsistente.

También es conveniente, en algún sentido, minimizar la desviación de los datos respecto de los puntos de la curva ajustada o "lugar geométrico", entendiendo por "lugar geométrico" la sucesión de puntos que obedecen a una condición definida en términos algebraicos. Estas desviaciones serán medidas por las distancias existentes entre los datos experimentales y los puntos de la línea de ajuste en sentido vertical, es decir, medidas en sentido paralelo al eje de las "ordenadas".

En términos matemáticos, se establecerá la magnitud y el signo de una desviación como la diferencia del punto de la curva o polinomio de ajuste al dato experimental, esto es:

$$e_i = Y_i - y_i$$

donde:

- $e_i$ : desviación entre el polinomio de ajuste y el dato experimental.
- $Y_i$ : valor del polinomio de ajuste, es decir,  $P(x_i)$ .
- $y_i$ : dato experimental.

Las desviaciones pueden minimarse estableciendo una condición que análogamente minimice su suma, o dicho en otros términos, minimando la suma de las magnitudes de los errores.

El método acepta el criterio de hacer a la magnitud del error máximo en mínimo, o sea, minimar el máximo error, lo cual es conocido como el criterio de "MinMax".

Sin embargo, tal como puede apreciarse, el signo algebraico de unos errores tendrá signo positivo y el de otros negativo, por lo que es recomendable minimar entonces la suma de los cuadrados de los errores. De este proceder toma el método su nombre.

Con base en lo anterior y considerando que los datos integran un conjunto de pares ordenados definidos como " $(x_i, y_i)$ ", el método establece la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{vmatrix}
 N & \sum (x_i) & \sum (x_i^2) & \sum (x_i^3) & \dots & \sum (x_i^n) \\
 \sum (x_i) & \sum (x_i^2) & \sum (x_i^3) & \sum (x_i^4) & \dots & \sum (x_i^{n+1}) \\
 \sum (x_i^2) & \sum (x_i^3) & \sum (x_i^4) & \sum (x_i^5) & \dots & \sum (x_i^{n+2}) \\
 \sum (x_i^3) & \sum (x_i^4) & \sum (x_i^5) & \sum (x_i^6) & \dots & \sum (x_i^{n+3}) \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \sum (x_i^n) & \sum (x_i^{n+1}) & \sum (x_i^{n+2}) & \sum (x_i^{n+3}) & \dots & \sum (x_i^{2n})
 \end{vmatrix}
 =
 \begin{vmatrix}
 a_0 \\
 a_1 \\
 a_2 \\
 a_3 \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 a_n
 \end{vmatrix}
 =
 \begin{vmatrix}
 \sum (y_i) \\
 \sum (x_i y_i) \\
 \sum (x_i^2 y_i) \\
 \sum (x_i^3 y_i) \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 \sum (x_i^n y_i)
 \end{vmatrix}$$

La varianza de los datos experimentales respecto de la curva de ajuste se determinará mediante la siguiente equivalencia:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N e_i^2 / (N - n - 1)$$

donde:

- $e_i$ : desviación entre el polinomio de ajuste y el dato experimental.
- $n$ : grado del polinomio al que se desean ajustar pares de datos.
- $N$ : número de pares de datos experimentales que se están ajustando.

Para decidir cuál es el polinomio de grado "n" que mejor modele el comportamiento del conjunto de datos experimentales en estudio, primeramente habrá que generar varios polinomios, cada uno de ellos de diferente grado; aquel que presente la menor varianza será el más adecuado.

Otra manera de decidir al respecto será definiendo el coeficiente de correlación, el cual se define de la siguiente manera:

$$\rho = \text{Cov}(x, Y) / [(\sigma_x)(\sigma_Y)]$$

donde:

- $x$ : variable aleatoria independiente.
- $Y$ : variable dependiente valuada mediante la aplicación de  $P(x)$ .
- $\text{Cov}(x, Y)$ : covarianza de los valores de las variables "x" y "Y".
- $\sigma_x$ : desviación estándar de los valores de "x".
- $\sigma_Y$ : Desviación estándar de los valores de "Y".

La covarianza de "x" y "Y" se determinará aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Cov}(x, Y) = 1/N \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x) (Y_i - \mu_Y)$$

donde:

- $x_i$ : cada uno de los valores experimentales de la variable aleatoria independiente.  
 $Y_i$ : cada uno de los valores de la variable dependiente valuados mediante la aplicación de  $P(x)$ .  
 $N$ : número de pares de datos experimentales que se están ajustando.  
 $\mu_x$ : media de los valores experimentales de la variable aleatoria independiente.  
 $\mu_Y$ : media de los valores valuados con la aplicación de  $P(x)$ .

El coeficiente de correlación es un indicador que establece, en términos porcentuales, la calidad del ajuste entre los datos obtenidos experimentalmente y el modelo polinómico entero de grado "n" que pretende emplearse para tal propósito. Si el valor de este coeficiente fuera igual a cero, indicará que las variables aleatorias "x" y "y" son estocásticamente independientes, es decir, la relación polinómica entera que las intenta representar es completamente inconveniente; si por el contrario, el valor absoluto de éste fuera equivalente a la unidad, indicará que el modelo polinómico representa perfectamente la relación de ambas variables, por lo que si es el caso, se adoptará aquel polinomio cuyo valor absoluto de coeficiente de variación se encuentre más cercano a la unidad para modelar matemáticamente el comportamiento que éstas guardan.

La existencia de un signo negativo en el valor del coeficiente de correlación establece que las variables aleatorias "x" y "y" mantienen una correlación inversa, es decir, cuando una crece la otra disminuye y viceversa. Si en contrapunto, el signo que se presentara fuera positivo, indica que la correlación es de tipo directo, es decir, ambas crecen simultáneamente y viceversa.

De lo anteriormente expresado se entenderá que:

$$-1 < \rho < 1$$

Al cuadrado del coeficiente de correlación se le conocerá con el nombre de coeficiente de determinación, el cual mide en qué porcentaje el comportamiento de una de las variables explica el comportamiento de la segunda.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# CURSOS INSTITUCIONALES

# PREPARACIÓN DE RESIDENTES Y SUPERVISORES DE OBRA

Del 24 de mayo al 15 de junio de 2002

## *ANEXOS*

CI-064

Instructor: M. en I. Augusto Hernández Ruiz  
URBANIZADORA DEL BAJÍO

**LEY DE OBRAS PÚBLICAS DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**CAPÍTULO PRIMERO**  
**Disposiciones Generales**

**Artículo 1.-** La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular el gasto de la Obra Pública que realicen el Estado de México, los Municipios y sus Organismos Auxiliares y Fideicomisos en beneficio de la colectividad y todas las actividades relativas a su planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control; y están sujetas a ella:

- I. Las Secretarías y Unidades Administrativas del Poder Ejecutivo del Estado;
- II. La Procuraduría General de Justicia;
- III. Los Organismos Auxiliares del Estado y Municipios;
- IV. Los Fideicomisos Públicos del Estado y Municipios; Y
- V. Los Ayuntamientos de los Municipios del Estado.

A los Sujetos mencionados en las Fracciones I y II se les denomina Dependencias; a los señalados en las Fracciones III y IV se les denomina Entidades.

**Artículo 2.-** Para los efectos de esta Ley, se considera Obra Pública: todo trabajo que tenga por objeto crear, construir, conservar, demoler o modificar bienes inmuebles por su naturaleza o disposición de la Ley, destinados a un servicio público o al uso común.

Los bienes muebles que deban incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, necesarios para la realización de las Obras Públicas, por administración, o los que suministren las Dependencias, Entidades o Ayuntamientos conforme a lo pactado en los contratos de obra, se sujetarán a las disposiciones de esta Ley sin perjuicio de que las adquisiciones de los mismos se rijan por la Ley respectiva.

Quedan comprendidos:

- I. La construcción, instalación, conservación, mantenimiento, reparación y demolición de los bienes a que se refiere este Artículo, incluidos los que tiendan a mejorar y utilizar los recursos agropecuarios del Estado, así como los trabajos de exploración, localización, perforación, extracción y aquellos similares que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuentran en el suelo o en el subsuelo; y
- II. Todos aquellos de naturaleza análoga.

**Artículo 2 Bis.-** También para los efectos de esta Ley, se entenderá por **Secretaría de Planeación o de Finanzas a la Secretaría de Finanzas y Planeación; y por Contraloría a la Secretaría de la Contraloría.**

**Artículo 8.-** Corresponde a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas y a los Ayuntamientos, ejecutar las Obras Públicas del Gobierno del Estado y de los Municipios, respectivamente, las que podrá realizar por contrato o por administración. Cuando una Dependencia o Entidad cuente a juicio del Ejecutivo, previa calificación de la Secretaría de Planeación, con los elementos, recursos y organización necesarios para ejecutar obras, ya sea por contrato o por administración, éste podrá autorizarla por conducto de esa Secretaría.



pronóstico del aparato afirmando que temblará y el evento "D" el pronóstico del aparato negando la presencia de un sismo. La nomenclatura "A/C" indica la ocurrencia de un temblor dado que el aparato pronosticó que sí podría temblar, "B/C" expresa la ausencia del sismo dado que el aparato pronosticó que efectivamente temblaría, "A/D" señala la presencia de un temblor dado que el pronóstico del aparato negó que ocurriera y, por último, "B/D" manifiesta que no tembló dado que el aparato dijo en su pronóstico que no se presentaría el sismo.

Evidentemente, cada una de las ramas finales del árbol proporcionará resultados distintos, es decir, diferentes beneficios o perjuicios según sea el caso. El hecho de disponer de la alarma sísmica genera costos de operación y mantenimiento, además de los de adquisición (estos costos dejarán de existir si se desea no hacer pronósticos); sin embargo, el disponer y confiar en este equipo podría hacer que en un momento dado se ahorren recursos para la prevención del desastre y se destinen hacia otros rubros, aunque el estar preparados contra los daños hará que éstos no sean tan cuantiosos como si no se estuviera preparado. En fin, habrá que valorar cada una de las ramas para poder tomar la mejor decisión, bien sea en términos financieros, económicos, sociales o políticos.

El propósito de elaborar un árbol como el anterior es orientar nuestras decisiones hacia la obtención de los mayores y mejores beneficios, o bien, de los menores perjuicios. Esto se puede lograr, en caso de estar llevando a cabo inversiones de recursos, sustituyendo los nodos de incertidumbre por sus respectivos valores esperados como ya fue explicado, y así poder jerarquizar las distintas alternativas a las que el decisor puede acceder al paso del tiempo.

## • EL MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

En diversas ocasiones, al correlacionar datos entre sí o al realizar análisis de regresión de los mismos, se observa que éstos siguen una tendencia que podría modelarse mediante la expresión de un polinomio entero de grado "n" del tipo:

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n,$$

donde:

P(x): variable dependiente o valor del polinomio.

a<sub>i</sub>: coeficientes de la variable independiente.

x: variable independiente.

n: grado del polinomio al que se desean ajustar pares de datos.

Un polinomio es una expresión matemática que en la mayor parte de las ocasiones logra correlacionar las variables involucradas en "pares ordenados" que representan la correspondiente correlación entre variables y, una manera que permite determinar el

grado adecuado del polinomio y los coeficientes de la variable independiente incluida en el mismo, es la aplicación del método de los "Mínimos Cuadrados".

El método de los "Mínimos Cuadrados" es empleado cuando se desea ajustar una curva a un conjunto de datos obtenidos mediante la aplicación de un proceso experimental o de medición "in situ", tales como los que se obtienen en estudios estadísticos por ejemplo.

Uno de los requisitos para ajustar una curva a los datos es que el proceso no sea ambiguo, es decir, que si los datos ajustados por una persona son distintos a los que obtiene otra, el método resulta ineficaz, impráctico e inconsistente.

También es conveniente, en algún sentido, minimizar la desviación de los datos respecto de los puntos de la curva ajustada o "lugar geométrico", entendiendo por "lugar geométrico" la sucesión de puntos que obedecen a una condición definida en términos algebraicos. Estas desviaciones serán medidas por las distancias existentes entre los datos experimentales y los puntos de la línea de ajuste en sentido vertical, es decir, medidas en sentido paralelo al eje de las "ordenadas".

En términos matemáticos, se establecerá la magnitud y el signo de una desviación como la diferencia del punto de la curva o polinomio de ajuste al dato experimental, esto es:

$$e_i = Y_i - y_i$$

donde:

- $e_i$ : desviación entre el polinomio de ajuste y el dato experimental.
- $Y_i$ : valor del polinomio de ajuste, es decir,  $P(x_i)$ .
- $y_i$ : dato experimental.

Las desviaciones pueden minimarse estableciendo una condición que análogamente minimice su suma, o dicho en otros términos, minimando la suma de las magnitudes de los errores.

El método acepta el criterio de hacer a la magnitud del error máximo en mínimo, o sea, minimar el máximo error, lo cual es conocido como el criterio de "MinMax".

Sin embargo, tal como puede apreciarse, el signo algebraico de unos errores tendrá signo positivo y el de otros negativo, por lo que es recomendable minimar entonces la suma de los cuadrados de los errores. De este proceder toma el método su nombre.

Con base en lo anterior y considerando que los datos integran un conjunto de pares ordenados definidos como " $(x_i, y_i)$ ", el método establece la siguiente ecuación matricial:

<b>N</b>	$\Sigma (x_i)$	$\Sigma (x_i^2)$	$\Sigma (x_i^3)$	.....	$\Sigma (x_i^n)$	<b>a<sub>0</sub></b>	<b>=</b>	$\Sigma (y_i)$
$\Sigma (x_i)$	$\Sigma (x_i^2)$	$\Sigma (x_i^3)$	$\Sigma (x_i^4)$	.....	$\Sigma (x_i^{n+1})$	<b>a<sub>1</sub></b>		$\Sigma (x_i y_i)$
$\Sigma (x_i^2)$	$\Sigma (x_i^3)$	$\Sigma (x_i^4)$	$\Sigma (x_i^5)$	.....	$\Sigma (x_i^{n+2})$	<b>a<sub>2</sub></b>		$\Sigma (x_i^2 y_i)$
$\Sigma (x_i^3)$	$\Sigma (x_i^4)$	$\Sigma (x_i^5)$	$\Sigma (x_i^6)$	.....	$\Sigma (x_i^{n+3})$	<b>a<sub>3</sub></b>		$\Sigma (x_i^3 y_i)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	:		:
.....	.....	.....	.....	.....	.....	:		:
$\Sigma (x_i^n)$	$\Sigma (x_i^{n+1})$	$\Sigma (x_i^{n+2})$	$\Sigma (x_i^{n+3})$	.....	$\Sigma (x_i^{2n})$	<b>a<sub>n</sub></b>		$\Sigma (x_i^n y_i)$

La varianza de los datos experimentales respecto de la curva de ajuste se determinará mediante la siguiente equivalencia:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N e_i^2 / (N - n - 1)$$

donde:

- e<sub>i</sub>: desviación entre el polinomio de ajuste y el dato experimental.
- n: grado del polinomio al que se desean ajustar pares de datos.
- N: número de pares de datos experimentales que se están ajustando.

Para decidir cuál es el polinomio de grado "n" que mejor modele el comportamiento del conjunto de datos experimentales en estudio, primeramente habrá que generar varios polinomios, cada uno de ellos de diferente grado; aquel que presente la menor varianza será el más adecuado.

Otra manera de decidir al respecto será definiendo el coeficiente de correlación, el cual se define de la siguiente manera:

$$\rho = \text{Cov}(x, Y) / [(\sigma_x)(\sigma_Y)]$$

donde:

- x: variable aleatoria independiente.
- Y: variable dependiente valuada mediante la aplicación de P(x).
- Cov(x,Y): covarianza de los valores de las variables "x" y "Y".
- σ<sub>x</sub>: desviación estándar de los valores de "x".
- σ<sub>Y</sub>: Desviación estándar de los valores de "Y".

La covarianza de "x" y "Y" se determinará aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Cov}(x, Y) = 1/N \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x) (Y_i - \mu_Y).$$

donde:

- $x_i$ : cada uno de los valores experimentales de la variable aleatoria independiente.  
 $Y_i$ : cada uno de los valores de la variable dependiente valuados mediante la aplicación de  $P(x)$ .  
 $N$ : número de pares de datos experimentales que se están ajustando.  
 $\mu_x$ : media de los valores experimentales de la variable aleatoria independiente.  
 $\mu_Y$ : media de los valores valuados con la aplicación de  $P(x)$ .
- 

El coeficiente de correlación es un indicador que establece, en términos porcentuales, la calidad del ajuste entre los datos obtenidos experimentalmente y el modelo polinómico entero de grado "n" que pretende emplearse para tal propósito. Si el valor de este coeficiente fuera igual a cero, indicará que las variables aleatorias "x" y "y" son estocásticamente independientes, es decir, la relación polinómica entera que las intenta representar es completamente inconveniente; si por el contrario, el valor absoluto de éste fuera equivalente a la unidad, indicará que el modelo polinómico representa perfectamente la relación de ambas variables, por lo que si es el caso, se adoptará aquel polinomio cuyo valor absoluto de coeficiente de variación se encuentre más cercano a la unidad para modelar matemáticamente el comportamiento que éstas guardan.

La existencia de un signo negativo en el valor del coeficiente de correlación establece que las variables aleatorias "x" y "y" mantienen una correlación inversa, es decir, cuando una crece la otra disminuye y viceversa. Si en contrapunto, el signo que se presentara fuera positivo, indica que la correlación es de tipo directo, es decir, ambas crecen simultáneamente y viceversa.

De lo anteriormente expresado se entenderá que:

$$-1 < \rho < 1$$

Al cuadrado del coeficiente de correlación se le conocerá con el nombre de coeficiente de determinación, el cual mide en qué porcentaje el comportamiento de una de las variables explica el comportamiento de la segunda.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

# **CURSOS INSTITUCIONALES**

# **PREPARACIÓN DE RESIDENTES Y SUPERVISORES DE OBRA**

Del 24 de mayo al 15 de junio de 2002

## **ANEXOS**

CI-064

**Instructor: M. en I. Augusto Hernández Ruiz  
URBANIZADORA DEL BAJÍO**

**LEY DE OBRAS PÚBLICAS DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**CAPÍTULO PRIMERO**  
**Disposiciones Generales**

**Artículo 1.-** La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular el gasto de la Obra Pública que realicen el Estado de México, los Municipios y sus Organismos Auxiliares y Fideicomisos en beneficio de la colectividad y todas las actividades relativas a su planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control; y están sujetas a ella:

- I. Las Secretarías y Unidades Administrativas del Poder Ejecutivo del Estado;
- II. La Procuraduría General de Justicia;
- III. Los Organismos Auxiliares del Estado y Municipios;
- IV. Los Fideicomisos Públicos del Estado y Municipios; Y
- V. Los Ayuntamientos de los Municipios del Estado.

A los Sujetos mencionados en las Fracciones I y II se les denomina Dependencias; a los señalados en las Fracciones III y IV se les denomina Entidades.

**Artículo 2.-** Para los efectos de esta Ley, se considera Obra Pública: todo trabajo que tenga por objeto crear, construir, conservar, demoler o modificar bienes inmuebles por su naturaleza o disposición de la Ley, destinados a un servicio público o al uso común.

Los bienes muebles que deban incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, necesarios para la realización de las Obras Públicas, por administración, o los que suministren las Dependencias, Entidades o Ayuntamientos conforme a lo pactado en los contratos de obra, se sujetarán a las disposiciones de esta Ley sin perjuicio de que las adquisiciones de los mismos se rijan por la Ley respectiva.

Quedan comprendidos:

- I. La construcción, instalación, conservación, mantenimiento, reparación y demolición de los bienes a que se refiere este Artículo, incluidos los que tiendan a mejorar y utilizar los recursos agropecuarios del Estado, así como los trabajos de exploración, localización, perforación, extracción y aquellos similares que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuentran en el suelo o en el subsuelo; y
- II. Todos aquellos de naturaleza análoga.

**Artículo 2 Bis.-** También para los efectos de esta Ley, se entenderá por Secretaría de Planeación o de Finanzas a la Secretaría de Finanzas y Planeación; y por Contraloría a la Secretaría de la Contraloría.

**Artículo 8.-** Corresponde a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas y a los Ayuntamientos, ejecutar las Obras Públicas del Gobierno del Estado y de los Municipios, respectivamente, las que podrá realizar por contrato o por administración. Cuando una Dependencia o Entidad cuente a juicio del Ejecutivo, previa calificación de la Secretaría de Planeación, con los elementos, recursos y organización necesarios para ejecutar obras, ya sea por contrato o por administración, éste podrá autorizarla por conducto de esa Secretaría.

Lo dispuesto en el párrafo anterior será aplicable a los Municipios cuando vayan a realizar obras con cargo a Fondos Estatales total o parcialmente.

**Artículo 9.-** Cuando por las condiciones especiales de la obra se requiera la intervención de dos o más Dependencias, Entidades o Ayuntamientos, quedará a cargo de cada una de ellas la responsabilidad sobre la ejecución de la parte de la obra que le corresponda, sin perjuicio de la responsabilidad que, en razón de sus atribuciones, tenga la encargada de la planeación y programación del conjunto.

Previamente a la ejecución de las obras a que se refiere este artículo, se deberán establecer convenios donde se especifiquen los términos para la coordinación de las acciones de las Dependencias, Entidades o Ayuntamientos que intervengan.

## **CAPÍTULO SEGUNDO**

### **De la Planeación, Programación y Presupuestación de las Obras**

**Artículo 16.-** Las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos, dentro de su Programa, elaborarán los Presupuestos de cada una de las Obras Públicas que deban realizar, distinguiendo las que se han de realizar por contrato de las que se harán por administración. Los presupuestos incluirán, según el caso, los costos correspondientes a Los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, las investigaciones, asesorías, estudios y servicios profesionales que se requieran;

II. La regularización y adquisición de la tierra;

III. La ejecución, si ésta se va a realizar por contrato. En caso de que la obra se vaya a realizar por administración, se indicarán los costos de financiamiento de los recursos necesarios, las condiciones de suministro de materiales, de maquinaria, de equipo o de cualquier otro accesorio relacionado con la obra, los cargos adicionales para prueba y funcionamiento, así como los indirectos de la obra;

IV. Las obras de infraestructura complementarias que requiera la obra;

V. Las obras relativas a la preservación, restauración y mejoramiento de las condiciones ambientales;

VI. Los trabajos de conservación y mantenimiento ordinario, preventivo y correctivo; y

VII. Las demás previsiones que deban tomarse en consideración según la naturaleza y características de la obra.

**Artículo 17.-** En el caso de obras cuyo plazo de ejecución rebase un ejercicio presupuestal, deberá determinarse tanto el presupuesto total de la obra, como los relativos a los ejercicios de que se trate.

## **CAPÍTULO CUARTO**

### **De los Servicios Relacionados con la Obra Pública**

**Artículo 24.-** Las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos, podrán contratar servicios profesionales de investigación, consultoría y asesoría especializadas, estudios técnicos de preinversión y proyectos, así como de dirección o supervisión, para cualesquiera de las fases de la Obra Pública.

Los contratos a que se refiere este artículo podrán adjudicarse directamente, bajo la responsabilidad de la Dependencia, Entidad o Ayuntamiento, quedando en lo demás sujetos a las disposiciones de esta Ley que le sean aplicables y a las que de ella se deriven.

Antes de la contratación las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos, verificarán si en sus archivos, o en los de las Dependencias y Entidades afines o en los de otros Ayuntamientos, existen estudios o proyectos sobre la materia que satisfagan sus requerimientos y puedan aprovecharse, para evitar repetirlos.

## **CAPÍTULO QUINTO**

### **De la Ejecución de las Obras**

**Artículo 25.-** Para que se puedan realizar obras, será necesario que:

I. Estén incluidas en el Programa General de Obras Públicas del Gobierno del Estado y/o del Municipio y acordes con los Planes de Desarrollo;

II. Esté autorizada la inversión;

III. Se cuente con los estudios y proyectos, las normas y especificaciones de construcción, el presupuesto, el programa de ejecución y, en su caso, el programa de suministros; y

IV. Se satisfagan los requisitos complementarios relacionados con la obra, incluyendo los que deban cumplirse conforme a las disposiciones Estatales y Municipales.

**Artículo 26.-** Los contratos de Obras Públicas se adjudicarán a través de licitaciones públicas, mediante convocatoria, para que libremente se presenten proposiciones en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado o al Municipio las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes, de acuerdo a lo que establece la presente Ley.

Se exceptúan de lo dispuesto en el párrafo anterior, aquellos casos en que existan las circunstancias que se mencionan en los artículos 28 y 30 de esta Ley. Toda persona que cumpla los requisitos de la convocatoria, tendrá derecho a presentar proposiciones.

**Artículo 27.-** Las convocatorias que podrán referirse a una o más obras se publicarán cuando menos en uno de los Diarios de mayor circulación en la Capital del Estado, e independientemente en uno de los Diarios Nacionales de mayor circulación en la zona conurbada del Valle de México y contendrá como mínimo la siguiente información:



- I. El nombre de la Dependencia, Entidad o Ayuntamiento convocante;
  - II. La descripción general de la obra que se debe ejecutar y su ubicación;
  - III. Información sobre los anticipos;
  - IV. El plazo para la inscripción en el concurso, que no podrá ser menor a diez días calendario, contados a partir de la fecha de publicación de la convocatoria;
  - V. El lugar, fecha y hora en que se llevará a cabo el acto de apertura de proposiciones;
  - VI. La especialidad que se requiera para participar en el concurso; y**
  - VII. La garantía que deberá otorgarse para asegurar la seriedad de la proposición.
- En el ejercicio de sus respectivas atribuciones, la Contraloría y la Dependencia Coordinadora de Sector podrán intervenir en todo el proceso de adjudicación del contrato.**

**Artículo 30.- Las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos, podrán adjudicar contratos sin necesidad de convocatoria pública cuando:**

- I. Se trate de trabajos de mantenimiento de equipos o instalaciones, o de su conservación o reparación, cuyo monto no rebase el señalado para este efecto por la Secretaría de Planeación o por los Ayuntamientos.
- II. Las Obras de Construcción que no rebasen el monto que establezca el Ejecutivo a través de la Secretaría de Planeación o los Ayuntamientos en su caso.

**Artículo 34.-** La Dependencia, Entidad o Ayuntamiento convocante, con base en el análisis comparativo de las proposiciones admitidas y en su propio presupuesto de la obra, emitirá un dictamen como fundamento para el fallo mediante el cual se adjudicará el contrato a la persona que:

- I. Cumpla todas las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas por la convocante,
  - II. Garantice satisfactoriamente el cumplimiento del contrato;
  - III. Cuenten con la experiencia requerida por la convocante, para la ejecución de los trabajos; y Si una vez considerados los criterios anteriores, resultare que dos o más proposiciones satisfacen los requerimientos de la convocante, el contrato se adjudicará a quien haya presentado la postura más baja.
- El fallo se dará a conocer en una junta pública convocada para el efecto.

**Contra la resolución que contenga el fallo, no procederá recurso alguno, pero los interesados podrán inconformarse ante la Contraloría en los términos del artículo 49-Bis de esta Ley o ante el Ayuntamiento respectivo según corresponda.**

Cuando ninguna de las posturas sea aceptable, la Dependencia, Entidad o Ayuntamiento convocante declarará desierto el concurso.

**Artículo 36.-** Los contratos de obra a que se refiere esta Ley, son de derecho público y se celebrarán a precio alzado o sobre la base de precios unitarios. En los contratos a que se refiere el párrafo anterior, podrán incorporarse las modalidades que tiendan a garantizar las mejores condiciones de ejecución de la obra.

Deben formar parte del contrato: la descripción pormenorizada de la obra a ejecutar, así como los proyectos, planos, especificaciones, programas y presupuestos correspondientes.

Las controversias que se susciten con motivo de los contratos celebrados o de la interpretación de la Ley, serán resueltas por las autoridades encargadas de su aplicación, previa audiencia con los interesados.

**Artículo 39.-** Las Dependencias, Entidades o Ayuntamientos contratantes, formularán y autorizarán bajo su responsabilidad, las estimaciones del trabajo ejecutado según cada contrato.

Las Dependencias y Entidades, informarán sobre las estimaciones autorizadas, a la Secretaría de Planeación y a la de Desarrollo Urbano y Obras Públicas y, en su caso, a la Dependencia Coordinadora de Sector, dentro de los diez días hábiles siguientes a la autorización. Igual obligación tendrán los Ayuntamientos en las obras que realicen con cargo total o parcial a fondos estatales.

Las estimaciones serán pagadas por:

I. La Secretaría de Finanzas cuando sean formuladas y autorizadas por las Dependencias;

II. Las propias Entidades, cuando éstas sean las que las formulen y/o autoricen;

III. La Secretaría de Finanzas, cuando se trate de estimaciones de obras municipales realizadas con cargo total o parcial a fondos estatales; y

IV. La Tesorería Municipal correspondiente, cuando sean estimaciones de obras ejecutadas con cargo total a fondos municipales.

**Artículo 40.-** Las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos, podrán modificar los contratos mediante convenios, dentro del Programa de Inversiones aprobado, bajo su responsabilidad y por razones fundadas y explícitas, siempre y cuando con estos convenios, considerados conjunta o separadamente, no se rebase el veinticinco por ciento del monto pactado en el contrato, ni impliquen variaciones sustanciales al proyecto original.

Si las modificaciones exceden el porcentaje indicado en el párrafo anterior o varían sustancialmente el proyecto, se deberá celebrar un último convenio adicional entre las partes respecto de las nuevas condiciones, en los términos del artículo 26 de esta Ley.

Las nuevas condiciones que establezcan los convenios adicionales, no podrán por ningún motivo cambiar la naturaleza y características esenciales de la obra y del propio contrato original, ni convenirse para eludir en forma alguna el cumplimiento de esta Ley.

**Las Dependencias y Entidades informarán de las modificaciones que se refieren los párrafos anteriores, a las Secretarías de Finanzas y Planeación, de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, a la Contraloría y, en su caso, a la Dependencia Coordinadora de Sector, en un plazo que no excederá de diez días hábiles contados a partir de la fecha en que se hubiere formalizado la modificación.**

Los Ayuntamientos tendrán la obligación anterior respecto a las obras que realicen con cargo total o parcial a fondos estatales.

**Artículo 44.-** Cuando durante la vigencia de un contrato ocurran cambios de orden

económico no previstos en el mismo, y que determinen un aumento o reducción de un 5% o más en los costos de los trabajos aún no ejecutados, estos costos podrán ser revisados.

Las Dependencias, Entidades y Ayuntamientos emitirán la resolución que acuerde el aumento o reducción correspondiente.

**Las Dependencias y Entidades informarán de lo anterior a las Secretarías de Finanzas y Planeación, de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, a la Contraloría y, en su caso, a la Dependencia Coordinadora de Sector, los Ayuntamientos darán dicha información solamente sobre las obras que realicen con cargo total o parcial a fondos estatales.**

**Artículo 45.-** El contratista comunicará por escrito a la Dependencia, Entidad o Ayuntamiento contratante la terminación de las obras que le fueron encomendadas, y éstas verificarán dentro de los diez días hábiles siguientes que los trabajos estén debidamente concluidos.

Una vez verificada la terminación de los trabajos la Dependencia, Entidad o Ayuntamiento contratante, señalará la fecha de recepción de la obra, la que quedará comprendida dentro de los veinte días hábiles siguientes a la de verificación de la terminación.

**Artículo 46.-** Concluida la obra, no obstante su recepción formal, el contratista quedará obligado a responder de los defectos que resultaren en la misma, de los vicios ocultos y de cualquier otra responsabilidad en que hubiere incurrido en los términos señalados en el contrato respectivo.

## **CAPÍTULO SEXTO**

### **De la Información, Verificación y Control de las Obras Públicas**

## **CAPÍTULO SÉPTIMO**

### **De las Infracciones y Sanciones**

**Artículo 55.-** Quienes infrinjan las disposiciones de esta Ley o las normas que con base en ella se dicten, podrán ser sancionadas por las Secretarías de Planeación y de Desarrollo Urbano y Obras Públicas y por los Ayuntamientos, según corresponda y previa audiencia, con las multas estipuladas en el Reglamento de esta Ley, mediante los procedimientos que indique el mismo o según lo que señalen las propias Secretarías y los Ayuntamientos.

**Sin perjuicio de lo anterior, los contratistas que incurran en infracciones a esta Ley, podrán ser sancionados con la rescisión del contrato.**

## **CAPÍTULO OCTAVO**

### **Del Recurso Administrativo**

§§

**Artículo 57.-** Contra los actos y resoluciones administrativos que dicten o ejecuten las autoridades competentes, en aplicación del presente ordenamiento, los particulares afectados tendrán la opción de interponer el

**recurso administrativo de inconformidad ante la propia autoridad o el juicio ante el Tribunal de lo Contencioso Administrativo, conforme a las disposiciones del Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México.**