

APLICACIONES DE MATEMÁTICAS EN LAS CIENCIAS SOCIALES

JESÚS RODRÍGUEZ FRANCO
COORDINADOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**APLICACIONES DE
MATEMÁTICAS EN LAS
CIENCIAS SOCIALES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. Luis Mier y Terán Casanueva

Secretario General

Dr. Ricardo Solís Rosales

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA XOCHIMILCO

Rector

M. en C. Norberto Manjarrez Álvarez

Secretario

Lic. Cuauhtémoc Pérez Llanas

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Director

Dr. Arturo Anguiano Orozco

Jefe de departamento de Política y Cultura

M. en C. Andrés Morales Alquicira

Diseño de portada, interiores y formación

Impulso Creativo, D.C.G. Braulio Cubos

ISBN: 970-31-0266-2

© Universidad Autónoma Metropolitana,
Unidad Xochimilco

Primera Edición: 2003

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud,

04960, México, D.F.

Impreso y hecho en México

APLICACIONES DE MATEMÁTICAS EN LAS CIENCIAS SOCIALES

JESÚS RODRÍGUEZ FRANCO
COORDINADOR



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ÍNDICE

JESÚS RODRÍGUEZ FRANCO	
<i>Introducción</i>	9
ALBERTO ISAAC PIERDANT RODRÍGUEZ JESÚS RODRÍGUEZ FRANCO	
<i>Planeación y control de proyectos mediante redes de actividad</i>	11
ANA ELENA NARRO RAMÍREZ	
<i>Modelos difusos de sistemas de inventarios. Aplicación</i>	31
TOMASA TLAHUEL TLAHUEL	
<i>Uso de la estadística en la investigación</i>	59
RODRIGO PIMIENTA LAстра	
<i>Prueba estadística de hipótesis</i>	75
ANDRÉS MORALES ALQUICIRA ARACELI RENDÓN TREJO	
<i>Análisis de variación estacional en series temporales</i>	89
JORGE ROUQUETTE ALVARADO EDITH ARIZA GÓMEZ.	
<i>Algunos indicadores del desempeño de alumnos de ciencias sociales en álgebra. Estudio de caso</i>	109
VICENTE ÁNGEL RAMÍREZ BARRERA	
<i>Propuesta metodológica: Formulación de proyectos de inversión</i>	127

INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes las matemáticas han sido un instrumento que el hombre ha utilizado para transformar el medio y así cubrir sus necesidades. En el inicio del siglo XXI la matemática constituye una parte fundamental en la formación académica de los estudiantes y profesionistas de las Ciencias Sociales, en especial los de Política y Gestión Social, Economía, Administración, Comunicación Social, Sociología y Psicología.

En el presente año investigadoras e investigadores del área: Desarrollo de las matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales y del Departamento de Política y Cultura, se comprometieron a presentar trabajos de matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales. El objetivo era realizar una obra con artículos de matemática aplicada al campo laboral, esto con la idea apoyar a los alumnos, con casos prácticos y reales para encontrar una relación entre lo que ven en el salón de clases y la aplicación en el campo laboral al terminar sus estudios. En la mayoría de las ocasiones ellos preguntan donde pueden encontrar libros donde se manejen ejemplos reales de aplicación de lo que están estudiando.

El libro que usted tiene en sus manos muestra en sus diferentes artículos aplicaciones matemáticas como: “Planeación y control de proyectos mediante técnicas de redes de actividad”, en él se explican los conceptos teóricos de las técnicas de redes de actividad PERT y CPM y su aplicación con el paquete PROJECT (un programa de computadora para planear y controlar redes de actividad); “Modelos difusos de sistemas de inventario” contiene los conceptos fundamentales del sistema de inventarios utilizando la lógica difusa; “Uso de la estadística en una investigación” plantea los pasos a seguir para realizar una investigación, explicando con ejemplos cada uno de ellos; “Prueba estadística de hipótesis”, se plantea el concepto de hipótesis estadística así como identificar la hipótesis de investigación o alternativa, la hipótesis nula. Además se exponen algunos tipos de errores que se pueden cometer al tomar una decisión; “Análisis de variación estacional en series temporales”, explica como emplear el método de promedios móviles para encontrar la variación estacional en la industria, el método de razones-promedios móviles aplicado en las ventas trimestrales de una empresa y el cambio de patrón estacional; “Algunos indicadores del desempeño de alumnos en Ciencias Sociales en álgebra: estudio de caso”, es un estudio realizado con alumnos de la carrera de administración de dos instituciones UAM-X y FCA-UNAM; “Propuesta metodológica: formulación de proyectos de inversión”, hace una propuesta metodológica para for-

mular proyectos de inversión dentro de una organización y la razón por la cual se elabora.

Es importante mencionar el trabajo colectivo y hacer un reconocimiento a todos los participantes en la organización, desarrollo y elaboración de la presente obra.

Jesús RODRÍGUEZ FRANCO
Coordinador

PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS MEDIANTE REDES DE ACTIVIDAD

Alberto Isaac PIERDANT RODRÍGUEZ*
Jesús RODRÍGUEZ FRANCO*

INTRODUCCIÓN

En la planeación y control de un proyecto de construcción de una nueva planta, modernización o ampliación de una existente, o simplemente para un proyecto de modernización de una oficina, es importante el planear las actividades a desarrollar en ellos, vigilando sus tiempos de duración, su secuencia de realización, sus costos individuales de ejecución y por supuesto una estimación muy cercana a la realidad del costo total del proyecto.

Una de las técnicas de planeación, programación y control más utilizadas en el área de proyectos de gran escala (construcción de una planta, montaje de nuevas líneas de producción, construcción o modernización de infraestructura, construcción o modernización de oficinas, etc.), cuya característica principal es que se realizan una sola vez, se conocen como planeación y programación de redes de actividad. Entre las técnicas de redes de actividad más conocidas encontramos el método PERT (Project Evaluation and Review Technique) y el método del camino crítico CPM (Critical Path Method),

El método del Camino Crítico¹ fue aplicado por primera vez en el año de 1957 para la solución de los problemas de planeación. Su desarrollo se llevó a cabo por dos grupos diferentes, que trabajaban en forma independiente en el periodo comprendido entre 1956 y 1958, siendo estos el grupo de la compañía Du Pont bajo la dirección de J.S. Sayer y M.R. Walker, y la División Univac de la Remington Rand Corporation (ahora llamada Sperry Rand) bajo la supervisión de J.E. Kelley Jr.

Asimismo, en el año de 1957 la oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los E.U.A., la Booz-Allen and Hamilton Company y la División de Sistemas de Projectiles de la Lockheed Aircraft Company elaboraron la técnica PERT

* Profesores investigadores – Departamento de Política y Cultura -Xochimilco

¹ Véase Buffa y Taubert(1975).

para planear y controlar el proyecto Polaris, el cual generó un gran éxito que los contratistas del Departamento de Defensa comenzaron a utilizarlo en una u otra forma.

No fue sino hasta 1959 cuando se publicó la eficiencia del PERT y al mismo tiempo la Du Pont también dio a conocer la técnica del camino crítico CPM.

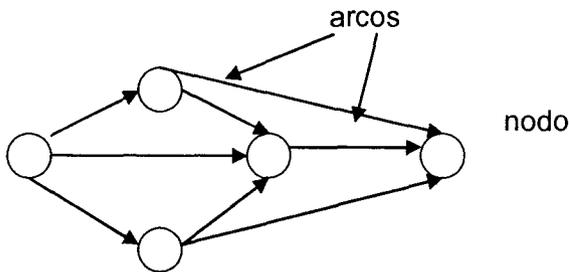
Por otro lado, el marco conceptual y la metodología del PERT y el CPM son iguales, con algunas diferencias de detalle a explicarse más adelante, y que sin embargo no han impedido que ambas se utilicen ampliamente en la planeación y control de proyectos.

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE REDES DE ACTIVIDAD

Prawda (1974) define una red de actividad, como una representación de dos aspectos muy particulares de cualquier proyecto, siendo estos:

- ⇒ La relación de precedencia entre las diferentes actividades del proyecto y
- ⇒ La duración y el costo de cada actividad

Es decir todo proyecto al ser planeado y controlado mediante esta técnica de redes deberá primero dividirse en diferentes actividades, posteriormente se estimará el tiempo de duración de cada actividad, para finalmente, elaborar el diagrama de flechas de la red, el cual estará constituido por nodos y un grupo de arcos que representaran a las actividades del proyecto.



En las redes de actividad, los nodos representan a los eventos, los cuales son hechos bien definidos en el tiempo, como por ejemplo, la terminación de una actividad, y los arcos, que representan a las actividades, las cuales se caracterizan por consumir tiempo, energía, recursos humanos y recursos financieros. De estas últimas hay un tipo de actividad que no consume tiempo, energía ni recursos, a las cuales se les denomina como actividades ficticias, las que a su vez pueden estar asociadas a eventos ficticios.

Sobre la base de esto último se establece que, el diagrama de flechas es la representación gráfica de las relaciones interdependientes existentes entre las

actividades de un proyecto, siendo esto, el elemento base en la fase de planeación, ya que se tiene la ventaja de estudiar las diferentes tareas en detalle de un proyecto, lo que permite identificar ciertas desventajas, que pueden ser eliminadas antes de ser ejecutado.

Buffa y Taubert (1975) proponen una guía para la construcción de un diagrama de flechas, para lo cual relacionan cada actividad (arco), con un diagrama formulando sobre la base de las siguientes tres preguntas:

1. “¿Qué actividades deben completarse antes de que se pueda iniciar esta actividad?”
2. ¿Qué actividades se pueden desarrollar al mismo tiempo que esta actividad y dependen igualmente de la terminación de las mismas actividades precedentes?
3. ¿Qué actividades siguen inmediatamente a esta actividad?”

A estas preguntas deberán agregarse las siguientes dos reglas de construcción propuestas por Taha (1976):

- ◇ “Cada actividad estará representada en la red por sólo un arco. Es decir, una actividad no puede estar representada dos veces en la red.”
- ◇ “Dos actividades no pueden estar identificadas por el mismo evento inicial y terminal”, como se muestra en el inciso (a) de la figura 1. Para solucionar esto último, el procedimiento consiste en introducir una actividad ficticia entre ambas, ya sea a través de A o bien a través de B, como se muestra en el inciso (b) de la misma figura.

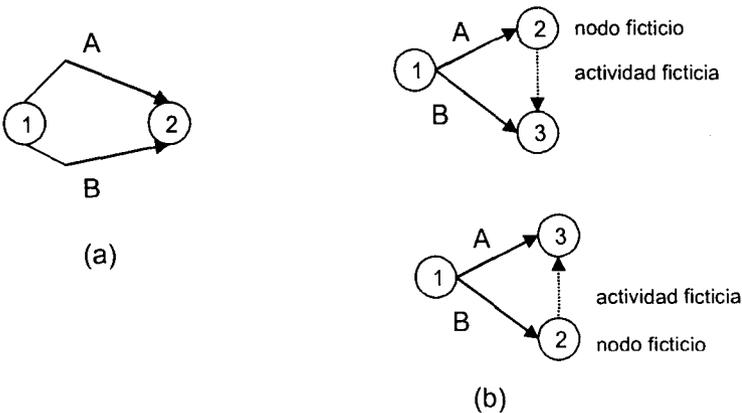


Figura 1

La guía y las reglas propuestas, permiten elaborar adecuadamente la red de actividades de cualquier proyecto, en el que se pretenda aplicar el Método del Camino Crítico (CPM) o bien el PERT.

MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO (CPM)

Este primer método de planeación con redes tiene por objeto especificar el día de inicio y terminación de cada una de las actividades en un proyecto, así como la duración total del mismo, de ahí que el paso inicial sea la construcción del diagrama de flechas, el cual establece, como ya se ha mencionado, las interrelaciones entre las actividades. Una vez desarrollado éste, el siguiente paso consistirá en determinar las actividades críticas y las no críticas, siendo las primeras aquellas que no son posibles de retrasar, ya que ello implicaría el retraso del proyecto en su totalidad, mientras que las segundas son aquellas que si pueden retrasarse sin afectar la duración total del proyecto.

Para darle una estructura matemática, a éste problema de cálculo, por convención se establece que N_i es el nodo que representa al evento i ($i = 1, 2, \dots, m$) de un proyecto que contiene m eventos. Dados dos eventos N_i, N_j , donde N_i precede a N_j , se establece que A_{ij} representa la actividad (arco) que se origina en N_i y termina en N_j , así mismo se establece que t_{ij} y c_{ij} son respectivamente la duración y el costo de la actividad A_{ij} . El valor de t_{ij} , se considera como un valor determinístico.

Por otro lado se establece que A es un conjunto formado por todas las actividades y N es el conjunto de todos los m eventos del proyecto.

Si C_k es la cadena que conduce desde el evento inicial N_i al evento N_j , su duración en tiempo puede expresarse como:²

$$t(C_k) = \sum t_{ij} \quad (1)$$

$$A_{ij} \in C_k$$

Denotándose el tiempo de inicio más rápido en un evento N_j (fecha de iniciación más temprana de una actividad) como:

$$IR_j = \text{Máx } t(C_k)$$

Donde C_k son todas las posibles cadenas que conectan al nodo inicial N_i con N_j . El inicio más rápido del nodo inicial N_i es:

$$IR_1 = 0$$

La ecuación (1) indica que se debe calcular la ruta más larga del nodo 1 al nodo N_j , dado que se tiene una red acíclica direccional. Si se denota a $B(j)$

² Vease Prawda (1974)

como el conjunto de nodos que conectan a N_j , la ecuación (1) puede escribirse en la forma recursiva, como:

$$IR_j = \text{Máx} [IR_i + t_{ij}] \quad j = 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$i \in B(j)$$

Es decir, se pueden calcular todos los incisos más rápidos de una red en todos sus eventos, primero con todos los eventos que conectan directamente con el evento inicial, después con todos los que conectan directamente con éstos eventos, etcétera, hasta alcanzar el evento final del proyecto.

De una manera análoga, se puede realizar otra serie de cálculos comenzando en el evento final N_m y concluyendo en el evento inicial N_j .

Se denota a la terminación más tardía³ de un evento N_j como TT_j y se define como:

$$TT_j = \text{Mín} [TT_m - t(\bar{C}_k)]$$

$$k$$

$$TT_m = IR_m$$

Donde \bar{C}_k es la K -ésima cadena que va del evento N_j al evento final N_m y $t(\bar{C}_k)$ es la duración total de esta cadena. En esta ecuación el inicio más rápido del evento final N_m (IR_m), coincide con la terminación más tardía del mismo evento (TT_m). En su forma recursiva la ecuación anterior se puede escribir como:

$$TT_i = \text{Mín} [TT_j - t_{ij}], \quad i = m, m-1, m-2, \dots, 1$$

$$j \in B(j)$$

$$TT_m = IR_m$$

Donde $B(j)$ denota el conjunto de eventos N_i que preceden al evento j .

Una vez calculada la duración de la red, mediante (2) y (3), el siguiente paso consiste en definir las holguras de los eventos.

Se define como holgura de un evento al posible retraso que ese evento podría experimentar, sin causar ningún retraso a la duración total del proyecto. La holgura⁴ del evento N_i , se escribe H_i y se define como:

³ Vease Prawda (1974)

⁴ Vease Prawda (1974)

$$H_i = TT_i - IR_i, \text{ para toda } I \in N$$

Así, se define como ruta crítica o camino crítico (de aquí el nombre del método) a aquél conjunto de eventos que van desde el evento inicial al final, cuyas holguras son nulas.

Existen aparte de estas últimas, otras holguras que Prawda (1974) define como:

Holgura total. Es aquélla que presupone que el evento N_i se realiza lo más rápidamente posible, mientras que N_j se retrasa lo más posible.

$$HT_{ij} = TT_j - IR_j - t_{ij}$$

Holgura de seguridad. Presupone que los eventos N_i y N_j se retrasan lo más posible.

$$HS_{ij} = TT_j - TT_i - t_{ij}$$

Holgura libre. Presupone que los eventos N_i y N_j se empiezan lo más rápidamente posible.

$$HL_{ij} = IR_j - IR_i - t_{ij}$$

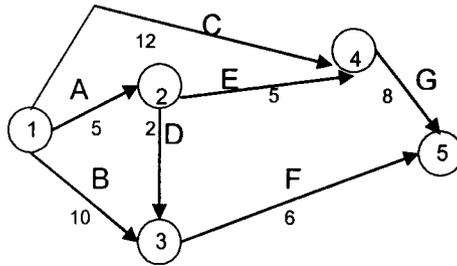
Holgura de independencia. Mide la libertad absoluta en retrasar una actividad sin afectar ninguna otra actividad.

$$HI_{ij} = \text{Máx}(0, IR_j - TT_j - t_{ij})$$

Un ejemplo de la aplicación de esta técnica se muestra a continuación, considerando que la duración (en meses) de cada actividad es determinística.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (MESES)	ACTIVIDAD PRECEDENTE
A	Compra de equipo	5	Ninguna
B	Búsqueda del mercado de capital	10	Ninguna
C	Entrenamiento del personal técnico y administrativo	12	Ninguna
D	Cálculo del presupuesto	2	A
E	Instalación del equipo	5	A
F	Financiamiento para los próximos cinco años de producción	6	B,D
G	Pruebas del equipo	8	C,E

La red para este proyecto es:



Cuya duración estará dada por:

Evento N_i	IR_i	TT_i	H_i
N_1	0	0	0
N_2	5	7	2
N_3	10	14	4
N_4	12	12	0
N_5	20	20	0

Así las diversas holguras para esta red de actividades son:

Actividad (A_{ij})	HT_{ij}	HS_{ij}	HL_{ij}	HI_{ij}
1,2	2	2	0	0
1,3	4	4	0	0
1,4	0	0	0	0
2,3	7	5	3	1
2,4	2	0	2	0
3,5	4	0	4	0
4,5	0	0	0	0

Por lo tanto, la ruta crítica estará formada por los eventos N_1 , N_4 y N_5 cuyas actividades correspondientes son A_{14} y A_{45} y la duración total del proyecto será de 20 meses.

MÉTODO PROBABILÍSTICO PERT

En el campo de desarrollo de proyectos, existen los llamados proyectos de gran escala que se realizan una sola vez, como por ejemplo, el desarrollo de una nueva vacuna para curar una enfermedad específica, un nuevo tratamiento para

el cáncer, el desarrollo de un nuevo cohete de propulsión de naves espaciales o militares, etcétera. En todos ellos, no es posible determinar con precisión su tiempo de duración, por lo que, los grupos de investigación establecen únicamente una serie de estimaciones sobre el tiempo de duración de cada una de sus actividades, ya que éstos resultan ser muy inciertos. En estos casos la metodología propuesta para su planeación y control es la del PERT. Este método intenta tomar en cuenta esta incertidumbre, suponiendo que las estimaciones de tiempo de cada actividad presentan una distribución de probabilidad, de manera que la ruta crítica se transforma en una ruta crítica probabilística, cuyo calendario para las actividades refleja la incertidumbre de sus tiempos.

El método consiste en elaborar tres estimaciones de tiempo para cada actividad con el fin de calcular el valor esperado de duración (te_{ij}) de la misma.

Buffa y Taubert (1975) definen estas tres estimaciones de tiempo como:

- ⊕ “El tiempo optimista, designado como a_{ij} , es el tiempo más breve posible en que se puede ejecutar la actividad si todo marcha bien.
- ⊕ El tiempo pesimista, designado como b_{ij} , es el tiempo más largo que debe llevar la realización de una actividad bajo condiciones adversas, destacando las causas de fuerza mayor.
- ⊕ Y el tiempo más probable denotado por m_{ij} , considerado como el valor modal de la distribución”.

Con ellas es posible calcular la ruta crítica, siempre y cuando la red esté formada por un número bastante grande de actividades, lo que permitirá aplicar el teorema del límite central de la probabilidad, obteniéndose así, la reducción de estas tres estimaciones a una sola, denominada estimación promedio te_{ij} , y cuya distribución probabilística puede representarse mediante una distribución Beta. Esta distribución puede aproximarse mediante la relación:

$$te_{ij} = \frac{1}{6}(a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij})$$

y cuya varianza es:

$$\sigma^2_{ij} = \frac{1}{36}(b_{ij} - a_{ij})^2$$

Mediante este valor esperado te_{ij} para cada actividad es posible obtener la ruta crítica con la misma metodología utilizada para el caso del Camino Crítico (CPM), como se muestra en la ecuación⁵ siguiente.

⁵ Ver Prawda (1974)

$$\bar{T}(C_c) = \sum te_{ij} \quad , \quad A_{ij} \in C_c$$

Cuya varianza total se determina como:

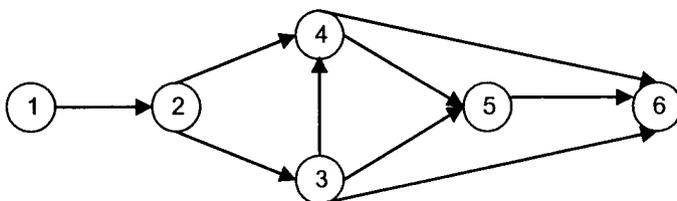
$$\sigma^2_c = \sum \sigma^2_{ij} \quad , \quad A_{ij} \in C_c$$

Distribución Beta:

$$dF(t_{ij}) = K(t_{ij} - a_{ij})^\alpha (b_{ij} - t_{ij})^\beta \quad , \quad a_{ij} \leq t_{ij} \leq b_{ij}$$

Donde a_{ij} y b_{ij} son parámetros de localización, α y β son parámetros de curvatura y K es una constante de normalización.

Un ejemplo de aplicación de esta técnica se define a continuación. Suponga la siguiente red de actividades con tiempos (a_{ij}, b_{ij}, m_{ij}) definidos probabilísticamente en semanas.



Actividad	Tiempos estimados (a, b, m)	te_{ij}	σ^2_{ij}
1,2	(2, 8, 2)	3	1.00
2,3	(1, 11, 1.5)	3	2.78
2,4	(0.5, 7.5, 1)	2	1.36
3,5	(1, 7, 2.5)	3	1.00
3,6	(1, 3, 2)	2	0.11
4,5	(6, 8, 7)	7	0.11
4,6	(3, 11, 4)	5	1.78
5,6	(4, 8, 6)	6	0.44

Aplicando la metodología CPM encontramos la ruta crítica probabilística de la red.

Evento (N_i)	IR _i	TT _i	H _i
1	0	0	0
2	3	3	0
3	6	6	0
4	6	6	0
5	13	13	0
6	19	19	0

La cual está definida por los eventos $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5,$ y N_6 , cuyas actividades respectivas son $A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}$ y A_{56} , con una duración esperada de 19 semanas y varianza de 4.33.

SENSIBILIDAD EN LAS REDES PERT

Dado que la duración del proyecto en una red de actividad tipo PERT, es una variable aleatoria con distribución normal, con media $\bar{T} (C_c)$ y varianza σ^2_c la probabilidad de que la duración del mismo sea menor o igual a una cantidad X esta está dada por:

$$P(\bar{T}(C_c) \leq X) = \phi \left[\frac{X - \bar{T}(C_c)}{\sigma_c} \right]$$

Donde $\phi [\bullet]$ es la distribución normal, con media cero y desviación estándar uno.

Tomando como base lo anterior, se puede analizar desde un punto de vista probabilístico la duración de un proyecto. Para el ejemplo de la red PERT, el grupo de toma de decisiones podrá hacer las siguientes preguntas:

¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en 15 semanas o menos?

La respuesta sería:

$$P(\bar{T}(C_c) \leq 15) = \phi \left[\frac{15 - 19}{2.08} \right] = \phi [-1.92] = 0.0276^6$$

Lo que indica que no hay posibilidad de terminar el proyecto en ése tiempo.

¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en 22 semanas o menos? La respuesta es:

⁶ Este valor numérico se obtiene por lectura en las tablas de la distribución normal, contenidas en los libros de probabilidad.

$$P(\bar{T}(C_c) \leq 20) = \phi \left[\frac{22 - 19}{2.08} \right] = \phi [1.44] = 0.9251^7$$

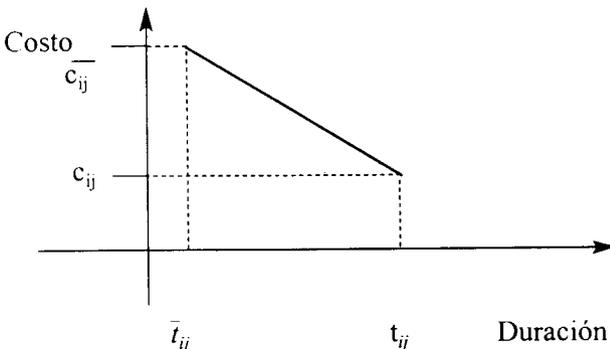
Lo que nos indica que si hay posibilidad de terminar el proyecto en ése tiempo.

COMPRESIÓN DE LA DURACIÓN DE UNA RED DE ACTIVIDADES

Otro aspecto que requiere de un análisis especial, es la relación costo-duración, ya que si en una red de actividades, se requiere reducir el tiempo de duración de una actividad de t_{ij} a \bar{t}_{ij} ($\bar{t}_{ij} < t_{ij}$), el costo de esa actividad deberá necesariamente aumentar a un valor \bar{c}_{ij} ($\bar{c}_{ij} < c_{ij}$), debido a que se emplearán más recursos, o bien se emplearán los mismos pero con mayor intensidad de uso. Los costos que pueden analizarse son solamente los costos directos, ya que los costos administrativos y los de supervisión deberán agregarse al final del análisis.

La relación costo-duración se analiza generalmente en forma lineal (aunque existe el caso no lineal) por su sencillez, de aquí que la reducción de tiempo e incremento de costos para cada actividad se calcule mediante la relación⁸:

$$P_{ij} = \text{pendiente de la actividad} \quad A_{ij} = \frac{\bar{c}_{ij} - c_{ij}}{\bar{t}_{ij} - t_{ij}} \quad \frac{\text{(pesos)}}{\text{(tiempo)}}$$



Una vez calculada esta pendiente para cada actividad, se determinará la ruta crítica en función de los tiempos normales t_{ij} . Si se quiere reducir la duración total del proyecto, se deberá entonces reducir la duración de una o varias actividades que forman la ruta crítica. Con objeto de lograr la mayor reducción al

⁷ Este valor numérico se obtiene por lectura en las tablas de la distribución normal, contenidas en los libros de probabilidad.

⁸ Ver Prawda(1974), Taha (1976) y Voronov (1980).

menor costo posible se selecciona aquella actividad crítica cuya pendiente sea menor, observándose que al comprimir la duración, ello puede dar lugar a la formación de una nueva ruta crítica diferente a la original, de donde nuevamente se volverá a seleccionar la actividad crítica con menor pendiente, para comprimirla en su duración, de tal forma que el proceso se repite hasta que se hayan comprimido todas las actividades posibles de un proyecto. Como puede observarse el método permite reducir la duración de un proyecto, cuando existen para ello recursos disponibles.

PROJECT UN PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA PLANEAR Y CONTROLAR REDES DE ACTIVIDAD

Debido a la importancia actual que tienen estas técnicas para la planeación y control de proyectos, han sido desarrollados numerosos programas comerciales de computadora que permiten solucionar tanto las redes determinísticas CPM como las redes probabilísticas PERT, una prueba de ello es el paquete PROJECT desarrollado para microcomputadoras bajo el sistema operativo Windows.

Este paquete permite definir cada una de las actividades de una red, sus tiempos de duración, sus relaciones de precedencia y los costos asociados a cada una de ellas. Todos estos elementos le permiten al administrador del proyecto determinar con bastante precisión la duración total del proyecto, la ruta crítica en éste y su costo, tanto por actividad, así como su costo total.

Pará poder planear y posteriormente controlar la ejecución de un proyecto, el administrador de éste debe iniciar el proceso de planeación con la definición e identificación del proyecto, posteriormente deberá establecer el calendario de trabajo del proyecto, definir los recursos requeridos y finalmente realizar la construcción de la red de actividades.

La definición e identificación del proyecto se establece en el menú "Proyecto" y el comando "Información del proyecto", como se muestra en la ventana siguiente:

Información del proyecto 'Project1'

Fecha de comienzo: lu 11/10/99

Fecha de fin: lu 11/10/99

Programar a partir de: Fecha de comienzo del proyecto

Todas las tareas comienzan lo antes posible.

Fecha de hoy: lu 11/10/99

Fecha de estado: NA

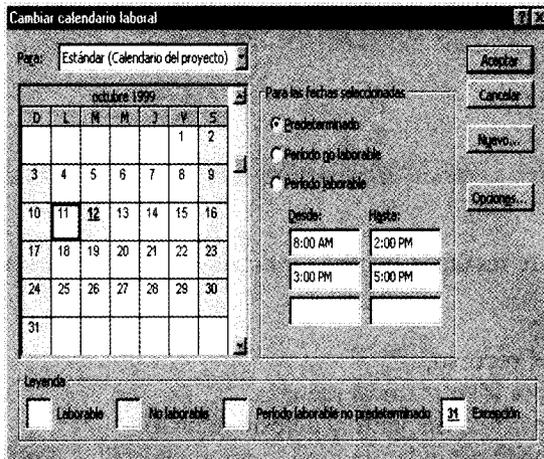
Calendario: Estándar

Buttons: Aceptar, Cancelar, Estadísticas...

En ella el administrador deberá establecer la fecha de comienzo, la forma de programar las actividades,⁹ y el calendario a utilizar.

El calendario a utilizar durante la ejecución del proyecto permite establecer los días laborables y no laborables, así como los horarios de trabajo del mismo.

Para establecer un nuevo calendario o modificar el calendario estándar, el administrador debe llamar del menú de "Herramientas" la subrutina "Cambiar calendario laboral", la cual muestra una ventana como la de la figura siguiente.



En esta sección se establecen los horarios de trabajo (matutino y vespertino) por día laborable, los días que en el calendario no son laborables (por ejemplo, 1ro. de enero, 1ro. de mayo, etc.) y los días que en este calendario no son laborables para este proyecto.

Una vez establecida la información del proyecto y el calendario de trabajo del mismo, se procede a capturar la información sobre los recursos materiales y humanos y sus costos respectivamente. La captura de esta información se realiza en la hoja de recursos como se muestra en la figura siguiente.

⁹ Existen ocho formas diferentes de programar las actividades (Microsoft Project User's Reference (1992), pp. 37-39). La más utilizada, y de hecho la forma estándar de programar las actividades es: "Todas las tareas comienzan lo antes posible". Sin embargo el usuario del paquete puede utilizar las otras siete formas disponibles: Todas las tareas tan tarde como sea posible, Todas las tareas para terminar no antes que, Todas las tareas para terminar después de, Todas las tareas deben terminar en, Todas las tareas deben empezar en, Todas las tareas empiezan no antes que y Todas las tareas empiezan después de.

	Nombre del recurso	Iniciales	Grupo	Cantidad máx.	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo fijo	Acumulado	Calendario base
1	Jefe de Proyecto	JP		100%	\$65.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar
2	Analista especializado	AE		100%	\$41.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar
3	Analista de Recursos Humanos	ARH		100%	\$41.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar
4	Encuestador	En		100%	\$25.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar
5	Especialista en Estadística	EE		100%	\$50.00/hora	\$0.00/hora	\$0.00	Prorrato	Estándar

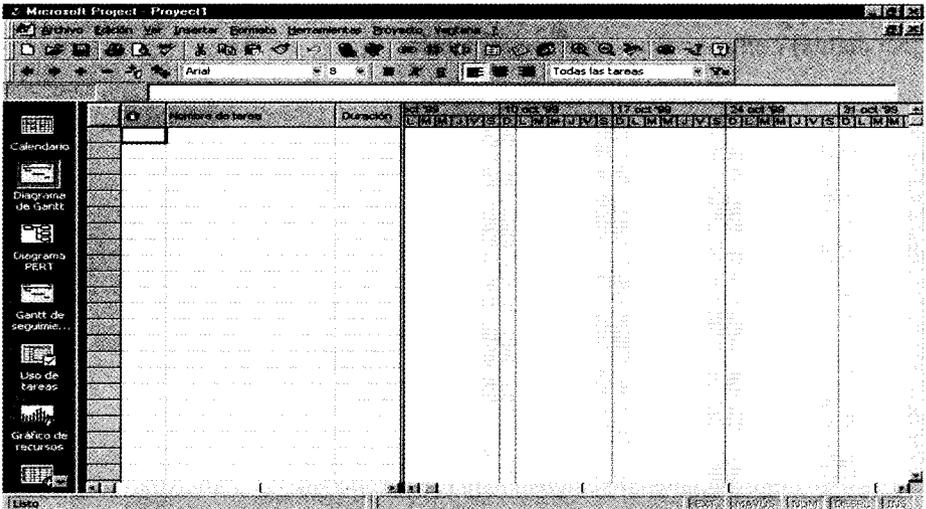
En esta hoja de recursos deberán indicarse para cada recurso los conceptos siguientes:

- ⇒ Nombre del recurso.
- ⇒ Iniciales para identificar al recurso.
- ⇒ Cantidad máxima disponible de este recurso.
- ⇒ El costo (tarifa estándar, tiempo extra y costo fijo). Su formato es: costo, una “/” y el período (\$5/h, \$15/d y \$1250/s).
- ⇒ Método de pago (al inicio de la actividad, al final o prorrateado).
- ⇒ Calendario usado en el proyecto.
- ⇒ Código del recurso.

Una vez capturados los recursos que serán utilizados en el proyecto se procede a capturar la red de actividades. Esta etapa de definición de cada actividad se realiza mediante la ventana de definición de actividades (task entry) como se muestra en la figura siguiente, o bien mediante la ventana de información de la tarea (task form).

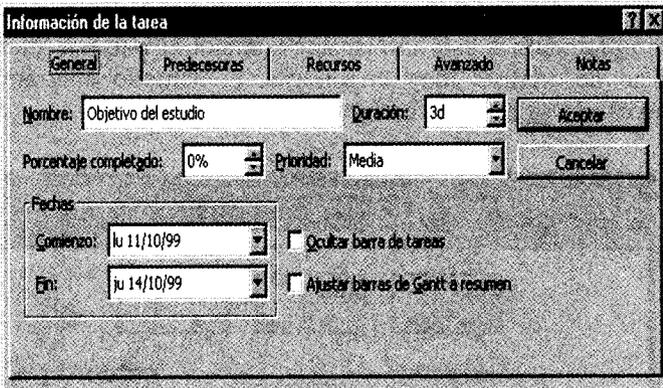
En la ventana de definición de actividades el administrador del proyecto deberá establecer para cada actividad los conceptos siguientes:

- ⇒ Descripción de la actividad.
- ⇒ Duración de la actividad.
- ⇒ El porcentaje de avance de la actividad (etapa de control).
- ⇒ Los recursos requeridos para su desarrollo.
- ⇒ Las actividades precedentes.



Task entry form

Esta misma información puede ser capturada por actividad utilizando la ventana de información de la tarea, como se muestra en la figura siguiente. Una ventaja de esta ventana es que le permite al administrador registrar el porcentaje de avance de cada tarea de manera más simple, verificar las actividades precedentes y registrar notas o comentarios sobre cada actividad en particular.



Task form

Al agregar cada actividad que forma una red, Project va calculando la duración del proyecto y su costo automáticamente, de tal forma que, una vez capturadas todas las actividades de la red, el administrador cuenta con un cálculo inicial de duración del proyecto así como un costo total inicial. Estos primeros

resultados podrán observarse en el submenú de estadísticas del proyecto (project status) como se muestra a continuación.

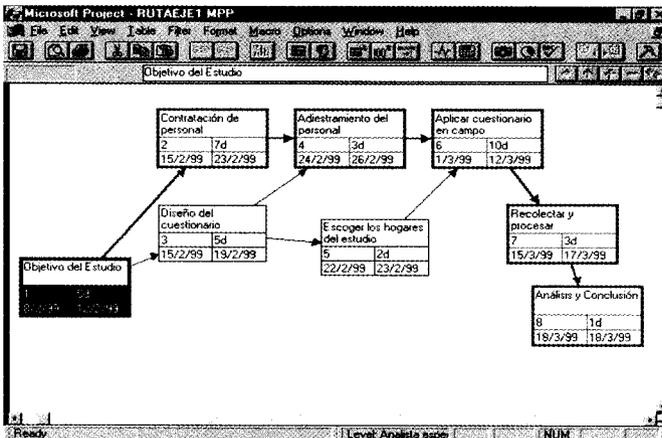
Estadísticas del proyecto "Proyecto1 mpp"				
		Comienzo	Fin	
Actual		lu 11/10/99	ma 16/11/99	
Previsto		NA	NA	
Real		NA	NA	
Variación		0d	0d	
		Duración	Trabajo	Costo
Actual		24d	533.33h	\$30,690.67
Previsto		0d	0h	\$0.00
Real		0d	0h	\$0.00
Restante		24d	533.33h	\$30,690.67

Porcentaje completado:	
Duración: 0%	Trabajo: 0%

Este formato resumen de estadísticas del proyecto nos muestra los elementos siguientes:

- ❖ La fecha de inicio y terminación del proyecto.
- ❖ Las fechas planeadas de inicio y terminación.
- ❖ Los avances en la ejecución del proyecto.
- ❖ Las desviaciones que ha sufrido el proyecto (varianza).
- ❖ Duración del proyecto, costo total y duración en horas (o periodo utilizado).
- ❖ Porcentaje de avance del proyecto.

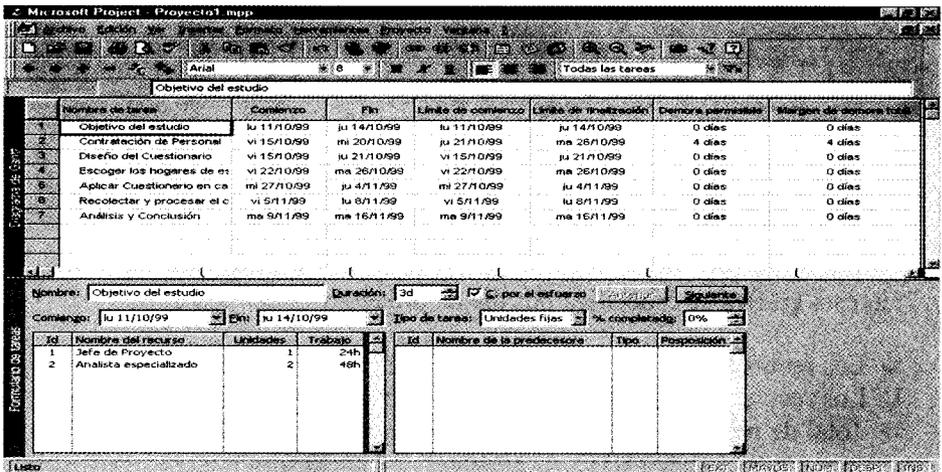
Como complemento a esta información inicial el paquete incluye un elemento gráfico de análisis muy importante, el llamado diagrama o gráfico PERT, como el que se muestra en la ventana siguiente.



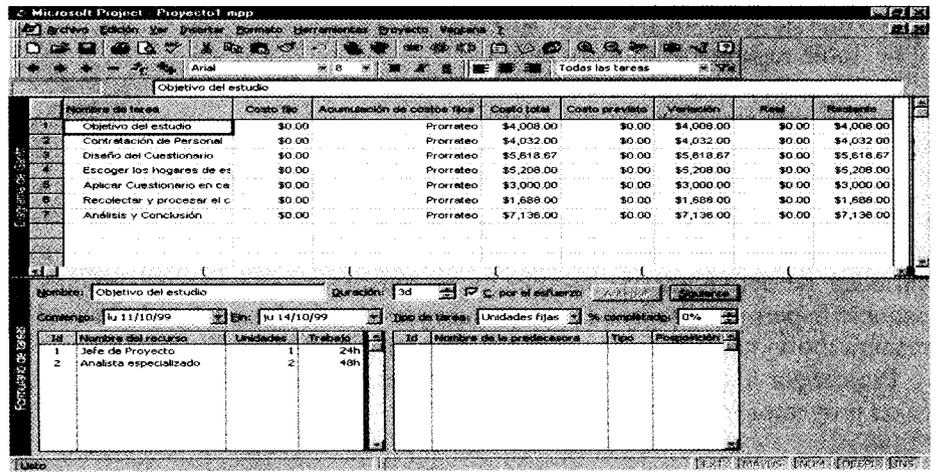
Este gráfico muestra a detalle la red, indicando de ella cada una de las actividades que la forman, el número de la actividad, su duración total, su fecha de inicio de la actividad, su fecha de terminación, así como las precedencias de cada una de ellas.

También cuenta con un resumen calendarizado y especificado por recursos usados en cada actividad, de tal manera que el analista cuenta con un plan de ejecución del proyecto (hoja de tareas o task sheet).

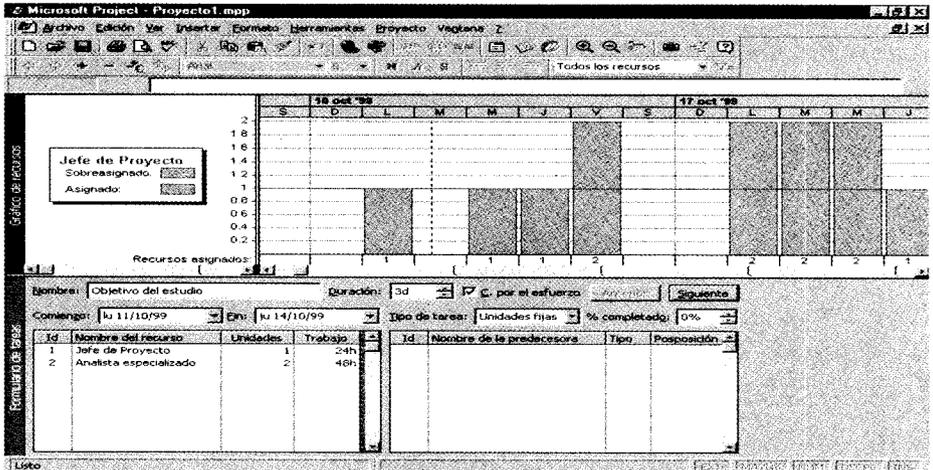
La hoja de tareas puede complementarse con una tabla de programación de actividades donde se indican las holguras libres y totales (schedule table). Un ejemplo de esta tabla se muestra en la figura siguiente:



Finalmente se cuenta con una tabla de costos por actividad, especificando su costo total, el costo planeado, la variación del costo, el costo actual y los pagos de actividades pendientes.



Al plan de ejecución puede agregarse un gráfico de recursos (resource graph), en el cual se especifican los recursos disponibles y los requeridos por el proyecto.



En esta gráfica se especifica por día de proyecto:

- ⇒ Los recursos disponibles, en una barra de color azul (allocated).
- ⇒ Los recursos requeridos, en una barra de color rojo (overallocated).
- ⇒ Total de recursos requeridos por actividad (peak units).

A estos formatos que proporcionan la información básica del proyecto, se agregan otros que permiten realizar análisis más específicos, ya sea por actividades o bien para la red en su conjunto, entre algunos de ellos tenemos:

- ⇒ Tabla de uso de recursos (resource usage).
- ⇒ Hoja de recursos (resource sheet).
- ⇒ Tabla resumen (summary table).
- ⇒ Tabla de avance de tareas (work table).
- ⇒ Tabla de recursos (resource table).

Como podrá observar el lector, este paquete permite planear y controlar adecuadamente la ejecución de un proyecto mediante la técnica de redes de actividad. Además, si el analista observa que su proyecto está formado por una gran variedad de actividades o las relaciones entre éstas son muy complejas, el paquete le permite dividir a la red en subredes, las cuales pueden trabajarse de manera individual o bien como partes de la gran red.

Project por lo tanto es un paquete que presenta gran flexibilidad en el manejo de proyectos PERT o CPM.

CONCLUSIONES

Las técnicas CPM y PERT constituyen una herramienta importante para todo administrador de proyectos, ya que éstas, le permitirán planear y controlar el desarrollo de los mismos.

Una adecuada aplicación de estas técnicas traerá como resultado un desarrollo planificado de los proyectos dentro de la organización, el cual se reflejará en la optimización tanto de los recursos técnicos, financieros así como de sus recursos humanos, todos ellos elementos vitales para el logro de los objetivos y metas en toda organización, ya sea ésta gubernamental o privada.

Esta técnica de planificación de proyectos puede hoy en día operarse de manera muy simple a través de paquetes o programas de computadora, como PROJECT, cuya flexibilidad y sencillez de manejo le permiten al analista contar con la información necesaria para la toma de decisiones a medida que un proyecto particular es ejecutado.

Hemos presentado en este artículo los fundamentos matemáticos de estos métodos, los elementos a considerar en su aplicación, algunos ejemplos y una guía simple del uso de todos estos elementos mediante el programa de computadora PROJECT. Esperamos que este instrumental de planeación y control le sea útil al analista que requiera del uso de las técnicas de redes de actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Buffa, S. E. y Taubert, W. H., *Sistemas de Producción e Inventario, Planeación y Control*, Cap. 13, Editorial LIMUSA, S. A., México, 1975.

Buffa, S.E. y James, S.D., *Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones, Formulación de modelos y métodos de solución*, pp. 627-647, Editorial LIMUSA, S.A., México, 1983.

Eppen G.D., Gould F.J, Schmidt C.P., Moore J.H. y Weatherford L.R., *Investigación de Operaciones en las Ciencias Administrativas*, Cap. 14, pp. 657-691, Prentice Hall, México, 2000.

Gerez, V. y Grijalva, M., *El enfoque de sistemas*, pp. 533-537, Editorial LIMUSA, México, 1980.

Microsoft Corporation, *Microsoft Project, User's Reference*, USA, 1992-1998.

Prawda, J., *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*, Editorial LIMUSA, México, 1974.

Pierdant, A. I. y Trujillo, R. CPM FOR, *Un Programa para Calcular Ruta Crítica*, Documento del proyecto IEGO, Secretaría de Turismo, 1981.

Taha, H. A., *Operations Research and Introduction*, Cap. II, Macmillan Publishing Co., Inc., 1976.

Voronov, A. A., *La Investigación de Operaciones y las Tareas de Dirección*, Cap. V , Editorial Ciencias Sociales, Cuba, 1980.

MODELOS DIFUSOS DE SISTEMAS DE INVENTARIO. APLICACIÓN

Ana Elena NARRO RAMÍREZ*

INTRODUCCIÓN

Son innegables los errores cometidos en la medición, en la observación, en la predicción, todos inherentes a la raza humana, de manera que los modelos científicos que suponen exactos estos datos conducen a conclusiones equivocadas. Esta situación, trata de ser corregida, tomando en cuenta la incertidumbre de los datos manejados con una nueva lógica conocida como lógica difusa.

Los sistemas de inventario son sistemas que manejan datos inciertos y por ende son modelos que reúnen las condiciones para ser analizados usando la lógica difusa. En este trabajo se presentan dos modelos difusos de sistemas de inventario. Uno que consta de varias etapas y el otro que controla varios artículos, este último se utiliza en un caso real.

MODELO DE SISTEMA DE INVENTARIO MULTIETAPAS

En general un sistema de inventario se representa a partir de su ecuación de costo, dicha ecuación es una función de las variables de decisión que le dan nombre al sistema, en la mayoría de los casos son una o dos de las siguientes variables: Q , el tamaño del pedido o del lote de producción, T , el tamaño del ciclo, y_d , el tamaño del déficit permitido, S , el nivel máximo permitido de existencia en el almacén, s , el punto de reorden o nivel mínimo de existencia en el almacén.

La ecuación de costo total por unidad de tiempo se expresa a partir de las siguientes componentes:

* Profesora-Investigadora del Departamento de Política y Cultura, División de Ciencias Sociales y Humanidades, UAM-Xochimilco.

$$CT = (\text{costo por ordenar}) + (\text{costo de adquisición}) + (\text{costo por almacenamiento}) + (\text{costo por déficit})^{10}$$

Estos costos son difíciles de estimar, de manera que casi todos son candidatos idóneos para manejarlos como variables difusas, usando un intervalo dentro del cual se sitúen los valores, o una magnitud alrededor de la cual se encuentren.

DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL MODELO DE UNA ETAPA

El costo por ordenar tiene dos componentes, una fija que corresponde al costo K de colocar una orden, éste incluye además del sueldo percibido por los empleados que se encargan de hacer, recibir, inspeccionar las órdenes y transportar los pedidos del lugar en el que se reciben hasta el lugar en el que se almacenan, el costo de la papelería, de las llamadas telefónicas, del correo, etc. que se usan para ordenar. Se considera adecuado, y más cerca de la realidad, en lugar de manejar un valor exacto, estimar un intervalo dentro del cual se incluya este costo. La segunda componente corresponde al costo unitario de adquisición o fabricación, c , aunque puede ser estimado con menor dificultad, es necesario tomar en cuenta el comportamiento actual de la economía con costos cambiantes, además con frecuencia se ofrece un descuento por cantidad, lo que lo hace depender de la magnitud del pedido, esto hace parecer poco deseable considerarlo exacto y más atinado suponer que este valor se encuentra situado alrededor de un número. En la ecuación del modelo, c , aparece como coeficiente del tamaño de la orden (Q), esto es, el costo por ordenar queda representado mediante $K + cQ$ lo que traducido al lenguaje de los conjuntos difusos¹¹ correspondientes, utilizando las operaciones suma y producto (\oplus , \otimes), extendidas a los intervalos, se escribe:

$$\tilde{K} \oplus (\tilde{c} \otimes \tilde{Q})$$

Donde \tilde{K} , \tilde{c} y \tilde{Q} representan los intervalos dentro de los cuales se estima que caen los valores reales de las variables correspondientes.

¹⁰ Jonson A. Lynwood & Montgomery Douglas, "Operation Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control", John Wiley & Sons, USA, 1994. pp 13-25.

¹¹ Klir J. George & Yuan Bo, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications", USA, 1995, pp1-33.

El costo por almacenamiento h , que corresponde al costo de mantener en el almacén un artículo durante una unidad de tiempo está constituido por el costo por deterioro, pérdida u obsolescencia, el costo del seguro, el alquiler del almacén o el impuesto predial, según el caso, la luz, el sueldo del vigilante, y sobre todo, el costo de oportunidad por mantener una inversión improductiva. Como es unitario, en la ecuación aparece multiplicado por la cantidad de artículos en el almacén, cuya magnitud depende de manera complicada de la demanda que tampoco puede conocerse con exactitud, es decir, este término se representa a partir del producto hy de la misma manera que antes para estimar h es más sencillo establecer un intervalo de variación, \tilde{h} ; el nivel de inventario depende de la demanda $y = f(d)$, y es posible encontrar un intervalo dentro del cual se mueva, entonces el costo por almacenaje, expresado a partir de los conjuntos difusos queda, en vista de que pueden suponerse separables ambos elementos, como:

$$\tilde{h} \otimes \tilde{y}$$

Con respecto al costo por déficit, se consideran dos tipos de clientes que se presentan cuando el almacén está vacío y su pedido no puede ser satisfecho inmediatamente: los que aceptan esperar a que haya existencia, a los cuales se les asigna un costo por ventas pendientes " p ", y los que se retiran a buscar sus artículos con otro proveedor, a quienes corresponde el costo por ventas perdidas " π "; la proporción de cada tipo de clientes no se conoce con exactitud, se estima a partir de la observación y puede considerarse que varía alrededor de cierto valor. El costo por déficit, en sí mismo, es el más difícil de estimar, porque es un costo de oportunidad, el costo de perder un cliente además puede impulsar el descrédito con sus conocidos y multiplicar los clientes perdidos, o bien, si acepta esperar esta vez, posiblemente no vuelva, en el cálculo de su magnitud se toma en cuenta el costo por pronosticar con la mayor exactitud posible la fecha en la que puede surtirse su pedido. Como se observa es difícil conocer una magnitud exacta, pero es posible determinar un intervalo dentro del cual pueda ubicarse el costo " p ", y por lo que respecta al costo " π " puede expresarse como la suma de " p " con el valor de la venta perdida, es decir, " c " por la magnitud del déficit, la cual se supone proporcional a " d_L " demanda durante el tiempo de entrega L ,¹² pues es durante este periodo en el que suele presentarse el déficit. Entonces este costo se expresa como: $rp y_d(d_L) + (1-r)\pi y_d(d_L) = (rp + (1-r)(p+c)) y_d(d_L) = (p + (1-r)c) y_d(d_L)$, donde r corresponde a la proporción de clientes que aceptan entrega diferida. Esta ecuación queda, en términos de conjuntos difusos y las operaciones extendidas como:

¹² L es el tiempo que transcurre desde que se ordena un pedido o un lote de producción hasta que son entregados los artículos o se reciben terminados.

$$[(\tilde{p} \oplus \tilde{r}^c) \otimes \tilde{c}] \otimes \tilde{y}_d(d_L)$$

Aunque para simplificar puede estimarse un intervalo dentro del cual varía y_d sin depender de d_L , utilizando entonces la intersección de los dos intervalos, tomando en cuenta que en vista de que los conjuntos son separables, las variables son independientes.

En conclusión, la ecuación exacta que corresponde al modelo descrito queda:

$$CT(Q(y, y_d)) = K + cQ + hy + (p + (1 - r)c)y_d \text{ que puede escribirse también}$$

$$CT(Q(y, y_d)) = K + cQ + hy + p'y_d$$

Donde p' es $p + (1 - r)c$, y en términos de conjuntos difusos, suponiendo conocidos los intervalos, o los valores alrededor de los cuales pueden caer las diversas variables difusas y usando las operaciones extendidas queda:

$$\tilde{G}_{q(y, y_d)}(z) = (\tilde{K} \oplus \tilde{c} \otimes \tilde{Q}) \oplus (\tilde{h} \otimes \tilde{y}) \oplus (\tilde{p}' \otimes \tilde{y}_d)$$

MODELO MULTIETAPAS

En el caso en el que se trabaja con un sistema en el que los componentes cambian de un periodo al siguiente el modelo se considera como multietapas y los elementos que se incluyen, además de los mencionados anteriormente son:

- ◇ Número de etapas n .
- ◇ Estados que corresponden a los diversos niveles de inventario factibles y ;
- ◇ Variables de decisión que corresponden a las magnitudes de las órdenes de compra o producción en cada periodo Q ;
- ◇ Ecuación de transición que permite ligar los estados en un periodo con los estados en el siguiente:

$$y_{i+1} = y_i + Q_i - d_i$$

Esto es, el nivel de inventario al final del periodo $i + 1$ es el que resulta del inventario con el que se terminó el periodo anterior más lo que se recibió menos lo que se usó para satisfacer la demanda. El costo por inventario puede cargarse al inventario inicial o al inventario con el que se acaba un periodo y se inicia el siguiente.

- ⇨ Ecuación recursiva que es la ecuación de costo de todas las etapas, en general se calcula primero la etapa final en la que para optimizar el costo sólo debe tomarse una decisión, después se minimiza el costo de las dos últimas etapas usando el valor obtenido como óptimo previamente y tomando la decisión que optimice la suma de los costos de las dos últimas etapas, así sucesivamente, en cada etapa se toma una decisión que optimiza la suma de costos desde ese punto hasta el final, este procedimiento se expresa a partir de la ecuación.¹³

$$CT(Q_i(y_i, y_{di})) = \text{Min}_{Q_i} \{K_i + c_i Q_i + h_i y_i + p_i y_{di} + CT^*(Q_{i+1}(y_{i+1}, y_{di+1}))\}$$

Donde el último término corresponde a la optimización de la etapa $i + 1$ a la n

Este caso traducido al lenguaje de la lógica difusa queda:

- ⇨ Número de etapas n .
- ⇨ Estados

$$\bar{y}_i \text{ para } i = 1, \dots, n$$

- ⇨ Variables de decisión

$$\bar{Q}_i \text{ para } i = 1, \dots, n \text{ y cada } y_i$$

- ⇨ Ecuación de transición,

$$\bar{y}_{i+1} = \bar{y}_i \oplus \bar{Q}_i \ominus \bar{d}_i$$

- ⇨ Ecuación recursiva

$$C\tilde{T}(\bar{Q}_i(\bar{y}_i, \bar{y}_{di})) = \text{Min}_{\bar{Q}_i} \{ \bar{K}_i \oplus (\bar{c}_i \otimes \bar{Q}_i) \oplus (\bar{h}_i \otimes \bar{y}_i) \oplus (\bar{p}_i \otimes \bar{y}_{di}) \oplus C\tilde{T}^*(\bar{Q}_{i+1}(\bar{y}_{i+1}, \bar{y}_{di+1})) \}$$

A continuación se presenta un modelo de sistema de inventario probabilista de tres periodos, en el que se manejan los costos estimados como si fueran conocidos con exactitud, así como su solución. Más adelante se contrasta con la solución que se obtiene al integrar esta nueva forma de razonamiento, esta-

¹³ Op. Cit. (2), pp 139-148.

bleciendo los intervalos y los valores alrededor de los cuales se estima que se encuentran los costos

EJEMPLO MODELO MULTJETAPAS

Al principio de cada periodo una empresa debe determinar cuántas unidades producir durante dicho periodo. Cuando se producen x artículos el costo de producción se estima como $c(0) = 0$ y $c(x) = 30 + 100x$ para $x > 0$ (x se mide en millares de artículos). La producción durante cada periodo se limita a 4 millares de artículos. Después de producir se observa la demanda aleatoria del periodo que es de 1 millar de artículos con probabilidad $2/3$ o 2 millares, con probabilidad $1/3$. Después de satisfacer la demanda actual se evalúa la existencia al final del periodo y se carga un costo de almacenamiento de $\$100.00$ por cada millar de artículos. Debido a la capacidad del almacén la existencia no puede ser mayor de 3 millares de artículos. Se ha estimado que $1/4$ de los clientes que se presentan cuando no hay existencia aceptan esperar y se incurre en un costo de $\$200.00$ y con probabilidad $3/4$ el cliente que se presenta durante el periodo de déficit no acepta esperar y entonces se incurre en un costo de $\$300.00$. Cualquier artículo que se tenga al final del tercer periodo se puede vender a un precio de recuperación $\$300.00$ el millar. Al inicio del primer periodo se tienen 1000 artículos en el almacén.

Solución exacta:

Elementos

Etapas: 3

Variable de estado: número de millares de artículos en existencia y_i para $i = 1, 2, 3, -4$ $y_i \leq 3$.

Variable de decisión: número de millares de artículos por producir Q_i durante la etapa i , con $i = 1, 2, 3, 0 \leq Q_i \leq 4$.

Ecuación de transición: $E(y_{i+1}) = y_i + Q_i - E(d_i)$, con $i = 1, 2, 3$.

$$\text{Ecuación Recursiva: } E(CT(y_i)) = \text{Min}_{Q_i} \left\{ \begin{array}{l} c(Q_i) + 100 \text{Max}\{E(y_{i+1}), 0\} + \\ \frac{1}{4} 200(E(y_d) + \frac{3}{4} 300E(y_d)) \\ + E(CT(y_{i+1}))^* \end{array} \right\}$$

Donde $E(y_d) = \text{Max}^{14}\{0, -E(y_{i+1})\}$ y $E(CT(y_{i+1}))^*$ es el óptimo esperado de la siguiente etapa a la etapa final.

¹⁴ En este problema se reduce el número de variables con la inclusión de la función Max, cuando el nivel de inventario resulta positivo corresponde a y , si resulta negativo es el valor de y_d .

Etapa 3

Y_2	Q_3	y_3	$f_3 = 30 + 100Q_3 - 200y_3 + 275 y_d^{15}$
3	0	5/3	$-200(5/3) = -1000/3$
	1	8/3	$30 + 100 - 200(8/3) = -1210/3^*$
2	0	2/3	$-200(2/3) = -400/3$
	1	5/3	$30 + 100 - 200(5/3) = -610/3$
	2	8/3	$30 + 200 - 200(8/3) = -910/3^{*16}$
1	0	-1/3	$275(1/3) = 275/3$
	1	2/3	$30 + 100 - 200(2/3) = -10/3$
	2	5/3	$30 + 200 - 200(5/3) = -310/3$
	3	8/3	$30 + 300 - 200(8/3) = -610/3^*$
0	0	-4/3	$275(4/3) = 1100/3$
	1	-1/3	$30 + 100 + 275(1/3) = 665/3$
	2	2/3	$30 + 200 - 200(2/3) = 290/3$
	3	5/3	$30 + 300 - 200(5/3) = -10/3$
	4	8/3	$30 + 400 - 200(8/3) = -310/3^*$
-1	1	-4/3	$30 + 100 + 275(4/3) = 1490/3$
	2	-1/3	$30 + 200 + 275(1/3) = 965/3$
	3	2/3	$30 + 300 - 200(2/3) = 590/3$
	4	5/3	$30 + 400 - 200(5/3) = 290/3^*$
-2	2	-4/3	$30 + 200 + 275(4/3) = 1790/3$
	3	-1/3	$30 + 300 + 275(1/3) = 1265/3$
	4	2/3	$30 + 400 - 200(2/3) = 890/3^*$

Resumen etapa 3

$$f_3^*(3) = \frac{-1210}{3}, Q_3 = 1$$

$$f_3^*(2) = \frac{-910}{3}, Q_3 = 2$$

$$f_3^*(1) = \frac{-610}{3}, Q_3 = 3$$

¹⁵ En esta etapa es necesario agregar el costo de recuperación.

¹⁶ * indica el óptimo para cada estado

$$f_3^*(0) = \frac{-310}{3}, Q_3 = 4$$

$$f_3^*(-1) = \frac{290}{3}, Q_3 = 4$$

$$f_3^*(-2) = \frac{890}{3}, Q_3 = 4$$

Etapa 2

y_1	y_2	Q_2	$f_2 = 30 + 100Q_2 + 100y_2 + 275y_d + 2/3f_3^*(y_2 + Q_2 - 1) + 1/3f_3^*(y_2 + Q_2 - 2)$
3	5/3	0	$100(5/3) - 2/3(910/3) - 1/3(610/3) = -310/3^*$
	8/3	1	$30 + 100 + 100(8/3) - 2/3(1210/3) - 1/3(910/3) = 80/3$
2	2/3	0	$100(2/3) - 2/3(610) - 1/3(310/3) = -310/3^*$
	5/3	1	$30 + 100 + 100(5/3) - 270 = 80/9$
	8/3	2	$30 + 200 + 100(8/3) - 3330/9 = 1140/9$
1	-1/3	0	$275(1/3) - 110/3 = 165/3$
	2/3	1	$30 + 100 + 100(2/3) - 170 = 80/3^*$
	5/3	2	$30 + 200 + 100(5/3) - 270 = 380/3$
	8/3	3	$30 + 300 + 100(8/3) - 370 = 680/3$
0	-4/3	0	$275(4/3) + 490/3 = 1590/3$
	-1/3	1	$30 + 100 + 275(1/3) - 110/3 = 555/3$
	2/3	2	$30 + 200 + 100(2/3) - 170 = 380/3^*$
	5/3	3	$30 + 300 + 100(5/3) - 270 = 680/3$
	8/3	4	$30 + 400 + 100(8/3) - 370 = 980/3$
-1	-4/3	1	$30 + 100 + 275(4/3) + 490/3 = 1980/3$
	-1/3	2	$30 + 200 + 275(1/3) - 110/3 = 855/3$
	2/3	3	$30 + 300 + 100(2/3) - 170 = 680/3^*$
	5/3	4	$30 + 400 + 100(5/3) - 270 = 980/3$
-2	-4/3	2	$30 + 200 + 275(4/3) + 490/3 = 2280/3$
	-1/3	3	$30 + 300 + 275(1/3) - 110/3 = 1155/3$
	2/3	4	$30 + 400 + 100(2/3) - 170 = 980/3^*$

Resumen Etapa 2

$$f_2^*(3) = \frac{-310}{3}, Q_2 = 0$$

$$f_2^*(2) = \frac{-310}{3}, Q_2 = 0$$

$$f_2^*(1) = \frac{80}{3}, Q_2 = 1$$

$$f_2^*(0) = \frac{380}{3}, Q_2 = 2$$

$$f_2^*(-1) = \frac{680}{3}, Q_2 = 3$$

$$f_2^*(-2) = \frac{980}{3}, Q_2 = 4$$

Etapa 1

y_0	y_1	Q_1	$f_1 = 30 + 100Q_1 + 100y_1 + 275y_1 + 2/3f_2^*(y_1+Q_1-1) + 1/3f_2^*(y_1+Q_1-2)$
1	-1/3	0	$275(1/3) + 160 = 6060/27 = 755/3^*$
	2/3	1	$30 + 100 + 100(2/3) + 60 = 770/3$
	5/3	2	$30 + 200 + 100(5/3) - 60 = 1010/3$
	8/3	3	$30 + 300 + 100(8/3) - 310/3 = 1480/3$

El menor costo de mantener el inventario durante las tres etapas con las condiciones enunciadas es de $\$755/3 = 251.67$ con la política:

$$Q_1 = 0 \Rightarrow y_1 = \begin{cases} 0 & \text{cuando } d = 1 \Rightarrow Q_2 = 2 \\ -1 & \text{cuando } d = 2 \Rightarrow Q_2 = 3 \end{cases} \therefore y_2 = \begin{cases} 1 & \text{cuando } d = 1 \Rightarrow Q_3 = 3 \\ 0 & \text{cuando } d = 2 \Rightarrow Q_3 = 4 \end{cases}, \text{ o bien}$$

$$y_2 = \begin{cases} 1 & \text{cuando } d = 1 \Rightarrow Q_3 = 3 \\ 2 & \text{cuando } d = 2 \Rightarrow Q_3 = 2 \end{cases}$$

SOLUCIÓN COMO MODELO DIFUSO

A partir de la observación de los diversos valores que toman las variables se construyen los intervalos correspondientes

Datos de los intervalos difusos y las funciones de pertenencia

Etapas	1	2	3
Datos			
K	[25, 35]	[21, 33]	[28, 40]
c	[94,106]	[95, 109]	[92, 104]
h	[88, 108]	[83, 115]	[90, 110]
r	[1/6, 1/3]	[2/7, 2/3]	[1/3, 3/5]
p	[196, 254]	[190, 250]	[198, 224]
π	[94,106]⊕[196, 254]	[95,109] ⊕ [190, 250]	[92,104] ⊕ [198, 224]
p'	[196,254] ⊕[2/3,5/6]⊗[94,106]	[190,250] ⊕ [1/3,5/7] ⊗[95,109]	[198, 224] ⊕ [2/5,2/3]⊗[92,104]
Q	[0, 4]	[0, 4]	[0, 4]
y	[0, 3]	[0, 3]	[0, 3]
y_d	[0, 3]	[0, 3]	[0, 3]

Efectuando las operaciones extendidas indicadas, como operaciones entre los intervalos, para los costos por déficit se tiene que:

Etapas	1	2	3
Datos			
π	[290, 360]	[285, 359]	[290, 328]
p'	[776/3, 1027/3]	[665/3, 2295/7]	[1174/5, 880/3]

Las funciones de membresía utilizadas son del tipo:¹⁷

$$\mu_i(x) = \begin{cases} p_1(x - \rho) + 1 & \text{cuando } x \in \left[\rho - \frac{1}{p_1}, \rho \right] \\ p_1(\rho - x) + 1 & \text{cuando } x \in \left[\rho, \rho + \frac{1}{p_1} \right] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

¹⁷ Kaufmann A. "Introducción a la Teoría de Subconjuntos Borrosos", CECSA, México, 1992, pp 211-225.

Los valores de los parámetros auxiliares para los distintos números difusos son:

Etapas	1		2		3	
	p	ρ	p	ρ	p	ρ
K	1/5	30	1/6	27	1/6	34
c	1/6	100	1/7	102	1/6	98
h	1/10	98	1/6	97	1/10	100
r	6	1/4	21/9	10/21	15/2	7/15
p	1/29	225	1/30	220	1/15	211
π	1/35	325	1/37	322	1/19	309
p'	6/251	300	105/4154	275	305/857	264

Una vez establecidos los intervalos y sus funciones de membresía se prosigue a resolver el modelo.

Los cortes¹⁸ correspondientes a la función de costo total de la tercera etapa quedan caracterizados¹⁹ a partir de:

$$\begin{aligned} \alpha \mu_{CT_3} = & [6\alpha + 28,40 - 6\alpha] + [6\alpha + 92,104 - 6\alpha]Q_3 \\ & + [10\alpha + 90,110 - 10\alpha]y_3 + \left[\frac{4}{5}\alpha^2 - \frac{55}{3}\alpha + \frac{23101}{45}, \right. \\ & \left. - \frac{4}{5}\alpha^2 - \frac{59}{15}\alpha + \frac{4118}{15} \right]y_d \end{aligned}$$

Por ejemplo, cuando $y_3 = y_{d3} = 0$ y $Q_3 = 2$ se tiene:

$$\mu_{CT_3}(x) = \begin{cases} \frac{x-212}{18} & \text{para } x \in [212, 230] \\ \frac{248-x}{18} & \text{para } x \in [230, 248] \\ \text{Cero en los demás casos} \end{cases}$$

Al comparar el valor óptimo obtenido de la solución del modelo exacto, 890/3, se observa que este valor se coloca a la derecha del intervalo difuso,

¹⁸ Cox Earl, "The Fuzzy Systems, Handbook. A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems". A Division of Harcourt Brace & Company, New York, 1994.

¹⁹ Dubois Didier, "Fuzzy Sets and Systems", Academic Press, United States of America, 1980.

fuera de él, es decir, rebasa el mayor costo que se obtiene como resultado de la aplicación del modelo difuso.

Repitiendo el razonamiento anterior, para la segunda etapa se encuentra la estructura de los cortes²⁰ de la función de membresía del costo total correspondiente:

$$\begin{aligned} {}^{\alpha}\mu_{CT_2} = & [6\alpha + 21, 33 - 6\alpha] + [7\alpha + 95, 109 - 7\alpha]Q_2 + \\ & [16\alpha + 83, 115 - 16\alpha]y_2 + \left[\frac{-63\alpha^2 - 155\alpha + 4940}{21}, \right. \\ & \left. \frac{63\alpha^2 + 295\alpha + 6200}{21} \right]y_d + {}^{\alpha}\mu_{CT_3}(Q_3) \end{aligned}$$

Cuando $y_2 = y_{d2} = 0$ y $Q_2 = 1$ $y_3 = 0$ y $Q_3 = 2$ se tiene:

$$\begin{aligned} {}^{\alpha}\mu_{CT_2} = & [31\alpha + 328, -31\alpha + 390] \Rightarrow \\ \mu_{CT_2} = & \begin{cases} \frac{x - 328}{31} & \text{para } x \in [328, 359] \\ \frac{390 - x}{31} & \text{para } x \in [359, 390] \\ \text{Cero en los demás casos} \end{cases} \end{aligned}$$

Siguiendo los mismos pasos que en las etapas analizadas se trabaja con la primera etapa obteniendo:

$$\begin{aligned} {}^{\alpha}\mu_{CT_1} = & [5\alpha + 25, 35 - 5\alpha] + [6\alpha + 94, 106 - 6\alpha]Q_1 \\ & + [10\alpha + 88, 108 - 10\alpha]y_1 + [47 - 91\alpha - 6\alpha^2, \frac{47}{2} + \\ & \frac{103}{6}\alpha + \alpha^2]y_d + {}^{\alpha}\mu_{CT_2}(Q_2) \end{aligned}$$

Que cuando $y_1 = 1$, $y_{d1} = 0$ y $Q_1 = 0$ y $y_2 = 0$ se convierte en:

²⁰ San-Chi Chang, Jing-Shing Yao & Huey-Ming Lee, "Economic Reorder Point for Fuzzy Backorder Quantity", European Journal of Operational Research, volume 109, Issue 1, 16-august-1998.

$${}^{\alpha} \mu_{CT_1} = [15\alpha + 113, 143 - 15\alpha] + {}^{\alpha} \mu_{CT_2}(Q_2)$$

$${}^{\alpha} \mu_{CT_1} = \begin{cases} \frac{x - 441}{46}, & \text{para } x \in [441, 487] \\ \frac{533 - x}{46}, & \text{para } x \in [487, 533] \end{cases}$$

Así cuando $Q_3 = 2$, $Q_2 = 1$ y $Q_1 = 0$ el menor costo que se puede obtener es de \$441.⁰⁰ y el mayor es de \$533.⁰⁰.

Otro modelo de sistema de inventario difuso, en el que se manejan varios artículos, es el que se presenta a continuación, y se aplica a un caso real y de actualidad.

MODELO DE SISTEMA DE INVENTARIO MULTIARTÍCULOS

Almacén de atención a contingencias

México es un país que ha sufrido varios desastres naturales. Sin embargo, son las poblaciones pequeñas situadas en zonas rurales las que más sufren las consecuencias de fenómenos como incendios forestales, intensas lluvias, inundaciones, sequías.

El sistema de protección civil operado por la secretaría de gobernación es el instrumento institucional que se dedica a atender a la población ante cualquier contingencia y, se apoya en la sociedad civil, la cual responde de acuerdo a sus posibilidades, que no siempre corresponden a las necesidades prioritarias, esto aunado a la falta de control y planeación, da como resultado que muchos de los artículos donados queden depositados en los centros de acopio sin llegar a su destino e incluso caducan, por lo que se decidió crear almacenes regionales para atender cualquier tipo de emergencia. Debido a las diferentes condiciones climáticas que prevalecen en las diferentes zonas rurales del país, dicho almacén debe operar como un sistema de inventario flexible que responda ante la ocurrencia de cualquier desastre. El jefe de este programa tomó la decisión de suministrar los mismos tipos de abasto a toda la población afectada tomando en cuenta los requerimientos mínimos que permitan a una familia, integrada por alrededor de 5 individuos, sobrevivir mientras se restablece la normalidad. La creación de estos almacenes se basa en un modelo difuso de inventario en vista de que los datos de que se alimenta no pueden considerarse exactos. Este modelo se diseña con la siguiente información.

Ocurrencia de desastres

La frecuencia con que ocurren los episodios de desastre varía a lo largo del año con un periodo de ocurrencia máxima, reconocida históricamente.

La siguiente tabla muestra la frecuencia de ocurrencia de desastres

Desastre	Meses de ocurrencia²¹	Frecuencia Máxima (mes)²²
Heladas	De noviembre a marzo	Febrero
Sequías	De febrero a julio	Mayo
Inundaciones	De julio a noviembre	Septiembre
Tornados	De noviembre a julio	Entre marzo y junio
Incendios forestales	De abril a julio	Mayo

La ciencia aún no ha desarrollado conocimiento que permita establecer los periodos de ocurrencia de contingencias tales como terremotos, marejadas, accidentes químicos, emanaciones arrojadas por un volcán y otros; sin embargo se considera que una vez instalado el sistema de abasto podrá hacer frente también a las contingencias inesperadas, aunque con una menor eficiencia en la satisfacción de las necesidades de la población afectada.

Sistema de abasto

Insumos

Se considera que cada familia en la zona afectada habrá de recibir los siguientes productos:

Producto	Cantidad por familia
Láminas de aluminio canalizado	10
Colchón	1
Cobijas	3
Botiquín primeros auxilios	1
Vajilla	1
Estufa	1
Combustible	10 litros

²¹ Como se observa estos datos son susceptibles a manejarse como números difusos.

²² Las funciones de membresía se construyen a partir de los datos históricos, todas triangulares excepto la correspondiente a la ocurrencia de los tornados que es trapezoidal.

Alimentos

Los alimentos sólo se pueden consumir frescos para evitar la aparición de enfermedades y epidemias entre la población afectada. Se conoce por experiencia la caducidad de los alimentos que integran la despensa familiar y ésta varía de acuerdo con el clima. A continuación se muestran los datos referentes a estos insumos:

Producto	Caducidad		Cantidad diaria/familia
	Clima		
	Seco	Húmedo	
Agua potable	2 meses	3 meses	3 litros
Leche en polvo	3 meses	6 meses	1 kilogramo
Gramíneas	2 semanas	3 semanas	1 kilogramo
Harina de maíz	1 mes	2 meses	1 kilogramo
Pasta / arroz	4 meses/2 meses	6 meses	½ kilogramo
Galletas	3 meses	1 semana	250 gramos
Azúcar	2 meses	2 semanas	½ kilogramo
Sal	4 meses	2 semanas	100 gramos

El sistema garantiza la entrega de abastos en un tiempo máximo de 8 días, así el tiempo de entrega varía entre uno y ocho días, dependiendo de las condiciones de las vías de comunicación.

Si no se usan las reservas de alimentos perecederos, éstas son distribuidas, antes de caducar, como parte de las despensas que se otorgan a centros de asistencia (hospitales, asilos) y a miembros del ejército y policía.

Modelo Teórico

La demanda se expresa como función de la población de la región afectada y, el número de miembros de cada familia. De la misma manera que los datos anteriores, la probabilidad correspondiente al tamaño de la demanda se calcula a partir de los datos a cerca del número de habitantes y el número de familias de las regiones, con cierta probabilidad de ser afectadas por la contingencias, esto combinado con el abasto establecido.

Desde luego, por la naturaleza del problema, los datos no pueden considerarse exactos, de manera que se manejan como números difusos.²³

²³ Klirand Boyuan George, "Fuzzy Set and Fuzzy Logic Theory and Applications", USA, 2002.

El problema planteado puede resolverse a partir del siguiente razonamiento y con los elementos que usualmente intervienen en un modelo de inventarios aunque considerando características distintivas del caso en cuestión:²⁴

c = costo de adquisición

h = costo por almacenamiento²⁵

π = costo por déficit, en su estimación²⁶

d = demanda esperada²⁷

q = tamaño de la orden

L = tiempo de entrega, el que transcurre desde que se hace el pedido hasta que se surte.

Cuando la $d \leq q$ el costo correspondiente se calcula como $c \otimes q \oplus h \otimes (q \ominus d) = (c \oplus h) \otimes q \ominus h \otimes d$ \therefore el costo marginal por exceso es de $c \oplus h$.²⁸

En el caso en el que $d > q$, el costo es $c \otimes q \oplus \pi \otimes (d \ominus q) = -q \otimes (\pi \ominus c) + \pi \otimes d$ \therefore el costo marginal por déficit es de $\pi \ominus c$, entonces el costo esperado es de $[(c \oplus h) \otimes q \ominus h \otimes d] \otimes \text{pos}^{30}(d \leq q) \oplus [-q \otimes (\pi \ominus c) + \pi \otimes d] \otimes \text{pos}(d > q)$ que conduce a que el tamaño del lote que minimiza el costo es el menor "q" que satisface que

$$\text{Pos}(d \leq q) (\pi \ominus c) / (\pi \ominus c \oplus c \oplus h) = (\pi \ominus c) / (\pi \oplus h),$$

De manera que a partir de la distribución de posibilidad de la ocurrencia de la demanda se determina como el tamaño de la orden más conveniente, el que satisface que:

$$\text{pos}(d \leq q) \geq \frac{\pi \ominus c}{\pi \oplus h}$$

Es importante destacar que la caducidad de los artículos se incluye en los costos asignados.

El valor de la demanda que se usa en el cálculo del lote más conveniente es la demanda con mayor posibilidad de ocurrencia que se obtiene después de haber calculado la función de distribución de la demanda y con valor de su función de membresía $\neq 0$

²⁴ Estas variables son números difusos.

²⁵ Aquí también se incluye el costo de destinar los artículos a los centros de asistencia.

²⁶ En su estimación se considera el pago extra que se cargaría al comprar los artículos apresuradamente, así como el malestar de los damnificados que no recibirían el apoyo oportunamente.

²⁷ Se estima una distribución de posibilidad para describir su comportamiento.

²⁸ Winston I. Wayne, "Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos", Editorial Iberoamericana, México, 1998. pp. 891-902

²⁹ Donde $\text{pos}(d \leq q)$ se refiere a la posibilidad de que se de esta desigualdad.

La determinación del momento en el que es aconsejable ordenar el pedido de tamaño q se establece a partir de que el pedido debe adelantarse a la ocurrencia del evento un tiempo igual al tiempo de entrega, esto es:

$$T = T_o - L$$

Donde T es el tiempo en que debe ordenarse el pedido, T_o representa el tiempo de ocurrencia de la contingencia y L es el tiempo de entrega, desde luego los números que se incluyen en esta ecuación son números difusos y por lo tanto, se convierte en:

$$T_o \cap L^C \Rightarrow \mu_T(x) = \text{Min}\{\mu_o(x), 1 - \mu_L(x)\}$$

A partir de los datos disponibles se construyen intervalos³⁰ de ocurrencia de los diversos eventos, así como las funciones de membresía correspondientes, casi todas triangulares y una cuadrangular, la correspondiente a los tornados

Desastre	Intervalo de ocurrencia ³¹
Heladas	[-61, 91]
Sequías	[32, 91]
Inundaciones	[243, 314]
Tornados	[-61, 212]
Incendios forestales	{90, 212}

Funciones de membresía

Heladas

$$\mu_h = \begin{cases} \frac{x + 61}{118}, & x \in [-61, 45] \\ \frac{91 - x}{51}, & x \in [45, 91] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

³⁰ Klir J. George an& Bo Yuan, "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Theory and Applications, Prentice Hall, New Jersey, 1994.

³¹ Los números representan los días contados a partir del inicio del año calendario, los negativos corresponden a los del año anterior.

Sequías

$$\mu_s = \begin{cases} \frac{x-32}{116}, & x \in [32, 137] \\ \frac{212-x}{83}, & x \in [137, 212] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

Inundaciones

$$\mu_i = \begin{cases} \frac{x-161}{92}, & x \in [161, 243] \\ \frac{314-x}{79}, & x \in [243, 314] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

Tornados

$$\mu_t = \begin{cases} \frac{x+61}{141}, & x \in [-61, 59] \\ 0.85, & x \in [59, 181] \\ \frac{212-x}{36.5}, & x \in [181, 212] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

Incendios Forestales

$$\mu_{if} = \begin{cases} \frac{x-90}{40}, & x \in [90, 127] \\ \frac{212-x}{92}, & x \in [127, 212] \\ 0 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

En lo referente al intervalo de entrega,³² la función de membresía se constituye a partir de los datos históricos sobre la frecuencia de los eventos graves, estableciendo una correspondencia entre el tipo de evento, haciendo corresponder al evento más grave la mayor duración y al más benigno, la menor.

$$\mu_L = \begin{cases} 0, & x \notin [1, 8] \\ \frac{x-1}{3.3}, & x \in [1, 3] \\ \frac{8-x}{8.3}, & x \in [3, 8] \end{cases}$$

Este modelo se aterriza en una aplicación al área de la Delegación de Xochimilco en México.

SITUACIÓN ECONÓMICA DE XOCHIMILCO³³

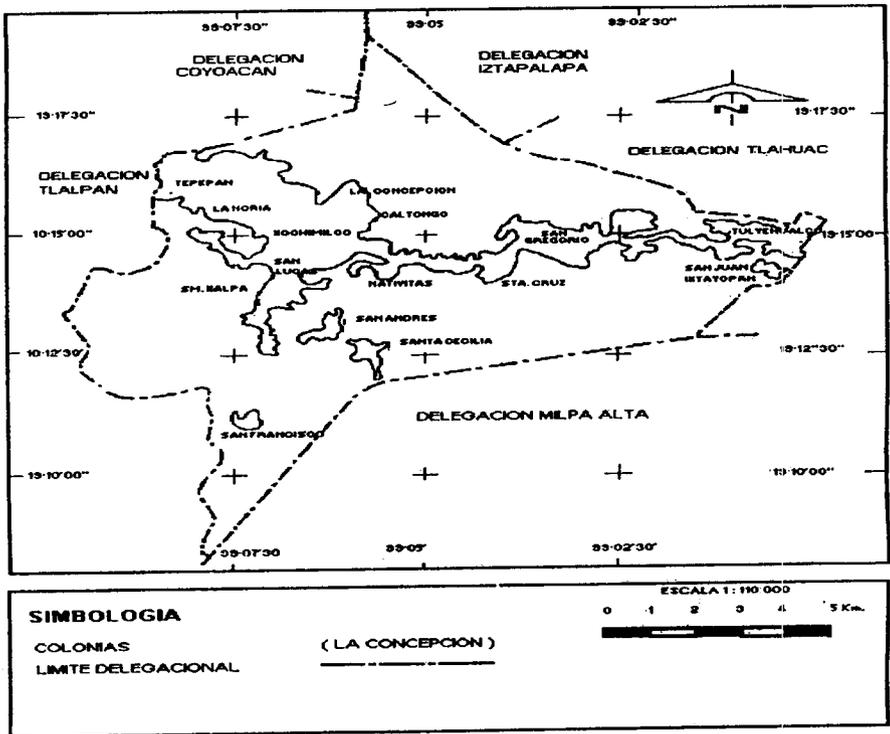
La zona de Xochimilco, es un área urbano rural al sur del Distrito Federal, de 125 km², ocupa el 8.4 por ciento de la superficie de la capital del país. Posee los mantos acuíferos que suministran agua al Distrito Federal y en esta área se encuentra una gran reserva ecológica.

1. Orografía y recursos naturales

El sistema orográfico de Xochimilco se divide en tres zonas: la primera zona que comprende la sierra del Ajusco; la segunda zona en la parte media oeste entre Tlalpan y Xochimilco y la tercera zona es la llanura formada por los depósitos aluviales y lacustres. Esta diversidad en la conformación orográfica de la zona de Xochimilco la hace vulnerable en cuanto zona de siniestros que se efectúan en las diferentes épocas del año y que van desde incendios forestales en épocas de sequía; así como deslaves en épocas de lluvia en la región montañosa. Hundimientos e inundaciones en la llanura y zona lacustre en diferentes épocas del año.

³² Esta función es un poco diferente para cada tipo de contingencia.

³³ Narro Ana Elena, Correa Antonia & Sánchez Irene, "Modelo de inventario para Emergencias, caso Xochimilco", México, presentado en el VII congreso de SIGEF. 2000.



La situación hidrográfica de Xochimilco ubica a la región como la reserva de agua más importante del Valle de México. Cuenta con 189 kms. de canales. Los arroyos provenientes de la zona montañosa recargan los acuíferos de esta zona, pero a su vez han erosionado las faldas de la montaña debido a los escurremientos y la falta de vegetación. Además el cauce de los arroyos se incrementa en época de lluvias con las aguas residuales de los poblados suburbanos por donde cruzan, generando deslaves, lo que constituye un serio peligro para los asentamientos irregulares de las cañadas.

Población

El crecimiento de la población en Xochimilco en los últimos años ha sido mayor que el del Distrito Federal, en su conjunto. Mientras la capital del país tuvo un crecimiento poblacional medio anual de 0.30 por ciento en el periodo 1990-1995, Xochimilco creció en 2.05 por ciento en el mismo periodo.³⁴ Así,

³⁴ *Idem*, p. 22.

la población de Xochimilco en 1995 es de 332,314 personas y se calcula que en censo del 2000, la población se incremente a cerca de 390 000 habitantes, bajo el supuesto del mismo crecimiento promedio anual (cuadro 1).

Cuadro 1
Evolución de la población

					Tasas de crecimiento		
	1970	1980	1990	1995	70-80	80-90	90-95
Xochimilco	116.493	217.841	271.151	332.314	6.40%	2.20%	2%
Distrito Federal	6 874.165	8 831.079	8 235.744	8 489.007	2.50%	-0.70%	0.3%

FUENTE: INEGI, IX, X y XI Censos Generales de Población y Vivienda. 1970, 1980 y 1990 y conteo 1995

Por otro lado, la densidad de población de Xochimilco en 1990 era igual al promedio del Distrito Federal: 108 personas por ha, para 1995 aumentó a 127. Este incremento obedece tanto la expulsión de población de otras zonas de la capital hacia Xochimilco, en busca de un mejor medio ambiente con menos contaminación; como al incremento de asentamientos irregulares.³⁵

Actividades económicas

Las actividades económicas de la población de Xochimilco estuvieron íntimamente relacionadas a la dotación de sus recursos naturales. Por un lado, se implementaron las actividades agropecuarias que hoy por hoy absorben a sólo el 4 por ciento de la PEA. La industria manufacturera intensiva en el uso del agua, ha aprovechado la ventaja de este recurso y ha establecido algunas empresas, sobre todo, la industria farmacéutica, química y textil. La reducción de tierras para el cultivo ha modificado el comportamiento de la actividad agropecuaria tanto por los sentamientos irregulares, como por la contaminación y erosión de las mismas. Las hectáreas cultivadas descienden de 4,729 a 3,499³⁶ en el periodo 1988-1994, lo que implica una reducción del 26 por ciento de la superficie cultivable en un periodo de 7 años.

³⁵ La mayor concentración de la zona se localiza en la cabecera delegacional, Tepepan y las colonias que colindan con el periférico y que regularmente es población inmigrante con un mejor nivel socio- económico. Asimismo, se observa una alta densidad de población en los pueblos de Tulyehualco, San Gregorio Atlapulco y pueblos periféricos, que se ubican en la llanura, mismos que con el crecimiento han perdido los límites entre pueblo y pueblo. Esta mayor densidad también se explica por la venta de terrenos a partir de la supresión del Ejido.

³⁶ Programa de Fomento Económico de Xochimilco, UAM-X, Departamento del Distrito Federal, México 1997, pág. 10.

Los principales cultivos son: el maíz en grano, la avena forrajera y el amaranto. Sin embargo, los principales problemas a los que se enfrentan los productores son: la falta de infraestructura para la comercialización, falta de asesoría adecuada en cuanto rotación de cultivos y el problema de salinidad de las tierras. Otro de los problemas es la falta de mecanización para el cultivo agrícola en predios que en su mayoría son tierras de temporal (98 por ciento) en forma de minifundios de tipo tradicional. Sólo el 2 por ciento de las tierras son de riego.³⁷

Respecto a la ganadería, la cría de bovino representa una de las actividades importantes de la zona, misma que se ha destacado por su producción lechera. En 1988 la zona producía el 20 por ciento del total de la producción en el Distrito Federal. Sin embargo, en 1994 se observa un descenso en la producción de cerca del 40 por ciento y que tiene mucho que ver con la reducción de tierras dedicadas a esta actividad.

En cuanto a los productos pecuarios, además de la leche, la región produce huevo con 285 mil toneladas anuales y en tercer lugar está la producción de miel, con una capacidad de 60,000 toneladas anuales.³⁸

El sector manufacturero en la zona está compuesto principalmente por microempresas que representan el 91 por ciento del total, le siguen en importancia la pequeña empresa con el 7.5 por ciento, la mediana con el 1.3 y la gran empresa con el 0.2 por ciento. La rama de Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco, representaba el 50.5 por ciento en 1988 y el 59.27 por ciento en 1993.³⁹ Sin embargo, la mayoría de estas empresas se dedican a actividades tradicionales como la molienda de nixtamal y la fabricación de tortillas; así como a la elaboración de productos lácteos, panaderías, cereales y otros productos agrícolas, cuyo destino es el mercado local, principalmente.

Vivienda

En Xochimilco el número de viviendas aumentó entre 1990 y 1995 de 53,051 a 73,307, mientras que sus habitantes aumentaron de 271,151 a 332,535 en el mismo periodo.⁴⁰ El tipo de vivienda que predomina en Xochimilco al igual que en el D.F. es la denominada duradera⁴¹ construida con materiales definitivos (cerca del 90 por ciento), consta de 4 cuartos o más, tiene cocina aparte y cuenta con todos los servicios públicos. Sin embargo, en Xochimilco se observa que sólo el 58.32 por ciento de estas viviendas se conecta a la red pública de drenaje y este mismo porcentaje se mantiene para los techos de losa de

³⁷ DDF. *Op. cit.* p. 28.

³⁸ *Idem.* p. 28.

³⁹ Programa de Fomento Económico de Xochimilco, Departamento del Distrito Federal y UAM-X, México, 1997.

⁴⁰ DDF, *op. cit.* p. 10.

⁴¹ Existen tres tipos de vivienda según los materiales de construcción utilizados y el Programa de Fomento Económico los clasifica en duradera, semiduradera y precaria. DDF, p. 10

concreto. Existe otro tipo de vivienda clasificada como semiduradera cuyos muros y techos son de lámina de asbesto y de cartón. Consta de 2 ó 3 cuartos, disponen de agua entubada fuera de la vivienda, tienen fosa séptica y baño sin agua corriente. Este tipo de vivienda es más fácil encontrarlo en Xochimilco que en el D.F.

Además, en Xochimilco como en muchas áreas periféricas del Distrito Federal se encuentra la vivienda precaria. Se caracteriza por contar con materiales provisionales en muros y techos, tiene piso de tierra, no tiene baño ni cocina aparte, es de un solo cuarto que sirve de dormitorio y cocina. Usan leña o petróleo como combustible, no tienen energía eléctrica, usan agua de la vía pública y el drenaje desagua al suelo.⁴² El Programa de Desarrollo Urbano de Xochimilco, en la clasificación de viviendas precarias hace énfasis en los servicios, y son las que no tienen servicios de agua entubada, no están conectadas a la red de drenaje y utilizan fosas sépticas. En esta clasificación se encuentran el 23.6 por ciento de las viviendas de Xochimilco, según datos de 1996 y se localizan en la parte de los canales y de la llanura.⁴³ Este tipo de vivienda corresponde más a los asentamientos irregulares.

Asentamientos irregulares

Entre los asentamientos irregulares se consideran los predios en donde la tenencia de la tierra irregular y la enajenación de los mismos se realiza en forma clandestina. En la zona de Xochimilco se estima que existen 3618 viviendas de construcción duradera, según la clasificación citada, y que forman parte de los asentamientos irregulares.⁴⁴ Sin embargo, existen cerca de 20,000 familias, conformadas por 4 y 5 miembros, que viven en zonas irregulares distribuidas en una extensión de 623.3 has. Este crecimiento de la mancha urbana al sur de la capital del país ha rebasado la línea de conservación ecológica. El mayor crecimiento se ha dado en la zona chinampera (ver mapa), mientras que cerca de 60 comunidades están establecidas en la zona de la montaña y manifiestan tener una antigüedad aproximada de 15 años.

Asimismo, en los últimos años han surgido asentamientos irregulares en la periferia de los poblados, barrios y colonias. Se estima que hay 169 asentamientos irregulares en el suelo de conservación ecológica.

Uno de los principales problemas para la población es que estos asentamientos se encuentran ubicados en zonas de alto riesgo y las familias se exponen a siniestros por deslaves e inundaciones en la zona de la montaña. En la planicie se enfrentan a problemas de hundimientos por el uso irracional que se ha hecho de los mantos friáticos, así como a inundaciones tanto en épocas de lluvia,

⁴² *Idem.* p. 11.

⁴³ Las principales localidades son: San Luis Tlaxialtemalco, San Juan Moyotepec, Santa Cruz, Barrio de Caltongo, Rancho Tejomulco, Barrios La Planta, Las Cruces y Las Flores.

⁴⁴ Subdirección de Asuntos Agrarios de la Delegación Xochimilco.

como en cualquier época del año debido a que los canales no cuentan con el número adecuado de esclusas y compuertas para nivelar el agua de los canales, así como a la falta de mantenimiento técnico de las existentes.

Así las zonas de la montaña, de asentamientos irregulares están expuestas principalmente a deslaves e inundaciones, además de los incendios forestales. Estos pueblos se enfrentan a alto riesgo en épocas de lluvia que van desde junio a octubre y a problemas de incendios forestales en los meses de marzo a mayo, éstos últimos ocasionados por la época de sequía que aqueja a la región a partir de los desequilibrios ecológicos sufridos, como son la falta de reforestación en la montaña, el uso irracional de los mantos friáticos, la contaminación de los canales y los suelos de Xochimilco que han traído como consecuencia una modificación del clima de esta zona, mismo que tiende a ser cada vez más cálido.⁴⁵

Entre los poblados que se enfrentan a hundimientos e inundaciones en cualquier época del año, se encuentran: La zona baja del pueblo de Santiago Tulyehualco, la zona centro de San Gregorio Atlapulco, la zona centro y baja de Santa María Nativitas y la periferia del bosque de Nativitas (Xaltopan).⁴⁶

Así, Xochimilco es una de las zonas expuestas a diferentes siniestros, en particular, en temporada de lluvias, para enfrentar estas contingencias se ha preparado un inventario que resulta de aplicar el modelo construido con los datos recabados en la Delegación.

Inventario para la delegación Xochimilco

Producto	Tamaño recomendado de lote q	
	Con el máximo valor	Valor de máxima membresía
Láminas de acero canalizado	202 058	189 038
Colchón	23 219	19 480
Cobijas	60 297	56 664
Botiquín primeros auxilios	20 691	19 480
Vajilla	20 852	18 834
Batería de cocina	22 304	19 345
Abrelatas	21 202	18 592
Estufa	20 230	19 151
Combustible	204 210	188 070
Agua potable	5 046 832	4 504 710
Leche en polvo	20 690	18 896
Gramíneas	144 830	131 460
Harina de maíz	137 116	130 711
Arroz	67 755	65 853
Atún	143 119	130 565
Azúcar	66 804	65 853
Sal	20 421	19 076

⁴⁵ El clima predominante en la Delegación, según datos de 1990, se caracterizaba como subhúmedo con grado de humedad medio, la temperatura media anual de 16°C y la precipitación pluvial varía de 700 a 900 mm. Anuales.

⁴⁶ *Idem.* p 12

Con respecto al momento en el que se recomienda ordenar,⁴⁷ el resultado de las operaciones establece que lo más conveniente es ordenar alrededor del día 238 que corresponde al 26 de agosto, el intervalo con membresía positiva es [160, 300].

Este modelo de inventario ayuda a resolver la situación de emergencia de la localidad de Xochimilco. Sin embargo, el problema de las zonas de alto riesgo no es un problema aislado pues tiene mucho que ver con la concentración de la población en la Ciudad de México, generado por la centralización y la carencia de empleo en los demás Estados de la República. Por tanto, la solución al problema de las zonas de alto riesgo implica un Programa Global de Desarrollo Nacional que integre a las zonas rurales del país.

La zona de Xochimilco muestra los efectos generados por el proceso globalizador en términos de los indicadores sociales y culturales, como parte de la integración de la Ciudad de México a la economía mundial a partir de un modelo de Estado que legitima la actuación de las empresas y deja al margen las necesidades de la población en cuanto a vivienda, salud, empleo, etc. Su preocupación principal es la adaptación de la economía a los requerimientos de la globalización, las nuevas tecnologías y la competencia internacional.

CONCLUSIONES

Parece natural tomar en cuenta las características vagas de un sistema de inventario multietapas con déficit para modelarlo utilizando lógica difusa. El análisis que se realizó puede completarse en forma más detallada sin fijar varios valores al mismo tiempo, este trabajo queda pendiente para el futuro próximo. Los resultados obtenidos utilizando el modelo difuso son más razonables y pegados a la realidad que los correspondientes al modelo exacto.

De la misma manera el modelo multiartículos es más cercano a la realidad incierta, por ser difusos, la incertidumbre emana tanto de la ocurrencia de los eventos, como de las variables del inventario. Los resultados, también difusos, permiten seleccionar los valores más convenientes, según los intereses. En este sentido, los resultados incluyen la opción de elegir entre cubrir el desabasto o minimizar los costos, y seleccionar el evento con mayor posibilidad de ocurrencia.

⁴⁷ San-Chi Chang, Jing-Shing Yao & Huey-Ming Lee, "Economic Reorder Point for Fuzzy Backorder Quantity", *European Journal of Operational Research*, volume 109, Issue 1, 16-august-1998.

BIBLIOGRAFÍA

Cox Earl, *The Fuzzy Systems, Handbook. A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*. A Division of Harcourt Brace & Company, New York, 1994.

Dubois Didier, *Fuzzy Sets and Systems*, Academic Press, United States of America, 1980

Jonson A. Lynwood & Montgomery Douglas, *Operation Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*, John Wiley & Sons, USA, 1994.

Kaufmann A. *Introducción a la teoría de subconjuntos borrosos*, CECSA, México, 1992.

Klir J. George & Yuan Bo, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications*, USA, 1995.

San-Chi Chang, Jing-Shing Yao & Huey-Ming Lee, *Economic Reorder Point for Fuzzy Backorder Quantity*, European Journal of Operational Research, volume 109, Issue 1, 16-august-1998.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

Borrego, John. "La economía global: contexto del futuro" en *Investigación Económica 191*, enero-marzo de 1990 pp. 157-206.

Clavijo, Fernando y Valdivieso, Susana. "La política industrial de México, 1988-1994" en Fernando Clavijo y José Casaar. *La industria mexicana en el mercado mundial. Elementos para una política industrial*. Lecturas del Trimestre Económico No. 80, FCE. 1ª. Edición, 1994.

Dabat, Alejandro, "La coyuntura mundial de los noventa y los capitalismo emergentes", *Revista de Comercio Exterior*, noviembre 1994, México, p. 939-949.

Klirand, Boyuan George, Fuzzy set and fuzzy logic. Theory and applications, USA.

Narro R., Ana Elena, *Sistema de inventario multiproductos*, UAMX, México, 1998.

Narro R., Ana Elena. "Modelo difuso de sistema de inventario" en *Memoria del VI Congreso del SIGEF*.

Porter, Michael. "La competitividad de las ciudades interiores". *Crónica Legislativa. Revista de la Cámara de Senadores*.

Programa de Fomento Económico Delegación Xochimilco. UAMX-DDF, junio de 1997.

Programa de Fomento Económico. Secretaría de Desarrollo Económico. 1995. INEGI.

Programa para el Desarrollo del Distrito Federal 1995-2000. DDF.

Programa para mejorar la Calidad del aire en el Valle de México. 1995-2000.

Compendio de datos estadísticos 1994. Cámara Nacional de Comercio de la Ciudad de México.

Programas Delegacionales del Distrito Federal. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda SEDUVI. DDF, 1997.

Programa de Desarrollo rural y Alianza para el Campo en el D.F. SAGAR y DDF., 1

USO DE LA ESTADÍSTICA EN UNA INVESTIGACIÓN

Tomasa TLAHUEL TLAHUEL *

A ctualmente la estadística es una ciencia muy importante para cualquier investigación estadística que se realice en cualquier área: social, económica, política, médica, etc. Su importancia radica en las herramientas que nos proporciona, para estudiar el comportamiento de las variables de las cuales estamos interesados en conocer y en base a los resultados poder tomar cierta decisión o inferir acerca de la población sujeta a estudio.

Cuando se realiza una investigación en cualquier área lo primero que se tiene que definir es:

¿Qué es lo que se quiere investigar?

¿Cuáles son los objetivos de la investigación?

¿Cuáles son las hipótesis que se quieren comprobar?

Ya definidas lo más preciso posible estas preguntas podemos saber cuál es la población que deseamos estudiar, al conjunto completo de ésta población se le llama población objetivo, aunque a veces no es fácil su estudio debido a que en ocasiones no se cuenta con algún instrumento o lista para identificarla.

Ejemplo 1.

En una encuesta sobre la preferencia por ciertos candidatos.

¿Cuál es la población objetivo?

¿Todas las personas en edad de votar?

¿Todos las personas registradas en el padrón electoral?

¿Todos los que votaron en la última elección?¹

Ejemplo 2.

Si se quiere estudiar a los niños de la calle. ¿Cuál es la población objetivo?

En este caso es difícil estudiar esta población porque no tienen un domicilio o lugar fijo que se les pueda asignar y pueden estar un día en un lugar y otro día en otro además no se tiene una lista para identificar a los niños de la calle.

* Profesora investigadora de la UAM – Xochimilco.

¹ Sharon L. Lohr, Diseño y análisis, editorial Thomson.

Es muy importante la definición de la población objetivo porque en base a ella se va a obtener los datos necesarios para la investigación.

La persona encargada de la investigación puede decidir si estudiar a toda la población objetivo que sería hacer un censo, aunque este estudio de la población completa tiene las siguientes limitaciones.

- a) Requiere más tiempo para la recolección de los datos.
Debido a que se tienen que encuestar a más unidades elementales.
- b) Se invierte más dinero para dar cursos de capacitación a más encuestadores para que puedan recolectar los datos con menos errores de toda la población.
- c) El tiempo de procesamiento de datos es más tardado por lo tanto los resultados se tendrán en un tiempo más largo.

Por ejemplo si se quisiera conocer el impacto de un nuevo producto en el mercado, cuando estuvieran listos los resultados ya no serían útiles para tomar ciertas decisiones de su producción.

En ocasiones no se puede hacer un censo porque las poblaciones son infinitas o porque se tendría que destruir toda la producción de algún artículo.

Ejemplo:

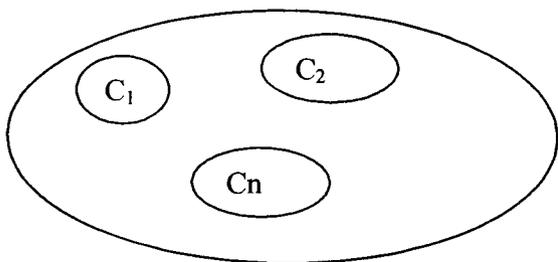
- a) Hacer un censo de todas las personas que entran a un centro comercial acerca de los productos que más consumen, en el caso de que no cierre el centro comercial.
- b) Hacer un censo de las personas que hablan por teléfono, acerca de sus programas favoritos que ven en la televisión, en el caso de que siempre contestaran el teléfono.
- c) Si se quiere saber la cantidad de proteínas de cierto alimento. Hacer un censo significa destruir todo el alimento, sería muy costoso y se desperdiciaría.
- d) Si se quiere saber la resistencia de cierta tela de determinada producción, hacer un censo sería demasiado costoso, además se desperdiciaría toda la tela.
- e) Para saber el ADN de una persona, con sólo un cabello, un hueso o una parte de piel es suficiente para el estudio.

Por lo dicho anteriormente es preferible utilizar una muestra.

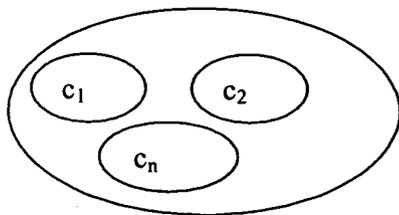
- a) Se ahorra dinero, porque las personas encuestadas son menos.
- b) Los resultados se obtienen más rápido debido a que se procesan menos datos.
- c) Se ahorra dinero porque a veces se requiere de personas y equipo especializado.

- d) Además con una muestra se pueden obtener buenos resultados siempre y cuando sea representativa de la población. Que sea representativa de la población significa que se conserven las mismas proporciones de las características de la población a la muestra.

Población objetivo con características C_1, C_2, \dots, C_n



Muestra con características c_1, c_2, \dots, c_n



Para elegir una muestra existen diferentes métodos de selección: muestreo aleatorio simple, muestreo estratificado y muestreo por conglomerados que son los muestreos más utilizados.

Hay que tener cuidado con el sesgo de selección y con el sesgo de medición, este último sucede cuando el instrumento con el que se hace la medición tiene alguna tendencia a diferir del valor real.

SESGO DE MEDICIÓN

Ejemplo:

- Cuando se mide algún objeto y la cinta métrica mide centímetros de más a todas las unidades elementales.
- Cuando se les pregunta cuántas habitaciones tiene su casa y no está bien definido lo que es una habitación para el encuestador, entonces puede poner un dormitorio, una sala, un comedor, una terraza, etc.

- c) Cuando la pregunta no está bien formulada y existe alguna palabra que cambia el sentido de la pregunta.
- d) Cuando el encuestador interviene siempre en una misma pregunta y le da diferente interpretación.

SESGO DE SELECCIÓN

El sesgo de selección ocurre cuando una parte de la población objetivo no está representada en la muestra, esto sucede cuando la muestra se obtiene de la siguiente manera.

Muestra de conveniencia

Ejemplo:

- a) Cuando se eligen las unidades más fáciles, es decir que están más a nuestro alcance o porque cuestan menos dinero en entrevistarlas.
- b) Las unidades voluntarias, las encuestas telefónicas de radio y televisión que sólo representan al auditorio que está escuchando y que no es una muestra representativa de toda la población.
- c) Las personas que contestan voluntariamente los cuestionarios que son enviados por correo.
- d) Las personas que contestan voluntariamente los cuestionarios en un centro comercial.
- e) Las personas que se les pregunta que si quieren contestar un cuestionario.

Todas estas muestras no son representativas de los que no quisieron contestar, porque pueden diferir en sus opiniones.

Muestra de juicio

El investigador emplea su propio juicio para elegir a las unidades de la muestra.

Ejemplo:

- a) En la muestra se quiere tener a 200 niñas y 200 niños para practicarles un cuestionario de opinión sobre los artículos de juguetería.
- b) Sólo se entrevistan mujeres para que den su opinión sobre los precios de cierto producto.

Para evitar este sesgo de selección, se utiliza la selección de una muestra probabilística utilizando el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado y el muestreo por conglomerados que son los más utilizados

Muestreo aleatorio simple

El muestreo simple aleatorio es un método de selección de n unidades sacadas de N , de tal manera que cada una de las muestras tiene la misma probabilidad de ser seleccionadas.

Ejemplo: Sea la población de 5 elementos y se quiere obtener muestras de 3 elementos.

Primero se enumeran los cinco elementos:

$N = 1, 2, 3, 4$ y 5 .

El número de muestras posibles es: $n = 3$
 ${}_N C_n = N! / (N - n)! n!$
 ${}_5 C_3 = 5! / 2! 3!$

$${}_5 C_3 = 10$$

Y las muestras son:

123	124	125	134	135
145	234	235	245	345

Nótese que no aparece dos veces un mismo número y el orden de los elementos de cada muestra no importa.

Las muestras 123, 132, 213, 231, 312 y 321 se consideran como la misma muestra.

El procedimiento para extraer una muestra simple aleatoria, consiste en asignar un número a cada elemento de la población del 1 al N y de una tabla de números aleatorios o de una urna donde se encuentran los números mezclados perfectamente, se seleccionan n números aleatoriamente, de tal manera que cada muestra tiene la misma oportunidad o probabilidad de ser seleccionada.

Para utilizar el muestreo aleatorio simple se debe de enumerar a toda la población y asignarles un número entre 1 y N , por lo que es necesario contar con una lista o documento de todos los N elementos.

Ejemplo:

- a) Si se quiere hacer una encuesta telefónica, se puede utilizar el directorio telefónico que vendría siendo el marco de muestreo.
- b) Si se quiere hacer una encuesta a automovilistas, el marco de muestreo sería el registro vehicular que se tiene en la oficina del registro de vehículos.
- c) Si se quiere hacer una encuesta a estudiantes de cierto colegio, el marco de muestreo sería una lista donde estén por orden alfabético o por matrícula.

Muestreo aleatorio sin reemplazo

Cuando un número aleatorio es seleccionado para estar en la muestra, este no se reemplaza porque tendría otra vez la oportunidad de ser seleccionado y no tiene caso tener un elemento repetido en la muestra, una forma de tomar una muestra aleatoria simple sería de una tabla de números aleatorios, se escoge una co-

lumna y un renglón cualquiera y a partir de esa intersección ya sea en forma vertical, horizontal o diagonal se seleccionan los n números, tomando los últimos dígitos de cada cifra de acuerdo al total de la población muestreada, los cuales formaran parte de la muestra, en caso de que se repita una cifra, ésta no entrará a la muestra nuevamente y en su lugar se tomará otro número aleatorio.

También se pueden tomar números aleatorios de su computadora en Excel con la función de números aleatorios o de su calculadora con la función *random*, aparecerán números decimales menores a la unidad, solo se multiplica por N (total de datos) y el resultado es el número correspondiente al dato que entra a la muestra, de otra forma se pueden poner los números en una urna y moverlos en forma homogénea antes de sacar uno de ellos.

Ejemplo.

Si $N = 7500$ y $n = 150$

En la computadora con el paquete excel y en la función de números aleatorios se pueden pedir 150 números aleatorios entre 1 y 7500.

En la calculadora hay una función que se llama *random* y da números aleatorios en forma decimal menores a la unidad, entonces sólo se multiplica por N y se obtiene un número que le corresponde a un elemento de la población que entra a la muestra.

$0.655 \times 7500 = 4912.5$ entonces la unidad 4913 de la población es una unidad que entra a la muestra.

$0.066 \times 7500 = 495$ entonces la unidad 495 de la población es otra unidad que entra a la muestra.

$0.148 \times 7500 = 1110$ y así sucesivamente se repite el procedimiento.

Los números que sobrepasan a 7500 son desechados y se continúa hasta llegar al número de muestra deseado.

Ahora que ya se tienen los n números aleatorios ya se sabe qué elementos de la población van a formar parte de la muestra y se procede a medir la característica o atributo que se desee.

El muestreo aleatorio simple se utiliza cuando se sabe de alguna manera (estudios anteriores, intuición) que la población es homogénea.

Muestreo estratificado

El muestreo estratificado es más eficaz con poblaciones heterogéneas de tal manera que se divide a la población en clases o grupos llamados *estratos* de acuerdo a cierta característica, posteriormente se toma una muestra de cada uno de ellos por el muestreo aleatorio simple.

Algunas características de los estratos:

- a) Dentro de cada estrato se tenga la mayor uniformidad posible.
- b) Entre los distintos estratos las diferencias sean lo más grandes posibles.

Una ventaja de utilizar el muestreo estratificado es que se puede obtener una muestra con menor error de muestreo que con el muestreo aleatorio simple. Además antes de decidir sobre la estratificación se debe tener conocimiento de las características de la población, que pueden basarse en datos pasados, observaciones preliminares de estudios piloto, juicio de expertos, intuición, etc.

El muestreo estratificado puede ser:

- a) Proporcional
- b) Desproporcional

El muestreo aleatorio estratificado proporcional

Es cuando el número de unidades obtenidas de cada estrato es proporcional a su tamaño.

Ejemplo:

Se tiene una población dividida en 3 estratos y cada uno tiene el 20, 30 y 50 por ciento de la población y se quiere una muestra de 300 elementos.

La forma de obtener una muestra estratificada proporcional es la siguiente:

$300 (.2) = 60$	Número de elementos que entran a la muestra del estrato 1
$300 (.3) = 90$	Número de elementos que entran a la muestra del estrato 2
$300 (.5) = 150$	Número de elementos que entran a la muestra del estrato 3
300	Total de elementos de la muestra

Este procedimiento es recomendable cuando no existen grandes diferencias en variación o dispersión de un estrato a otro.

Muestreo aleatorio estratificado desproporcional

Este muestreo se refiere a obtener una muestra de cada estrato sin tomar en cuenta su tamaño.

Ejemplo:

Tomando en cuenta el caso anterior sólo se divide $n/3 = 100$ y se toman 100 elementos de cada estrato

Este muestreo también corresponde al procedimiento de tomar un número igual de unidades de cada estrato sin tomar en cuenta su tamaño o de dar solo una pequeña representación a uno o más estratos cuyos miembros son demasiado costosos de investigar pero cierta representación de ellos es valiosa.

Una muestra así tomada es desproporcional al estrato.

Ejemplo 1.

El objetivo del siguiente ejemplo es encontrar el promedio de hijos por familia en el Distrito Federal.

Como se observa, la población objetivo es heterogénea y para tener una buena muestra, es mejor dividirla en estratos de acuerdo al nivel socioeconómico de tal manera que:

- a) Dentro de cada estrato la población es muy parecida en lo que se refiere al nivel socioeconómico.
- b) De un estrato a otro existen diferencias en el nivel socioeconómico.

Ejemplo 2.

El objetivo es encontrar el promedio de ingreso mensual por familia.

También en este caso la población es heterogénea y lo más conveniente es dividir a la población en estratos de acuerdo al nivel socioeconómico.

Ejemplo 3.

El objetivo es encontrar el promedio bimestral de consumo de energía por familia.

Lo que más conviene es dividir a la población en estratos, en este ejemplo cada estrato sería la colonia donde viven o la delegación a la que pertenecen, porque la población en cada delegación es diferente.

Otros ejemplos.

- Gasto promedio mensual en alimentación por familia.
- Gasto promedio mensual en transporte.
- Proporción de habitantes con casa propia, etc.

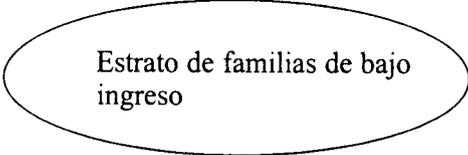
Como se observa de acuerdo al objetivo del estudio, la población objetivo es todo el Distrito Federal, en este ejemplo el marco de muestreo sería un mapa de todas las calles, colonias o delegaciones que se puede obtener en el departamento del Distrito Federal.

Esta población como se sabe es heterogénea, porque viviendas semejantes se congregan en ciertas colonias o delegaciones y la población de una delegación es diferente a otra, entonces es recomendable utilizar el muestreo estratificado. Donde cada estrato podría corresponder a cada delegación, posteriormente se obtiene una muestra aleatoria simple de cada estrato.

Es importante mencionar que en el estrato donde existe mayor homogeneidad entre sus elementos sería suficiente tomar una muestra pequeña que dará el mismo resultado si se toma una muestra más grande en comparación a otro estrato en donde sus elementos tienen menos homogeneidad (o mayor variabilidad), en ese estrato valdría la pena tomar una muestra más grande para obtener un mejor resultado.

Ejemplo del consumo mensual de energía por familia.

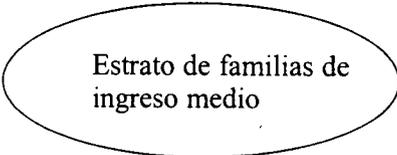
Una variación pequeña en consumo de energía \Rightarrow se tomará una muestra pequeña.



Estrato de familias de bajo ingreso

Las familias de este estrato como tienen pocos recursos, la mayoría de ellas gastan poca energía para ahorrar en ese gasto, no poseen variedad de aparatos eléctricos sumado a que viven por lo regular en lugares muy pequeños. Este estrato es el más grande en cuanto al número de familias que poseen menos recursos y gastan menos en energía, pero a su vez es el estrato que es más homogéneo de tal manera que tomar una muestra pequeña o una muestra grande dará un buen resultado debido a la homogeneidad del estrato.

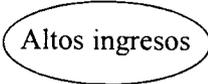
Variación intermedia de consumo de energía eléctrica.



Estrato de familias de ingreso medio

Este estrato consume más energía que el estrato anterior, debido a que tienen la posibilidad de comprar aparatos eléctricos, por lo tanto el número de elementos para la muestra será mayor, se tendrá que calcular de acuerdo a alguna fórmula que se verá más adelante.

Mayor variación en cuanto al consumo de energía eléctrica.



Altos ingresos

En este estrato aunque es el más pequeño existe mayor variabilidad en cuanto al gasto de energía, porque puede suceder lo siguiente.

- a) Las familias pueden consumir bastante energía, porque tienen una casa más grande, más aparatos eléctricos que el estrato anterior (horno de microondas, televisiones, computadora, etc).
- b) Pueden ser personas ahorrativas, conscientes de que hay lugares en donde no llega la energía eléctrica.
- c) O estar en un término regular de consumo de energía.

En este estrato existe mayor variabilidad en cuanto al consumo de energía eléctrica por lo que sería recomendable tomar una muestra mayor que la que se tomó en el primer estrato, aunque la población sea menor que en el estrato primero.

Este es un muestreo estratificado desproporcional al tamaño del estrato.

¿De qué tamaño debe ser la muestra?

Para calcular el tamaño de la muestra, primero debemos preguntarnos:

¿Cuál es el margen de error permitido entre la diferencia del estimador y del parámetro?

¿Cuál es el nivel de confianza que queremos?

Si se utiliza el muestreo aleatorio simple sin reemplazo la fórmula para la muestra es:

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S_y^2}{\delta^2}$$

En el caso de que la muestra sea grande con respecto a la población se puede corregir de la siguiente forma:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

δ^2 = Margen de error.

S^2 = Varianza del estimador en caso de que no se conozca se puede estimar por:

Encuestas anteriores, por una encuesta piloto o a juicio del investigador.

$Z_{\alpha/2}$ = Es un porcentaje de confiabilidad, también se puede definir como el percentil $(1 - \alpha/2)$ de la distribución normal estándar.

Cuando se quiere estimar el valor de n para una proporción se sustituye S_y^2 por $p(1-p)$ que es la varianza para proporciones.

Si se utiliza un muestreo estratificado, primero se hacen los estratos, posteriormente se toma una muestra de cada estrato independientemente, con muestreo aleatorio simple.

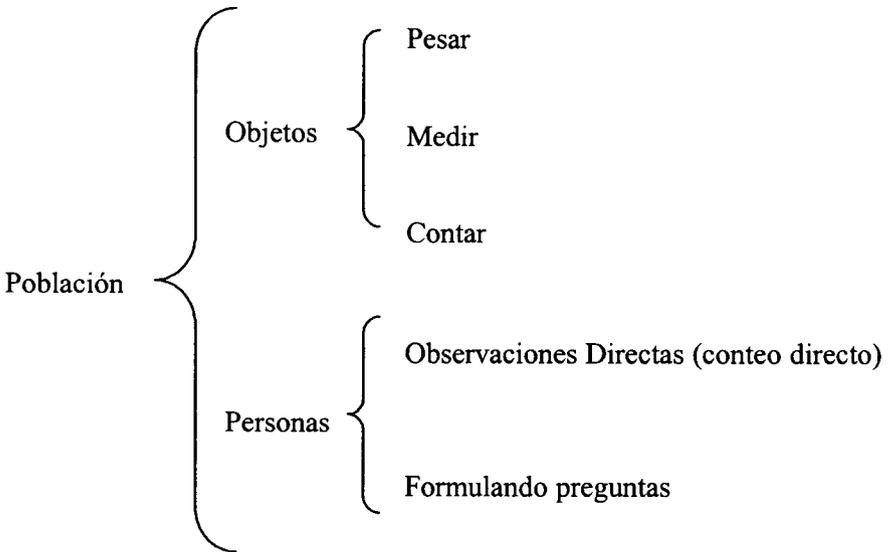
Ya que se tiene la muestra se pregunta

¿Qué tipo de datos deben ser recolectados?

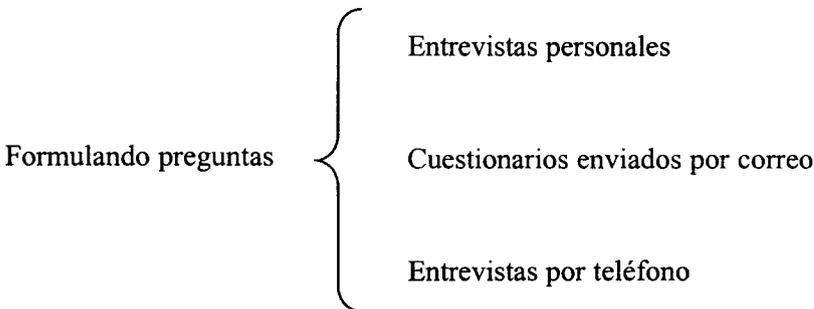
Estos datos son de acuerdo a nuestros objetivos formulados inicialmente.

¿Cómo se van a recolectar?

Se refiere a los métodos para obtener información de las unidades elementales de la muestra ya sean personas u objetos como se observa en el siguiente diagrama.



Cuando se formulan preguntas a las personas pueden ser de la siguiente forma



En lo que se refiere al método de enviar cuestionarios por correspondencia, el porcentaje de respuesta es mínimo, pero se puede complementar con llamadas telefónicas y con entrevistas personales.

Un método es el mejor si se obtiene la información necesaria con el máximo grado de precisión con los costos bajos y en el menor tiempo.

De cualquier forma que se quiera obtener información de personas, se tiene que elaborar un cuestionario.

Las siguientes son algunas de las características de un cuestionario.

Características del cuestionario

- a) Las preguntas deben formularse clara y sencillamente.
Para que las personas entiendan bien lo que se les pregunta y puedan contestar correctamente.
- b) Las preguntas deben ser breves.
Porque cuando observan preguntas muy largas, es motivo para que se salten la pregunta o simplemente no la contestan.
- c) Las preguntas deben formularse lógica y ordenadamente
Para facilitar la tabulación.
- d) Las respuestas de preferencia deben responderse con un mínimo esfuerzo.
Ya sea que contesten con un si o no, que marquen con X la respuesta correcta o que marquen del 1 al 5 sus preferencias, etc.
- e) Se requiere de la supresión de sentimientos y juicios personales del entrevistador.
El entrevistador no debe sugerir la respuesta, se debe hacer la pregunta tal y como está escrita en el cuestionario.
- f) El cuestionario debe contener las preguntas necesarias, no hacer preguntas que posiblemente se puedan utilizar.

Ya que se tienen los datos recolectados se procede a presentarlos resumidos en:

- a) Gráficas como son: histogramas, polígono de frecuencia, polígono de frecuencia acumulada, curva de distribución de datos, de barras y circulares.
- b) Tablas de frecuencia.
- c) Cuadros estadísticos.
- d) Diagramas.

Se obtienen algunas medidas como son:

- a) Media.

Se calcula como la suma de todos los datos obtenidos en la muestra divididos entre n.

Esta medida se recomienda utilizarla cuando los datos se distribuyen aproximadamente en forma simétrica, además cabe mencionar que esta medida se utiliza en variables cuantitativas.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

En caso de que se utilice con variables nominales sería de la siguiente forma: se le asigna el 1 a los elementos de la muestra que sean poseedoras de cierta característica y 0 en otro caso, posteriormente se obtiene la media que es equivalente a obtener un proporción.

b) Mediana.

Es el dato que divide a la serie en dos partes iguales.

Esta medida generalmente se utiliza cuando la población está sesgada, quiere decir que los datos se acumulan en su mayoría en el lado derecho o izquierdo a partir de la moda, su cálculo no se ve afectado por los datos muy extremos.

c) Moda.

Es el dato que se repite con mayor frecuencia.

Es una medida de tendencia central que se utiliza tanto en variables cuantitativas como variables cualitativas.

d) Porcentajes.

$$\% = \frac{f_i}{\sum f_i} (100)$$

f_i = frecuencia de alguna clase o grupo que cumple cierta característica.

$$\sum f_i = \text{Total de datos o suma de las frecuencias}$$

Ejemplo.

Porcentaje de opinión sobre la calidad de atención de alguna oficina de gobierno.

Porcentaje de las personas u objetos que poseen cierta característica con respecto a los que no la tienen.

e) Razones.

Es el cociente entre dos cantidades.

$$\frac{\text{frecuencia de fumadores}}{\text{frecuencia de no fumadores}} = \frac{14}{35} = \frac{2}{5}$$

Significa que por cada 2 fumadores hay 5 que no fuman

Se obtienen medidas de dispersión como son:

a) Varianza.

La media es un valor representativo de los datos, pero la varianza nos dice como están distribuidos o dispersos los datos con respecto a la media.

$$S_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

b) Desviación estándar.

Es la raíz cuadrada de la varianza. En poblaciones aproximadamente simétricas se puede utilizar la desviación estándar para formar intervalos y saber aproximadamente en cual está el 65%, 95% y el 99% de la población $\bar{x} \pm S$, $\bar{x} \pm 2S$, $\bar{x} \pm 3S$ respectivamente.

c) Coeficiente de variación (dispersión relativa).

Expresa en porcentaje la razón de la desviación estándar con respecto a la media.

Se utiliza cuando se quiere comparar la variabilidad de dos conjuntos de datos con diferentes unidades de medición o cuando las medias son muy diferentes entre sí.

$$C \cdot V = \frac{S}{\bar{x}} (100)$$

d) Sesgo

El sesgo es una medida que indica el grado de asimetría de una distribución de datos con respecto a la distribución normal, el sesgo de ésta última distribución como es simétrica es cero.

$$Sesgo = \frac{3(\bar{x} - x_{.5})}{S}$$

El sesgo indica hacia donde se acumulan la mayoría de los datos hacia la derecha (sesgo positivo), hacia la izquierda (sesgo negativo).

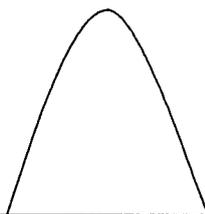
Ejemplos de curvas de distribución de datos.

Asimétrica



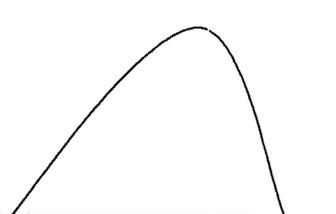
Sesgo positivo

Simétrica



Sesgo cero

Asimétrica



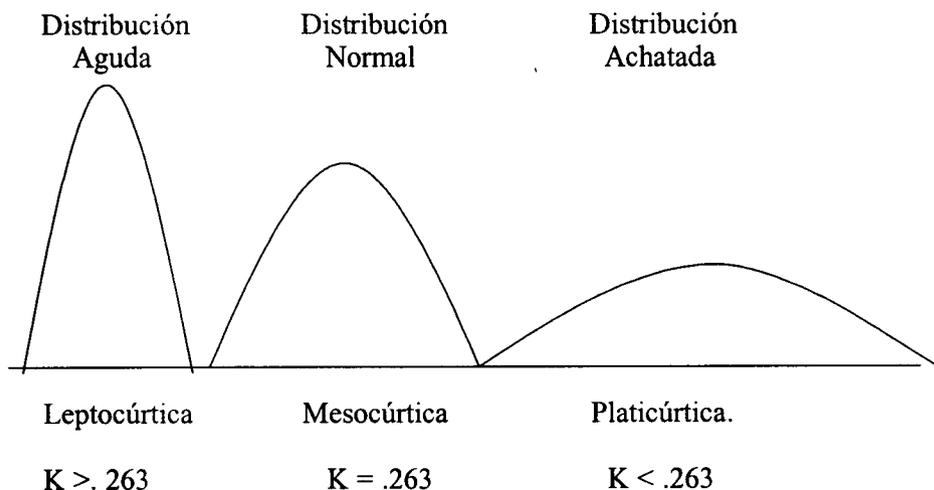
Sesgo negativo

e) Curtosis

Es una medida que indica que tan aguda es una curva de distribución de datos con respecto a la normal. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{\frac{1}{2}(Q_3 - Q_1)}{D_9 - D_1}$$

La curtosis para una distribución normal es de aproximadamente $K = .263$.



LA ÚLTIMA ETAPA DE UNA INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA

Consiste en responder al problema, objetivos, hipótesis planteados inicialmente en base a los resultados obtenidos de la muestra. Se puede tomar una decisión o inferir acerca de la población de donde se extrajo la muestra.

CONCLUSIÓN

La metodología que se desarrolló en este trabajo es importante para las personas que estén realizando alguna investigación estadística (sociólogos, comunicólogos, psicólogos, médicos, etc.), porque se explica las diferentes etapas que se deben tomar en cuenta y que se debe hacer en cada una de ellas para llevar a cabo su investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Sharon L. Lohr, *Diseño y análisis* Editorial Thomson.
- 2.- Dr. Ignacio Méndez R., *Conceptos, Elementos de Muestreo*, Serie Azul: Monografías, I.I.M.A.S. de la UNAM.
- 3.- Ya Lun Chou, *Análisis Estadístico*, Editorial Interamericana.
- 4.- Jhon E. Freund/ Richard Manning Smith, *Estadística*, 4ª edición, editorial Prentice Hall.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE HIPÓTESIS

Rodrigo PIMIENTA LASTRÁ*

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pretende destacar el concepto de hipótesis estadística, así como plantear e identificar tanto la hipótesis de investigación o alternativa como la hipótesis nula. Además, se exponen los tipos de errores que se pueden cometer al tomar una decisión en favor de una de las dos hipótesis mencionadas. Para llegar a esto, el trabajo se inicia tratando de resaltar la importancia que tienen en la investigación las pruebas estadísticas de hipótesis, cuáles son sus características esenciales y el concepto general de ellas.

HIPÓTESIS E INVESTIGACIÓN

El método científico es una forma especial sistematizada de todo pensamiento e investigación reflexiva. Es en este marco en el que se mueve el investigador en su trabajo cotidiano, al intentar estudiar un fenómeno observable. En este proceso el estudioso de las ciencias aplicadas generalmente encuentra gran cantidad de obstáculos para poder comprender y explicar el comportamiento de algún fenómeno que le inquieta, él siente curiosidad y busca los motivos del porqué algo es lo que es. Su primer paso y el más importante en un esquema como éste, es tener una idea clara del problema para expresarlo en forma razonablemente comprensible a través de algún tipo de relación.

El científico observa y recapacita sobre el problema en estudio, lo enfrenta con las teorías conocidas así como su propia experiencia, en busca de alguna posible solución; trata de determinar cuáles son sus características relevantes, para poder formular alguna hipótesis de investigación y establecer las técnicas que utilizará para comprobarla.

En este sentido se puede establecer que uno de los objetivos fundamentales de toda investigación científica es la comprobación de hipótesis. La esencia de

* Profesor Investigador de la UAM – Xochimilco.

una prueba de hipótesis es probar si alguna relación expresada entre variables existe; éstas son las sospechas que el investigador supone por anticipado del problema en estudio, para dar a los hechos la oportunidad de demostrar o negar algo. Toda observación, toda prueba, toda experimentación es para un propósito general, someter las dudas del investigador expresadas a través de relaciones entre variables, a pruebas empíricas.

CONCEPTO DE HIPÓTESIS

Una hipótesis es una expresión a manera de conjetura, es decir, una proposición tentativa en modo afirmativo acerca de la relación general o específica entre dos o más variables. En la formulación de cualquier hipótesis es conveniente observar los dos criterios siguientes: deben expresar relaciones entre variables; y además, ser inferencias que permitan probar las relaciones establecidas. Esto indica que toda expresión hipotética estará integrada por dos o más variables mensurables y tener una forma explícita del tipo de relación que se supone existe entre éstas.

Ejemplo:

Un mayor gasto en publicidad provoca un incremento en los votos obtenidos por un partido político.

En este caso, del planteamiento del problema, se desprende de manera directa que hay dos variables: gasto en publicidad y votos obtenidos. Ambas pueden ser cuantificadas y por lo tanto es posible hacer inferencias estadísticas que permitan probar la relación mencionada.

IMPORTANCIA DE LA HIPÓTESIS

Dentro de la investigación científica existen muchas razones para considerar a las hipótesis como un instrumento indispensable, entre algunas de las que se pueden mencionar están las siguientes:

- a) Son las herramientas de trabajo de la teoría, esto es, de las teorías se pueden deducir hipótesis.
- b) Estas se pueden demostrarse, es decir, se puede establecer que son probablemente ciertas o probablemente falsas.
- c) Son un instrumento poderoso para el progreso del conocimiento, porque ayudan a confirmar o negar una teoría en forma independiente de la opinión del investigador.

En algunas ocasiones una hipótesis dada puede ser demasiado amplia para ser probada. Si es una buena hipótesis podrá demostrarse a través de otras

deducidas de ella. Las hipótesis no se prueban directamente, sino a través de las inferencias inducidas de ellas.

Finalmente debe enfatizarse que los resultados de toda investigación deben aplicarse al problema en particular, a las hipótesis y finalmente a la teoría.

PASOS PREVIOS A LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para poder efectuar una prueba de hipótesis el científico debe desarrollar un conjunto previo de actividades, entre las que se encuentra el postular los modelos y supuestos teóricos, con el fin de identificar las variables que lo llevarán a verificar estadísticamente sus hipótesis de investigación; recolectar, organizar y resumir la información de las variables mencionadas con el fin de poder establecer la estimación de los parámetros poblacionales necesarios.

- a) Postular modelos. El establecimiento de modelos es la parte en la que se proponen las distribuciones y las ecuaciones de tipo estadístico que relacionan a las variables que intervienen en la evaluación de los supuestos teóricos; entre los más conocidos se pueden mencionar el binomial, el normal, el de regresión, etc.
- b) Recolectar información. La recolección de información se puede realizar a través de algún método de muestreo o el diseño de algún experimento, con el fin de cuantificar las variables estudiadas, si aún no se dispone de los datos necesarios en las fuentes de información acreditadas existentes.
- c) Registro presentación de datos. El registro y la presentación de los datos se hace mediante tablas y gráficas.
- d) Resumen de datos. El resumen de la información se lleva a cabo a través de indicadores que caracterizan el comportamiento general de las variables estudiadas, como por ejemplo: las medidas de tendencia central, dispersión, asimetría, etc.
- e) Estimación y predicción. En la parte de estimación y predicción se obtienen los estadísticos de los parámetros de los modelos propuestos, con el de determinar las tendencias generales del fenómeno en estudio.
- f) Pruebas de hipótesis. En esta parte se verifica si los supuestos teóricos sobre el fenómeno estudiado (parámetros del modelo) contrastan con las observaciones (modelo estimado), a través de ciertos procedimientos estadísticos aceptados.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

En el capítulo anterior se trató de introducir el concepto y la importancia que las pruebas de hipótesis tienen en el proceso de investigación, así como los pasos previos a la realización de una prueba. A continuación se va a desarrollar

lo que es una prueba estadística de hipótesis, se identifica tanto a la hipótesis nula como a la hipótesis alterna y se establecen los tipos de error en los que se puede incurrir al tomar una decisión. Para terminar, se mencionan los diferentes tipos de hipótesis que se pueden presentar en el análisis estadístico cotidiano.

HIPÓTESIS NULA E HIPÓTESIS ALTERNA

El objetivo de una prueba estadística de hipótesis es determinar si un supuesto sobre alguna o algunas características de la población, está ampliamente respaldado por la información obtenida a través de datos muestrales. Sugerido por los propósitos de la investigación, el supuesto sobre la población involucra una afirmación sobre el valor de algún parámetro, por lo tanto una hipótesis estadística se puede definir de la manera siguiente:

Una hipótesis estadística, denotada H_a , es un enunciado sobre la población. Su posibilidad de ser evaluada es con base en la información obtenida de una muestra aleatoria de la población.

Ejemplo:

La experiencia ha demostrado que el porcentaje de alumnos aprobados usando un cierto método de enseñanza es del 75%. Se anticipa que si se usa un nuevo método de enseñanza, el porcentaje de aprobados será mayor que cuando se usa el método tradicional.

En este caso la Hipótesis H_a sería:

Existe evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza es mejor que el método tradicional.

Una hipótesis complementaria o la contrapartida de ésta, denotada H_0 , sería: No existe evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza sea mejor que el método tradicional.

Como se observa la segunda hipótesis es la negación de la primera. A esta última se le denomina hipótesis nula y a la otra hipótesis de investigación o alternativa. A la hipótesis nula se le llama así, porque es la que invalida la afirmación establecida, se formula con la intención expresa de ser rechazada. La hipótesis de investigación es una aseveración de tipo operacional que plantea el experimentador; esta afirmación se hace sobre la población con el fin de tomar una decisión, usando para ello la información proveniente de alguna muestra.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE HIPÓTESIS

En el apartado anterior se establecieron los conceptos de hipótesis nula e hipótesis alterna. A la hipótesis alterna se le caracterizó como la afirmación hecha sobre la población, tal afirmación puede tener dos resultados posibles y complementarios al probar su validez, estos son:

La hipótesis H_a es cierta.
La hipótesis H_a es falsa.

Usando información muestral se debe tomar una decisión sobre el curso de acción a seguir, es decir, seleccionar una de las inferencias establecidas. Si la hipótesis es falsa, entonces se debe rechazar y concluir:

La hipótesis H_a no está ampliamente respaldada por los datos de la muestra.

Al proceso en el cual se selecciona una de estas dos acciones se le llama *prueba estadística de hipótesis*.

Continuando con el ejemplo; si se supone que el nuevo método de enseñanza se aplicó en 25 estudiantes y que hubo un número X de aprobados. La hipótesis H_a que se puede plantear es:

H_a : Existe evidencia sustancial que el nuevo método de enseñanza mejora al método tradicional.

La hipótesis complementaria H_0 es:

H_0 : No existe evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza mejora al método tradicional.

Al probar la validez de las hipótesis los resultados posibles son:

- a) la hipótesis H_a es verdadera, es decir, existe evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza mejora al método tradicional.
- b) La hipótesis H_a es falsa, es decir, no existe evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza mejora al método tradicional.

En el ejemplo las alternativas de decisión son dos: la primera es rechazar la Hipótesis H_a , si es falsa, y concluir:

Los datos del experimento muestran evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza no mejora al método tradicional.

En el segundo caso, si la hipótesis H_a es verdadera no se rechaza y se concluye.

Los datos del experimento muestran evidencia sustancial de que el nuevo método de enseñanza mejora al método tradicional.

Para saber si la afirmación es correcta estadísticamente, el nuevo método de enseñanza deberá ser aplicado a un gran número de estudiantes para poder determinar si el porcentaje de aprobados, denótese p , es sustancialmente mayor que cuando se usa el método tradicional, sin embargo, nótese que en el experimento la información se limita al resultado obtenido en tan sólo 25 estudiantes.

Suponiendo que los 25 estudiantes en el experimento pueden considerarse como observaciones independientes de la población, se puede ver que el modelo de probabilidad para X tiene una distribución binomial con $n=25$ y p un parámetro desconocido. Simbólicamente las hipótesis del problema, planteadas originalmente, se representan por:

$H_0: p \leq 0.75$ (El nuevo método de enseñanza no es mejor que el método tradicional).

vs.

$H_a: p > 0.75$ (El nuevo método de enseñanza mejora sustancialmente al método tradicional).

La naturaleza del parámetro citado está incorporada en el parámetro p , el cual representa el porcentaje de éxitos con el nuevo método.

Para considerar a un enunciado como válido se deben acumular suficientes evidencias que lo apoyen. Por lo tanto el investigador deberá tomarlo como falso, a menos que lo contrario sea ampliamente respaldado por los datos. En otras palabras, la hipótesis nula deberá ser vista como cierta y sólo rechazarse cuando los datos muestren ampliamente lo contrario.

A continuación se dan otros ejemplos de pruebas de hipótesis:

a) En un juicio:

H_a : Culpable de un crimen.

vs.

H_0 : No es culpable del crimen.

b) En decisiones para el mercado:

H_a : El nuevo producto es mejor que un producto estándar.

vs.

H_0 : El nuevo producto no es mejor que el estándar.

c) En pruebas de medicamentos:

H_0 : El nuevo medicamento no mejora sustancialmente al medicamento estándar.

vs.

H_a : El nuevo medicamento mejora sustancialmente al medicamento estándar.

Al probar un nuevo método, un nuevo medicamento, una nueva técnica, etc; se ven involucrados ciertos riesgos o gastos que pueden ser serios o considerables si se comete algún error al tomar una decisión. Sólo se usará el nuevo método, el nuevo medicamento, la nueva técnica, etc; si son ampliamente respaldados por los datos, es decir, si es claro que mejoran al que se ha venido utilizando, ya que esto no implica nuevas dudas o inversiones adicionales.

ERROR TIPO I Y ERROR TIPO II

En una prueba de hipótesis la toma de decisiones se haya sujeta a los datos recolectados a través de un experimento o de una muestra aleatoria, por lo que es posible cometer dos tipos de errores que pueden llevar a una pérdida sustancialmente diferente, estos errores son:

- Error tipo I: Rechazar una hipótesis verdadera.
- El error tipo II: No rechazar una hipótesis falsa.

Esquemáticamente este tipo de errores se puede representar de la manera siguiente:

Cuadro 1
Reglas de decisión de una hipótesis estadística

Decisión	Situación real de H_0	
	Cierta	Falsa
Rechazar H_0	Error de tipo I α	
No rechazar H_0	Error de tipo II β	

El tamaño de estos dos tipos de error se define como la probabilidad de que cada uno de ellos ocurra; al término α (alfa) se le llama nivel de significancia de la prueba, generalmente se le asignan los valores 0.10, 0.05 ó 0.01 y se determina al inicio de la investigación; a β (beta) se le denomina potencia de la prueba. Nótese que debido a la relación existente entre las hipótesis, los dos tipos de error se hayan relacionados, al controlar el tipo I automáticamente se controla el otro, para un tamaño de muestra dado.

En la práctica se busca trabajar con errores pequeños del tipo I, es decir, se puede tomar como el error más serio rechazar H_0 cuando es verdadera, que no rechazarla cuando es falsa. En el peor de los casos se queda uno con H_0 , porque como ya se mencionó no incluirá nuevos riesgos o cambio alguno. Esto último debe tomarse con ciertas reservas dependiendo del problema en particular que se esté trabajando.

Antes de realizar el experimento los valores que puede tomar la variable aleatoria X son: 1, 2, 25. Cada uno de estos valores tienen las mismas posibilidades de ocurrir, tanto bajo la hipótesis H_0 como bajo la hipótesis H_a , pero ninguno aisladamente puede probar que una de las dos hipótesis es cierta. Intuitivamente, se sospecha que valores grandes de X indican que H_0 puede ser falsa, y H_a verdadera; en forma similar valores pequeños de X sugieren que H_0 es verdadera y H_a es falsa.

Suponga que al aplicarse el nuevo método de enseñanza aprobaron 18 estudiantes, bajo el supuesto de que la variable aleatoria X se distribuye como una binomial con parámetro $p=1/2$, es decir, $B(25,1/2)$; se puede determinar la región crítica o de rechazo de la prueba para un α determinado.

Tomando en este ejemplo un $\alpha = 0.05$, se tiene:

$$\alpha = P(\text{Rechazar } H_0 \text{ dado que } H_0 \text{ es verdadera}),$$

Como X se distribuye $B(25,1/2)$ y la forma de esta distribución es:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

$$x = 0, 1, 2, \dots, n$$

Se tiene que la probabilidad de cometer el error tipo I, está dada para valores de $x=18, 19, \dots, 25$; por lo tanto:

$$\hat{\alpha} = P(x \geq 18 \mid p = 1/2)$$

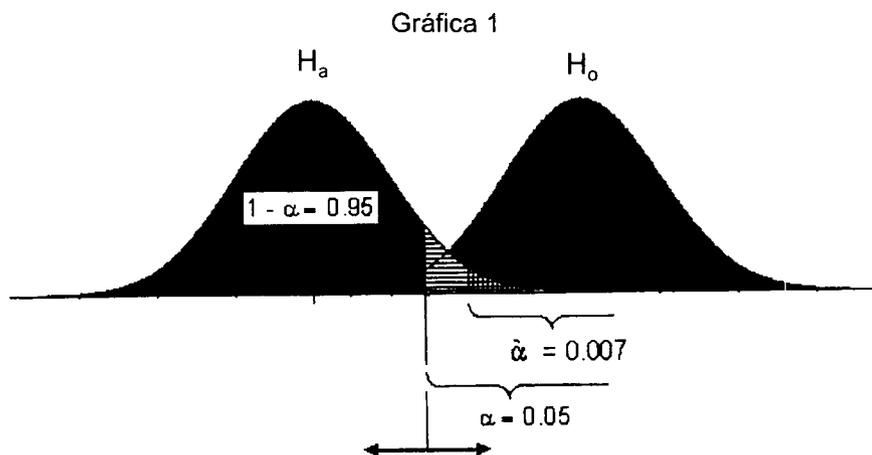
$$\hat{\alpha} = \sum_{x=18}^{25} \binom{25}{x} (1/2)^x (1/2)^{25-x}$$

$$\hat{\alpha} = 0.007$$

De lo anterior se puede concluir:

Como $\hat{\alpha} = 0.007$ es menor que $\alpha = 0.05$ se rechaza H_0 , es decir, a un nivel de significancia del 5% se puede concluir que los datos del experimento han mostrado que el nuevo método de enseñanza es mejor que el anterior.

Abusando del lenguaje gráfico, en la forma de la distribución, con el objeto de ser más claros, la prueba presentaría la siguiente forma:



Región de aceptación de H_0

Región de rechazo de H_a

Esquemáticamente, la representación sería:

Decisión	Situación real de H_0	
	Cierta $p \leq 0.75$	Falsa $p > 0.75$
Rechazar H_0	Error de tipo I $\hat{\alpha} = 0.007$	✓
No rechazar H_0	✓	Error de tipo II

Podría todavía cuantificarse la magnitud del error tipo II, pero en este caso no se hará, ya que no es el objetivo de este escrito tocar estos puntos.

DIFERENTES TIPOS DE HIPÓTESIS

Hasta el momento se ha planteado un solo tipo de prueba estadística, esto es, en un sentido; en la práctica se pueden presentar diferentes tipos de prueba, aquí sólo se mencionarán tres que se consideran las más usuales.

Sea θ un parámetro poblacional y θ_0 un valor que se obtiene en un experimento, el cual se comparará con el parámetro de la población a través de una hipótesis. Las diferentes formas que puede presentar una prueba estadística de hipótesis, son las siguientes:

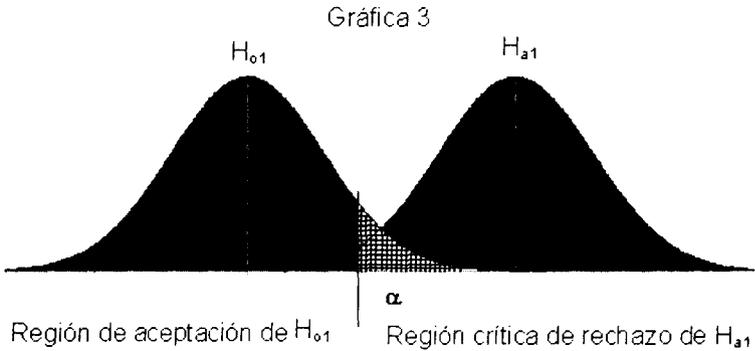
En símbolos

Gráficamente

$$H_{01}: \theta \leq \theta_0$$

vs

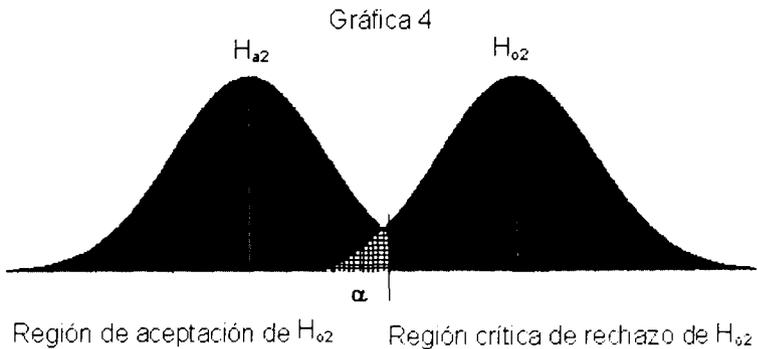
$$H_{a1}: \theta > \theta_0$$



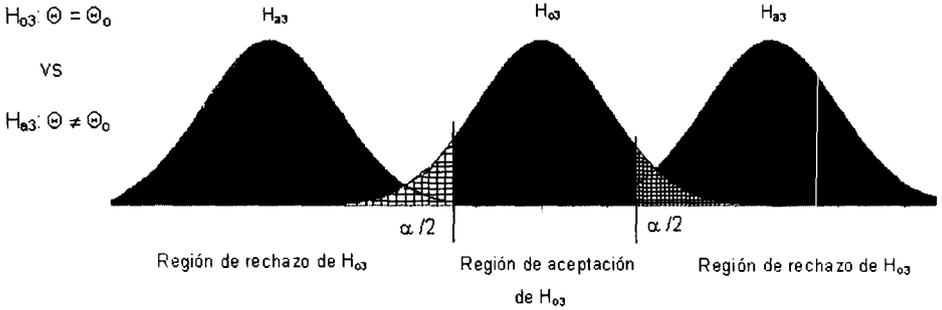
$$H_{02}: \theta \geq \theta_0$$

vs

$$H_{a2}: \theta < \theta_0$$



Gráfica 5



Las reglas de decisión en los dos primeros casos son iguales a la planteada anteriormente, en el tercer caso puede ser igual o plantearse en los términos siguientes:

Si $\alpha/2 > \hat{\alpha}/2$ entonces se rechaza H_{03} .

BIBLIOGRAFÍA

Babbie, Earl R., *Métodos de investigación por encuestas*, Biblioteca de la Salud, Fondo de Cultura Económica, México, 1993.

Blalock, Huber M., *Estadística social*, Fondo de Cultura Económica, México, 1994.

Férran, Aranaz Magdalena, *SPSS para Windows. Análisis estadístico*, Madrid, España, 2001.

Hair, Joseph F., *et al.*, *Análisis multivariante*, Printece Hall, México, 1999.

Infante, Gil Said y Guillermo P. Zárate de Lara, *Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario*, Trillas, México, 1991.

Kreyszing, Edwin, *Introducción a la estadística matemática. Métodos y principios*, Limusa-Wiley, México, 1993.

Ostle, Bernard, *Estadística aplicada*, Limusa-Wiley, México, 1973.

Siegel, Sydney, *Estadística no paramétrica a aplicada a las ciencias de la conducta*, Biblioteca técnica de psicología, Trillas, México, 1976.

Wackerly, Dennis D., William Mendenhall III y Ricard L. Sheaffer, *Estadística matemáticas con aplicaciones*, 6ª ed., Biblioteca de Matemáticas, Thomson, México, 2000.

ANÁLISIS DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN SERIES TEMPORALES

Andrés MORALES ALQUICIRA*
Araceli RENDÓN TREJO*

INTRODUCCIÓN

El uso de la variación estacional (*VA*) en el análisis de las series de tiempo es muy amplio, los economistas suelen utilizarla en la estimación de las fluctuaciones trimestrales de las exportaciones de las ramas productivas, en el análisis de variaciones de la inversión mensual en la industria o en la evaluación de las oscilaciones de las recaudaciones fiscales de las personas físicas en un año. Cuando estos profesionistas buscan estimar, por ejemplo, el monto de la recaudación de impuestos de las personas físicas en un periodo próximo, consideran las variaciones producidas en los mismos periodos de años anteriores.

Evidentemente una adecuada estimación de los montos de recaudación de impuestos debe considerar además: la tendencia del impuesto en años anteriores, las modificaciones previstas en la ley en materia de tarifas hacendarias y las distintas formas de pago previstas, entre otras variables.

Los administradores utilizan la variación estacional para evaluar el comportamiento de las ventas en las empresas. A estos profesionistas les interesa saber si las variaciones se deben a oscilaciones normales que se repiten anualmente, o si son el resultado de otros factores; esta información les permite tomar decisiones correctas. En los ejemplos mencionados se hace referencia a la variación estacional, pero exactamente ¿qué es ésta?

La variación estacional es el componente de las series de tiempo que permite analizar los cambios que se repiten periódicamente a intervalos regulares, o casi regulares, en las series de tiempo para periodos anuales.

Mientras la tendencia ajusta y representa el comportamiento de largo plazo, la variación estacional se aboca generalmente a la identificación y medición de las configuraciones regulares que se repiten año con año.

* Profesores - Investigadores del Departamento de Política y Cultura, UAM-Xochimilco.

Las variaciones estacionales pueden ser de dos tipos, aquellas que presentan un patrón de variación relativamente estable y aquellas en las que su patrón de variación se va modificando paulatinamente. La medición de las primeras es relativamente fácil, las segundas requieren de algunos ajustes.

La variación estacional de una serie de tiempo se mide a través del índice de estacionalidad (S). El índice se elabora para periodos anuales. Su construcción utiliza doce observaciones si la información es mensual, seis observaciones si la información es bimestral, cuatro si es trimestral. Este índice puede ser específico o típico, se dice que es específico cuando mide los cambios estacionales en un periodo particular, por ejemplo la variación de ventas mensuales de una empresa comercial en 2003. El índice es típico cuando se obtiene promediando variaciones estacionales de un periodo, por ejemplo, de dos o más años.

Antes de estimar la variación estacional es recomendable ajustar los datos originales en periodos de tiempo regulares. Con frecuencia las series de tiempo son afectadas por el tamaño de los meses (enero tiene 31 días, febrero 28) u otros eventos como el mal tiempo, huelgas, días feriados, etc. El ajuste de una serie de tiempo en periodos regulares es muy importante. En la mayoría de los casos los efectos de las irregularidades no se alcanzan a eliminar del todo dentro de la unidad de tiempo en que se presentan (mes, bimestre, etc.); la razón de los ajustes es estimar cuál sería el valor de la serie en caso de no producirse tales irregularidades.

EL MÉTODO DE PROMEDIOS SIMPLES

Para calcular la variación estacional de una serie de cinco o más años que tiene movimientos cíclicos regulares se utiliza el método de promedios simples. Este método supone que los movimientos cíclicos de una serie se equilibran, y que la tendencia tiene escaso o nulo efecto sobre la serie. Los índices así obtenidos son buenas estimaciones de la variación estacional.

El método tiene varios pasos, el primero consiste en expresar la información de cada mes, bimestre o trimestre como un porcentaje del promedio de los valores de la serie de cada año. El ejemplo número 1 aclara la idea, el cuadro 1 presenta los datos de ventas mensuales de la industria alimentaria de 1999 a 2003 de un país hipotético.

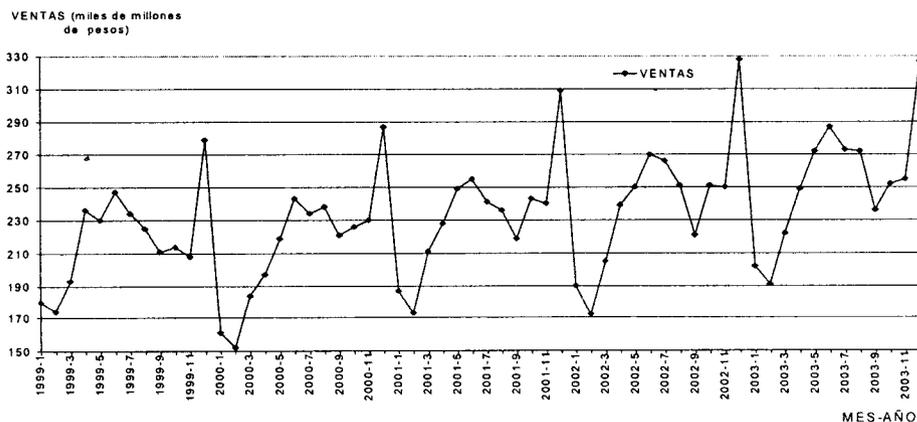
Cuadro 1
Industria alimentaria: ventas mensuales 1999-2003
(Miles de millones de pesos)

Mes	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	180	161	187	190	202
Febrero	174	152	173	172	191
Marzo	193	184	211	205	222
Abril	236	197	228	239	249
Mayo	230	219	249	250	272
Junio	247	243	255	270	287
Julio	234	234	241	266	273
Agosto	225	238	236	251	272
Septiembre	211	221	219	221	236
Octubre	214	226	243	251	252
Noviembre	208	230	240	250	255
Diciembre	279	287	309	328	327
Total	2631	2592	2791	2893	3038
Promedio	219.25	216	232.58	241.08	253.17

FUENTE: datos hipotéticos

Los datos se representan en la gráfica 1. El promedio de ventas mensuales de 1999 es de 219.25 miles de millones de pesos. Al dividir cada valor de venta mensual de 1999 entre el promedio de ventas de ese año y multiplicarlo por 100, se obtiene un porcentaje que muestra la magnitud de cada venta mensual respecto a la venta promedio del año (ver cuadro 2).

Gráfica 1
Industria alimentaria: ventas mensuales 1999-2003
(Miles de millones de pesos)



FUENTE : Cuadro 1

Cuadro 2
Industria alimentaria: porcentaje promedio mensual de ventas

Mes	1999	2000	2001	2002	2003	Total fila	Índice estacional
Enero	82.10	74.54	80.40	78.81	79.79	395.64	79.13
Febrero	79.36	70.37	74.38	71.35	75.44	370.90	74.18
Marzo	88.03	85.19	90.72	85.03	87.69	436.66	87.33
Abril	107.64	91.20	98.03	99.14	98.35	494.36	98.87
Mayo	104.90	101.39	107.06	103.70	107.44	524.49	104.90
Junio	112.66	112.50	109.64	112.00	113.36	560.16	112.03
Julio	106.73	108.33	103.62	110.34	107.83	536.85	107.37
Agosto	102.62	110.19	101.47	104.11	107.44	525.83	105.17
Septiembre	96.24	102.31	94.16	91.67	93.22	477.60	95.52
Octubre	97.61	104.63	104.48	104.11	99.54	510.37	102.07
Noviembre	94.87	106.48	103.19	103.70	100.72	508.96	101.79
Diciembre	127.25	132.87	132.86	136.05	129.16	658.20	131.64
Total							1200.00

FUENTE: Cuadro 1

De esta forma para enero de 2002 se tiene:

$$\frac{190(100)}{241.08} = 78.81$$

Esta cifra indica que el volumen de ventas de enero de 2002 (190 miles de millones de pesos), alcanzó el 78.81% del promedio de ventas anuales de 2002, es decir un 21.19% por abajo del promedio anual. El porcentaje 136.05 de diciembre del mismo año indica que las ventas en ese mes superaron en 36.05% al promedio anual. Los porcentajes mensuales para los demás años se calculan en la misma forma; para diciembre de 2003 se tiene:

$$\frac{327(100)}{253.17} = 129.16$$

Lo que significa que las ventas de diciembre de 2003 superaron en 29.16% el promedio de ventas anuales de ese año, el cual fue de 253.17 miles de millones de pesos.

El segundo paso consiste en obtener los índices de variación estacional de cada año, para ello se calcula la suma total por fila (meses) y se divide entre el número de años involucrados (en este ejemplo, cinco años); de esta forma se obtienen los índices estacionales de cada mes para el periodo en estudio.

El índice estacional de junio es:

$$\frac{112.66 + 112.50 + 109.64 + 112 + 113.36}{5} = 112.03$$

El índice indica que las ventas de junio de los cinco años han sido regularmente superiores en 12.03% a las ventas mensuales promedio de cada año. En todos los casos la media de estos índices es igual a 100%. Por ello su suma es igual a 1200%, (1200/12=100).

El tercer paso consiste en ajustar la serie por la variación detectada.

Hasta aquí se han construido únicamente los índices de variación estacional, a continuación se ajustan las ventas mensuales de cada año para incluir la variación estacional. Como ejemplo se utilizan los datos de 2003 del cuadro 2, los cálculos se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3
Industria alimentaria: ventas y ventas ajustadas estacionalmente en 2003

Mes	Ventas	Índice estacional	Ventas ajustadas
Enero	202	79.13	255.28
Febrero	191	74.18	257.48
Marzo	222	87.33	254.21
Abril	249	98.87	251.85
Mayo	272	104.90	259.29
Junio	287	112.03	256.18
Julio	273	107.37	254.26
Agosto	272	105.17	258.63
Septiembre	236	95.52	247.07
Octubre	252	102.07	246.89
Noviembre	255	101.79	250.52
Diciembre	327	131.64	248.40
Total		1200.00	

FUENTE: Cuadro 1 y 2

Para ajustar las ventas mensuales de 2003 por variación estacional, se requiere dividir cada una de las ventas mensuales de ese año entre su correspondiente

índice estacional y multiplicar el resultado por cien, de esta forma, el valor de las ventas de enero de 2003 que incluye la variación estacional son iguales a:

$$\frac{202}{79.13} = 2.5528 (100) = 255.28 \quad \text{Miles de millones de pesos}$$

Para febrero del mismo año las ventas ajustadas son de 257.48 miles de millones de pesos.

$$\frac{191}{74.18} = 2.5748 (100) = 257.48 \quad \text{Miles de millones de pesos}$$

Estos valores significan el monto de las ventas que se habrían obtenido si no se hubieran producido variaciones estacionales. El análisis muestra que entre enero y febrero de 2003 las ventas disminuyeron 5.44%.

$$\frac{(191 - 202)(100)}{202} = -5.44 \%$$

Por otro lado, que las ventas ajustadas estacionalmente aumentaron 2.2 miles de millones de pesos, lo que representa una variación de 0.86% entre esos dos meses.

$$\frac{(257.48 - 255.28)(100)}{255.28} = 0.86 \%$$

Los indicadores muestran que la caída en las ventas de enero a febrero de 2003 no es tan importante, y que realmente febrero resulta tener un mejor nivel de ventas considerando el efecto estacional típico del periodo 1999-2003.

EL MÉTODO DE RAZONES-PROMEDIOS MOVILES

El método de razones-promedios móviles supone que los 4 componentes de las series de tiempo (tendencia, estacionalidad, ciclicidad e irregularidad) están relacionados en forma de producto. Cada valor de Y en el modelo se expresa como:

$$Y = (T)(S)(C)(I)$$

Donde:

Y = valores de la serie de tiempo

T = componente tendencia secular

S = componente variación estacional

C = componente movimiento cíclico

I = componente movimiento irregular

A partir de esta estructura el índice de variación estacional (S) se obtiene eliminando la tendencia (T), los movimientos cíclicos (C), e irregulares (I) mediante la división de $Y = (T)(S)(C)(I)$ entre $(T)(C)(I)$; es decir:

$$S = \frac{(T)(S)(C)(I)}{(T)(C)(I)}$$

Al ser producto de una razón, el índice (S) es un relativo. Los índices calculados mediante relativos se emplean básicamente cuando las series de tiempo presentan valores que se disparan del comportamiento típico estacional. El método de razón-promedios móviles es uno de los más utilizados para obtener el índice de variación estacional.

El método presenta las siguientes características:

1. Utiliza promedios móviles centrados, los cuales suavizan las fluctuaciones de la serie de tiempo eliminando prácticamente la variación estacional y los movimientos irregulares de Y . Esto se cumple con más exactitud si los periodos son iguales o múltiplos de las fluctuaciones.
2. Como consecuencia del punto anterior, los valores de la tendencia generada por promedios móviles centrados son equivalentes a los valores dados por los componentes de tendencia secular y variación cíclica.

Un valor de promedio móvil = $(T)(C)$

3. Si cada valor de Y (mensual o trimestral) se divide entre su correspondiente valor de promedio móvil, se obtiene el producto de los componentes variación estacional (S) y movimiento irregular (I); es decir:

$$\frac{Y}{(T)(C)} = (S)(I)$$

4. Al promediar los valores producto de $(S)(I)$ se elimina prácticamente el efecto del movimiento irregular, en consecuencia el índice que se obtiene es una buena aproximación de la variación estacional.

5. El índice de razones-promedios móviles se expresa para su manejo en porcentaje.

El cálculo del índice de variación estacional mediante el método de razones-promedios móviles se desarrolla en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 2. Utilizando los datos de las ventas trimestrales de 1999 a 2003 de la empresa hipotética que se presenta en el cuadro 4, calcular el índice de variación estacional empleando el método de razones-promedios móviles.

Procedimiento:

En primer lugar se supone que los valores de las ventas trimestrales son productos de los componentes tendencia secular, variación estacional, movimientos cíclicos y movimientos irregulares, por ello en el cuadro 4 las ventas se expresan como $Y = TSCI$.

Operativamente el primer paso consiste en obtener los promedios móviles. Debido a que éstos se calculan anualmente, en este ejemplo se emplean cuatro datos (4 trimestres). Para obtener los promedios móviles en primer lugar se calculan los totales móviles.

Cuadro 4
Cálculo del índice de variación estacional mediante el método de razón-promedio móvil. Ventas trimestrales de 1999 a 2003 de una empresa hipotética (Millones de pesos)

Año	Trim.	Ventas (Y=TSCI)	Total móvil Trim.	Suma de dos totales móviles	Prom. móvil de 8 Trim.	Razón de y respecto a (TC) (SI)	Porcentaje de la razón (SI) (índice S en %)
1999	1	2					
	2	4	15				
	3	5	15	30	3.75	1.33	133.33
	4	4	16	31	3.88	1.03	103.23
2000	1	2	17	33	4.13	0.48	48.48
	2	5	18	35	4.38	1.14	114.29
	3	6	19	37	4.63	1.3	129.73
	4	5	20	39	4.88	1.03	102.56

2001	1	3	41	5.13	0.59	58.54
			21			
	2	6	41	5.13	1.17	117.07
			20			
	3	7	40	5.00	1.40	140.00
			20			
	4	4	39	4.88	0.82	82.05
			19			
2002	1	3	39	4.88	0.62	61.54
			20			
	2	5	42	5.25	0.95	95.24
			22			
	3	8	45	5.63	1.42	142.22
			23			
	4	6	47	5.88	1.02	102.13
			24			
2003	1	4	49	6.13	0.65	65.31
			25			
	2	6	52	6.5	0.92	92.31
			27			
	3	9				
	4	8				

FUENTE: Datos hipotéticos

El primer total móvil de los trimestres de 1999-2003 es la suma de ventas de los cuatro trimestres de 1999, el siguiente es la suma del 2° al 4° trimestre de 1999 más el 1° de 2000, el tercero es la suma del 3° y el 4° trimestre de 1999 más el 1° y 2° de 2000; los siguientes totales móviles se construyen en forma sucesiva:

$$\text{Primer total móvil} \quad 2 + 4 + 5 + 4 = 15$$

$$\text{Segundo total móvil} \quad 4 + 5 + 4 + 2 = 15$$

$$\text{Tercer total móvil} \quad 5 + 4 + 2 + 5 = 16$$

El último total móvil incluye las ventas trimestrales de 2003, los datos son:

$$\text{Último total móvil} \quad 4 + 6 + 9 + 8 = 27$$

Ya que los totales móviles se elaboran con cuatro elementos, los promedios móviles se obtendrían dividiendo los valores de los totales móviles entre cuatro, sin embargo ya que los totales se calculan con cuatro observaciones, su ubicación queda entre dos valores, por ello se suman los totales móviles de cuatro elementos contiguos y el resultado se coloca entre ellos, de esa forma se obtiene la correspondencia con las ventas. En el cuadro 4 la suma del primer total móvil de 4 elementos es de 30 y queda colocada respecto a la venta del 3° trimestre de 1999. La segunda es 31 y corresponde al segundo y tercer total móvil, se ubica con la venta del 4° trimestre de 1999. Hasta aquí se tiene la suma de 2 totales móviles de 4 trimestres; para calcular los promedios móviles se divide cada suma entre 8. El primer promedio móvil del cuadro 4 tiene un valor de 3.75 y corresponde al tercer trimestre de 1999.

El segundo paso consiste en evaluar los valores de la serie de tiempo en relación a los promedios móviles, para ello se divide cada valor trimestral de venta (Y) entre el promedio móvil correspondiente (TC); el resultado es un relativo que evalúa la magnitud de Y respecto a TC . Los promedios móviles representan el producto de los componentes tendencia y movimiento cíclico. Al efectuar la razón:

$$\frac{Y}{TC} = \frac{TSCI}{TC} = SI$$

Se eliminan los componentes tendencia y ciclicidad y sólo permanecen la estacionalidad y los movimientos irregulares.

En la última columna del cuadro 4 se muestran los valores de los componentes (S) (I) en porcentaje.

El tercer paso consiste en obtener los índices estacionales para cada grupo de trimestres iguales, operativamente, los porcentajes de la razón (S) (I) = $Y / (T) (C)$ para trimestres iguales simplemente se promedian.

Los índices estacionales para el ejemplo de las ventas trimestrales son:

Para el 1° trimestre: 58.47 %

Para el 2° trimestre: 104.73 %

Para el 3° trimestre: 136.32 %

Para el 4° trimestre: 97.49 %

Los cálculos se presentan en el cuadro 5

Cuadro 5
Cálculo de los índices estacionales
(Porcentajes)

Año	TRIMESTRE			
	1	2	3	4
1999	-	-	133.33	103.23
2000	48.48	114.29	129.73	102.56
2001	58.54	117.07	140.00	82.05
2002	61.54	95.24	142.22	102.13
2003	65.31	92.31	-	-
Total	233.87	418.91	545.28	389.97
Índice estacional (Promedio)	58.47	104.73	136.32	97.49

FUENTE: Cálculos propios con información del cuadro 4

Los cuatro valores de los índices de estacionalidad deben sumar 400. Si esto no ocurre se deben ajustar los índices multiplicando cada uno por el factor que resulta de dividir el 400 entre la suma de los índices estacionales. En el ejemplo, la suma de los índices de estacionalidad es 397.01, y el factor de ajuste es 1.007531 unidades.

$$Factor\ de\ ajuste = \frac{400}{397.01} = 1.007531$$

Al multiplicar los índices estacionales por el factor de ajuste se obtiene el índice estacional ajustado. En el cuadro 6 se presenta el desarrollo.

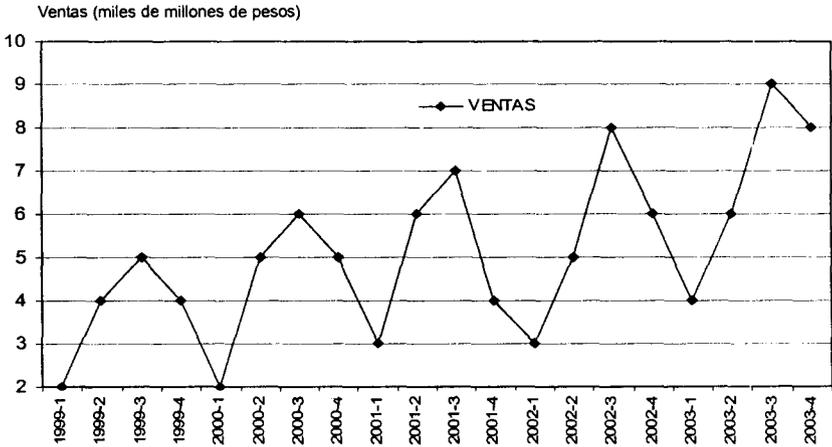
Cuadro 6
Cálculo del índice estacional ajustado (S´)
(Porcentajes)

Trim.	Índice estacional	Factor de ajuste	Índice estacional ajustado
1	58.47	1.007531	58.91
2	104.73	1.007531	105.52
3	136.32	1.007531	137.35
4	97.49	1.007531	98.22
Total	397.01		400.00

FUENTE: Cálculos propios con información del cuadro 5

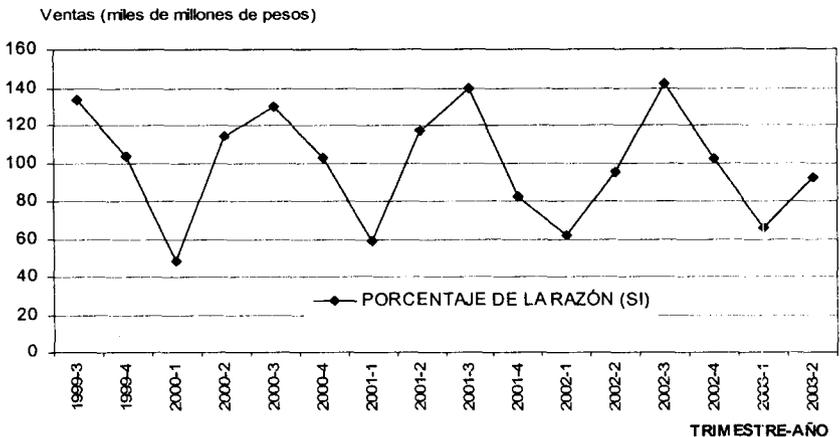
El cuadro 4 y las gráficas 2 y 3 muestran cambios de variación estacional en el periodo. El comportamiento de las ventas presenta mayores variaciones en el primer y tercer trimestre de cada año.

Gráfica 2
Índice de variación estacional, método de razón-promedio móvil,
ventas trimestrales de 1999 a 2003 de una empresa hipotética
(Miles de millones de pesos)



FUENTE: Cuadro 4

Gráfica 3
Cálculo de índice de variación estacional mediante el método
de razón-promedio móvil ventas trimestrales de 1999 a 2003
de una empresa hipotética,
(Miles de millones)



FUENTE: Cuadro 4

CAMBIO DE PATRÓN ESTACIONAL

Los dos métodos que se han desarrollado para medir las variaciones estacionales, el de promedios simples de datos originales y el de razones-promedios móviles, son apropiados para medir variaciones estacionales estables de un año a otro. Sin embargo, es común que los patrones de variación estacional tiendan a modificarse con el tiempo. Los cambios pueden ser graduales o repentinos.

Los cambios graduales ocurren frecuentemente, son producto de modificaciones en el consumo, en las costumbres, en el desarrollo tecnológico, en los modelos de desarrollo económico adoptados por los países, así como en otros factores. Por ejemplo, las variaciones en los hábitos de consumo pueden ser resultado de modificaciones en las políticas publicitarias difundidas en los medios de comunicación o por cambios en las políticas de crédito de los bancos a sus clientes, etc.

Los cambios repentinos son menos comunes. Cuando éstos ocurren lo recomendable es elaborar un nuevo índice de variación estacional —en principio específico y posteriormente típico— recalculando la información a partir del cambio.

Cuando el patrón estacional cambia gradualmente es necesario ajustar los valores de los índices. Este ajuste se hace generalmente utilizando el índice estacional de cambio en el patrón de variación. El proceso de cálculo de este índice se desarrolla en el siguiente ejercicio.

Ejemplo 3. Utilizando la información del ejemplo 2 sobre ventas trimestrales de una empresa hipotética de 1999 a 2003, obtener el índice de cambio en el patrón de variación estacional.

En este ejemplo se calculan los siguientes índices de variación estacional antes de su ajuste:

<i>Para el 1° trimestre:</i>	58.47%
<i>Para el 2° trimestre:</i>	104.73%
<i>Para el 3° trimestre:</i>	136.32%
<i>Para el 4° trimestre:</i>	97.49%

Los cálculos se presentan en el cuadro 5, aquí se reproduce la información en el cuadro 7.

Cuadro 7
Cálculo de los índices estacionales
(Porcentajes)

Año	TRIMESTRE			
	1	2	3	4
1999	-	-	133.33	103.23
2000	48.48	114.29	129.73	102.56
2001	58.54	117.07	140	82.05
2002	61.54	95.24	142.22	102.13
2003	65.31	92.31	-	-
Total	233.87	418.91	545.28	389.97
Índice estacional Típico	58.47	104.73	136.32	97.49

FUENTE: Cálculos propios con información del cuadro 5

El cuadro 7 presenta dos tipos de índices, los estacionales típicos antes de su ajuste y los específicos para cada trimestre (excepto el 1° y 2° de 1999 y el 3° y 4° de 2003).

Después de obtener la información anterior, se calculan mediante cualquier método de tendencia las estimaciones de los índices estacionales específicos de cada trimestre. En este ejemplo se emplea el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Operativamente los cálculos se realizan mediante el paquete econométrico “*Econometric Views*”.

Para estimar el índice estacional del primer trimestre de 1999 se utiliza la información relativa a ese trimestre en los años 2000, 2001, 2002 y 2003. El paquete “*Econometric Views*” arroja los siguientes resultados:

Dependent Variable: Año

Method: Least Squares

Date: 10/22/03 Time: 19:12

Sample(adjusted): 2000 2003

Included observations: 4 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient
C	-10647.56
Año	5.349000

Estimation Equation:²²

$$T1 = C(1) + C(2)*Año$$

Substituted Coefficients:

$$T1 = -10647.556 + 5.349*Año$$

La recta de regresión estimada es:

$$\hat{Y} = \alpha + \beta X$$

$$\hat{Y}_1 = -10,647.556 + 5.349 (Año)$$

La función lineal significa que el índice estacional específico estimado para el primer trimestre (\hat{Y}_1) es igual a la constante (α) más la pendiente del tiempo por el año (βX).

$$\hat{Y}_1 = -10,647.556 + 5.349 (Año)$$

Donde:

\hat{Y}_1 es la estimación del índice estacional específico para el primer trimestre.

Al sustituir los valores “años” en la recta de regresión se obtienen los índices estacionales estimados para el primer trimestre de cada año, incluso el de 1999 (ver cuadro 8).

$$\hat{Y}_1 = -10,647.556 + 5.349 (1999) = 45.095$$

Cuadro 8
Índice estacional específico estimado para el primer trimestre

Año	Índice observado	Índice estimado
1999	-	45.09
2000	48.48	50.44
2001	58.54	55.79
2002	61.54	61.14
2003	65.31	66.49

FUENTE: Cálculos propios con información del cuadro 7.

²² El paquete Econometric Views utiliza el símbolo C(1) para representar a la constante alpha (α) y el símbolo C(2) para la pendiente beta (β).

Este procedimiento se repite sucesivamente utilizando las rectas de regresión lineal que resultan de los segundos, terceros y cuartos trimestres. Así para el segundo trimestre de 1999 se tiene:

Dependent Variable: Año

Method: Least Squares

Date: 10/22/03 Time: 19:21

Sample(adjusted): 2000 2003

Included observations: 4 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient
C	17671.89
Año	-8.777000

Estimation Equation:

$$T2 = C(1) + C(2)*\text{Año}$$

Substituted Coefficients:

$$T2 = 17671.893 - 8.777*\text{Año}$$

$$\begin{aligned} \text{Índice Estacional } 1999 \text{ (2º Trimestre)} &= 17,671.893 \% + (- 8.777 \%) (1999) \\ &= 126.67 \% \end{aligned}$$

Para el tercer trimestre de 2003 los cálculos son:

Dependent Variable: Año

Method: Least Squares

Date: 10/22/03 Time: 19:26

Sample(adjusted): 1999 2002

Included observations: 4 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient
C	-7253.527
Año	3.694000

Estimation Equation:

$$T3 = C(1) + C(2)*\text{Año}$$

Substituted Coefficients:

$$T3 = -7253.527 + 3.694*\text{Año}$$

$$\begin{aligned} \text{Índice Estacional 2003 (3º Trimestre)} &= -7,253.527 \% + (3.694 \%)(2003) \\ &= 145.56 \% \end{aligned}$$

Para el cuarto trimestre de 2003 los cálculos son:

Dependent Variable: Año

Method: Least Squares

Date: 10/22/03 Time: 19:29

Sample(adjusted): 1999 2002

Included observations: 4 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient
C	4860.683
Año	-2.381000

Estimation Equation:

$$T4 = C(1) + C(2)*\text{Año}$$

Substituted Coefficients:

$$T4 = 4860.683 - 2.381*\text{Año}$$

$$\begin{aligned} \text{Índice Estacional 2003 (4º Trimestre)} &= 4,860.683 \% + (-2.381 \%)(2003) \\ &= 91.54 \% \end{aligned}$$

La estimación de los índices estacionales para todos los trimestres de 1999 a 2003 se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9
Índices estacionales trimestrales estimados de 1999 a 2003
(Método de tendencia lineal por mínimos cuadrados ordinarios)
(Porcentajes)

Año	TRIMESTRE			
	1	2	3	4
1999	45.09	126.67	130.78	101.06
2000	50.44	117.89	134.47	98.68
2001	55.79	109.12	138.17	96.30
2002	61.14	100.34	141.86	93.92
2003	66.49	91.56	145.56	91.54

FUENTE: elaboración propia con datos del cuadro 7.

Los índices estimados son utilizados como índices estacionales de cambio para los diferentes años. La suma total de sus valores por años debe ser 400% y su promedio 100%, en caso de no ser igual se puede ajustar multiplicando cada uno por el factor que resulta de dividir el 400 entre la suma de los 4 índices para cada año. Por ejemplo, para 1999 la suma es 403.6, por lo tanto el factor de ajuste es:

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{400}{403.6} = 0.991$$

Al multiplicar cada índice estacional de cambio por el factor de ajuste se obtiene el índice ajustado estacional de cambio. De esta forma para 1999, los índices ajustados estacionales de cambio son:

1 ^a trimestre	44.69%
2 ^a trimestre	125.54%
3 ^a trimestre	129.61%
4 ^a trimestre	100.16%
<i>TOTAL</i>	400.00%

Para obtener los índices ajustados estacionales de cambio de los trimestres de 2000 a 2003 se utiliza el mismo procedimiento con los valores y factores de ajuste correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson David R, Sweeny Dennis J, Williams Thomas A, *Statistics for Business and Economics*, 7ª edición, South Western College Publishing, an ITP Company, USA, 1999.

Box, G.E.P., G.M. Jenkins, y G. C. Reinsel, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Prentice-Hall, USA, 1994.

Gujarati Damodar N, *Econometría*, McGraw-Hill Interamericana S.A. Santa Fé de Bogotá, Colombia, 1997.

Hays, W. L., *Statistics for the Social Science*, 3ª edición, Holt, Rinehart and Winston, Nueva York, 1981.

Kamenta, Jan. *Elements of Econometrics*, The Macmillan Company, New York, 1986.

Quantitative Micro Software, *Econometric Views, User's Guide*, Irvine, California, USA, 1994.

Robert S. Pindyck y Daniel L. Rubinfeld, *Econometric Model and Economic Forecast*, Mc Graw Hill, USA, 1991.

ALGUNOS INDICADORES DEL DESEMPEÑO DE ALUMNOS DE CIENCIAS SOCIALES EN ÁLGEBRA: ESTUDIO DE CASO

Jorge ROUQUETTE ALVARADO*
Edith ARIZA GÓMEZ*

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que desde la escuela primaria los programas educacionales de Matemáticas son largas listas de detalles que el estudiante debe ser capaz de repetir al terminar cada nivel, y de operaciones que deberá repetir mecánicamente sin haberlas comprendido. Sobre este punto, De la Peña (1999: pp.16-17) afirma que: “las reformas recientes en la enseñanza de las matemáticas en diversos países, México entre ellos, enfatizan en la necesidad de que los alumnos adquieran ciertas habilidades al presentárseles de manera sistemática ‘situaciones didácticas’ convenientes”, lo que en opinión de él mismo parece ser “la dirección correcta” aunque tiene reservas al respecto, ya que duda: “que la mayoría de los maestros realmente busque desarrollar las habilidades deseadas entre sus alumnos”. Con base en lo que llama “una rápida encuesta entre conocidos” descubre que: “al igual que cuando nosotros estuvimos en la escuela primaria, el énfasis de las matemáticas sigue estando en las mecanizaciones. En todo caso, pensamos que la SEP debería estudiar cuidadosamente cuáles son las habilidades que los maestros están *realmente* desarrollando entre sus alumnos y debería capacitarlos para que las metas deseadas puedan ser alcanzadas”. Complementa esto con una nota de pie de página en la que aporta más datos que documentan su:

“pesimismo respecto de los resultados que se van obteniendo en la educación matemática: en 1990 se llevaron a cabo dos exámenes nacionales, uno en primaria y otro en secundaria [...]. El examen de primaria fue presentado por 3248 niños de sexto grado que obtuvieron en promedio en matemáticas una calificación de 4.39 [en la escala mexicana de calificaciones de 0 a 10, con 10 como

* Profesores investigadores de la UAM-Xochimilco.

máximo]; esta materia fue la de menor promedio entre las otras que formaron parte del examen. Recientemente, una encuesta (diseñada por el autor de este artículo y Michael Barot y realizada en la Ciudad de México por la Escuela de Trabajo Social de la UNAM) mostró que la pregunta ‘Si al echar dos volados con una moneda normal obtiene usted águilas, ¿qué obtendrá con mayor probabilidad al echar el tercer volado?’ sólo era contestada correctamente por 38% de los encuestados (entre estudiantes de la UNAM se obtuvo un impresionante -por lo bajo- 47% de respuestas correctas).”

Debido a toda esta situación que se presenta con las matemáticas, desde temprana edad los estudiantes adquieren actitudes de temor y rechazo hacia esta disciplina, lo que se irá acentuando en cursos posteriores, conforme aumenta el nivel de abstracción de los temas, por el arrastre de conceptos no entendidos, por las pocas oportunidades de participar activamente en el aprendizaje y por la escasa relación entre las matemáticas y la realidad del alumno (Ariza, Rouquette, 2002: p. 201).

Es precisamente en la enseñanza de temas de matemáticas y computación en las carreras de Ciencias Sociales donde los docentes se enfrentan con un reto muy especial, ya que desafortunadamente resulta muy común que los estudiantes carezcan de las bases necesarias para poder avanzar en la adquisición de conocimientos. Se tienen detectados dos problemas importantes:

- 1) El manejo del Álgebra básica por parte de la mayoría de los alumnos es muy pobre.
- 2) En los diversos cursos que tocan temas de Álgebra Universitaria y de Cálculo Diferencial es muy común que no sea posible dedicar suficiente tiempo a realizar revisiones de puntos básicos de temas vistos anteriormente, ya sea a través de ejercicios en clase o tareas, que en caso de utilizarse rara vez se revisan en detalle durante las sesiones en el aula, lo cual también ocurre para la solución de problemas sobre nuevos temas. Al faltar el apoyo que proporciona la revisión detallada de soluciones a ejercicios de diversos grados de dificultad, ocurre que los estudiantes enfrentan serias dificultades cuando más adelante deben aplicar lo aprendido al planteamiento y solución de modelos matemáticos en cursos posteriores e incluso en el terreno laboral, durante o al concluir sus estudios. A fin de cubrir un contenido tan amplio de los programas académicos, consideramos que es necesario recurrir al uso de determinados materiales didácticos que faciliten un aprendizaje significativo para el alumno.

Para resolver toda esta problemática, entre muchas otras medidas, se han escrito manuales especiales de cómputo, existen cuadernillos con ejercicios de Álgebra y Cálculo Diferencial como también se han utilizado y probado diferentes tipos de materiales educativos interactivos (Fournier, Rouquette, Ariza, 2000: p.261) como resultado de la preocupación de docentes y autoridades. Desafortunadamente, al menos en México, es común que el estudiante de Cien-

cias Sociales define su vocación precisamente a partir de su falta de facilidad para las Matemáticas (excluyendo a los alumnos de Administración y Economía, hasta cierto punto).

Aunque uno de los medios favoritos de la enseñanza lo constituyen las “antologías”, que generalmente son paquetes de fotocopias que los estudiantes deben leer para su posterior análisis y discusión en clase, como es el caso del sistema modular en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X); en Matemáticas y Computación esta forma de aprendizaje se utiliza muy rara vez o no se emplea, ya que lo más probable es que resulte adecuada sólo cuando se trata de puntos sencillos de los programas. Puede afirmarse que, en general, no es posible para nuestro tipo de estudiantes “aprender leyendo” matemáticas, ya que más bien se trata de “aprender haciendo”, lo que ocurre casi siempre bajo la guía del profesor.

Esto va a dificultar que el estudiante pueda complementar sus carencias matemáticas a través del autoaprendizaje con materiales tradicionales, como cuadernos de ejercicios y problemarios tomados de textos convencionales. En nuestro caso, hemos probado en condiciones controladas, que el uso de materiales didácticos innovadores que denominamos Sistemas Tutoriales UAM-X para usarse en equipo PC permite que los estudiantes adquieran conocimientos, además de resultarles interesante y representar un reto.

Con el uso de las nuevas tecnologías de informática actualmente se pueden implementar en la educación ambientes virtuales que permiten el análisis de los diferentes factores que intervienen en el proceso educativo. Así es posible analizar los roles del docente, los del alumno y los materiales involucrados.

En el proceso educativo es importante identificar aquellos elementos que promueven y aquellos que representan un obstáculo para que los estudiantes tengan un buen desempeño escolar.

Se realiza este primer estudio con grupos de estudiantes de la carrera de Administración en dos instituciones públicas de educación superior: la UAM-X y de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM, con el fin de identificar algunos aspectos de los marcos referenciales en ambos grupos y como pueden influir en su desempeño del manejo del Álgebra.

En el análisis nos apoyamos en lo que denominamos *laboratorio virtual* que hemos construido mediante los sistemas tutoriales UAM-X, que permite almacenar la forma de interacción de cada estudiante con cada uno de los temas de álgebra preparados: las leyes de los exponentes, factorización y productos notables, solución de ecuaciones de primer grado y solución de sistemas de ecuaciones.

Este estudio de caso con los alumnos se efectúa en un ambiente controlado donde además se observan los estilos de enseñanza, los estilos de aprendizaje y los procesos que se asocian a la forma de aprender los contenidos del álgebra clasificados por niveles de conocimiento.

EL ÁLGEBRA Y EL PROCESO DEL CONOCIMIENTO

El desarrollo de la tecnología informática ha ofrecido en diferentes momentos herramientas muy útiles a la educación tanto para apoyar la labor de docencia como la de investigación. En la docencia los Sistemas Tutoriales han evolucionado de ser solamente libros electrónicos a sistemas que se ajustan al desempeño de los estudiantes y que proporcionan la ayuda pedagógica adecuada para propiciar un buen aprendizaje y actualmente se pueden construir sistemas que requieren de materiales multimedios, sin problema técnico alguno.

Los Sistemas Tutoriales tuvieron una difusión muy rápida junto con el gran desarrollo de las computadoras personales en los años sesenta. Este tipo de materiales se pueden usar como consulta, referencia, complementar y sobre todo preparar por adelantado material educativo, pero de ninguna manera se busca sustituir al docente.

Con el antecedente de los libros de texto programados, los primeros materiales educativos solo copiaron el texto de los libros a la computadora y surge el libro electrónico. Los libros electrónicos en general son materiales construidos en forma plana y no explotan la interacción con los alumnos ni las secuencias remediales profundas que promueven el aprendizaje significativo. Actualmente los Sistemas Tutoriales son realmente un tutor individual del alumno que lo guía de la mejor forma durante la interacción con los materiales y le proporciona la ayuda pedagógica adecuada para fomentar un mejor desempeño. En la generación de los mismos es necesario tener claro el objetivo, el usuario, el tiempo y los recursos disponibles para su elaboración.

En la labor de investigación, la informática permite actualmente programar todo tipo de espacios virtuales. Los Sistemas Tutoriales son una de las formas más usadas en la enseñanza como auxiliares para lograr el proceso de enseñanza aprendizaje. Su función es presentar conocimiento al estudiante por medio de un programa de computadora que se asemeje a un instructor privado y paciente que atienda individualmente a cada estudiante.

BREVES CONSIDERACIONES SOBRE EL ÁLGEBRA Y SU APRENDIZAJE

En días actuales, el desarrollo histórico del álgebra sugiere que esta se concibe como la rama de las matemáticas que trata la simbolización de relaciones numéricas generales y de estructuras matemáticas así como de la operación sobre esas estructuras.

Los temas más propuestos incluyen:

- Propiedades de los números reales y complejos
- El Planteamiento y resolución de ecuaciones de primer y segundo grado en una incógnita.
- La simplificación de expresiones polinómicas y racionales.

- La representación simbólica de funciones lineales, cuadráticas, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas, junto con sus gráficas.
- Sucesiones y series.

El contenido del álgebra escolar ha cambiado poco. Al comienzo de este siglo los cursos iniciales de álgebra cubrían temas como:

- Simplificación de expresiones
- Planteo y resolución de ecuaciones lineales y cuadráticas.
- Uso de tales técnicas para hallar respuesta a problemas.
- Práctica con razones, proporciones, potencias y raíces.

En las siguientes décadas se incluyeron aspectos prácticos y el uso de los métodos gráficos. Al comienzo de los años sesenta la distancia se hizo muy grande entre el álgebra escolar y las necesidades de ella en campos como la física nuclear, la exploración espacial, las comunicaciones y la tecnología computacional. Aparecen entonces las nuevas matemáticas, se incluyen las desigualdades y se hace énfasis en conceptos unificadores como conjunto y función a fin de enseñarlos de manera que su estructura y carácter deductivo fuera evidente, es así que se mantiene ese carácter estructural que había surgido a comienzos del siglo (Noss, 1986: p. 335).

Ejemplos de aspectos estructurales del álgebra superior tradicional incluyen: simplificación y factorización de expresiones, resolución de ecuaciones haciendo operaciones en ambos lados y manipulación de parámetros de ecuaciones funcionales tales como $y = u + 4(x - 2)$, para manejar familias de funciones.

En los capítulos de introducción de la mayor parte de los libros se enfatiza la aritmética. Las representaciones algebraicas se tratan como enunciados generalizados de las operaciones aritméticas; es decir, que se trabaja en términos procedimentales en donde los valores numéricos se sustituyen por expresiones algebraicas para obtener resultados específicos. Sin embargo, una vez que se ha completado ésta introducción, las representaciones algebraicas empiezan a tratarse como objetos matemáticos sobre los cuales se ejecutan ciertas operaciones estructurales tales como combinar términos, factorizar o restar un término en ambos lados de una ecuación.

Aquí cabe hacer una distinción entre los términos procedimental y estructural. Procedimental, se refiere a las operaciones aritméticas que se hacen sobre números para obtener números. Estructural se refiere a un conjunto de operaciones que se hacen, no sobre números sino sobre expresiones algebraicas.

Sfard (1989: p. 152) ha sugerido que las nociones matemáticas abstractas pueden concebirse en dos formas fundamentalmente diferentes: estructuralmente (como objetos) y operacionalmente (como procesos). Asegura que para una mayoría de las personas la concepción operacional es el primer paso en la adquisición de nuevos conocimientos matemáticos. La transición desde una

concepción de proceso hacia una concepción de objeto no se logra ni rápidamente ni sin esfuerzo. Una vez que ambas concepciones se han desarrollado, ellas juegan papeles importantes en la actividad matemática posterior. Como se observa, en el contexto del álgebra escolar el uso del término procedimental significa lo mismo que el uso que da Sfard del término operacional.

De la misma manera que el proceso histórico puede verse como una evolución procedimiento-estructura, puede verse el álgebra escolar como una serie de ajustes proceso-objeto que los estudiantes deben hacer a fin de comprender todo el aspecto estructural del álgebra. Varios autores han discutido las adaptaciones que los estudiantes deben hacer cuando comienzan el estudio de las expresiones algebraicas y de ecuaciones: no pueden seguir interpretando estas entidades como operaciones aritméticas sobre algún número sino que mas bien deben aprender muy rápidamente a verlas como objetos en sí mismos, sobre los cuales se realizan procesos de cierto nivel (es decir, operaciones) (Booth, 1983: p. 309). En otras palabras, los estudiantes deben darse cuenta pronto de que los objetos que están operando son expresiones algebraicas y no solamente números; además que las operaciones que se realizan son las de simplificación, factorización, resolución o diferenciación de ecuaciones, etc., y no sumas, restas, multiplicaciones o divisiones.

Otra consideración que deberían hacer quienes inician sus estudios de álgebra, es aprender a manejar la estructura del álgebra, en particular que la representación simbólica de relaciones numéricas tiene que ver con la traducción de situaciones problemáticas a ecuaciones.

Como conclusiones de otros autores, se tiene que la mayoría de los estudiantes no adquiere un sentido real de los aspectos estructurales del álgebra. En la comprensión de dicha estructura, en sus aspectos elementales, estarían: los errores estratégicos y no sistemáticos que cometen al momento de simplificar expresiones; su resistencia a operar sobre una ecuación como un objeto, que se evidencia en la imposibilidad de utilizar el método de “hacer lo mismo a ambos lados”; su dificultad para entender que el signo igual es un símbolo de simetría; su dificultad para considerar las letras como variable o como “cantidades dadas” y para traducir problemas de palabras a ecuaciones; el no-uso del álgebra como herramienta para probar relaciones numéricas, etc.

Claro que todo lo anterior es el aspecto de aprendizaje, pero está también la consideración del aspecto enseñanza, donde no solo existe una grave escasez de modelos de enseñanza del álgebra sino además de literatura que describa de que manera la enseñanza del álgebra se diferencia de la enseñanza de la aritmética o de la geometría, por ejemplo.

Con esto queremos enmarcar la problemática a la que nos enfrentamos al iniciar esta serie de estudios donde los interrogantes plantean investigaciones futuras.

UNA FORMA DE ANALIZAR LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO

Una de las actividades docentes que no se encuentran en el *currículum* formal sino dentro del oculto es la de promover actividades para que el alumno *aprenda a aprender*, para lo cual se debe estimular en el uso de las estrategias de aprendizaje adecuadas que le permitan lograr la adquisición de nuevos conocimientos y que finalmente el alumno realice los procesos de asimilación y acomodación de sus marcos referenciales. En la elaboración de Sistemas Tutoriales deben realizarse procesos cognocitivos de acuerdo al tipo de conocimiento que se maneje, algunas de las estrategias que pueden utilizarse para lograr un aprendizaje significativo en matemáticas son los procesos de identificación, análisis y síntesis.

Identificación (nivel de conocimiento 1)

En la construcción de los materiales, el proceso de *identificación* puede promoverse mediante la presentación al alumno de diferentes conceptos, realizando en seguida una o varias preguntas que validen la memorización. Si la respuesta a las preguntas es correcta se sigue avanzando con el resto del material y en caso contrario se realiza una “secuencia remedial”, que puede ser tan sencilla o tan compleja como se considere necesario para lograr el objetivo propuesto.

El aprendizaje de las matemáticas se apoya en la memorización de cierta información como fórmulas, leyes, teoremas, valores específicos y similares. Para implementar este tipo de estructura en un Sistema Tutorial, se utilizan secuencias didácticas en las que se presentan conceptos seguidos por una o varias preguntas para validar la memorización.

Análisis (nivel de conocimiento 2)

El proceso de *análisis* puede lograrse mediante la presentación de diferentes conceptos y ejemplos resueltos, seguidos por una serie de preguntas que comprueben si el alumno logró comprender y efectuar una abstracción a partir del material presentado. En el caso de matemáticas, es común que se requiera que el alumno haga una representación simbólica, generándola a partir de ejemplos concretos. Para implementar este tipo de estructura en un Sistema Tutorial, se presentan al alumno conceptos y ejemplos, seguidos por una o varias preguntas que confirmen el proceso de análisis.

Síntesis (nivel de conocimiento 3)

El proceso de *síntesis* se logra a través de la presentación de aquella información necesaria para que el alumno pueda operar con ella y llegar a la construc-

ción de un marco referencial general. En los Sistemas Tutoriales UAM-X se puede propiciar este proceso pidiéndole al alumno que resuelva un problema determinado.

ESTUDIO DE CASO: IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

En el estudio realizado a grupos de estudiantes, se realizó una evaluación de sus conocimientos en álgebra básica mediante un instrumento donde se les pide resolver ejercicios contemplados para los distintos niveles de conocimiento: aquellos ejercicios que requieren identificar una solución (que poseen elementos del nivel 1), otros donde aplican o analizan lo identificado (elementos del nivel 2), y ejercicios donde deben desarrollar y sintetizar lo aprendido para llegar a un resultado (elementos del nivel 3). Esta evaluación se obtiene en dos fases: antes de consultar el Sistema Tutorial sobre álgebra básica y que denominamos “prueba inicial”, y después de revisar al sistema mencionado o sea la “prueba posterior”.

Por otra parte, si se calcula la diferencia de las calificaciones obtenidas en la primera y segunda prueba podemos obtener de esta forma una medida estimada que indicará el aprendizaje real sobre el tema, es decir el *desempeño* del alumno.

Como se menciona en la introducción a este trabajo, el estudio se procedió con 47 estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, y 51 estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México, ambos grupos corresponden al inicio de la carrera de Administración y se aplicó al comienzo de clases. Se analizan los objetivos de aprendizaje de tipo informativo utilizando el Sistema Tutorial de Álgebra, mismo que consta de ocho lecciones donde se presentan definiciones, fórmulas, ejemplos al tiempo que se plantean una serie de preguntas y ejercicios al alumno.

El instrumento de evaluación consiste en un cuestionario-reactivo de diez preguntas, con el cual se determinará el desempeño de los estudiantes. Se aplica dicho reactivo antes y después de la revisión del Tutor de Álgebra básica, y cada una de las respuestas colocadas por el estudiante determina el nivel de resolución alcanzado por el mismo.

Reactivo utilizado en las pruebas**EVALUACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS DE ÁLGEBRA BÁSICA**

Grupo _____ Edad _____ Sexo _____ FOLIO _____

1. Indica la fórmula del binomio al cuadrado:

2. Indica la fórmula del binomio al cubo:

Desarrolla las siguientes expresiones:

3. $(2x^3 + 3y)^2 =$

4. $(x - 3)^2 =$

5. $(x - 1.5)^2 =$

6. $(x + 2/3)^2 =$

7. Encuentra el valor de x:

$$\frac{3x+5}{4} = \frac{4x-3}{2}$$

8. Factoriza la siguiente expresión:

$$a^2 + 2a - 3 =$$

9. El siguiente problema se resuelve por:

a) Sistema de ecuaciones b) Factorización c) Por deducción d) Suma o resta

En un cine 10 entradas de adulto y 9 de niño cuestan 5.12 dólares, 15 de adulto y 17 de niño cuestan 8.31 dólares. Encuentra el precio del boleto de entrada de un niño y el precio del boleto de entrada de un adulto.

10. Plantea y resuelve el problema anterior.

Los procesos cognitivos que se demandan para la correcta resolución del reactivo, están distribuidos entre los tres niveles antes mencionados: nivel 1 de identificación, nivel 2 de análisis y nivel 3 de síntesis.

Las posibles alternativas de solución que se pueden presentar en su resolución se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1
Alternativas de solución del reactivo utilizado

Número de pregunta	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	x	x	x
2	x	x	x
3	x	x	
4	x	x	
5	x	x	
6	x	x	
7	x	x	
8	x	x	
9	x		
10	x	x	x

Observando los datos presentados en el cuadro 1, el instrumento está diseñado para resolver 10% de preguntas del nivel 1 (pregunta 9), 60% del nivel 2 (preguntas 3 hasta la 8) y 30% del nivel 3 (preguntas 1,2 y 10). Todo esto en el caso de que el estudiante responda de manera satisfactoria.

Por ejemplo, si la pregunta 1 es contestada de manera adecuada se califica al estudiante con un nivel 3 de resolución al pasar por todos los niveles de conocimiento, pero si responde en forma parcial se le califica con el nivel 1 o nivel 2.

LA PRUEBA INICIAL

Luego de observar los respectivos resultados en los reactivos aplicados, se procedió a contar cuantos elementos desarrollaron de cada nivel.

CUADRO 2
NIVEL 1 DE CONOCIMIENTO EN LA PRUEBA INICIAL

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 1	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0	24.3%	17.1%	20.0%
1	39.4%	25.5%	31.3%
2	24.2%	38.3%	32.5%
3	12.1%	8.5%	10.0%
4		10.6%	6.2%
Base	47	51	98

De esta forma, los aciertos del alumno en los ejercicios que contienen elementos del nivel 1 de conocimiento significa el proceso de identificar el planteamiento ya que solo presentan información al aprendiz (como fórmulas o definiciones). Si tiene cero elementos no ha identificado ninguno de ellos en los ejercicios, y a partir de un elemento comienza ya a conocer o identificar dichos elementos.

En el cuadro 2 se presentan en las columnas porcentajes de estudiantes por institución que poseen determinado número de elementos, considerados sobre el total correspondiente: 47 estudiantes de UAM-X y 51 estudiantes de UNAM. La columna de "ambas" indica los porcentajes sobre el total de 98 estudiantes que tienen el número de elementos. En los renglones aparece la cantidad de elementos del nivel 1 que se encuentran en todos los ejercicios y que lograron identificar. Por esta última situación, en el cuadro se considera hasta el valor máximo de cuatro elementos al ser el tope que los mismos estudiantes lograron.

Se observa que es levemente mayor el porcentaje de alumnos de la UAM-X que no identifican fórmulas o definiciones en los ejercicios (24.2 por ciento contra un 17 por ciento), situación idéntica se observa para un elemento, sin embargo se invierte cuando se trata de identificar más de dos elementos (57.4 por ciento de UNAM identifica de dos a cuatro elementos contra el 36.3 de estudiantes de UAM-X). Quiere decir que los estudiantes de la UNAM tenían más información sobre los elementos del nivel 1 del tema de álgebra básica.

En el nivel 2 de conocimiento se consideraron aquellos elementos que promueven actividades de análisis en los estudiantes, es decir que identifica y desarrolla el ejercicio buscando la solución.

Cuadro 3
Nivel 2 de conocimiento en la prueba inicial

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 2	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0	3.0%	12.8%	8.8%
1	21.2%	10.6%	15.0%
2	9.1%	14.9%	12.5%
3	12.1%	6.4%	8.8%
4	18.2%	29.8%	25.0%
5	33.3%	14.9%	22.5%
6	3.0%	10.6%	7.5%
Base	47	51	98

El cuadro 3 muestra los resultados en la prueba inicial, en donde el 12.8 por ciento de los estudiantes de UNAM no tuvieron elementos del nivel al igual que el 3 por ciento de UAM-X. Existe un equilibrio si agrupamos, de uno a tres elementos del nivel 2 correspondieron el 42.4 por ciento de estudiantes de UAM-X y 31.9 de UNAM, de cuatro a seis elementos del nivel 2 se encuentran en los ejercicios del 55.3 por ciento de estudiantes de UNAM y 54.5 de UAM-X.

Podemos decir que una mayoría de los estudiantes de ambas instituciones han resuelto aquellos ejercicios que requerían del nivel 2 de conocimiento, o sea el análisis.

En el nivel 3 están todos aquellos elementos que ayudan a promover procesos de síntesis por parte de los estudiantes (en general, todos aquellos ejercicios que requieren como respuesta un valor numérico).

Cuadro 4
Nivel 3 de conocimiento en la prueba inicial

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 3	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0	15.2%	27.7%	22.5%
1	27.3%	19.1%	22.5%
2	39.4%	38.3%	38.8%
3	18.2%	14.9%	16.3%
Base	47	51	98

Los resultados obtenidos para el nivel 3 en la prueba inicial se observan en el cuadro 4, en donde nuevamente aparece un porcentaje significativo de estudiantes que no tienen elementos de este nivel en sus ejercicios. Los mayores porcentajes son aquellos para los que tienen dos elementos, sin embargo hay estudiantes con gran capacidad de síntesis al tener tres elementos del nivel en sus reactivos (18.2 por ciento de UAM-X y 14.9 de UNAM).

LA PRUEBA POSTERIOR

Se analizan los resultados después de la revisión del tutorial interactivo sobre conocimientos de álgebra, lo que llamamos prueba posterior. Aquí podemos comparar el grado de asimilación al reforzar los conocimientos del alumno.

Cuadro 5
Nivel 1 de conocimiento en la prueba posterior

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 1	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0	27.3%	4.3%	13.8%
1	60.6%	44.7%	51.3%
2	3.0%	36.2%	22.5%
3	9.1%	12.8%	11.3%
4		2.1%	1.3%
Base	47	51	98

En el cuadro 5 se observa como disminuye el porcentaje de estudiantes de la UNAM que no tienen elementos del nivel 1 en los ejercicios. Mientras en la prueba inicial encontramos al 17 por ciento, en esta prueba posterior solamente el 4.3 por ciento no conocen o identifican las fórmulas o definiciones en sus ejercicios. En la UAM-X se mantiene el mismo porcentaje de alumnos que no tienen elementos del nivel 1, pero aumenta considerablemente los que tienen un elemento.

Después de revisar el tutorial, parece ser que los estudiantes de la UNAM pueden resolver más cantidad de elementos del nivel 1 que los de UAM-X.

Cuadro 6
Nivel 2 de conocimiento en la prueba posterior

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 2	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0		4.3%	2.5%
1	12.1%	2.1%	6.3%
2	12.1%	12.8%	12.5%
3	15.2%	8.5%	11.3%
4	12.1%	21.3%	17.5%
5	27.3%	25.5%	26.3%
6	18.2%	25.5%	22.5%
7	3.0%		1.3%
Base	47	51	98

En lo correspondiente al nivel 2 de conocimiento (análisis) para la prueba posterior, también se observa una disminución importante en el porcentaje de estudiantes que no pueden desarrollar ejercicios del nivel al tener cero elementos. El cuadro 6 se lo compara con el cuadro 3, se aprecian mejoras en este nivel como el porcentaje de estudiantes de UAM-X que llegan a tener hasta siete elementos en sus ejercicios.

Cuadro 7
Nivel 3 de conocimiento en la prueba posterior

NÚMERO DE ELEMENTOS DEL NIVEL 3	INSTITUCIÓN		
	UAM-X	UNAM	AMBAS
0	3.0%	10.6%	7.5%
1	21.2%	8.5%	13.8%
2	21.2%	53.2%	40.0%
3	54.5%	27.7%	38.8%
Base	47	51	98

Siguiendo con el análisis de la prueba posterior del nivel 3 de conocimiento (capacidad de síntesis), los porcentajes de alumnos con cero elementos baja considerablemente y suben los demás. En el cuadro 7 se aprecia que en la UNAM el mayor porcentaje de estudiantes tiene dos elementos del nivel en sus ejercicios (53.2 por ciento) mientras que la mayoría de estudiantes de UAM-X se encuentra con tres elementos del nivel (54.5 por ciento). En lo que es el total de los estudiantes, la mayoría se ubica con dos elementos del nivel 3 (40 por ciento).

LA CALIFICACIÓN OBTENIDA

La calificación en el reactivo de esta prueba inicial es en una escala de cero a diez, el cuadro 8 presenta los porcentajes de estudiantes que obtuvieron una calificación de sus conocimientos antes de revisar el sistema tutorial. El mayor porcentaje del total de estudiantes se encuentra en una calificación de ocho (20 por ciento), el 36.4 por ciento resulta reprobado, el 27.5 por ciento pasa con suficiente y el 16.3 por ciento obtiene calificación de MB.

Cuadro 8
Calificación obtenida en la prueba inicial

CALIFICACIÓN	INSTITUCIÓN		TOTAL DE ALUMNOS
	UAM-X	UNAM	
2	6.1%	10.6%	8.8%
3	9.1%	8.5%	8.8%
4	12.1%	6.4%	8.8%
5	12.1%	8.5%	10.0%
6	9.1%	10.6%	10.0%
7	15.2%	19.1%	17.5%
8	21.2%	19.1%	20.0%
9	12.1%	8.5%	10.0%
10	3.0%	8.5%	6.3%
Base	47	51	98

Cuadro 9
Calificación obtenida en la prueba posterior

CALIFICACIÓN	INSTITUCIÓN		TOTAL DE ALUMNOS
	UAM-X	UNAM	
2	3.0%		1.3%
4	9.1%	6.4%	7.5%
5	12.1%	6.4%	8.8%
6	15.2%	12.8%	13.8%
7	6.1%	12.8%	10.0%
8	21.2%	19.1%	20.0%
9	24.2%	23.4%	23.8%
10	9.1%	19.1%	15.0%
Base	47	51	98

En la observación del cuadro 9 con calificaciones de la prueba posterior, el porcentaje de estudiantes reprobados baja considerablemente al 17.6 por ciento, ahora el mayor porcentaje se encuentra en calificación de nueve (23.8 por ciento), otro porcentaje del 23.8 por ciento pasa con suficiente, con B queda el 20 por ciento de estudiantes y el 39.3 obtiene una calificación de MB.

A la diferencia entre la puntuación en la prueba inicial y la prueba posterior se le considera como el indicador del *desempeño* del alumno, todo expresado en una escala de 0 a 10.

Consideramos el criterio como un *desempeño bajo* del alumno un puntaje obtenido entre 1 y 2, *desempeño medio* un puntaje entre 3 y 4, y *desempeño alto* si es superior a 5.

Cuadro 10
Desempeño de los estudiantes

CALIFICACIÓN	INSTITUCIÓN		TOTAL DE ALUMNOS
	UAM-X	UNAM	
0	27.3%	31.9%	30.0%
1	42.4%	25.5%	32.5%
2	12.1%	21.3%	17.5%
3	18.2%	8.5%	12.5%
4		6.4%	3.8%
5		2.1%	1.3%
6		4.3%	2.5%
Base	47	51	98

Como se presenta en el cuadro 10, el 30 por ciento de los estudiantes tuvieron un desempeño nulo, 50 por ciento un desempeño bajo, el 16.3 por ciento lograron un desempeño medio y 3.8 por ciento de estudiantes un desempeño alto.

Por instituciones, los estudiantes de UNAM tuvieron mejor desempeño, es decir aprovecharon mejor el refuerzo de conocimientos proporcionado por el sistema tutorial de álgebra.

UN ACERCAMIENTO A FUTURAS CONCLUSIONES

El aula es el lugar donde cobra vida el programa de estudios de una carrera junto con las estrategias de enseñanza del docente y las estrategias de aprendizaje de los alumnos, por lo tanto se requiere darle una misma importancia a cada uno de estos tres elementos para que se tenga un aprendizaje significativo.

Al comparar el desempeño de los alumnos de la carrera de Administración en ambas instituciones, hemos observado que los alumnos de la UNAM inician el estudio de matemáticas con mejores marcos referenciales que los alumnos de la UAM-X. Esto puede ser porque los estudiantes, en general, realizaron sus

estudios de bachillerato en escuelas pertenecientes a la misma UNAM y en sus planes de estudio contemplan las matemáticas durante todo el bachillerato. La situación cambia en los estudiantes de la UAM-X que en su mayoría provienen del Colegio de Bachilleres, Conalep y otras preparatorias particulares donde los programas de Ciencias Sociales no contemplan el estudio de matemáticas durante toda la carrera.

Al aplicar la prueba inicial y la prueba posterior al uso del Sistema Tutorial de álgebra en los estudiantes de ambas instituciones, encontramos que en la evaluación posterior se empiezan a manejar más elementos de síntesis por parte de los estudiantes.

Esto nos lleva a aseverar que mediante el uso de materiales educativos interactivos puede lograrse que los estudiantes no solamente se queden en el nivel 1 del conocimiento, correspondiente a conocer o identificar la información de matemáticas, sino que también realicen los procesos de análisis y de síntesis que le ayudarán a tener un aprendizaje significativo.

Como se comentó con anterioridad, nos queda mucho por delante en el análisis de la problemática concreta de las dificultades en el aprendizaje del álgebra, muchos interrogantes que sirvan como punto de partida de futuras investigaciones, que aborden un proceso más complejo de análisis, abarcando aspectos estructurales y procedimentales no solo en el aprendizaje sino además en enseñanza y contenidos.

BIBLIOGRAFÍA

Ariza, E. y Rouquette, Jorge. *Los marcos referenciales de matemáticas en alumnos de administración*. Desafíos y realidades actuales en la administración. UAM. México, 2002.

Booth, L. R. *A diagnostic teaching programme in elementary algebra: Results and implications*. In R. Hershkowitz (Ed.), *Proceedings of the Seventh international Conference for the Psychology of Mathematics Education*, pp. 307-312. Rehovot, Israel: Weizmann Institute of Science, 1983.

Calderón Alzati Enrique. *Computadoras en la Educación*. Edit. Trillas. México, 1998.

De la Peña, José Antonio. *La enseñanza de las matemáticas: la crisis de las reformas*. Revista de la Universidad Autónoma de México. México, 1999.

Fournier, L., Rouquette, J. y Ariza, E. *Uso de material educativo por computadora para estudiantes de la carrera de administración*. Revista Iztapalapa No. 48. UAM-I. México, 2000.

Moreno H. A. (1989). *Metaconocimiento y aprendizaje escolar*. Cuadernos de Pedagogía No.173. p.53-58. Universidad Autónoma de Madrid.

Noss, R. *Constructing a conceptual framework for elementary algebra through logo programming*. Educational Studies in Mathematics No.17, 1986. pp. 335-357.

Puente, Anibal et al. *Psicología cognoscitiva: Desarrollo y perspectivas*. Edit. McGraw Hill. Caracas, Venezuela, 1989.

Sfard, A. *Transition from operational to structural conception: The notion of function revisited*. In G. Vergnaud, Rogalski, M. Artigue (Eds.). *Proceedings of the Thirteenth International Conference for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 3, pp 151-158. Paris, 1989.

PROPUESTA METODOLÓGICA: FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Vicente Ángel RAMÍREZ BARRERA*

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de inversión surgen como respuesta a necesidades sentidas o detectadas en una organización, o bien por requerimientos de alguien o de alguna área de la misma. Estos se inician frecuentemente como un esbozo, el cual se traduce posteriormente en un conjunto de metas concretas capaces de satisfacer las necesidades o requerimientos identificados; sin embargo, el inversionista o tomador de decisiones debe determinar si los beneficios potenciales derivados del proyecto compensarán los costos en que se incurrirá. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología para formular proyectos de inversión en cualquier tipo de organización y, la razón por la que se elabora esta propuesta es porque en la actualidad todavía es común encontrar personal con poco o nulo conocimiento sobre el procedimiento para preparar proyectos de inversión: algunas veces esto se debe a la falta de recursos, que no permiten contratar personal capacitado en este rubro y otras porque los responsables son profesionales y técnicos quienes generalmente no tienen la formación ni la experiencia para preparar e implantar proyectos.

Es bien sabido que los recursos que demandan los diferentes proyectos exceden usualmente a las disponibilidades de los recursos reales, por lo cual no puede contemplarse de manera aislada ningún proyecto sino que debe hacerse como un sistema total, para buscar que los recursos escasos se asignen conforme a las prioridades establecidas en la organización de la mejor manera. La escasez de fondos, sin duda, obliga a que se hagan ajustes en la asignación de recursos para los diferentes programas que se contemplan durante el proceso de planeación. Estos ajustes afectan de manera desfavorable el desarrollo de algunos proyectos —prolongándolos, interrumpiéndolos de manera temporal suspendiéndolos de manera definitiva.

* Profesor Investigador - Departamento de Política y Cultura.

Es importante señalar que la realización de todo proyecto de inversión tiene lugar en un ambiente dinámico y variable de manera permanente, por lo que requiere de una organización flexible con capacidad para tomar decisiones con rapidez y oportunidad, donde es necesario armonizar una gran variedad de disciplinas e intereses orientándolas a los objetivos del proyecto. También, debido al cambio inherente por la implantación de todo proyecto, resulta inevitable que se afecten favorablemente los intereses de alguien o de algunos, ya sea dentro o fuera de la organización y en forma adversa a otros; es por esta razón que en el análisis se tiene que considerar el cambio, adaptando la estrategia apropiada para que pueda concluirse el proyecto.

CONCEPTOS GENERALES

El Proceso de Planeación

El proceso de planeación se inicia con el reconocimiento de la situación actual del sistema y si después de su análisis se observa que ésta es distinta al modelo deseado, entonces habrá necesidad de identificar cuáles acciones se requerirán para modificarla y así lograr los objetivos y metas a que se aspira en el modelo. Este es un proceso dinámico, pues a medida que se alcanzan los objetivos y metas preestablecidos se modifica la situación actual y, por consiguiente, se enfrentan otras perspectivas que harán necesarias nuevas acciones para dar lugar a nuevos planes, que al materializarse crearán una nueva situación, y así sucesivamente (ver gráfico A). Entre las acciones que se requieren para modificar la situación actual están las de inversión.

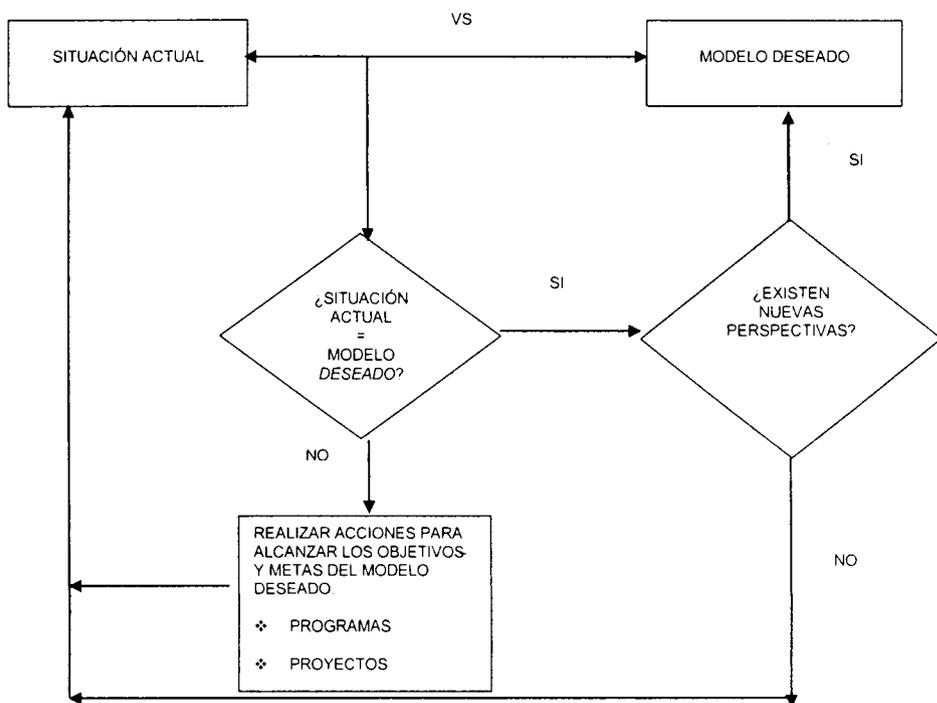
El plan establece objetivos generales, políticas, estrategia y recursos disponibles; los programas constituyen los medios de acción a ser utilizados por los diferentes sistemas para contribuir al logro del plan y; los proyectos proponen formas específicas de lograr los objetivos, al concretar que instrumentos utilizar y como deben combinarse. En planeación, el proyecto es el elemento básico, con sus correspondientes estimaciones de ingresos y costos; sin embargo, es importante señalar, que el proyecto debe justificar el mecanismo técnico - administrativo que permita minimizar los riesgos inherentes a la decisión de invertir, lo cual implica el planteamiento de un complejo número de variables de orden económico, técnico, social, legal, financiero y administrativo (ver gráfico B).

Para fines de este trabajo definiremos a los proyectos de inversión como un modelo de una propuesta concreta de inversión, caracterizado en términos de sus componentes económicos, financieros, técnicos, organizacionales, institucionales y legales. De esta manera, el proyecto es un esquema de asignación de recursos para ciertos fines de producción de bienes u otorgamiento de servicios, convirtiéndose a la vez en un instrumento que permite evaluar las ventajas y desventajas del uso de los recursos, es decir, de los beneficios y costos socioeconómicos por la utilización de los recursos.

Todo proyecto de inversión debe formularse de tal forma que se alcancen los objetivos y metas previstos mediante la optimización de los recursos, es decir, se asegure que habrá de resolverse el problema detectado o satisfacer la necesidad sentida de manera eficiente, segura y rentable. Para que esto sea posible, se requiere que los proyectos sean viables desde los siguientes puntos de vista: (1) técnicamente factibles, con una rentabilidad financiera y económica atractiva; (2) convenientes y oportunos políticamente y; (3) compatibles con los planes y programas de la organización.

La formulación y evaluación de proyectos de inversión es una técnica cuyo objetivo es recopilar, organizar y analizar información socioeconómica que permita al inversionista o tomador de decisiones valorar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada idea o proposición. Es importante señalar que esta técnica no decide si se realiza o no el proyecto, sino que tan solo proporciona más información a quien debe decidir. Además, hay que tener presente que cada proyecto de inversión es único y distinto a los demás, sin embargo, se puede utilizar un procedimiento general que sirva de guía para formular, prepara, evaluar e implantar cualquier proyecto (ver gráfico C).

Gráfico A
Proceso de planeación



La evaluación de los proyectos de inversión se deja para un segundo trabajo que será continuación de éste.

Gráfico B
Proceso de los proyectos de inversión

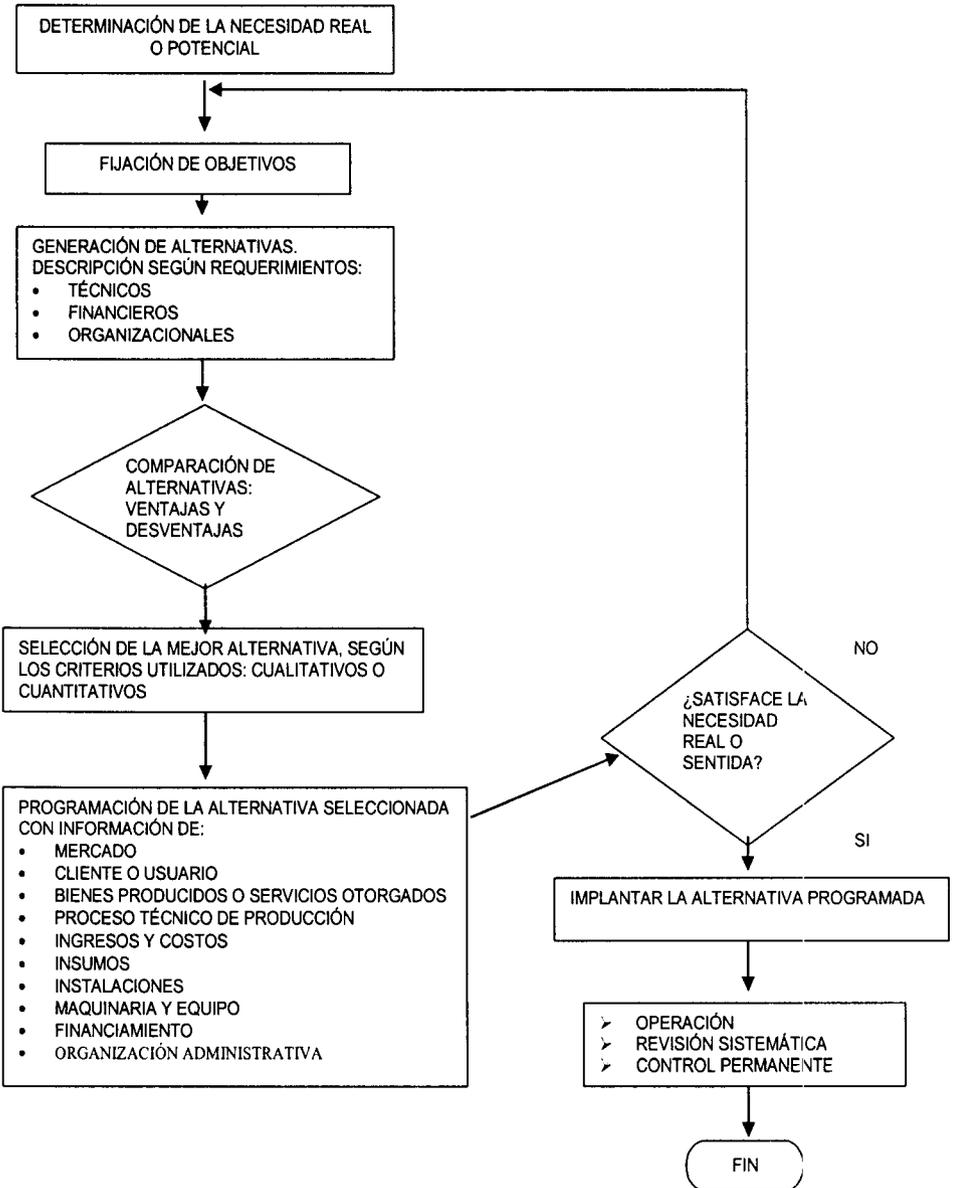
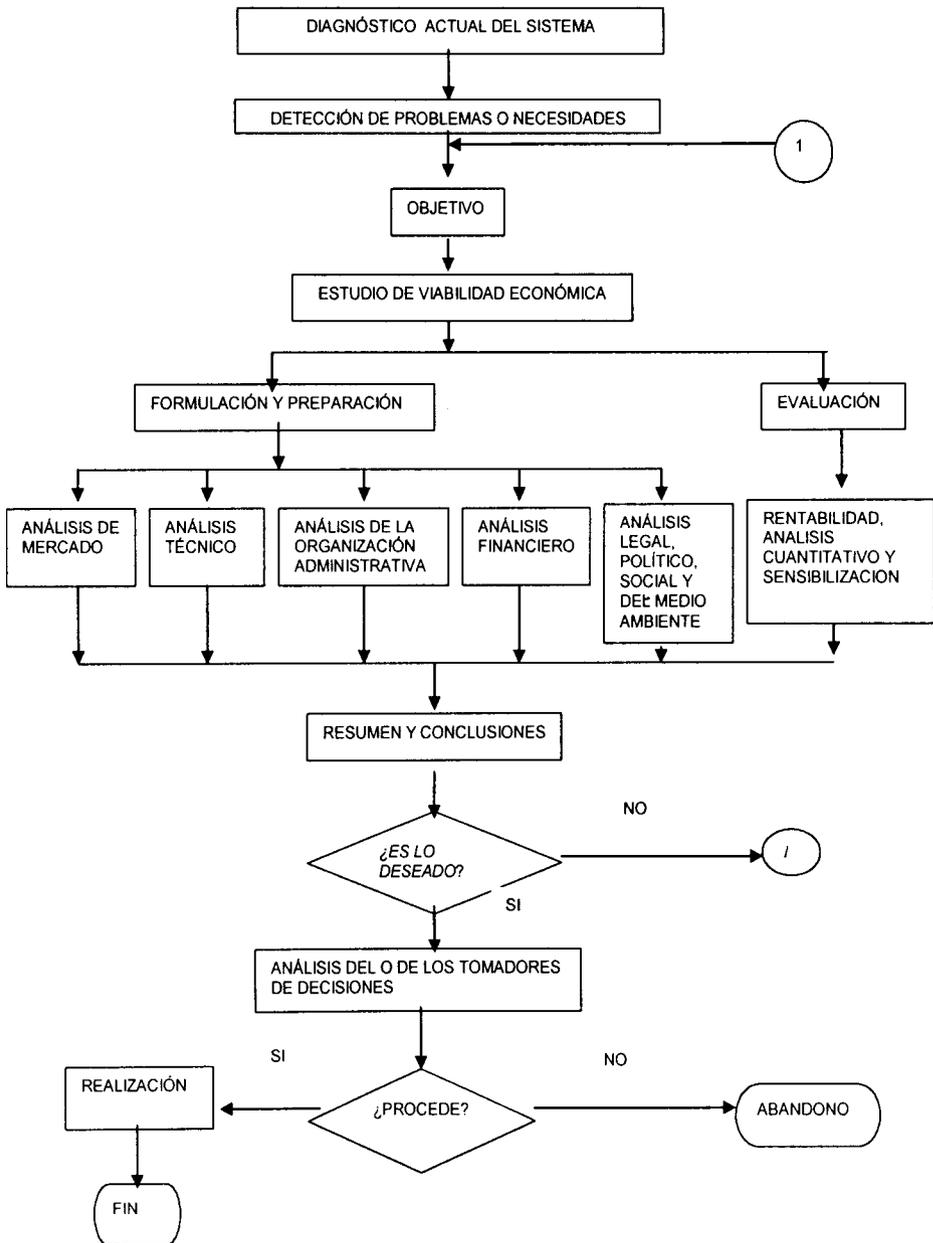


GRÁFICO C
Estructura de un proyecto de inversión



PROBLEMÁTICA DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN

Es común que al formular, presupuestar y ejecutar proyectos de inversión se encuentren problemas como los siguientes: (1) análisis incompleto de las alternativas, (2) evaluación incompleta de beneficios, costos y riesgos, (3) imprecisión en el alcance del proyecto, (4) ambigüedad en la asignación de responsabilidades, (5) estructuras de organización rígidas, (5) carencia de criterios para juzgar el éxito del proyecto, etc.

Para encarar esta problemática se ha propuesto, entre otras soluciones, lo siguiente: (1) detectar y jerarquizar necesidades y problemas, (2) establecer con precisión los objetivos, (3) designar a una sola autoridad como responsable del proyecto, (4) definir el papel y las responsabilidades de cada uno de los componentes de la organización que tienen injerencia en el proyecto, (5) determinar la participación de proveedores, entidades de regulación, etc., (6) diseñar planes de acuerdo a las necesidades reales del nivel operativo, (7) aprobar formalmente los recursos necesarios, (8) establecer adecuadamente los procedimientos de administración y control y, (9) establecer los procedimientos de evaluación y, de ser posible, las medidas que se tomarán en caso de desviaciones.

Metodología para la formulación de proyectos de inversión (ver gráfico D).

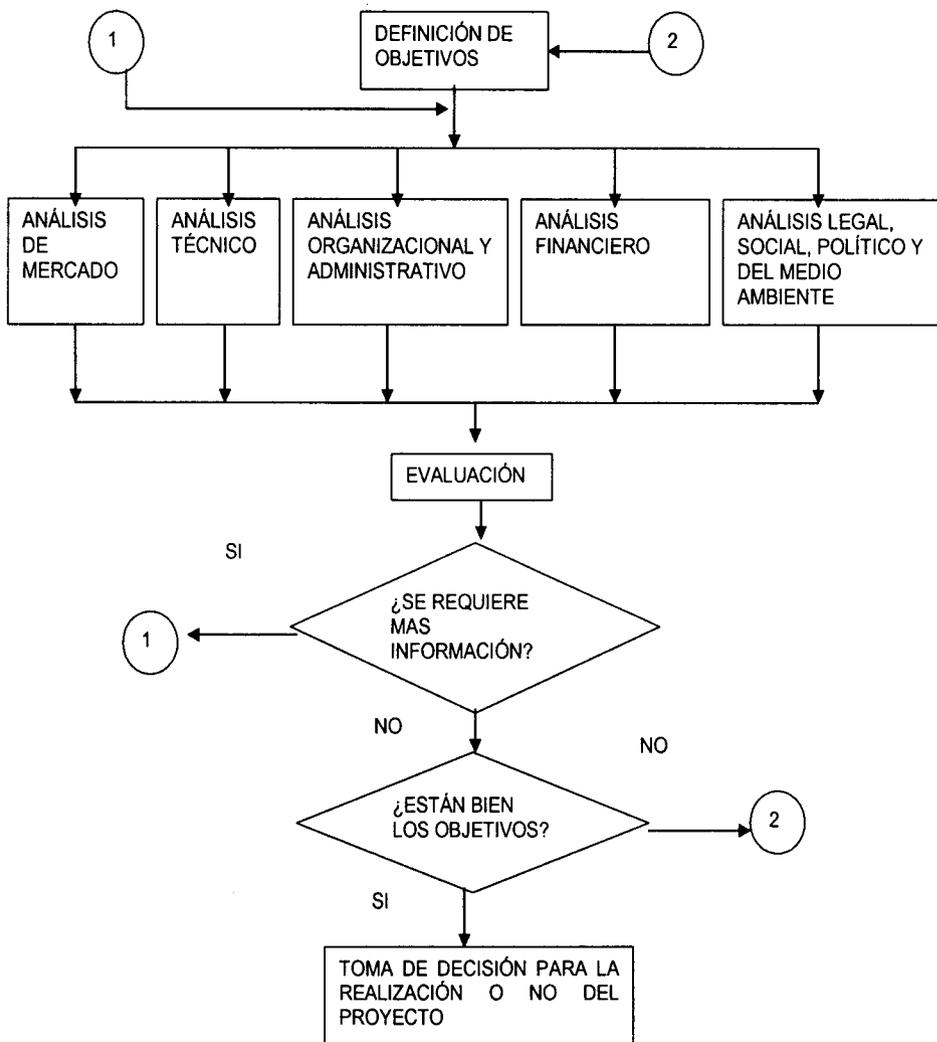
ANÁLISIS DE MERCADO

Propósitos:

(1) Determinar tipo y cantidad de bienes o servicios que necesita la organización para satisfacer las necesidades que demanda la población; (2) Conocer las necesidades de la población, y; (3) Conocer el comportamiento de la población para realizar la proyección de la misma de acuerdo a su tendencia.

El análisis de mercado es el conjunto de técnicas utilizadas, primero para obtener información acerca del ambiente de la organización y segundo para pronosticar la población, de manera que la organización pueda reaccionar de la forma más eficiente ante los cambios que se produzcan en el futuro. También es conveniente determinar la estructura de mercado en que está inmersa la organización, por ejemplo la de tipo oligopolio donde son pocas las empresas que ofrecen un misma clase de bien o servicio. Al estudiar las necesidades de una población debe darse respuesta a preguntas sobre bienes que se requieren o servicios que se solicitan como las siguientes: (1) ¿de qué tipo son?, (2) ¿a quienes están dirigidos?, (3) ¿cómo se proporcionan u otorgan?, (4) ¿dónde se hace?, (5) ¿cuándo lo necesitan?, (6) ¿en qué condiciones?, y (7) ¿a qué costo?

Gráfico E
Metodología de los proyectos de inversión



La respuesta a cada una de estas preguntas requiere información acerca de la demanda, la oferta y el precio de los bienes o servicios. La información para llevar a cabo el análisis de estos tres aspectos servirá de apoyo para decidir si las condiciones son favorables para que se realice o no el proyecto; la información se puede recolectar de una fuente primaria o secundaria.

La estimación de los cambios futuros tanto en la demanda como en la oferta de los productos o servicios se pueden proyectar, bajo cierta exactitud, utilizando técnicas adecuadas de estadística. La elección correcta del método

dependerá de la cantidad y calidad de los datos disponibles y su efectividad se valorará en función de su precisión, sensibilidad y objetividad.

Es conveniente aclarar que los bienes fabricados o los servicios otorgados por la organización y las necesidades sentidas de la población acerca de los mismos son las características de oferta y demanda. La identificación plena de éstos en la organización permite determinar cuál o cuáles de ellos requieren de un estudio específico para ofrecer un bien u otorgar un servicio con una atención oportuna y de calidad. El examinar sus características tiene, además, el propósito de definir la cobertura que le corresponde en el ambiente. El área de cobertura de la organización es la extensión que comprende el estudio de demanda y oferta de la misma. El área puede ser local, regional, nacional o internacional. Su identificación se hace mediante la determinación de necesidades o problemas de la población; y de acuerdo a su magnitud y prioridad de solución es posible reconocer el área que debe contemplar el proyecto de inversión. El conjunto —también denominado cartera— de necesidades cuando no se define correctamente impide la adecuada delimitación del área de cobertura y, por ende, ocasionará un error en la planeación.

Demanda

Propósito: conocer y medir los requerimientos de bienes o servicios por parte de la población.

La demanda de bienes o servicios a la organización es la cantidad de productos o servicios necesarios que la población solicita para obtener o lograr su satisfacción, desarrollo o bienestar. La demanda de los bienes o servicios está básicamente en función de los problemas y necesidades sentidas de la población, del precio de los bienes o servicios y del nivel de ingreso de la población. El análisis de la demanda de cada producto o servicio de la organización se debe apoyar en estadísticas de conceptos tales como tamaño y peso del bien, periodicidad de compra del bien o requerimiento del servicio, duración de cada uno de ellos, ingresos y egresos de los elementos de la población, etcétera.

La información contenida en el apartado del análisis de la demanda deberá abarcar cuatro puntos: (1) Características de los usuarios; (2) Situación actual de la demanda; (3) Características teóricas; (4) Situación futura.

Oferta

Propósito: Determinar la capacidad de los bienes o servicios que la organización puede otorgar potencialmente.

La oferta de la organización es la cantidad de bienes o servicios que la organización puede poner a disposición de la población usuaria.

En la evolución y caracterización de la oferta del bien o servicio se estudia el desarrollo de los mismos en la organización, tanto en tecnología como en costos y la forma en que se ofrecen a la población, para establecer la tendencia de su comportamiento.

En el comportamiento de la oferta es necesario prever la evolución de la misma de los bienes o servicios de la organización, formulando hipótesis sobre los factores condicionantes de su comportamiento —crecimiento o decremento— tanto a corto plazo como a mediano plazo. Para esto es conveniente enfatizar sobre lo siguiente: (1) utilización de la capacidad ociosa de la organización, (2) cartera de necesidades, (3) capacitación del personal, (4) posibilidad de nueva tecnología, (5) evolución estructural y funcional del sistema, (6) políticas, de cualquier tipo, emanadas del sector público, y (7) otros proyectos.

Balance entre demanda y oferta

Es el análisis de la información recolectada tanto para la demanda como para la oferta, bajo la definición de criterios y parámetros de proyección establecidos. Si se concluye que la demanda es superior a la oferta, en cada uno o en la mayoría de los productos o servicios, se está frente a una demanda insatisfecha por parte de la población que está requiriendo resolver sus problemas o cubrir sus necesidades sentidas; por lo tanto, existe la posibilidad de decidir en invertir en la ampliación de la capacidad de la organización, de cambiar a una mejor tecnología o construir una nueva planta en lo que respecta al área física; y para el aspecto de recursos humanos, se podría invertir en capacitar al personal para mejorar su capacidad de diagnosticar y resolver problemas, disminuir el tiempo medio de atención por usuario o incrementar la producción.

Precios de los bienes o servicios

Propósito: Coadyuvar a la viabilidad del proyecto de inversión y a la evaluación ex – ante del mismo.

El estudio de los precios de los productos o servicios de la organización se puede realizar a través de tres fases: Fase 1. Estudio histórico de los precios; Fase 2. Factores determinantes de los precios; Fase 3. Proyección de los precios.

Forma en que se ofrecen los bienes o servicios

La forma en que la organización ofrece sus bienes o servicios está en función de la presentación física de los primeros —por ejemplo tamaño, peso, consistencia, etc.— y en los segundos del área física, equipo y capacidad de su personal.

integrada por los directivos de las unidades funcionales participantes—. Según el carácter del proyecto podrá designarse un coordinador o jefe ejecutivo responsable ante la entidad o junta directiva. El sistema de dirección tendrá la responsabilidad principal en el establecimiento y mantenimiento de relaciones adecuadas con el entorno de la organización. En la etapa de diseño se identificarán las entidades y grupos sociales con quienes han de establecerse relaciones para determinar los mecanismos de conexión más idóneos.

Programación del funcionamiento de la organización

Al inicio de la implantación del proyecto será preciso elaborar detalladamente el *modus operandi* de la organización: definir conductas, funciones y procedimientos básicos, así como las relaciones internas, realizar el cálculo de los recursos y la elaboración de documentos finales.

Conductas

Se refiere a los patrones de comportamiento y actividades esperadas de los individuos dentro de la organización. Es conveniente indicar a cada persona cuál es su posición en la organización y qué se espera de él.

Funciones

Definen qué es lo que hay que hacer en cada nivel, unidad y posición de la organización con relación a su finalidad y objetivo.

Procedimientos

Describen cómo se tienen que hacer las cosas en la organización, es decir, las modalidades y estilo de acción que adoptará la organización para la implantación del proyecto.

Relaciones en la Organización del Proyecto de Inversión

Relaciones de mando – subordinación. Cada persona debe saber ante quién responde y a quién informa y quién responde ante él y quién le informa.

Relaciones entre centros de decisión. Es conveniente para prever superposiciones y conflictos.

Relaciones de asesoría y apoyo técnico. Son el carácter y la modalidad que adoptará el personal de apoyo y el de línea; no se incluye una relación de mando – subordinación.

Condiciones de la organización

Respecto a la organización que ofrecerá el producto o proporcionará el servicio, ésta puede ser un una pequeña empresa, una empresa mediana o una gran corporación.

Información requerida

Para el estudio de necesidades (mercado) y la forma de entrega de bienes y prestación de los servicios (comercialización) se utiliza información tanto estadística como no estadística que permita hacer cálculos y normar el criterio del preparador del proyecto. Información estadística: (a) demanda de productos o servicios; (b) capacidad instalada; (c) población por edad y sexo; y, (d) otra (niveles culturales de la población, niveles educacionales, etc.). Información no estadística: (a) Para el bien o servicio —especificaciones que exige la población usuaria por tipo de producto o servicio—; (b) Para la forma en que se entrega u otorga el servicio —condiciones específicas sobre el aspecto físico del producto o del área física del servicio, su capacidad y aprovechamiento—; (c) Sobre la competencia —tecnología, capacidad y aprovechamiento real; capacidad económica y de oferta; organización estructural y funcional—; y, (d) Otros factores —por ejemplo, políticas utilizadas por organización o por la competencia, y las establecidas por los organismos gubernamentales.

ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN Y LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

La organización del proyecto de inversión

Propósito: Organizar los esfuerzos de las personas que intervienen en el proyecto, quienes utilizan los recursos escasos, para la consecución de metas y objetivos establecidos.

Todo proyecto tiene como finalidad suscitar cambios dentro de un sistema o en uno de sus componentes. Estos cambios, que pueden ser de índole cualitativo o cuantitativo, no se producen como resultado de una combinación aleatoria de bienes, servicios y motivaciones del personal, sino que son inducidos por la concatenación intencional de los esfuerzos de personas que utilizan recursos predeterminados para la consecución de metas y objetivos. El éxito de un proyecto, independientemente de sus méritos técnicos y económicos, depende de la eficiencia de su organización, es decir, de una conjunción ordenada de esfuerzos de una diversidad de personas de diferentes especialidades para la realización de misiones comunes a todos ellos. Sin una organización eficiente un proyecto bien fundamentado y viable puede resultar un fracaso.

La organización durante la planeación del proyecto de inversión

Los objetivos generales y específicos del proyecto, así como las funciones básicas o las líneas de actividad que habrán de desarrollarse para su logro, constituyen las premisas a partir de las cuales hay que deducir, a manera de conclusión y de consecuencia, el tipo de organización requerida para el proyecto dentro del marco de restricciones puesto de manifiesto por el análisis. Las características básicas de la organización del proyecto se deben determinar cuando se trazan los lineamientos del mismo, es decir, en la etapa de planeación; quedando la programación en detalle reservada para la fase de diseño del proyecto. Se recomienda iniciar la organización de abajo hacia arriba; tomando como base las líneas básicas de las actividades del proyecto, no olvidando que el criterio de economía deberá estar presente durante todo el proceso de planeación y diseño de la organización.

Durante la planeación y el diseño de la organización se deben prever una serie de aproximaciones sucesivas a lo largo de las cuales la organización se irá desarrollando al mismo ritmo del proyecto. De esta manera, al tiempo que la organización se ajusta paulatinamente a las características y necesidades del proyecto, se evitan razonamientos a priori que después pueden convertirse en problemas. Si se presentan diversas alternativas de organización en igualdad de condiciones de efectividad en el logro de los objetivos, se deberá optar por la alternativa de más bajo costo. Entendiéndose no solo como lo económico y financiero lo que se manifiesta en el presupuesto de gastos de la organización, sino que incluye otros tipos de costos no expresados necesariamente en términos monetarios.

La organización es un instrumento básico para los fines del proyecto, pues constituye un importante medio para alcanzar los objetivos y metas del mismo. Los elementos necesarios para que exista una organización son: (1) un grupo humano, (2) procesos o actividades conscientemente interrelacionados y, (3) una orientación terminal hacia los objetivos. Para conjugar ordenadamente a las personas, las actividades y los recursos es preciso que todos ellos constituyan un sistema, es decir una organización estructurada (de elementos interdependientes) y conducente al logro de los objetivos.

Procedimiento para el diseño de la organización

Paso 1. Especificación de los objetivos del proyecto. El punto de partida para formar una organización estructurada lo constituyen los objetivos del proyecto.

Paso 2. Definición de la estrategia para lograr los objetivos. La estrategia elegida influye sin duda en el carácter de la organización del proyecto, pues orienta hacia el logro de los objetivos.

Paso 3. Determinación de funciones o actividades básicas. Las actividades que van a realizarse pueden ser muchas, por lo que el interés debe centrarse en la

identificación de las actividades consideradas como ejes del desarrollo del proyecto: (a) Actividades operacionales —tienen relación directa con la operación—; (b) Actividades programáticas —mantienen al proyecto en permanente actualización en el transcurso de su desarrollo— y; (c) Actividades directivas —se refiere a las actividades de dirigir, coordinar, controlar y supervisar—. Los proyectistas deberán centrarse durante la etapa de planeación en las actividades operacionales que atañen más directamente a la consecución de los objetivos.

Paso 4. Agrupación de actividades. Definidas las actividades operacionales básicas del proyecto, se deberán agrupar con base en uno o varios de los siguientes criterios: (1) Criterio de especialización funcional; (2) Criterio de producto o servicio; (3) Criterio de disciplina o actividad; (4) Criterio de clientela o usuario, y; (6) Criterio de subproyectos.

Elección de la organización del proyecto de inversión

La elección entre las diversas alternativas de organización de un proyecto depende de las circunstancias y restricciones existentes, de la naturaleza y alcance del proyecto, de la estrategia adoptada y de las instrucciones y orientaciones de política dadas. Dentro de la variedad de posibilidades se citan a continuación algunas alternativas:

1. Existe un organismo que asumirá la ejecución e implantación del proyecto. Se recomienda cuando son pocas las funciones o actividades y cuando la entidad está especializada en las funciones y actividades del proyecto.
2. Existe un organismo que asumirá la ejecución e implantación del proyecto con recursos nuevos. Directores de divisiones o de otras direcciones funcionales tendrán relaciones de asesoría técnica pero no de mando respecto al personal técnico contratado para el proyecto.
3. Existe un organismo que asumirá la ejecución e implantación del proyecto, administrará los recursos financieros asignados, utilizará personal de sus unidades funcionales y contratará personal eventual para ejecutarlo. El gerente del proyecto deberá tener una categoría superior a los jefes de las unidades funcionales.
4. Se crea un nuevo organismo ad hoc para realizar el proyecto. Ésta se justifica cuando: (1) el proyecto involucra funciones o actividades de innovación; (2) las características de los organismos ya existentes no avalan la ejecución e implantación satisfactoria del proyecto a pesar de la introducción de ajustes; (3) el proyecto se desarrolla en una región carente de infraestructura o; (4) es de difícil manejo y administración. Las ventajas que ofrece una nueva organización son: (a) permite modelar la organización de acuerdo con lo que es sustancial en el proyecto; (b) favorece el

trabajo en equipo; (c) facilita la participación de todos en una misma filosofía o doctrina, (d) permite la intercomunicación y la toma de decisiones oportuna y adecuada, (e) mejora la responsabilidad y el autocontrol por parte de cada persona y; (f) agiliza y hace flexible la administración y el manejo del proyecto, sobre todo si al nuevo ente se le dota de facultades, es decir, adquiere el carácter de entidad autárquica.

La organización en la etapa del diseño del proyecto de inversión

La organización es sólo un instrumento para lograr los fines del proyecto; por lo tanto es preciso adaptar el instrumento a la sustancia del proyecto y es precisamente en la etapa de diseño que se deberá llevar a cabo la programación en detalle de la organización. La organización deberá tener suficiente flexibilidad para que pueda ser reajustada a lo largo de la marcha del proyecto.

Organización de las unidades operativas

Según sea la naturaleza del proyecto y la organización elegida, se organizará el trabajo por especialidad funcional, por producto, por disciplina, por clientela u otro.

Organización de las unidades auxiliares

La organización para la ejecución e implantación del proyecto necesita contar con una serie de unidades, unas logísticas que le apoyen y otras que procuren y organicen los insumos requeridos para la operación de las unidades de línea.

Organización de las unidades de equilibrio

Sus funciones son el control de la marcha del proyecto, del presupuesto y del mantenimiento de los mecanismos de comunicación de la información a través de la organización. Estas unidades deben regular permanentemente las relaciones entre unidades proveedoras de insumos y unidades de línea o de producto, y aún entre ellas, para la consecución de los objetivos del proyecto.

El sistema de dirección y su relación con el sistema externo

Alrededor del sistema de dirección se mueven las unidades de la organización. El sistema de dirección debe constar de una unidad jerárquica superior que asuma la responsabilidad global del proyecto —un comité o junta directiva

Relaciones programáticas. Son relaciones que tendrán lugar entre diversas unidades para la programación, realimentación y reprogramación del trabajo.

Relaciones de control. A diversos niveles de la organización se determinarán los centros de control de los cursos de acción y sus interrelaciones.

Relaciones de comunicación. Es la definición de canales y flujos de comunicación que se han de establecer en sentido vertical y horizontal dentro de la organización. Las relaciones programáticas y de control tienen como común denominador las relaciones de información.

Cálculo de Recursos

Para el cálculo de los recursos, en primera instancia, se requiere hacer un inventario de los recursos actuales y, luego, determinar los que la organización necesitará para hacer viable el proyecto. Los recursos a considerarse son:

Recursos legales. Son las facultades legales adquiridas o por adquirir a fin de que la organización pueda desempeñarse en el logro de los objetivos del proyecto.

Recursos humanos: Las actividades, conductas y funciones definidas permitirán establecer los requerimientos de personal profesional, técnico, administrativo, auxiliar y obrero de la organización para su operación, así como sus cualidades y características.

Recursos físicos. Es el conjunto de bienes muebles e inmuebles requeridos para la organización.

Recursos financieros. Son las fuentes de ingresos descritas mediante una relación.

Documento final

Es conveniente concluir el trabajo con un documento que contenga los siguientes puntos: (1) reglamento de la organización; (2) organigrama general de la organización con un diagrama de flujo del funcionamiento de los procesos, y; (3) cronograma de implantación del proyecto.

GERENCIA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Propósito: Coordinar los esfuerzos de las personas que intervienen en el proyecto y administrar los recursos escasos para la consecución de metas y objetivos establecidos.

Con un ambiente externo de continuas variaciones, tiempo escaso, recursos limitados, poca o nula prevención de algunos eventos críticos, y la necesidad

de mover rápidamente hombres, material y conocimiento técnico, de acuerdo a las exigencias de la planeación y programación del proyecto hacen necesario buscar alternativas de organización diferentes a las clásicas —funcional y divisional— que respondan mejor a estas necesidades gerenciales. Estas alternativas de administración de un proyecto varían de acuerdo al grado de independencia que se conceda al gerente del proyecto con relación a las decisiones sobre los recursos y dadas las circunstancias particulares que caracterizan a cada tipo de proyecto.

MODELOS DE GERENTE DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Modelo activador del proyecto

El gerente del proyecto es el propio Director General de la organización u otro ejecutivo de la alta administración y el acelerador o activador del proyecto es un elemento que desempeña la función de nexo entre el gerente y las áreas operacionales. Su tarea es motivar a los trabajadores para que alcancen determinadas metas dentro del tiempo y costos establecidos, desarrollar un clima laboral adecuado evitando crisis y creando un sentido solidario y de cooperación entre las diferentes unidades responsables de la ejecución del proyecto.

Modelo coordinador del proyecto

Las funciones del coordinador del proyecto son integrar los esfuerzos parciales, controlar el flujo de trabajo y los fondos financieros para el cumplimiento de las metas y objetivos dentro del plazo estipulado. Depende formalmente del Director General, quien decide sobre el presupuesto, plan de trabajo, tiempos y calidad del producto final deseado.

Modelo gerente del proyecto

Se utiliza una estructura matricial con el fin de establecer un sistema flexible y adaptable de recursos y de procedimientos para alcanzar una serie de objetivos de uno o más proyectos. Se crea una organización operacional de línea para el proyecto: las áreas funcionales ponen a disposición del gerente del proyecto, por el tiempo que dure el trabajo, un número suficiente, en cantidad y calidad, de personal necesario. De esta forma, la organización del proyecto está compuesta por el gerente y grupos de personal de las áreas funcionales. El gerente del proyecto en este modelo responde plenamente por objetivos específicos y, en función de estos, previamente programados y presupuestados, moviliza

recursos materiales, financieros, humanos y organizacionales. Su libertad de actuar es hasta el límite de costo, tiempo y calidad previstos para el proyecto.

Modelo gerente general del proyecto

Se caracteriza por el hecho de que el gerente retiene toda la autoridad para una conducción centralizada de las operaciones de ejecución del proyecto, con facultades para asignar recursos, distribuir tareas, programar operaciones, contratar y despedir personal, etcétera, según los requerimientos propios del proyecto. El gerente recibe del más alto nivel de la organización una misión a cumplir, dentro de un presupuesto y tiempo previsto, y toda autonomía para planificar, organizar, ejecutar y controlar el proyecto y rinde cuenta de sus actos y decisiones solamente a la más alta autoridad para quien es ejecutado el proyecto.

El Gerente del Proyecto de Inversión. Las características deseadas de un gerente de proyecto de inversión son:

- a) Responsabilidad: ejecutar, dentro del plazo y costos previstos, el proyecto.
- b) Funciones: (1) planificar todas las actividades; (2) organizar los medios —financiero, de personal, de materiales, etcétera—; (3) dirigir y controlar las operaciones de ejecución, ajustándolas en tiempo, costo y calidad, y; (4) contactar, formal o informalmente, a los interesados directos e indirectos en el proyecto.
- c) Autoridad: proporcional al grado de responsabilidad que se le atribuye, para desempeñar satisfactoriamente sus funciones.
- d) Capacidad: (1) capacidad de coordinación; capacidad técnica; capacidad de síntesis; capacidad de liderazgo; capacidad de adaptación; capacidad de improvisación; capacidad de fácil comunicación; capacidad para tomar decisiones rápidas; capacidad para resolver conflictos; capacidad de una dirección flexible.

Sistema de gerencia de un proyecto de inversión

Administrar un proyecto exige enfoques organizacionales especiales, diferentes instrumentos de apoyo y entrenamiento del personal para operar y desarrollar los sistemas que apoyan al gerente de un proyecto. Un sistema de gerencia de un proyecto se define como un conjunto de métodos organizados mediante los cuales la gerencia del proyecto define e integra los diferentes flujos y fases del mismo. Por lo tanto, un sistema de gerencia estará bien estructurado cuando permita la identificación clara y la coordinación eficiente de varios flujos simultáneos e interdependientes, generados por el mismo proyecto. Estos flujos son: (1) de actividades, (2) de personal, (3) de materiales, (4) de dinero, (5)

de información y comunicación y (6) de servicios de apoyo. Cada uno de ellos deberá ser planificado, programado, ejecutado y controlado.

Las principales actividades que desarrolla la gerencia de un proyecto son: (1) definir el proyecto y establecer la división de trabajo; (2) establecer la organización apropiada; (3) planificar las operaciones, estableciendo el qué y cómo hacer; (4) programar las actividades; (5) estimar y asignar recursos, físicos y financieros para la ejecución de las actividades, estableciendo el con qué hacer; (6) establecer un sistema de autorización de trabajo y control de fondos; (7) elaborar e implantar un plan de cuentas para registrar operaciones financieras y producir informes periódicos sobre gastos; (8) establecer un sistema de compras y contrataciones y; (9) evaluar física y financieramente el avance del proyecto.

ANÁLISIS FINANCIERO

Propósito: Determinar la factibilidad financiera del proyecto mediante el análisis de la inversión y de los costos, así como de los gastos de operación y mantenimiento.

El análisis de factibilidad financiera se realiza teniendo en cuenta la totalidad de entradas y salidas de fondos. Este análisis comprende la inversión fija, la inversión diferida y el capital de trabajo, todos ellos indispensables para la ejecución y puesta en marcha del proyecto; más aquellas inversiones que se realizarán durante la vida útil del proyecto, sin que se olvide tener en cuenta también los costos y gastos de operación y mantenimiento.

En el análisis financiero se deben utilizar precios de mercado, pues tanto los costos en que se incurra como los beneficios o ingresos que se obtengan se pagarán o recibirán a los valores que tengan los insumos, bienes o servicios en el mercado. Por lo tanto, no es conveniente proyectar sus precios bajo el supuesto de que los factores que los determinaron en años anteriores permanecerán inalterados en el tiempo que dure el proyecto (sólo es recomendable usar precios históricos cuando se considera que las causas que los originaron no variarán en el futuro, de lo contrario deberá procederse a un análisis económico y estadístico más riguroso).

Se recomienda que al seleccionar el número de años que constituyen la serie histórica se contemple la existencia de ciclos completos; asimismo, cuando se observen en el análisis estadístico notables variaciones de precios, las proyecciones deberán incorporar precios diferenciales y; si se registran variaciones estacionales dentro de los años, entonces deberán utilizarse los precios de las estaciones en que realmente se ofrecerán los bienes o se requerirán los servicios.

No se debe caer en el error de considerar que los precios vigentes en el momento de elaborar el proyecto permanecerán a lo largo de toda la vida del proyecto. El hecho de expresarlos en moneda constante no implica precios constantes sino poder de compra constante a través del tiempo que dure el

proyecto; todos los precios deben ser deflactados por el mismo índice. El análisis deberá reflejar los cambios en los precios relativos o un nivel inflacionario diferente en los costos y beneficios del proyecto.

Análisis Financiero. El presupuesto de fondos, así como la determinación de sus fuentes y usos, permitirá verificar si la organización es capaz de generar los fondos requeridos para llevar adelante el proyecto. Para iniciar el análisis financiero se debe contar con la siguiente información: (1) cantidad de bienes o servicios del ejercicio previo al comienzo del proyecto (año 0 ó sin proyecto); (2) estimación de bienes o servicios para cada uno de los años hasta el año meta; (3) coeficientes técnicos, tanto de productividad como de rendimiento; (4) ingresos y egresos del proyecto y el valor relativo del dinero en el tiempo y; (5) tasa de interés de equivalencia o de oportunidad cuando se comparan cantidades que aparecen en momentos diferentes.

Ingresos y egresos. Todo proyecto de inversión puede describirse como un conjunto de ingresos y egresos de dinero que aparecen en diferentes tiempos. Los ingresos se refieren al presupuesto asignado, es decir, a las entradas en efectivo, las cuales constituyen las fuentes de fondos para el proyecto. Por otro lado, los egresos son el uso de los fondos –presupuesto- y representan las salidas: (1) inversiones o gastos de capital, incremento de un activo de la organización, utilizado a lo largo de la vida útil de la misma y sujeto a depreciación: maquinaria, equipos y construcciones; (2) gastos operativos, adquisición de bienes y servicios que son íntegramente consumidos en el correr de un ejercicio productivo, y; (3) servicio de deuda, pago de intereses y cuotas de amortización correspondiente a los préstamos recibidos.

La clasificación de los ingresos y los egresos debe hacerse lo más desglosada posible para su análisis y posterior evaluación. Y una vez calculados los ingresos y egresos (fuentes y usos) para todo el periodo de desarrollo del proyecto, se debe integrar el cuadro de proyecciones financieras, el cual permite apreciar la evolución del presupuesto, tanto de sus fuentes como usos de fondos a través del tiempo. Una vez que el análisis demuestra la factibilidad financiera del proyecto se comienza con la consolidación de la información para proceder al análisis del proyecto en su conjunto.

Estimación de costos. La estimación correcta de los costos del proyecto es muy importante porque es la base para determinar la viabilidad financiera y económica del mismo; además sirve para determinar las necesidades de financiamiento. Los elementos del costo total de un proyecto son: (1) inversión directa; (2) inversiones extras; (3) costos recurrentes: gastos de estudios previos y de elaboración del proyecto, gastos de puesta en marcha del proyecto y, gastos de asistencia técnica y de capacitación del personal; (4) costos de contingencias; (5) gastos de operación y de los servicios de apoyo.

Fuentes de financiamiento. Si existe más de una alternativa para el financiamiento del proyecto deberá analizarse cada una de ellas, incluyendo los aspectos organizacionales y los préstamos solicitados u ofrecidos. Se descartarán aquellas alternativas que no reúnen las condiciones mínimas requeridas por las características del proyecto y de las restantes deberá hacerse un estudio

riguroso para decidir acerca de la conveniencia de las alternativas propuestas. Puesto que todo crédito supone un flujo de entradas y salidas de fondos, el criterio de selección se basará en el cálculo de la tasa de interés efectiva, que es un denominador común a través del cual es posible comparar dos flujos de fondos alternativos.

El tiempo en las decisiones financieras. En nuestra economía, una suma de dinero disponible hoy tiene mayor valor que la misma cantidad en cualquier momento en el futuro, además en todo los sistemas de mercados financieros los procedimientos están basados en la preferencia en el tiempo de los bienes financieros, las cuales son igualadas en el mercado por medio de las tasas de interés, las cuales pretenden reflejar el precio de intercambio entre el valor actual y el valor futuro de un activo financiero.

Para ilustrar lo anterior, supongamos que $P(1)$ es el valor que se asigna a una suma de dinero luego de transcurrir un periodo, entonces para establecer la equivalencia entre ambos valores se debe especificar la tasa de interés r :

$$P(1) = P(0) + [P(0) \times r] = [P(0)](1 + r)$$

Generalizando para el valor futuro de una suma de dinero dada:

$$P(n) = [P(0)](1 + r)^n$$

A la cual se le llama capitalización. El concepto opuesto a la capitalización es el de actualización, el cual determina el valor presente de una suma que será percibida en el futuro:

$$P(0) = \frac{P(n)}{(1 + r)^n}$$

Ambos procesos se aplican con frecuencia a un flujo de fondos a través de diversos periodos:

a) El valor capitalizado o futuro será:

$$P(n) = \sum_{i=0}^n [P(i)](1 + r)^{n-i}$$

Si la anualidad del flujo considerado para todos los periodos es constante, la fórmula se reduce a

$$P(n) = A \left[\frac{(1+r)^{n-1}}{r} \right]$$

donde A es la anualidad constante.

b) Las fórmulas equivalentes para un valor actualizado son:

$$P(0) = \sum_{i=0}^n \frac{P(i)}{(1+r)^i}$$

Para el caso de una anualidad constante la fórmula se reduce a:

$$P(0) = A \left[\frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \right]$$

Y el valor actualizado de un flujo constituido por una suma anual constante, por un periodo de tiempo ilimitado, cuando n tiende a infinito, se reduce a:

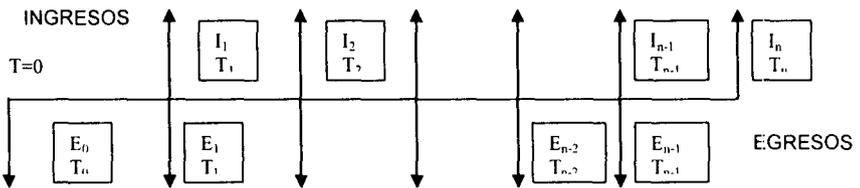
$$P(0) = \frac{A}{r}$$

El cálculo de la tasa de interés efectiva de una alternativa de crédito se hace mediante el flujo de entradas y salidas del proyecto: se asignan valores positivos a las entradas de fondos y valores negativos a las salidas de fondos y, después, se determina la tasa para la cual el valor presente de la diferencia entre entradas y salidas sea igual a cero. El crédito que tenga una tasa de interés efectiva más baja debe ser seleccionado frente a otras alternativas. La tasa de interés efectiva debe coincidir con la tasa interna de retorno del que proporciona el crédito. Por lo general, no es posible diseñar un plan financiero definitivo debido a los compromisos y obligaciones financieras que se tienen con diversos organismos. Cuando en un proyecto se requiere la participación de varios organismos para el financiamiento, será necesario calcular para todos los organismos participantes la factibilidad financiera, a través de las proyecciones de ingresos y egresos de fondos.

Índices Financieros. Los indicadores que se consideran técnicamente más adecuados para llevar a cabo el estudio financiero de un proyecto de inversión son: Valor presente neto y Relación beneficio / costo.

Valor presente neto (VPN). El VPN de un proyecto de inversión no es otra cosa que su valor medido en dinero de hoy. Es decir, es el equivalente en pesos actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto; la mejor manera de describir explícitamente los elementos que constituyen un proyecto es mediante un gráfico de flujos (Gráfico F).

Gráfico F
Diagrama de flujos de un proyecto de inversión



$$VPN = I(0) - E(0) = \sum_{T=0}^n \frac{I(T)}{(1+r)^T} - \sum_{T=0}^n \frac{E(T)}{(1+r)^T}$$

Para el VPN se calculará, en el momento cero, el equivalente de cada uno de los egresos e ingresos que constituyen el proyecto de inversión; luego se sumarán algebraicamente tales equivalentes (los ingresos se suman y los egresos se restan) para establecer el valor presente neto del proyecto. Las características del VPN son que puede asumir un valor positivo, nulo o negativo y además depende de la tasa de interés que se utilice para calcular los equivalentes en el momento cero (cuando se presenta el valor presente de un proyecto se debe hacer explícita la tasa de interés que se emplea para calcularlo).

Criterio de decisión. El VPN señala que la alternativa en cuestión es aconsejable financieramente cuando su VPN es mayor que cero, es indiferente cuando el VPN es igual a cero y no es conveniente cuando el VPN es menor que cero. Lo anterior está sujeto a la condición de que el VPN se haya calculado utilizando la tasa de interés de oportunidad. Cuando el VPN es igual a cero, el dinero invertido gana un interés exactamente igual al empleado para calcular el VPN. Es decir, como $VPN(i)=0$, la suma entregada gana un interés del $i\%$ anual o por periodo, y como esta es la tasa de interés de oportunidad, el proyecto en cuestión es indiferente. Un VPN positivo significa que el rendimiento del

proyecto es superior a la tasa de interés que se utiliza para calcularlo. Si ésta es la de equivalencia u oportunidad, un VPN positivo indica que el proyecto es atractivo ya que rinde un interés superior al de oportunidad. En cambio, la negatividad del valor presente neto indica que el rendimiento del proyecto es inferior a la tasa de oportunidad; el signo menos del índice de evaluación señala que el proyecto no es aconsejable. Por lo tanto, el resultado del valor presente neto depende de la tasa de interés que se emplea para computarlo; si r es la tasa de interés que se utiliza en su cálculo, entonces:

- a) $VPN(r^*) > 0$ indica que el dinero invertido en el proyecto rinde más del r^* ,
- b) $VPN(r^*) = 0$ señala que el dinero invertido en el proyecto rinde exactamente el r^* ,
- c) $VPN(r^*) < 0$ muestra que el dinero invertido en el proyecto rinde menos del r^* y,
- d) Si además r^* es la tasa de interés de oportunidad, entonces:
 - ◇ $VPN(r^*) > 0$ indica que el proyecto es conveniente,
 - ◇ $VPN(r^*) = 0$ señala que el proyecto es indiferente y,
 - ◇ $VPN(r^*) < 0$ muestra que el proyecto no es atractivo.

Y por último, respecto a la tasa de interés, este es un problema de decisión bastante subjetivo para el cual sólo existen las siguientes guías:

1. El interés de oportunidad, por lo general, no debe ser inferior al del costo del dinero que es preciso tomar en préstamo para adelantar el proyecto y.
2. El interés de oportunidad para un inversionista no debe ser inferior al rendimiento que espera obtener de alternativas de inversión disponibles, que envuelvan una dosis de riesgo y dificultad similares a las del proyecto en cuestión.

Significado del VPN. El VPN representa el valor de oportunidad en pesos actuales de la alternativa en cuestión. Si es positivo, significa que el proyecto generará ganancias: lo que deben pagar al inversionista para que ceda su dinero en el proyecto y; si es negativo, representa lo que cuesta comprometerse con el proyecto o lo que se está dispuesto a pagar para que otro lo realice.

Beneficio / costo (B/C). Cuando se utilice el indicador B/C para tomar una decisión es recomendable que se emplee la tasa de interés de oportunidad. El procedimiento para el cálculo del B/C es:

- 1 Se calcula el VPN de los ingresos del proyecto:

$$VPN[\text{ingresos}].$$

2. Se calcula el VPN de los egresos del proyecto:

$$VPN [\text{egresos}].$$

3. Se divide el VPN de los ingresos por el VPN de los egresos:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN[\text{ingresos}]}{VPN[\text{egresos}]}$$

El índice B/C, de acuerdo a su fórmula de cálculo, puede asumir los siguientes valores:

1. $\frac{B}{C} > 1$ Cuando el VPN de los ingresos es mayor que el de los egresos.

Es decir, el VPN de todo el proyecto es positivo y, como consecuencia, es un proyecto atractivo.

2. $\frac{B}{C} = 1$ Cuando el VPN de los ingresos es igual al de los egresos.

Esto significa, que el VPN de todo el proyecto es cero y, por consiguiente, el proyecto resulta indiferente. En estas circunstancias, la tasa de interés que se utiliza para el cálculo del índice representa exactamente la tasa interna de rentabilidad del proyecto.

3. $\frac{B}{C} < 1$ Cuando el VPN de los ingresos es inferior al de los egresos.

En este caso, el VPN de todo el proyecto es negativo y, por ende, el proyecto no es atractivo.

Cuando el índice B/C indica que el proyecto es atractivo, es decir, cuando

$\frac{B}{C} > 1$ no debe interpretarse como si cada peso invertido produjera el mismo peso más un rendimiento adicional, sino que únicamente muestra que el proyecto es favorable para la inversión. De esta manera, el índice B/C permite hacer una comparación explícita de los beneficios y costos del proyecto; siendo también útil para la evaluación del proyecto, pues al hacer explícitos tanto los beneficios como los costos, es posible lograr su afectación mediante los factores de ajuste.

El significado del índice B/C es quizás un poco confuso, pero definitivamente no representa el rendimiento de la inversión. El VPN es el valor de oportunidad extraordinario que tiene el proyecto bajo estudio o en cuestión. Es decir, es la prima que se debe pagar al dueño de la opción para que la ceda. Por lo tanto,

$$VPN = prima = VPN[ingresos] - VPN[egresos]$$

$$\frac{prima}{VPN[egresos]} = \frac{VPN[ingresos]}{VPN[egresos]} - \frac{VPN[egresos]}{VPN[egresos]} = \frac{B}{C} - 1$$

De acuerdo a esta última expresión el valor del índice B/C es que cuando se le resta la unidad, el resultado corresponde a la relación entre la prima y el valor presente de los egresos. Esto es, la cantidad de prima (pago por la opción) que genera cada peso invertido, cuando este se expresa en valor presente.

Ordenamientos de alternativas. Es frecuente que se esté ante la decisión de elegir entre varias alternativas de proyectos que no se pueden realizar simultáneamente, es decir, que son mutuamente excluyentes. Cuando esto ocurre, se puede usar un análisis que permita establecer la rentabilidad marginal de inversiones adicionales; para este análisis se utiliza el método del B/C. En cambio, si se utiliza el método del VPN no es necesario tal análisis pues el propio método del VPN ordena directamente las alternativas en orden preferencial. Se pueden llegar a presentar discrepancias entre el ordenamiento preferencial de alternativas mutuamente excluyentes dado por el índice B/C y el ordenamiento preferencial dado por el método del VPN.

ANÁLISIS LEGAL, SOCIAL, POLÍTICO Y DEL AMBIENTE

Propósito: Conocer la posibilidad, conveniencia e importancia legal, social, política y del ambiente de llevar a cabo un proyecto de inversión.

Este estudio requiere información que se obtiene de planes y programas de desarrollo, de instituciones, de leyes y reglamentos vigentes; otra información cualitativa es el conocimiento y detección de intereses creados, la atmósfera política y social existente, quienes son los líderes de la comunidad y las organizaciones en el área, la idiosincrasia y las costumbres.

Análisis Legal

El estudio de viabilidad de un proyecto tiene un papel trascendente en lo que se refiere al análisis y conocimiento de leyes y normas que regirán la acción del

proyecto, pues a pesar de que el proyecto sea rentable, si no cumple con las disposiciones legales establecidas por la sociedad, no se podrá llevar a cabo. Por lo tanto, es preciso que se defina correctamente el marco jurídico para la ejecución e implantación del proyecto. El marco legal deberá incluir aspectos como: especificación de la condición jurídica y de las facultades legales de la organización; disposiciones a las que se someterá el presupuesto de la organización para el proyecto y la fiscalización del gasto presupuestario; forma legal en que se realizarán las actividades de licitaciones para compra e inversiones, ventas, obras, construcciones y otras; origen de los recursos; facultades del comité o junta directiva y; necesidades de legislación adicional. Si se trata de un nuevo organismo creado específicamente para el proyecto: constitución legal de la nueva entidad; sus funciones y atributos; origen de los recursos del organismo; disposiciones sobre el presupuesto, manejo de fondos del proyecto, capacidad contractual, etcétera. En proyectos multinacionales es necesario estudiar la situación particular de cada país donde el proyecto tendrá alguna participación.

Análisis Social

Las aspiraciones sociales de cualquier proyecto son procurar el bienestar integral de su población. Al realizar un proyecto es con el fin de satisfacer las demandas de las aspiraciones de la población en uno o más aspectos; por lo tanto, para resolver la problemática detectada se requiere de información acerca de la tendencia demográfica del área y las principales causas de dichas demandas. Así mismo, es importante detectar y conocer intereses creados, la atmósfera política y social que existe en el área, los líderes de la comunidad, las organizaciones existentes y su idiosincrasia y costumbres.

Análisis Político

El objetivo político que se establece en la mayoría de los lugares es el de impulsar el desarrollo, con justicia social y elevación en los niveles de bienestar de sus habitantes (propósito que se establece generalmente en México en el Plan Nacional de Desarrollo). El contribuir de manera efectiva al desarrollo coincide con la necesidad de enfrentar la situación de los diferentes aspectos que requiere un pueblo para su crecimiento económico y social. Esto significa mejorar la calidad, incrementar la eficiencia y proporcionar con mayor oportunidad los bienes o servicios.

Análisis del Ambiente

En caso de que las consecuencias del proyecto sobrepasen los límites de la organización, es conveniente hacer reuniones con las autoridades del área de

influencia y con los representantes de la comunidad para conocer el impacto que tendrá la realización del proyecto.

Esto servirá para proponer simultáneamente otros proyectos complementarios y medidas que fortalezcan los impactos benéficos y mitiguen los adversos. Ejemplo de ello son la vialidad, electrificación, agua potable y control de residuos. Con respecto al edificio, almacén, equipos, condiciones de operación y personal se deben establecer las características de seguridad y las medidas de prevención que permitirán predecir eventos catastróficos e impactos negativos del proyecto en el ambiente.

La evaluación del proyecto en el ambiente debe analizar el impacto ecológico y socio económico del área afectada por las distintas obras y actividades promovidas por él. Es decir, se debe cuantificar y mitigar los impactos de obras ya existentes y promover el aprovechamiento del territorio, la transformación tecnológica de actividades productivas o el diseño y operación ecológicamente dirigidos de obras y actividades.

A la vez, se deben seguir las políticas ambientales como son prohibiciones y disposiciones jurídicas establecidas en las Normas Oficiales, instrumentos de planeación como el ordenamiento ecológico del territorio, incentivos económicos e impuestos ecológicos por tecnologías que no deterioren el ambiente.

Es importante que se detecten los impactos del proyecto en el ambiente, pues esto permitirá comparar las características ecológicas y socio económicas antes y después del proyecto. Esto se puede hacer mediante una matriz para identificar las relaciones causa – efecto, colocando en los renglones las actividades y en las columnas los elementos o procesos ambientales que pueden ser afectados por el proyecto, señalando si hay alteración o evaluando numéricamente la magnitud del cambio. Para lograr lo anterior se recomiendan los siguientes pasos: (1) definición de los objetivos del análisis y la información necesaria; (2) identificación de los efectos del proyecto; (3) establecimiento de las condiciones que sirven de base y predicción de los impactos más significativos; (4) evaluación de los hallazgos y; (5) establecimiento de propuestas y alternativas.

Las preguntas siguientes pueden utilizarse para determinar la conveniencia del proyecto en los aspectos legal, social, político y del ambiente: (1) ¿El proyecto cumple con las leyes y reglamentos vigentes?, (2) ¿El proyecto se apega a las normas e instructivos actuales?, (3) ¿A cuantos usuarios beneficia el proyecto?, (4) ¿El proyecto coadyuva al bienestar de la población?, (5) ¿El proyecto satisface las aspiraciones de la población?, (6) ¿Los líderes de la comunidad y las organizaciones existentes están de acuerdo con el proyecto?, (7) ¿Los bienes o servicios que se ofrecen a la población está en concordancia con su idiosincrasia y costumbres?, (8) ¿El proyecto impulsa el desarrollo de la región?, (9) ¿El proyecto eleva el nivel socio – económico de los habitantes de la región?, (10) ¿Cómo afecta el proyecto al área de influencia en vialidad, electrificación, agua potable, control de desechos y seguridad?, (11) ¿El proyecto se apega a las políticas ambientales?, (12) ¿El proyecto establece las características de seguridad y las medidas de prevención requeridas?, (13) ¿Cómo afec-

ta la tecnología utilizada por el proyecto al medio ambiente?, (14) ¿El proyecto contempla los impuestos e incentivos ecológicos por la utilización de tecnología que no deteriora el medio ambiente?, (15) ¿El proyecto considera las obras existentes, (16) ¿El proyecto promueve el aprovechamiento del territorio?, (17) ¿El proyecto se apega a las disposiciones jurídicas establecidas en las Normas Oficiales del Ambiente?, y (18) ¿El proyecto sigue el ordenamiento ecológico planeado?

CONCLUSIONES

- La disponibilidad limitada de recursos conlleva a la formulación de proyectos de inversión dentro de un contexto global del sistema, para asignar aquellos de acuerdo a las prioridades preestablecidas en la organización.
- En muchas organizaciones, principalmente las pequeñas, no cuentan con personal especializado para la formulación de proyectos., por lo que sin duda este trabajo será un guía para subsanar esta carencia.
- Seguir las diferentes etapas de la elaboración de un proyecto de inversión y realizar los estudios de su formulación, sin duda, disminuyen el riesgo de toma de decisiones equivocadas en la asignación de recursos.

RESULTADOS

- Se proporcionan guías, mediante diagramas de decisión muy sencillos, (1) para determinar cuando se requiere de un proyecto de inversión en la organización; (2) para satisfacer la necesidades sentidas o reales y dar respuesta a los requerimientos del sistema mediante el proceso de los proyectos de inversión, y; (3) para decidir si se realiza o no un proyecto de inversión.
- Se cuenta con una metodología para la formulación de proyectos de inversión que disminuya el riesgo de la toma de decisiones equivocadas en la asignación de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de proyectos*, Ed. McGraw Hill, Mexico, 1995.

Badía Xavier Dr. & Rovira Joan Dr., *Evaluación económica de medicamentos. Un instrumento para la toma de decisiones en la práctica clínica y la política sanitaria*, Ed. Luzan 5, S.A., España.1994.

Bierman H., Bonini C. P. & Hausman W. H., *Análisis cuantitativo para la toma de decisiones*, Ed. Addison Wesley Iberoamericana, U.S.A, 1994.

Coss Bu, *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*, Ed. LIMUSA, México, 1998.

Drummond Michael F., Stoddart Greg L. & Torrance George W., *Métodos para la evaluación económica de los programas de atención de la salud*, Ed. Díaz de Santos S.A., España, 1991.

Hernández H. A. / Hernández V. A., *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Ed. ECAFSA, México, 1999.

Hillier F. S. & Lieberman G. J., *Introducción a la investigación de operaciones*, Ed. McGraw Hill, México, 1995.

Infante Villarreal Arturo, *Evaluación financiera de proyectos de inversión*, Ed. Norma, Colombia, 1996.

Instituto Mexicano del Seguro Social, Subdirección General Médica, *Indicadores de salud*, México, 1994.

Levin Richard I. & Rubin David S., *Estadística para administradores*, Ed. Prentice Hall, México, 1994.

Organización Mundial de la Salud, *Preparación de indicadores para vigilar los progresos realizados en el logro de la salud para todos en el año 2000*, Ginebra, Suiza, 1981.

Sapag Chain Nassir y Sapag Chain Reinaldo, *Preparación y evaluación de proyectos*, Ed. McGraw-Hill, Colombia, 1995.

Secretaría de Salud, *Recursos y servicios*, Sistema nacional de salud, Boletín de información estadística, México, 1995.

Secretaría de Salud, *Manual de fuentes y métodos de la estadística en salud*, México, 1997.

Schroeder Roger G., *Administración de operaciones, Toma de decisiones en la función de operaciones*, Ed. McGraw Hill, México, 1983.

Winston L. W., *Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos*, Ed. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., México, 1994.

Aplicaciones de Matemáticas en las Ciencias Sociales, editada por el Departamento de Política y Cultura, de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2003 en los talleres de IMPRESOS CHÁVEZ, Tel. 55 39 51 08 y Fax 56 72 01 19, correo electrónico impresoschavez@prodigy.net.mx. La edición consta de 500 ejemplares.

ISBN 970-31-0266-2



9 789703 702664