UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE ACTUARIA

con estudios incorporados a la Universidad Nacional Autónoma de México

UNIVERSIDAD ANAHUAC

VINCE IN BONO MALUM

" UN MODELO ESTOCASTICO DE PROTECCION CONTRA PERDIDAS EN PORTAFOLIOS DE INVERSION "

T E S I S

Que para obtener el titulo de

A C T U A R I O

p r e s e n t a

EDUARDO ROSENDO PACHECO VILLAGRAN

Director de Tesis: Act. Carlos del Cueto Martinez

México, D. F. 1989

INDICE

PAGINA

INTRODUCCION

Las expectativas del desarrollo y del rendimiento de las inversiones bursátiles se han visto en la actualidad afectadas por cambios bruscos en el mercado de valores. Debido a la aleatoriedad de estos cambios, la necesidad de entender sus razones y la forma en que suceden, se ha hecho cada vez más esencial para poder afrontarlos en los procesos de planeación.

Si bien el clima financiero mundial reinante en la actualidad exige cada vez más una formación sólida en cuanto a la teoría y los fundamentos necesarios para poder analizar los problemas que surgen, ésta no es una necesidad que apenas haya surgido. Desde tiempo atrás se ha reconocido a esta necesidad de que los analistas financieros entiendan con profundidad las razones de estos cambios así como sus tendencias. Es sólo en base a este conocimento de las verdaderas causas de los fenómenos bursátiles como se pueden resolver los problemas desde sus raíces, evitando atacar sólo a sus síntomas.

El comportamiento de los movimientos de acciones se ha estudiado por mucho tiempo y mediante muchas metodologías. Dichas metodologías incluyen a tales como lo son el análisis de series de tiempo, el análisis de regresión, procesos estocásticos, etc., y los resultados que se han obtenido han sido favorables en la mayoría de los casos (ver Fama (20), Fama & Miller (21), Hickman (26), Mandelbrot (35), (36), (38) y (39), y Sharpe (49)). Sin embargo, la necesidad actual de entender dichos fenómenos lo más posible ha hecho que su utilización se haga cada vez una práctica más común en nuestros días.

El modelo que el presente trabajo propone se enfoca a la creación de una reserva contingente que haga frente a las pérdidas que un portafolio de acciones pueda sufrir. Esto es, a partir del estudio del comportamiento de las pérdidas y del número de las mismas, se obtienen ditribuciones de probabilidad que describen estos fenómenos y que determinan el nivel que una reserva debe tener para que en el momento

ESQUEMA OPERATIVO DEL MODELO

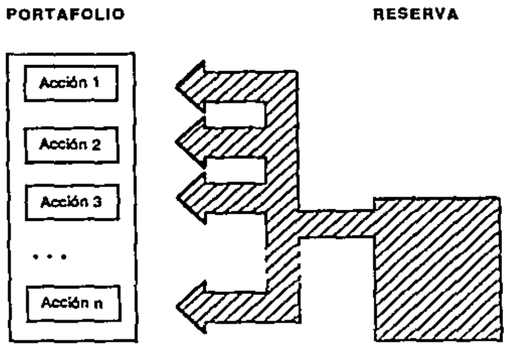


Figura 1

en que el portafolio de acciones sufra una pérdida la reserva reponga el monto perdido distribuyéndolo ponderadamente entre las acciones que lo conforman (Ver figura 1).

El modelo se basa en una metodología muy utilizada en la administración de riesgos y que es el modelo de riesgo colectivo. Beekman (10) utiliza dicho método proponiendo la creación de reservas contingentes para casos de pérdidas catastróficas en compañías de seguros. La metodología utilizada en el presente trabajo se basa en este modelo adaptándolo exclusivamente a un portafolio de acciones y a las experiencias propias de la realidad actual del mercado bursátil mexicano.

Debe tenerse en mente que el modelo no analiza las ganancias del portafolio sino única y exclusivamente las pérdidas y que en base al estudio de éstas es como se conformará la protección de la inversión. Asi pues, no se buscará optimizar el portafolio puesto que esto corresponde a otras metodologías pero que sin embargo pueden utilizarse en forma conjunta con el modelo para poder llegar a obtener resultados todavía mejores.

Las bases teóricas del modelo requieren de un conocimiento previo de procesos estocásticos y, principalmente, de las propiedades del Proceso de Poisson. Es por esto que el primer capítulo presenta los elementos necesarios para el estudio de dichos procesos. Sin embargo, la implantación del modelo es sumamente sencilla y puede llegar a omitirse la lectura de este capítulo sin perderse continuidad en la lectura del trabajo.

El capítulo II analiza la estrategia financiera y de administración de riesgos que deben seguirse en el modelo. Además presenta las cuatro fases que posee el modelo y lo describe formalmente.

El capítulo III consiste en la implantación del modelo en LOTUS 1-2-3 (34) para un portafolio de 5 acciones que cotizan en la bolsa mexicana de valores.

El modelo arroja resultados interesentes y debido a la sencillez del mismo es una herramienta accesible para aquellos analistas e inversionistas del mercado bursátil que deseen seguir una estrategia de protección de inversiones.

I. TEORIA DE PROCESOS ESTOCASTICOS

I.I. MODELOS PROBABILISTICOS

Cualquier modelo que trate de describir un fenómeno realísticamente, deberá tomar en cuenta la posibilidad de la aleatoriedad.

Esto es, casi todos los resultados que surgen de los fenómenos en los cuales el hombre está interesado no son predecibles con exactitud, sino que presentan una variación inherente, la cual debe tomarse en cuenta. Para lograr esto, se requiere que el modelo que intenta estudiar estos fenómenos, sea probabilístico en esencia y, por consiguiente, para poder llegar a manejar en forma óptima tanto su formulación como su análisis, quien lo utilice deberá tener conocimientos acerca de los principios de la probabilidad (Ver Feller (22), Meyer (43), y Mood, Graybill & Boes (45)).

Si bien este capítulo comienza con la definición de una variable aleatoria, para de tal forma dar paso al estudio de los procesos estocásticos y de algunas de sus propiedades, se darán por conocidos los siguientes conceptos:

(i) Un evento relativo a la variable aleatoria X, su espacio muestral, espacio de eventos y medida de probabilidad

(ii) Las funciones de densidad y de distribución acumulada y sus propiedades elementales

(iii) El valor esperado de X, su varianza y sus momentos de orden superior

(iv) Las siguientes distribuciones de probabilidad:
- Uniforme
- Normal
- Binomial negativa
- Poisson

I.2. VARIABLES ALEATORIAS

Frecuentemente al realizar un experimento, estamos interesados en alguna función del resultado en contraste con el resultado mismo de dicho experimento.

Por ejemplo, al tirar dos dados usualmente estamos interesados en la suma de ambos dados más que en el resultado observado en cada uno. Esto es, podemos estar interesados en que la suma sea un número impar más que en observar si el resultado es alguna de las parejas (1,6), (2,5), (3,4), (4,3), (5,2) o (6,1).

Tanto los resultados originales como estas cantidades que pueden interesar, o más formalmente, estas funciones con valores reales definidas en el espacio de eventos, son conocidas como variables aleatorias.

A continuación daremos una definición formal de una variable aleatoria.

I.3. DEFINICION DE VARIABLE ALEATORIA

Una variable aleatoria X que toma valores en el conjunto E, es una función que asigna un valor X(w) en E a cada resultado w del espacio de eventos.

Los ejemplos más comunes de E son el conjunto de los enteros no negativos N = (0, 1, 2,...), el conjunto de todos los enteros (..., -1, 0, 1,...), el conjunto de todos los números reales $R = (-\infty, +\infty)$, y el conjunto de todos los números reales no negativos $R+ = [0, +\infty)$.

Cuando E es un conjunto finito o infinito contable, la variable aleatoria X es llamada una variable aleatoria discreta. En el caso en que E sea un conjunto infinito, X será una variable aleatoria contínua.

Ejemplo 1. Considérese el experimento de observar la aceleración de un venhículo durante los primeros 60 segundos de una carrera. Cada resultado posible es una función contínua w la cual toma valores reales positivos y que es definida para ; el espacio de eventos es el conjunto de dichas funciones.

Para t en [0,60] definamos:

$X_t(w) = w(t)$,

$Y_t(w) = w(s)ds$,

$Z_t(w) = Y_u(w)du = w(s)dsdu$,

Para cada w en Ω por lo tanto, X_t, Y_t y Z_t son variables aleatorias en Ω . Para el resultado w, $X_t(w)$ representa la aceleración en el tiempo t, $Y_t(w)$ representa la velocidad y $Z_t(w)$ la posición.

Existen un gran número de fenómenos que pueden ser descritos a través de una variable aleatoria y que a partir de ésta se pueden estudiar a fondo. Sin embargo, cuando se presenta un fenómeno que debe ser descrito mediante un conjunto de variables aleatorias, surge la necesidad de hacerlo a través de procesos estocásticos. Concretamente el modelo que se maneja en este trabajo, tiene que ser estudiado a través de procesos estocásticos y por lo tanto, definiremos a continuación lo que son y mencionaremos algunas propiedades importantes de los mismos.

1.4. PROCESO ESTOCASTICO

Un proceso estocástico con "espacio de estados" E, es una colección $\{X_t;\ t \text{ en } T\}$ de variables aleatorias X_t definidas en el mismo espacio de probabilidad y que toman valores en E.

El conjunto T se conoce como el conjunto índice, y si este conjunto es contable, el proceso estocástico definido sobre él, recibe el nombre de proceso discreto. Un caso especial de dicho proceso se obtiene cuando $T = \mathbb{N} = 0, 1, 2, \ldots$.

En el caso en que el conjunto T no sea contable, el proceso estocástico definido será un proceso contínuo. Los ejemplos más comunes de T para este caso son $T = \mathbb{R}+ = [0, \infty)$ y $T = [a, b] \subset \mathbb{R} = (-\infty, \infty)$

Ejemplo 2. En el ejemplo 1 se definió a Y_t como la velocidad del vehículo en el tiempo t, así pues si tomamos el conjunto $\{Y_t;\ 0 \leq t \leq 60\}$ habremos definido un proceso estocástico contínuo en el tiempo con "espacio de estados" $E = \mathbb{R}+ = [0, \infty)$. Y lo mismo se puede decir para el proceso estocástico $\{Z_t;\ 0 \leq t \leq 60\}$.

A continuación serán mencionados algunos fenómenos que suelen estudiarse a través de los procesos estocásticos y que además son importantes para el estudio del modelo que propondremos.

1.5. DEFINICION DE PROCESO DE ESPERA Y DE PROCESO DE CONTEO

Existen muchos problemas probabilísticos interesantes que involucran en su estudio los tiempos sucesivos de espera que hay entre cada una de las repeticiones del fenómeno que se observe. Frecuentemente se supone que después de cada una, la espera para la siguiente ocurrencia empieza a correr en forma totalmente independiente de la historia pasada y, además, que la distribución de cada uno de los tiempos de espera es la misma.

Al registro de los momentos en que se observa una ocurrencia se le llama proceso de espera. Relacionado a este proceso, se encuentra otro cuyo propósito es el conteo del número de ocurrencias observadas hasta el momento T, al cual se le conoce como proceso de conteo.

Así pues, el proceso de espera es una secuencia de los tiempos en que fueron observadas las repeticiones del fenómeno y el proceso de conteo es un proceso estocástico que indica el número de repeticiones observadas hasta el momento T.

De tal forma, sea W1, W2, W3,... la secuencia de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuídas que representa los sucesivos tiempos de espera entre repeticiones del fenómeno.

Se define al proceso estocaśtico de conteo N(t) como:

$$N(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < W_1 \\ 1, & W_1 \leq t < W_1 + W_2 \\ 2, & W_1 + W_2 \leq t < W_1 + W_2 + W_3 \\ \quad \cdots & \\ n-1, & \sum_{i=1}^{n-1} W_i \leq t < \sum_{i=1}^{n} W_i \end{cases}$$

Obsérvese que para cualquier $t \geq 0$, N(t) es una variable aleatoria entera cuyos valores posibles son 0, 1, 2,... (Ver figura 2).

A partir de la definición del proceso estocástico de conteo $\{N(t), t \geq 0\}$, se puede observar que dicho proceso debe de sastisfacer las siguientes condiciones:

(i) $N(t) \geq 0$

(ii) N(t) toma valores enteros

(iii) Si $s<t$, entonces $N(s) \leq N(t)$

(iv) Para $s<t$, $N(t) - N(s)$ es el número de eventos que han ocurrido en el intervalo (s, t).

PROCESO ESTOCASTICO
DE CONTEO

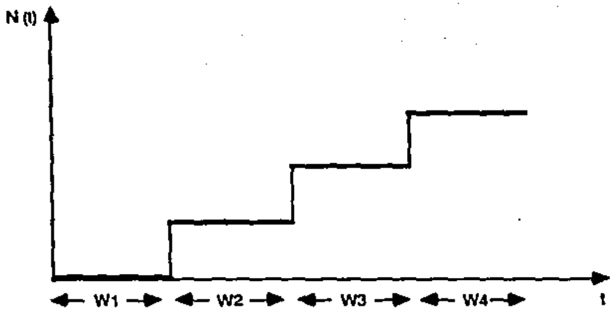


Figura 2

Para poder afirmar que un proceso de conteo cumple la propiedad de tener incrementos independientes, deberá observarse que el número de eventos que ocurren en intervalos distintos son independientes. En particular, el número de eventos que ocurrieron hasta el momento $t1$ (i.e. $N(t1)$), debe ser independiente del número de eventos que ocurren entre $t1$ y $t2$ (i.e. $N(t2) - N(t1)$, $t1 < t2$).

Por otra parte, se dice que un proceso de conteo posee incrementos estacionarios, si la distribución del número de eventos que ocurren en cualquier intervalo depende únicamente de la longitud de dicho intervalo (ver Ross (46)). En otras palabras, si el número de eventos en el intervalo $(t1+s, t2+s)$ i.e. $N(t2+s) - N(t1+s)$, tiene la misma distribución que la del número de eventos en el intervalo $(t1, t2)$ i.e. $N(t2) - N(t1)$, para toda $t1 < t2$, y $s > 0$, entonces el proceso de conteo posee incrementos estacionarios.

Ahora bien, la relación entre la distribución de $N(t)$ y la distribución de $W1 + W2 + W3 \ldots + Wk$ es la siguiente:

$$P\,[N(t) = 0] = P(W1 > t)$$
$$P\,[N(t) = 1] = P(W1 + W2 > t) - P(W1 > t)$$
$$P\,[N(t) = k] = P(W1 + \ldots + Wk+1 > t) - P(W1 + \ldots + Wk > t), \quad 0 \leq t$$

Esto puede observarse a partir de la definición de $N(t)$:

$$[N(t) \leq k] = (W1 + \ldots + Wk+1 > t), \quad k = 0, 1, 2, \ldots$$

En otras palabras, si la $(k+1)$ - ésima repetición ocurre después del momento t, entonces y sólo entonces, hay k o menos repeticiones, en $[0, t]$.

Así, a partir de

$$P\left[N(t) = k\right] = P\left[N(t) \leq k\right] - P\left[N(t) \leq k-1\right]$$

$$\Rightarrow \quad P\left[N(t) = k\right] = P(W1+\ldots Wk+1 > t) - P(W1+\ldots+Wk > t),$$
$$k = 1, 2, 3, \ldots$$

El caso para $k = 0$ sigue de la relación:

$$\left[N(t) = 0\right] = (W1 > t)$$

(No existen repeticiones hasta el momento 0 sí, y sólo sí, el primer tiempo de espera excede t).

Una propiedad importante de N(t) es que sigue la Ley de los grandes números, esto es,

TEOREMA 1. Supóngase que $E(W1) = m$, donde m es el valor esperado del tiempo de espera entre repeticiones. Entonces la distribución de $N(t)/t$ se encuentra prácticamente concentrada en $1/m$ para t grande. Esto es,

$$\lim_{t \to \infty} P\left[N(t)/t < u\right] = \begin{cases} 0, & \text{si } u < 1/m \\ 1, & \text{si } u > 1/m \end{cases}$$

Para la demostración del teorema, puede consultarse Cinlair (16).

I.6. FORMAS DE ESTUDIAR UN PROCESO ESTOCASTICO

Las características que distinguen a todo proceso estocástico, son las relaciones que existen entre las variables aleatorias que lo conforman.

Dichas relaciones son definidas a través de la función de distribución conjunta de cada familia finita $X_{t_1}, \ldots, X_{t_n}$ de variables del proceso. Para propósitos de este trabajo, se considerará que un proceso estocástico está bien definido en el momento en que su "espacio de estados", su conjunto índice y su familia de distribuciones conjuntas están bien definidas. Sin embargo, cuando se trabaja con procesos estocásticos contínuos, pueden surgir ciertas dificultades debido a que pueden involucrar eventos con un conjunto de variables aleatorias no numerable. Esto impide el uso del axioma de la probabilidad total, que permite evaluar probabilidades de eventos que contienen una secuencia de variables aleatorias en términos de probabilidades que involucran sub-conjuntos finitos de la secuencia y por lo tanto, numerables.

Es por esto que estudiar un proceso estocástico a través de la función de distribución conjunta de sus variables aleatorias puede resultar muy complicado y, por lo tanto, suele ser necesario buscar otras formas de estudiarlo. (Se sugiere al lector interesado, consultar Cinlair (16), Dwass (18), Ross (46) para profundizar esta situación ya que no será abordada en este trabajo.)

Uno de los conceptos más útiles de la teoría de la probabilidad es el de probabilidad condicional. Existen dos fuertes razones para que esto suceda:

i) En la práctica estamos interesados en calcular probablidades y valores esperados cuando solamente se tiene disponible una parte de la información necesaria para el análisis del fenómeno a estudiar y por lo tanto, dichas probabilidades se encuentran condicionadas.

ii) En el momento en que se calcula una probabilidad o un valor esperado deseado, suele ser muy útil primero "condicionar" el problema sobre alguna variable apropiada cuya probabilidad ya es conocida. Esto suele permitir realizar el cálculo más sencillamente. En ocasiones resulta ser el único camino para lograrlo.

Así pues, debido a que algunas características del modelo que nos concierne se pueden atacar a través de la probabilidad condicional, procederemos a estudiar algunas de sus propiedades, asi como también estudiaremos algunas del valor esperado condicional.

1.7. PROBABILIDAD CONDICIONAL

La probabilidad condicional P A B del evento A dado el evento B está definida por:

$$P\{A|B\} = \frac{P\{A,B\}}{P\{B\}} \quad , \text{ si } P\{B\} > 0.$$

y se deja indefinida, o se le asigna un valor arbitrario, cuando $P\{B\}=0$. Sean X y Y dos variables aleatorias contables, digamos 1, 2, 3..., la función de distribución condicional $F_{x|Y}(\cdot|y)$ de X dado Y = y está definida por:

$$F_{x|Y}(x|y) = \frac{P\{X \leq x, Y=y\}}{P\{Y=y\}} \quad , \text{ si } P\{Y=y\} > 0.$$

y por cualquier función de distribución discreta arbitraria cuando

$$P\{Y=y\}=0.$$

Supóngase que X y Y son dos variables aleatorias distribuidas conjuntamente y que se comportan de acuerdo a la función de densidad de probabilidad conjunta p_{XY} (x, y). Entonces la distribución condicional de X dado Y = y está dada por:

$$F_{X|Y}(x|y) = \frac{\int_{-\infty}^{x} p_{XY}(\xi, y)\, d\xi}{p_Y(y)} \quad , \text{ si } p_Y(y) > 0.$$

y por una especificación arbitraria cuando p_Y $(y) = 0$

Nótese que $F_{X|Y}$ satisface:

i) $F_{X|Y}$ $(x|y)$ es una función de distribución de probabilidad en x para cada y fija.

ii) $F_{X|Y}(x|y)$ es una función de y para cada x fijo.

iii) Para cualesquiera valores de x y y:

$$P\{X \leq x, Y \leq y\} = \int_{\eta \leq y} F_{X|Y}(x|y)\, d F_Y(\eta)$$

donde F_Y $(\eta) = P\{Y = \eta\}$ es la distribución marginal de Y.

Sin embargo, tanto para casos discretos como para continuos, sólo es necesario utilizar la integral de Reimann Stieltjes.

Así, por ejemplo, cuando y es una variable aleatoria contínua cuya función de densidad de probabilidad es $p_Y(y)$, entonces la integral iii) se calcula a partir de:

$$P\{X \leq x, Y \leq y\} = \int_{\eta \leq y} F_{X|Y}(x|y)\, P_Y(\eta)\, d\eta$$

Cuando y es discreta, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$P\{X \leq x, Y \leq y\} = \sum_{\eta \leq y} F_{X|Y}(x|\eta)\, P(Y=\eta)$$

Estas tres propiedades contienen los rasgos esenciales de las distribuciones condicionales. De hecho, a partir de iii) obtenemos que:

$$P\{X \leq x, Y=y\} = P\{X \leq x, Y \leq y\} - P\{X \leq x, Y < y\}$$

$$\Rightarrow P\{X \leq x, Y=y\} = \sum_{\eta \leq y} F_{X|Y}(x|y)\, P(Y=\eta) - \sum_{\eta < y} F_{X|Y}(x|y)\, P(Y=\eta)$$

$$\Rightarrow P\{X \leq x, Y=y\} = F_{X|Y}(x,y)\, P\{Y=y\}$$

lo cual implica la siguiente definición:

$$F_{X|Y}(x|y) = \frac{P\{X \leq x, Y=y\}}{P\{Y=y\}}$$

por lo menos cuando $P\{Y=y\} > 0$.

Si se aplica iii) para cuando y = ∞, se obtiene la ley de la probabilidad total:

$$P\{X \leq x\} = P\{X \leq x, Y \leq \infty\} = \int_{-\infty}^{+\infty} F_{X|Y}(x|y)\, dF_Y(y)$$

la cual es una de las herramientas más utilizadas en el análisis probabilístico.

Cuando Y es discreta, la ley de la probabilidad total se convierte en:

$$P\{X \leq x\} = \sum_y P\{X \leq x | Y=y\}\, P\{Y=y\}$$

y cuando tiene función de densidad de probabilidad $p_Y(y)$, tenemos:

$$P\{X \leq x\} = \int_{-\infty}^{+\infty} P\{X \leq x | Y=y\}\, P(y)\, dy$$

Cuando X y Y son variables aleatorias contínuas y distribuidas conjuntamente, podemos definir la función de densidad condicional $p_{X|Y}(x, y)$ de X dado que Y = y mediante:

$$p_{X|Y}(x,y) = \frac{d}{dx} F_{X|Y}(x|y) = \frac{p_{XY}(x,y)}{p_Y(y)}$$

en valores de y para los cuales $p_Y(y) > 0$, y como una función de densidad de probabilidad arbitraria y fija para cuando $p_Y(y) = 0$.

Pasemos ahora a considerar una función g para la cual su valor esperado es finito. Entonces, el valor esperado condicional de g(X) dado Y = y puede ser expresado en la forma:

$$E\{g(X)|Y=y\} = \int_{x} g(x)\, dF_{X|Y}(x|y)$$

Cuando X y Y son dos variables aleatorias contínuas y que se distribuyen en forma conjunta, tenemos que:

$$E\{g(X)|Y=y\} = \int g(x)\, p_{X|Y}(x,y)\, dx$$

$$\Rightarrow \quad E\{g(X)|Y=y\} = \frac{\int g(x)\, p_{XY}(x,y)\, dx}{p_Y(y)} \quad , \text{ si } \quad p_Y(y) > 0.$$

Si X y Y son dos variables aleatorias discretas distribuidas conjuntamente, tomando los valores posibles x1, x2, x3,..., entonces:

$$E\{g(X)|Y=y\} = \sum_{i=1}^{\infty} g(x_i) P\{X=x_i|Y=y\}$$

$$\Rightarrow \quad E\{g(X)|Y=y\} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} g(x_i) P\{X=x_i, Y=y\}}{P\{Y=y\}} \quad , \text{ si } \quad P\{Y=y\} > 0.$$

A continuación veremos que el valor esperado condicionado de g(X) dado Y = y satisface lo siguiente:

$E\{g(X)|Y=y\}$ es una función de y para cada función g para la cual:

$$E\{|g(X)|\} < \infty .$$

Para cualquier función acotada h, tenemos que:

$$E\{g(X)h(Y)\} = \int E\{g(X)|Y=y\}\, h(y)\, dF_Y(y)$$

donde F_Y es la función de distribución marginal de y.

A continuación validaremos esta fórmula para el caso continuo.

Primeramente estipularemos que el conjunto de valores para y para el cual $p_Y(y) > 0$, es un intervalo (a, b) donde $-\infty \leq a < b \leq +\infty$.

Así pues, $\int E\{g(X)|Y=y\} h(y)\, dF_Y(y) = \int_a^b E\{g(X)|Y=y\} h(y) p_Y(y)\, dy =$

$$= \int_a^b \left(\int_{-\infty}^{+\infty} g(x) p_{X|Y}(x|y)\, dx \right) h(y) p_Y(y)\, dy = \int_a^b \left(\int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \frac{p_{XY}(x,y)}{p_Y(y)}\, dx \right) h(y) p_Y(y) =$$

$$= \int_a^b \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) h(y) p_{XY}(x,y)\, dx\, dy = E\{g(X) h(Y)\}$$

En el último paso utilizamos el hecho de que únicamente cuando $a < y < b \Rightarrow p_{XY}(x,y) > 0$.

El caso especial en v) con $h(y) \equiv 1$, produce la fórmula que expresa la ley de la probabilidad total para valores esperados:

$$E\{g(X)\} = \int E\{g(X) \mid Y=y\}\, dF_Y(y).$$

Cuando Y es discreta, se convierte en:

$$E\{g(X)\} = \sum_{i=1}^{\infty} E\{g(X) \mid Y=y_i\} P\{Y=y_i\}$$

Y cuando Y tiene función de densidad de probabilidad p_Y, tenemos:

$$E\{g(X)\} = \int E\{g(X) \mid Y=y\} p_Y(y)\, dy.$$

Dado que el valor esperado condicional de g(X) cuando Y = y es el valor esperado con respecto a la distribución condicional $F_{X|Y}$, los valores esperados condicionales se comportan en forma similar a los valores esperados no condicionales. En específico, si a1 y a2 son números fijos, y g1 y g2 son funciones dadas para las cuales

$$E\{|g_i(X)|\} < \infty, \quad i = 1, 2, 3, \ldots$$

entonces:

$$E\{a_1 g_1(X) + a_2 g_2(X) \mid Y=y\} = a_1 E\{g_1(X) \mid Y=y\} + a_2 E\{g_2(X) \mid Y=y\}.$$

De acuerdo con i), $E\{g(X)|Y=y\}$ es una función de la variable real y. Si evaluamos esta función en la variable aleatoria Y, obtenemos una variable aleatoria la cual denotamos por $E\{g(X)|Y\}$. Así pues, la propiedad ii) se puede establecer para cualquier función acotada h de y como:

$$E\{g(X)h(Y)\}=E\{E\{g(X)|Y\}h(Y)\}$$

Cuando $h(y) \equiv 1, \forall y$, obtenemos la Ley de la probabilidad total en la forma:

$$E\{g(X)\}=E\{E\{g(X)|Y\}\}.$$

A continuación resumiremos estas y otras propiedades de los valores esperados condicionales. Consideraremos a X y a Y como variables aleatorias, c es un número real, h es una función acotada para la cual $E\{|h(X)|\}<\infty$, g es una función para la cual $E\{|g(X)|\}<\infty$ y f es una función acotada.

1. $E\{a_1g(X_1)+a_2g(X_2)|Y\}=a_1E\{g(X_1)|Y\}+a_2E\{g(X_2)|Y\}$

2. $g\geq 0 \Rightarrow E\{g(X)|Y\}\geq 0$

3. $E\{h(X,Y)|Y=y\}=E\{h(X,y)|Y=y\}$

4. Si X y Y son independientes: $E\{g(X)|Y\}=E\{g(X)\}$

5. Si X y Y son independientes: $E\{g(X)f(Y)|Y\}=f(Y)E\{g(X)|Y\}$

6. Si X y Y son independientes: $E\{g(X)f(Y)\}=E\{E\{g(X)|Y\}f(Y)\}$

Como consecuencias de 1., 5. y de 6., con $g = 1$ ó $f = 1$, tenemos que:

7. $E\{c \mid Y\} = c$

8. $E\{f(Y) \mid Y\} = f(Y)$

9. $E\{g(X)\} = E\{E\{g(X) \mid Y\}\}$.

1.8 EL PROCESO DE POISSON Y EL PROCESO DE POISSON COMPUESTO

Cuando se postula un modelo matemático para representar algún fenómeno que se desea estudiar, en ocasiones resulta necesario proponer algunas hipótesis acerca del comportamiento de dicho fenómeno, de tal manera que se pueda lograr una representación matemática suficientemente sencilla.

Dado que la distribución exponencial es relativamente fácil de trabajar y, además, suele ser una muy buena aproximación de la verdadera distribución de las variables aleatorias bajo estudio, se suele suponer que éstas se distribuyen exponencialmente

La propiedad que hace que la distribución exponencial sea fácil de manejar es la que dice que dicha distribución no se deteriora con el tiempo. Esto es, si el tiempo de vida de un cierto fenómeno aleatorio se distribuye exponencialmente, entonces la distribución actual de algún acontecimiento del fenómeno bajo estudio no es diferente de la distribución de acontecimientos previos.

Debe de hacerse notar que esta propiead es únicamente válida para la distribución exponencial.

Ahora bien, el modelo que se presentará en el siguiente capítulo se fundamenta principalmente en el proceso estocástico de Poisson. Dicho proceso tiene una íntima relación con la distribución exponencial.

A continuación se presenta el proceso de Poisson y el proceso de Poisson compuesto.

I.8.1. EL PROCESO DE POISSON

El proceso de Poisson es un proceso de conteo con tiempos de espera distribuidos en forma exponencial. En concreto, supóngase que W1, W2, W3,... es una secuencia de variables aleatorias mutuamente independientes cada una distribuída exponencialmente con el mismo parámetro lambda. Definamos a N(t) como el siguiente proceso de conteo:

$$N(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < W_1 \\ 1, & W_1 \leq t < W_1 + W_2 \\ 2, & W_1 + W_2 \leq t < W_1 + W_2 + W_3 \\ \cdot \;\cdot \;\cdot \end{cases}$$

N(t) se distribuye en forma Poisson con parámetro λt, como se mostrará más adelante. Por esta razón, N(t) se conoce como el proceso Poisson (obsérvese la figura 3).

El proceso Poisson tiene la propiedad de que sus incrementos son variables aleatorias independientes y estacionarias. Esto es, su distribución no depende del momento bajo estudio, lo cual implica el siguiente teorema:

TEOREMA 2. Supóngase que $0 < t1 < t2 < \dots < tn\text{-}1 < tn$ es una partición del intervalo $[0, t]$. Defínanse los incrementos:

$$z_1 = N(t_1) \quad , z_2 = N(t_2) - N(t_1), \quad . \; . \; . \; , z_n = N(t_n) - N(t_{n-1})$$

PROCESO DE POISSON

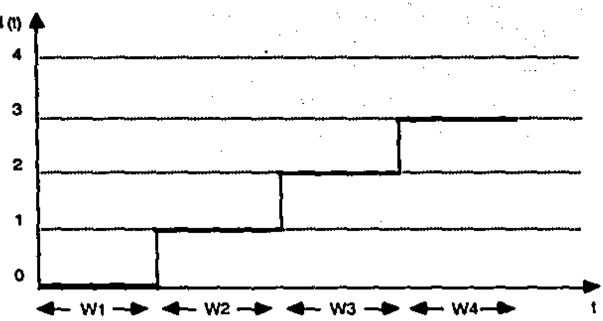


Figura 3

(Obsérvese la figura 4)

Entonces, z1, z2, z3,...zn son variables aleatorias mutuamente independientes que siguen la distribución de Poisson con por parámetros respectivamente. Para una demostración de este teorema, ver el Apéndice 1.

Como un ejemplo del proceso de Poisson tomemos la llegada de clientes a la caja de una tienda de tal forma que los tiempos sucesivos de espera entre llegadas, son variables aleatorias independientes, cada una distribuida en forma exponencial y todas con el mismo parámetro lambda. El número de clientes que llegan entre los tiempos 0 y t, N(t), sigue la distribución Poisson con parámetro t y, de acuerdo con i), los números de clientes que llegan en varios lapsos disjuntos, son variables aleatorias independientes.

1.8.2. EL PROCESO DE POISSON COMPUESTO

El proceso de Poisson compuesto se desarrolla en forma muy similar al proceso de Poisson. Varía por el hecho de que sus cambios dejan de ser unitarios y se vuelven aleatorios.

Supóngase que W1, W2, W3,..., son variables aleatorias, mutuamente independientes, distribuidas en forma exponencial, cada una con el mismo parámetro lambda. Sean X1, X2, X3,... variables aleatorias idénticamente distribuidas siguiendo una distribución no especificada. Defínase el proceso estocástico Y(t) como sigue:

$$Y(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < W_1 \\ X_1, & W_1 \leq t < W_2 \\ X_1 + X_2, & W_2 \leq t < W_3 \\ X_1 + X_2 + X_3, & W_3 \leq t < W_4 \\ \quad \cdots & \end{cases}$$

PROCESO DE POISSON

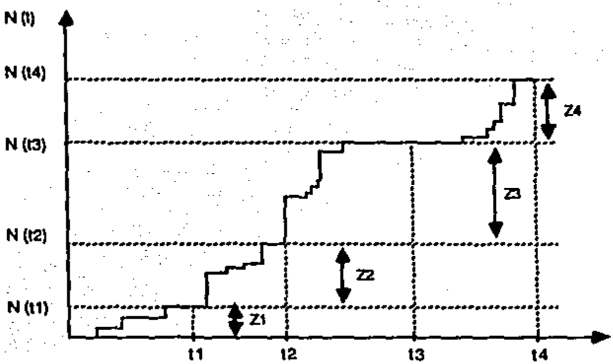


Figura 4

PROCESO DE POISSON

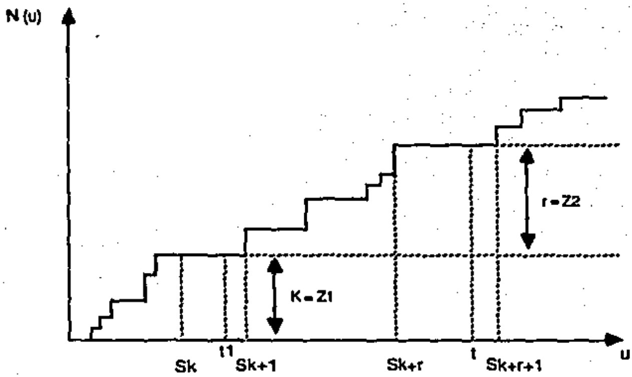


Figura 5

$Y(t)$ es llamado un proceso de Poisson compuesto

$Y(t)$ se desarrolla como el proceso de Poisson $N(t)$ definido anteriormente, excepto por el hecho de que los cambios sucesivos en el mismo no son de tamaño uno. Estos brincos quedan representados por $X1$, $X2$, $X3$,... (obsérvese la figura 6).

Es necesario hacer notar que los incrementos $X1$, $X2$, $X3$,..., no necesariamente deben de ser positivos.

La propiedad más importante del proceso de Poisson compuesto es una que hereda directamente del proceso de Poisson: el proceso posee incrementos independientes.

TEOREMA 3.- Supóngase que $Y(t)$ es un proceso de Poisson compuesto. Si 0 t1 t2 ... tn, entonces los incrementos: $Y(t1)$, $Y(t2) - Y(t1)$,..., $Y(tn) - Y(tn - 1)$ son variables aleatorias mutuamente independientes. Para una demostración de este teorema, ver el Apéndice 2.

PROCESO DE
POISSON COMPUESTO

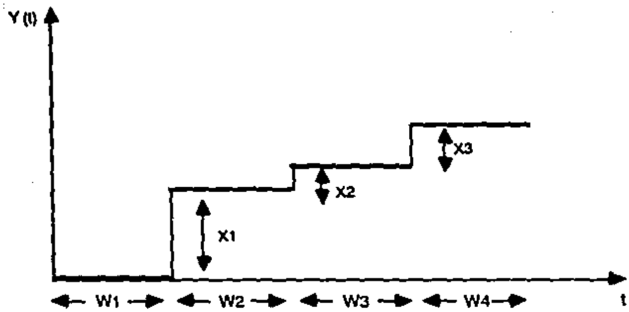


Figura 6

II. INTRODUCCION AL MODELO

II.1. ADMINISTRACION DE RIESGOS

Los objetivos de una empresa manufacturera no serán alcanzados si sus instalaciones no pueden utilizarse debido a un incendio o a una inundación, o a que su materia prima se encuentre contaminada.

Los objetivos de una escuela no podrán realizarse si el porcentaje de ausencias de sus profesores va en aumento.

Los objetivos de una empresa de querer que su portafolio de acciones esté protegido contra posibles fluctuaciones bursátiles, no se lograrán si no preve dichas fluctuaciones y si no hace nada para aminorar su impacto.

El tratar con los riesgos de que tales eventos ocurran, y con sus consecuencias cuando ocurren, es el arte de una de las ramas de la administración para la cual el actuario debe estar mejor preparado: la administración de riesgos.

Una habilidosa y bien fundada administración de riesgos puede hacer que se logren en un alto porcentaje los objetivos organizacionales a pesar de la presencia de los riesgos que ya hemos mencionado y de las pérdidas resultantes como consecuencia de su ocurrencia. Esto se logra a través de las acciones que se toman antes y después de la aparición de las pérdidas. Acciones que pueden prevenir dichas pérdidas o minimizar su interferencia en el caso de que ocurran.

La administración de riesgos ha llegado a abarcar en la actualidad un sinnúmero de campos. Esto se ha debido a la forma en que estudia el comportamiento de los riesgos fundamentalmente a través de medidas probabilísticas, que ayudan a comprender dicho comportamiento de la forma más cercana posible a la realidad.

Así pues, la administración de riesgos tiene que ver, obviamente, con riesgos. Pero, hasta cierto punto considerable, el que un determinado riesgo amerite atención es una cuestión personal. Esto es, dependerá de la aversión personal hacia los riesgos que tenga cada persona, la manera de considerar el análisis de un posible riesgo. Si dos personas se encuentran en situaciones idénticas en formas objetivamente medibles tales como el historial de ocurrencias de pérdidas, el análisis científico de las causas de estas y el análisis financiero de su impacto, una de estas personas puede decir "No importa, nunca llegaremos a ningún lugar si no nos arriesgamos de vez en cuando"; mientras que la otra podrá decir "Hay que hacer un alto aquí. Más vale estar seguros que luego lamentarnos". El objetivo perseguido en el primer caso es aparentemente la toma de riesgos que pueden llegar a ser redituables pero con altas probabilidades de que no lo sean; esto es, aquellos en los cuales la ganancia potencial puede llegar a sobrepasar la pérdida potencial. El objetivo del segundo caso es descrito generalmente como el que persigue "el sueño de una noche tranquila", aquel que prefiere no correr grandes riesgos. Ambas perspectivas son determinantes en las políticas de la administración de riesgos de una compañía.

La realización de objetivos en una organización requiere de una administación exitosa de diferentes funciones. La operación de la empresa debe ser adecuadamente financiada; tienen que mantenerse los registros que sean suficientes y necesarios; el personal calificado debe ser enfocado y alentado hacia el trabajo productivo; los bienes y servicios deben ser adquiridos o producidos y mercadeados eficientemente; la investigación y el desarrollo de nuevos productos tienen que ser planeados e implantados; y deben establecerse y seguirse controles administrativos para el trabajo así como un sinnúmero más de funciones que también tienen que llevarse a cabo. Cada una de estas funciones debe estar relacionada con los objetivos generales de la organización. Para lograr esto, debe tomarse en cuenta la naturaleza específica de estas relaciones. Por ejemplo, para dar apoyo al objetivo de generar utilidad, la función de producción debe ser administrada de tal forma que exista una cantidad adecuada de bienes y servicios producidos a costos competitivos. Así pues, se necesitan objetivos de producción los cuales identifiquen adecuadamente a dichas cantidades y costos (Ver Mehr y Hedges (42)).

De igual forma, se pueden deducir los objetivos específicos necesarios para el financiamiento de la empresa. Los objetivos generales ejercen influencia sobre las decisiones financieras tales como la determinación de la cantidad de capital a invertir, cuándo invertirla, los montos de financiamiento a través de acciones o deuda, así como cuándo y cómo colocar fondos para determinados activos.

Al analizar los objetivos que a través de la administración de riesgos se pueden llegar a alcanzar, el tratar de separarlos en dos categorías: "antes-de-la-pérdida" y "después-de-la-pérdida", da una mejor idea del entorno bajo el cual se deberán tomar las decisiones. ¿Cuáles son los objetivos de una empresa con respecto a pérdidas que todavía no han ocurrido y que tal vez nunca ocurran? ¿Cuáles son sus objetivos con respecto a pérdidas que ya han ocurrido? En la gran mayoría de los casos, los objetivos "antes-de-la-pérdida" o a priori se relacionan con la economía y con la evasión de la ansiedad, mientras que los objetivos "después-de-la-pérdida" o a posteriori se relacionan con la completez y la velocidad de la recuperación.

Juntando ambos objetivos producen el objetivo predominante en la administración de riesgos: una seguridad económica a priori de que la recuperación a posteriori será satisfactoria.

Esto es, debe buscarse una seguridad de que la empresa podrá sobrevivir después de la ocurrencia de una pérdida. Si bien esta preocupación está muy ligada con otras funciones de la empresa tales como producción, mercadotecnia, personal y finanzas, por ejemplo, en la administración de riesgos tiende a ser más prominente, más explícita y central. Pero, ¿qué se requiere para sobrevivir? La respuesta es muy sencilla: recursos y una demanda por los bienes y servicios que la organización pueda producir con ellos.

A los recursos los podemos clasificar en tres grupos: recursos materiales, gente y organización (Ver figura 7). Por organización queremos decir aquello que dirige a la gente y a los recursos materiales hacia el objetivo de producir lo que se desea.

El capital es uno de los recursos materiales que se requieren y, hasta cierto punto, si existe suficiente capital, los demás recursos pueden obtenerse. Aunque esto no siempre se cumple y a veces no lo suficientemente rápido para salvar al negocio de alguna situación riesgosa en la que se encuentre. Por lo tanto, debe considerarse la necesidad de otros recursos aparte del dinero y debe asegurarse su disponibilidad cuando sea posible.

El asegurar únicamente la sobrevivencia de la empresa es apenas uno de sus objetivos. Una empresa también desea ser eficiente y tener un crecimiento. Tales objetivos dificultan la determinación del monto a gastar antes de una pérdida y fijar de antemano los límites de pérdida a priori sobre las oportunidades que las empresas tratan de aprovechar para asegurar el cumplimiento de los objetivos posteriores a la pérdida.

A partir de estas bases, el modelo que nos concierne arroja preguntas como ¿Qué tanto debe proteger la empresa a su inversión en determinado portafolio? ¿Sería redituable? Después de haber transcurrido un año con la reserva y analizando las pérdidas que sufrió el portafolio y la forma en como protegió dicha reserva, ¿se cumplió con el objetivo de estar razonablemente más sanos que en el caso de no haber tenido la reserva? Estas y otras preguntas las analizaremos más adelante.

Al estudiar los riesgos que enfrenta la empresa se tiene aunado a los objetivos de sobrevivencia, eficacia y crecimiento, el de la no preocupación por una posible pérdida futura. Estamos hablando de lo que es la aversión al riesgo, la cual se debe de reconocer en toda discusión o análisis de decisiones bajo escenarios de incertidumbre. Sin embargo, al igual que otras medidas subjetivas, generalmente es ignorada en el momento de analizar la forma en cómo los tomadores de decisiones deberían actuar a diferencia de cómo lo hacen en la realidad. Sin

CLASIFICACION DE RECURSOS

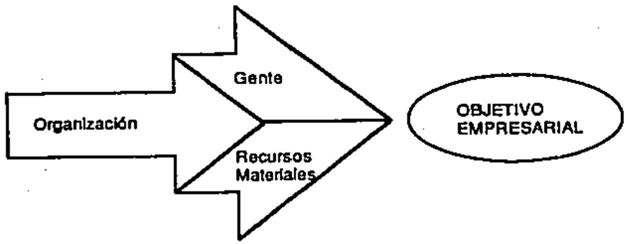


Figura 7

embargo, su efecto en la administración de riesgos en toda la empresa es sumamente importante para no reconocerse tanto en el estudio formal como en la práctica de la administración de riesgos. Debe de tenerse en cuenta por lo tanto que para que se adopte una propuesta bajo la estructura de la administración de riesgos, no debe de estar en conflicto con el objetivo del "sueño de una noche tranquila", esto es, la no preocupación, la libertad de ansiedad para controlar a la administración en general.

Esta aversión al riesgo la incorporamos en el modelo mediante la determinación de la distribución de probabilidad a utilizar en base al sentir del tomador de decisiones y al análisis histórico de las pérdidas del portafolio.

Esto es, el tomador de decisiones debe jerarquizar la importancia de la implantación del modelo en base al nivel del impacto económico que pueda representar una pérdida en el portafolio y en base a la posibilidad de ocurrencia de dicho evento.

Si se observa la figura 8, se puede decir que si el tomador de decisiones coloca al evento de una pérdida en el portafolio con una mediana o alta posibilidad de ocurrencia y un mediano o alto impacto económico, el modelo definitvamente debe implantarse.

Ahora bien, toca al analista el determinar la distribución de probabilidad a utilizar. Esto lo realiza conjuntando el análisis histórico de las pérdidas del portafolio con la jerarquización que el tomador de decisiones realizó.

Así pues, si en base a este análsis se determina un nivel medio para el riesgo, se utilizará una distribución de probabilidad que represente una actitud conservadora. Si por el contrario se determina un nivel alto del riesgo a jugar, se utilizará una distribución la cual represente una actitud más agresiva ante el riesgo.

La diferencia de utilizar una u otra distribución, se nota a la hora de la implantación del modelo puesto que aquella que sea más agresiva será obviamente más cara que la conservadora.

MATRIZ ESTRATEGICA DE JERARQUIZACION DEL RIESGO

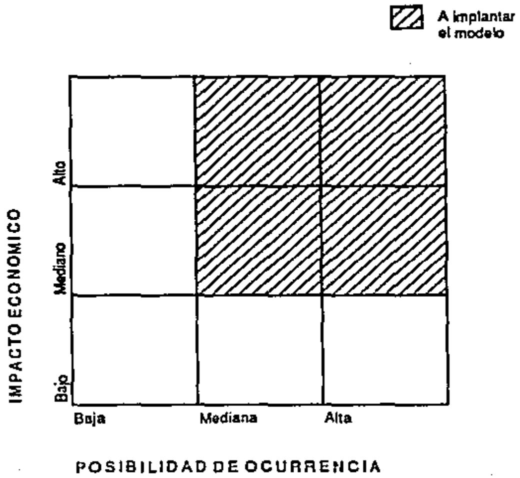


Figura 8

Ahora bien, lo que claramente se necesita para llevar a cabo dicha administración de los riesgos a los que una empresa pueda llegar a estar sujeta, son objetivos operables. Esto es, objetivos que indiquen qué acciones deben tomarse. Para el caso de nuestro modelo, tendríamos que un objetivo operable sería el "no tener pérdidas". "Operable" significa que se tienen las técnicas de la administración de riesgos necesarias y específicamente orientadas hacia la consecución de dichos objetivos. Sin embargo, este objetivo puede ser poco realista o improbable. Para hacerlo tanto probable como realista, el concepto de "operable" puede requerir de una modificación de nuestro objetivo "no tener pérdidas" a un objetivo que diga "disminución del impacto económico por pérdidas probables".

Dado que un objetivo operable es aquel que indica qué acción debe tomarse, los objetivos que son operables dependen del rango de acciones disponibles. Las acciones disponibles en la administración de riesgos - los medios a través de los cuales se pueden alcanzar los objetivos que persigue - pueden clasificarse de la siguiente forma: reducción de pérdidas, transferencia de pérdidas y retención de pérdidas.

Reducción de pérdidas significa buscar acciones que reduzcan las pérdidas incurridas. La reducción de pérdidas incluye a los conceptos de prevención y control de pérdidas así como el negarse a aceptar un riesgo dado.

Transferencia de pérdidas incluye a todas las acciones por medio de las cuales se pasa a otra persona el costo de recuperación (o parte de éste) después de haber ocurrido la pérdida. El ejemplo más común de transferencia de pérdidas es el seguro. Dado que el propósito de la transferencia de pérdidas es el de transferir el impacto financiero de la pérdida a un tercero, puede parecer que esto cabría de mejor forma bajo la categoría de reducción de pérdidas, la frecuencia y frecuentemente la severidad de la pérdida misma se reducen de hecho. En la transferencia, la pérdida en sí no es necesariamente modificada, el que es afectado es aquel que soporta el costo de la pérdida, si ésta llega a ocurrir.

Retención de pérdidas, se refiere a aquellas circunstancias en que la pérdida ni se reduce ni se transfiere. También se le conoce como "absorción" de pérdidas y es la técnica de la administración de riesgos utilizada con mayor frecuencia. Esta técnica se usa para pérdidas que van desde un rango insignificativo, como puede ser la ruptura de un elemento minúsculo de una maquinaria, hasta rangos considerablemente mayores como lo pueden ser los daños ocasionados por una bomba atómica. Ninguna otra organización los absorbe a través de una transferencia de pérdidas.

Así pues, los objetivos operables en la administración de riesgos, son objetivos que combinan las técnicas de reducción, transferencia y retención de pérdidas que la empresa debería utilizar al tratar los riesgos y los gastos y pérdidas que van asociadas a dichas exposiciones. Es esta mezcla la que es importante y fundamental para poder afrontar los posibles riesgos a los cuales la organización puede encontrarse sometida. Pero, ¿Cómo podemos determinar la mejor mezcla de estas técnicas? Esta es una pregunta que no tiene respuesta única, pues la mezcla dependerá de varios factores dentro de los cuales destacan el tipo de problema a afrontar y la actitud del tomador de decisiones hacia dicho problema.

Sin embargo, una forma de determinar dicha mezcla es a través del análisis jerárquico en el cual se jerarquizan actividades o características de acuerdo a la importancia que tienen en base a las preferencias del tomador de decisiones.

Debe su nombre al hecho de que los objetivos son clasificados en función de otros objetivos de mayor nivel y éstos a su ven en función de otros de mayor jerarquía y así hasta llegar a un objetivo principal. La clasificación que se presenta de esta manera se asemeja a una estructura jerárquica.

Posteriormente se ponderan los elementos de cada nivel de la jerarquía en función de los del nivel inmediato superior, y se construye una matriz pareada de la comparación de las actividades o características, definiendo de tal forma las preferencias del tomador de decisiones (Ver Saaty & Vargas (47) para profundizar más sobre el tema.)

Las técnicas de prevención de pérdidas no son siempre exitosas y cuando llegan a funcionar satisfactoriamente no se espera que en todos los casos prevengan todas las pérdidas. Cuando la pérdida potencial no se remueve completamente a través de la prevención, el riesgo debe ser manejado a través de la transferencia de pérdidas o de la retención de las mismas. La propuesta es bastante sencilla: si existen pérdidas que no se previnieron, entonces existen pérdidas que deben absorberse o transferirse.

En un sentido estricto, estas tres posibilidades son mutuamente exclusivas. Si se reducen las pérdidas, no son ni retenidas ni transferidas. Así mismo, si las pérdidas no se transfieren, son retenidas, y viceversa. Sin embargo, también son complementarias, y de esta forma es como se debe pensar acerca de estas técnicas. En la gran mayoría de las situaciones que impliquen algún riesgo, las técnicas de la administración de riesgos necesariamente se utilizan en combinación obteniéndose mejores resultados.

Habiendo ya analizado en forma general lo que la administración de riesgos persigue dentro de una organización, y habiendo explicado brevemente las técnicas de que se vale para lograr sus objetivos, procederemos a describir en detalle el modelo que nos concierne empezando por situarlo dentro del esquema que tomaremos a través de la administración de riesgos.

II.2. ANALISIS DE LA PROTECCION

Definitivamente en el mundo actual en el que vivimos, lleno de cambios dinámicos y de decisiones importantes por tomar, la base fundamental para la sobrevivencia y el futuro éxito de una organización depende sobre manera de la estrategia que ésta haya decidido seguir.

El término "estrategia" tiene muchas connotaciones para diferente gente. Discusiones acerca de estrategia con altos ejecutivos de empresas han revelado severas confusiones acerca del significado y las implicaciones del término y que por lo tanto conducen a ideas erróneas que pueden llegar a ser muy perjudiciales. Por lo tanto, es imprescindible tener en mente en forma clara lo que "estrategia" significa.

Así pues, "estrategia" no es una respuesta a fluctuaciones de corto plazo en las operaciones de una empresa o del medio ambiente que la rodea. "Estrategia" tampoco es un conjunto de números meramente proyectados tres o cinco años en base a un ejercicio de extrapolación basado en estados de resultados.

Por el contrario, la estrategia es aquello que integra planes funcionales en un esquema general para la compañía enfocándose en una dirección a largo plazo y proveyendo una guía para la preparación de proyectos de corto plazo.

Además, la estrategia es cualitativa, realista, orientada por las acciones y debe ser entendida a lo largo de todos los niveles de la empresa puesto que sin este conocimiento, aunado a la aceptación de dicha estrategia y al compromiso de seguirla, no se lograrán alcanzar los objetivos estratégicos preestablecidos (Ver Yavitz & Newman (50)).

La estrategia de una compañía será la que guie de tal forma, todos sus movimientos enfocados hacia un mismo fin, y para lograr esto se valdrá de los recursos que tenga a su disposición.

Por lo tanto, el destino de dichos recursos de la empresa no pueden ir desligados de la estrategia general de la misma, así como de sus sub-objetivos que van unidos a ella. Si sucediera lo contrario, se estaría yendo en contra de la organización y por lo tanto se le llevaría a un caos muy fácilmente (Ver figura 9).

Como ya lo mencionamos anteriormente, a los recursos los podemos dividir en tres subconjuntos: organización, recursos humanos y materiales. Siendo la organización la que dirige a la gente y a los recursos materiales hacia el objetivo de la empresa ya fijado. Ahora bien, si la organización es la que se encarga de llevar a la dirección hacia un objetivo común, entonces ¿en dónde encaja la estrategia? Aquí debemos definir claramente la relación existente entre organización y estrategia. Organización es la estructura lógica y operativa necesaria para manejar eficientemente a la gente y a los recursos materiales enfocándolos, bajo un marco conceptualizado por la estrategia global de la empresa previamente establecida, hacia un fin común: el objetivo empresarial.

De esta forma podemos observar que la gente y los recursos materiales de una empresa no pueden actuar en forma independiente de la estrategia de la misma. Por el contrario, dependen fuertemente de dicha estrategia y actúan siempre bajo la sombra de ésta.

Dentro de los recursos materiales, se encuentran las finanzas de la empresa. Son estas las que denotarán su solidez y plasmarán parte de la factibilidad de llevar a cabo determinados proyectos que se estén valuando. Debido a la magnitud de las repercusiones del uso de los recursos monetarios de una empresa, las finanzas de la misma siempre jugarán un papel muy importante dentro de su desarrollo. Sin embargo, no debemos olvidarnos que no pueden, ni deben, actuar por sí solas. Deben estar siempre enmarcadas bajo el comando de los principios estratégicos empresariales, deben de actuar en forma unísona a los demás recursos de la empresa para de tal forma alcanzar (siempre a través de la estrategia previamente fijada) al objetivo que persigue la compañía (Ver Brealey & Myers (12), y Helfert (25)).

LA ESTRATEGIA
MANEJA A LAS FINANZAS

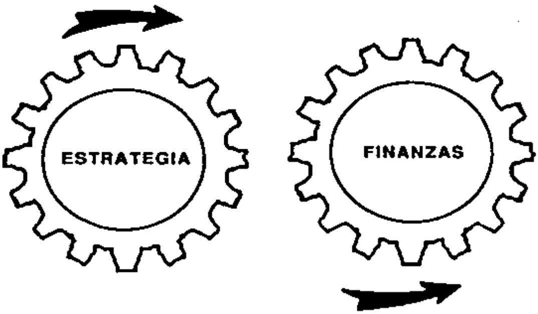


Figura 9

Para el modelo que el presente trabajo postula, deben tenerse muy claramente definidos los principios estratégicos que regularán el manejo de los recursos financieros de la empresa. Definitivamente las inversiones de una compañía están rodeadas de un sinnúmero de riesgos que llegan a ser de una gran magnitud y de diversa índole (ya sea política, financiera o probailística), por lo que el saber lidiar con dichos riesgos es de vital importancia para el buen rendimiento del uso de los recursos financieros.

Ahora bien, parte de toda estrategia de una empresa debe ser el tener una sana estabilidad financiera. Dentro de esta estabilidad financiera, entran muchos conceptos que van desde términos comerciales con proveedores (para el caso en que se tengan), pasando por el análisis de costos de operación y fijación de metas de ingresos, hasta llegar a rubros como en el que en este momento nos interesa: sus inversiones bursátiles.

Cada uno de estos conceptos se manejan de acuerdo a la estrategia global que la empresa haya decidido seguir, pero el análisis de cada uno de ellos va más allá de lo que el presente trabajo pretende cubrir. Nosotros única y exclusivamente nos enfocaremos al rubro de las inversiones bursátiles y a los principios estratégicos que una empresa debe fijar para su manejo para de tal forma poder implantar el modelo que postulamos.

Nosotros no estaremos interesados en el manejo óptimo del portafolio para obtener el máximo rendimiento posible, pues esto le corresponde a otro tipo de trabajo. Estamos enfocándonos hacia la protección contra posibles pérdidas mediante una técnica de administración de riesgos y por ende aquella empresa que desee implantar el modelo debe tener muy claramente en mente este concepto.

La estrategia que debe seguirse para el modelo es el dar ya por sobreentendido una buena administración del portafolio de acciones y así pues tener a través de la reserva contingente un seguro contra fluctuaciones posibles que lleguen a ocurrir y que puedan mermar en forma significativa el rendimiento de la inversión.

Como mencionamos anteriormente, la mejor forma de utilizar las técnicas de la administración de riesgos es mediante la mezcla de las mismas, y precisamente es eso lo que haremos en nuestro modelo a través de la utilización de las técnicas de disminución y retención de riesgos.

Mediante el análisis de las pérdidas y de la determinación de la distribución de probabilidad a utilizar, lograremos la disminución del riesgo pues estaremos obteniendo las herramientas con las cuales aminoraremos el posible impacto económico de las pérdidas. Además con el solo hecho de prever su futura ocurrencia y de estar conscientes de que es un hecho al cual no podemos ni debemos restarle importancia, ya estamos disminuyendo el mayor impacto que tal vez puedan presentar: la sorpresa.

Como ya lo hemos mencionado, la forma en como se maneja la ocurrencia de un evento inesperado y sus consecuencias, es de vital importancia para la posterior recuperación de la empresa. Si una persona no preve una contingencia, no tendrá los fundamentos necesarios con los cuales poder salir del problema. De igual forma, si una persona preve un problema futuro, pero no hace nada para implantar un plan de recuperación, caerá en un círculo vicioso de soluciones precipitadas que muy pocas veces le ayudarán a salir airosa en un ciento por ciento de la problemática. Si por el otro lado, una persona preve la futura ocurrencia de una situación adversa y no sólo se conforma con preverla, sino que analiza sus posibles consecuencias, las formas de contrarrestar su impacto, y determina implantar una estrategia global que encierre a este tipo de problemáticas, estará disminuyendo desde ese momento la trascendencia que dichos riesgos puedan tener en la organización. Es éste el enfoque que nosotros perseguimos.

Posteriormente al realizar los cálculos necesarios para determinar el monto de la reserva y en el momento en que se esté fijando la misma, estaremos dando por entendido que seremos nosotros quienes nos haremos responsables del riesgo, que somos nosotros quienes absorbemos totalmente el riesgo. Ya habíamos aceptado al riesgo como existente desde un principio y a nadie más lo cedemos, ni siquiera parte de éste. (Ver figura 10).

MARCO CONCEPTUAL DE LA DISMINUCION Y RETENCION DEL RIESGO

<u>Disminución</u>

- Análisis histórico de pérdidas
- Determinación de distribución de probabilidad

<u>Retención</u>

- Fijación y Contribución a la reserva contingente

<u>Objetivo</u>

- Seguridad económica a priori de que la recuperación posterior a las posibles pérdidas será satisfactoria

Figura 10

Hemos llegado a un punto muy importante en el cual debe quedar claro que la empresa al fijar la reserva, destinará una parte considerable de su capital a su fijación y que mediante valuaciones posteriores irá incrementando ella misma el nivel de la reserva. Nadie más intervendrá en la aportación a las reservas, por lo que la compañía debe presentar una liquidez suficiente en el momento de establecerla y para poder dejarla como una inversión a renta fija. Debe poseer la infraestructura suficiente como para poder retener ella sola todo el riesgo y no tratar de depender de terceros.

Si bien esto no representa más que una diversificación de su capital a invertir, debe quedar claro que la inversión en la reserva ha sido calculada en pro de una protección de su inversión en renta variable y que por lo tanto le proporcionara dicha protección como principal objetivo.

Ahora bien, si observamos la figura 11 podemos ver que existirían dos clases de saldo si la reserva no la hubiéramos determinado fundada en bases sólidas. Si el monto de las pérdidas resultase mayor que el monto fijado por la reserva, como lo muestra el primer caso, obtendríamos un impacto final negativo, y aunque es menor que el que hubiéramos obtenido sin la reserva, no era nuestro objetivo el tener dicho saldo.

Si observamos el segundo caso, veremos que las pérdidas son menores (o iguales) que el monto de la rreserva, por lo que obtendremos un saldo favorable o, en el peor de los casos, un saldo cero.

Al estar utilizando el modelo y fijar de tal forma la reserva en base a sólidos fundamentos financieros y probabilísticos, únicamente damos lugar a que exista la posibilidad del segundo caso. Sin embargo, no podemos descartar algo que no es posible incorporar al modelo como podría ser una intervención gubernamental por medio de la cual un cambio de supuestos podría ocasionar grandes pérdidas, o grandes ganancias.

POSIBLES CASOS DE REDUCCION DEL IMPACTO POR PERDIDAS

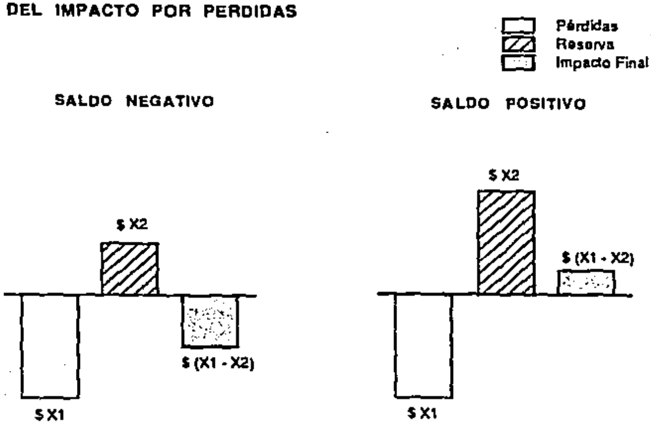


Figura 11

Ahora bien, la reserva definitivamente deberá ser invertida a una tasa fija con lo cual no estaremos perdiendo el costo de oportunidad de la inversión de este capital. Si observamos la figura 12, podemos ver que el rendimiento total de nuestro modelo se compone de tres elementos.

El primero de ellos es el rendimiento que se obtiene a partir de las utilidades que arroje el portafolio de acciones y del cual nosotros no nos preocuparemos de ver cómo se obtuvo ni cómo mejorarlo.

Los siguientes dos elementos conforman lo que hemos llamado el rendimiento extra. El primero de estos dos componentes, es el rendimiento que se obtuvo al invertir en renta fija a la reserva. El segundo de ellos es el que hemos identificado como rendimiento por la protección. Este rendimiento no puede identificarse en forma separada dado que corresponde a lo que genera el monto que recupera el portafolio de acciones a partir de la reserva en caso de pérdida, y que se suma a lo que genera dicho portafolio en su totalidad.

Así pues, los rendimientos del portafolio y de la reserva son los que conforman nuestro rendimiento nominal total. Obviamente, para obtener el rendimiento real total de nuestra inversión debemos deflactar el rendimiento nominal total obtenido con la tasa de inflación que se haya tenido en ese lapso.

Ya habiendo analizado la estructura del rendimiento total del modelo, pudiera surgir la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si en lugar de haber fijado la reserva, hubiéramos incrementado en tal monto nuestro portafolio? ¿Hubiéramos obtenido un mejor rendimiento? Sin embargo, no debemos olvidar nuestro objetivo original que era el de tener un escudo contra posibles fluctuaciones en el mercado accionario, y por lo tanto no podemos hacernos este tipo de preguntas dado que hemos partido desde el principio de una premisa totalmente distinta.

Esto no significa que no pueda realizarse un análisis comparativo al final de un periodo que nosotros fijemos para sensibilizarnos en cuanto a posibles resultados.

ESTRUCTURA DEL RENDIMIENTO TOTAL

ILUSTRATIVO

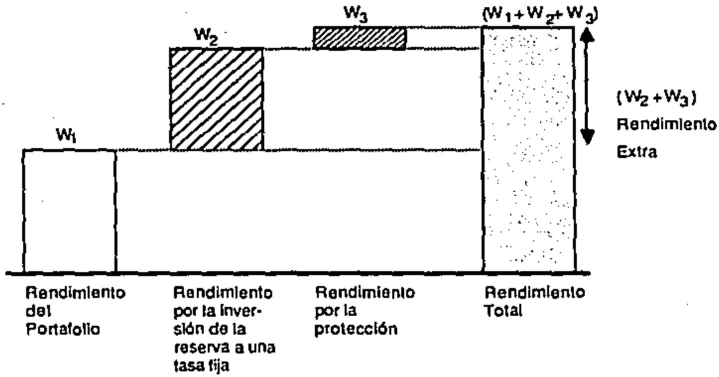


Figura 12

II.3. DESCRIPCION DEL MODELO

Antes de explicar con detalle la estructura de la reserva contingente y la forma de operarla, describiremos el esquema general de la operación de la administración financiera de las transacciones financieras que una empresa realiza como parte de su operación diaria.

Así pues, si bien no es nuestra intención analizar profundamente toda la infraestructura de dicha operación, para poder formular, aplicar y analizar las repercusiones que el modelo genera, primeramente describiremos el esquema típico de organización operativa de una empresa y de la administración de sus recursos financieros para así poder situar el lugar que tiene la reserva contingente del modelo que se postula.

La figura 13 representa a dicha organización operativa y financiera. Se ha dividido al esquema en "uso" y "fuente" de los fondos invertidos, entendiéndose por fondos invertidos todas aquellas propiedades productivas que se poseen, se rentan o se tienen de otra forma disponibles para la operación de la compañía. Por "uso de los fondos invertidos" se entiende la aplicación directa de las propiedades hacia la producción generando por consiguiente un flujo de fondos netos provenientes de la operación.

La "fuente de los fondos invertidos" son los flujos financieros que dan soporte a las operaciones de la empresa. Aquí se encuentran incluídas las inversiones de los accionistas, préstamos de terceros, portafolios de acciones, etc.

El rubro de fondos invertidos corresponde a todos los activos tangibles e intangibles que una empresa pueda necesitar para generar sus utilidades. La generación de esta utilidades y el desembolso de fondos para soportar a las operaciones de la empresa, son siempre actividades concurrentes como se puede observar en la figura 13. Los flujos de trabajo, materiales y gastos generales se canalizan hacia la operación de la empresa, la cual a su vez genera las ganancias.

**FLUJOS DE OPERACION
Y FINANCIEROS DE UNA EMPRESA**

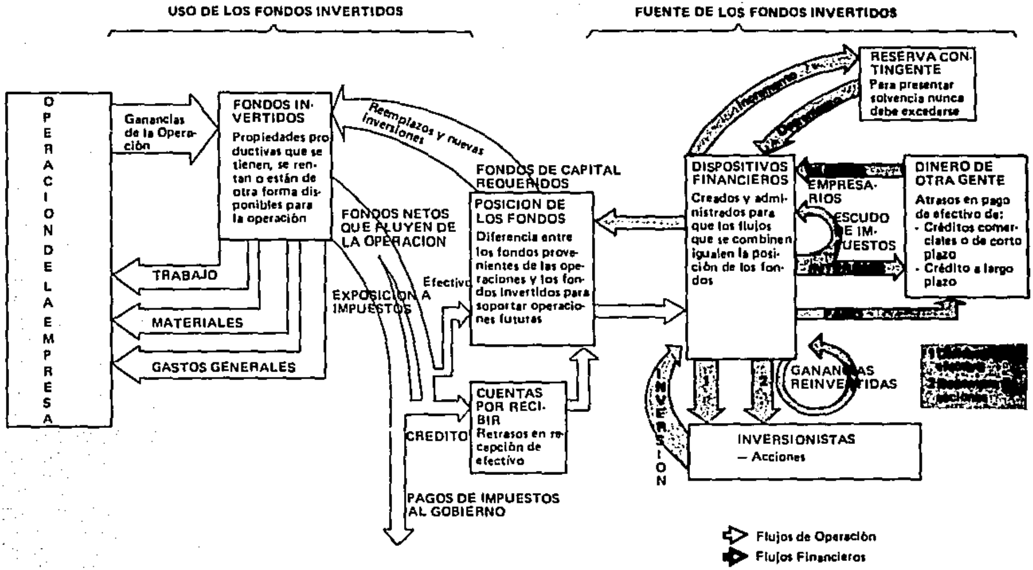


Figura 13

Cualquier empresa que posea una buena administración, debe de generar a través de sus operaciones lo que llamaremos flujo de fondos netos positivos o lo que comunmente se denomina flujos de efectivo positivos.

Lo que se representa como "posición de los fondos", es una cantidad neta que resulta de la diferencia entre los fondos internamente producidos en un periodo y el monto de los fondos destinados a capital de inversión en ese mismo periodo y que dan soporte a los planes de operación de la compañía.

Cuando se combinan los flujos de los fondos de operaciones con los requerimientos de capital por parte de la empresa, aparece a través del tiempo un perfil de números positivos y negativos. Es probable que un negocio que se encuentra en una etapa de crecimiento, presente un contorno negativo, lo cual indica la necesidad de un financiamiento externo. Mientras que un negocio estable puede presentar un perfil de sus fondos mayor que sus ganancias. La tarea de la administración financiera es la de proveer los medios financieros que se ajusten a los planes de la compañía.

Las fuentes de financiamiento incluyen tanto inversiones de renta fija como de renta variable. Es por esto que a partir de los dispositivos financieros hemos representado flujos de entrada y salida hacia lo que en este trabajo nos interesa: la reserva contingente.

Aunque la reserva contingente también es un dispositivo financiero, decidimos ejemplificarlo en forma separada para enfatizar su papel de mantener y asegurar solvencia en específicamente uno de los dispositivos financieros: el portafolio de acciones. Además, de esta forma se le puede situar mejor en el diagrama general del flujo de fondos de una empresa (Ver Hunt (29)).

Así pues, la función de la reserva contingente es la de mantener solvencia siempre tratando de presentar un balance positivo.

El papel que juega la reserva contingente en el diagrama de toda la operación es sumamente importante pues las pérdidas provenientes por la aleatoriedad de alti-bajas en el mercado accionario pueden llegar a provocar un desnivel importante en los flujos financieros de la empresa y por lo tanto influir notablemente en toda la estructura de la misma.

Es por esto que debe tenerse sumo cuidado en la creación de la reserva y en su administración a lo largo del tiempo, pues dicha reserva debe tomar en cuenta la naturaleza probabilísica de los movimientos bursátiles y formularse, por lo tanto, a través de un esquema prospectivo que reconozca por fuerza a las fluctuaciones estocásticas en los valores invertidos.

Debemos reiterar, aunque pequemos de repetitivos, que dependerá de la estrategia financiera que la empresa siga para la determinación de fijar o no fijar la reserva.

En este trabajo solamente se presentará la forma de cómo calcular la reserva y las razones por las cuales puede resultar en beneficio de la compañía. El que se implante el modelo o no, dependerá de cada empresa.

II.4. FASES DEL MODELO

El modelo se ha dividido en cuatro fases esencialmente como lo podemos observar en la figura 14. A continuación explicaremos cada una de estas fases.

FASE I: ANALIZANDO LA INFORMACION

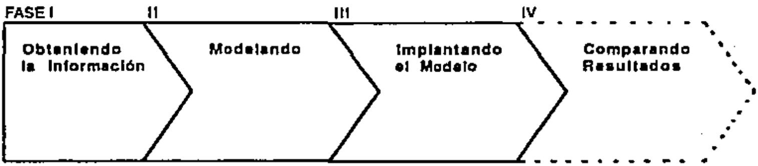
En esta fase se tienen que capturar los precios de cada acción que conforman al portafolio. Los precios deben ser mensuales puesto que el capturarlos en forma semanal o diario nos traería como consecuencia apenas un beneficio marginal en cuanto a la exactitud del modelo y si nos ocasionaría un mayor problema de almacenamiento y manejo de datos. Los precios deben tomarse desde cinco años atraś si es posible para poder tener así un buen panorama del comportamiento histórico del portafolio.

Si el portafolio para el cual se implantará la reserva contingente ya se ha manejado, deberá capturarse su comportamiento histórico. Esto es, debe capturarse el número mensual de cada acción del portafolio. Si apenas se va a crear el portafolio debe hacerse uso de alguna de las muchas metodolgías existentes de selección de portafolios (ver Brealey & Myers (12), Brown & Weinstein (13), Ferson, Kandel & Stambaugh (23), y Litzenberger & Ronn (33)), para de tal forma poder tener una historia qué analizar. A manera de simplificación, en el presente trabajo, después de seleccionar las acciones a tomar en cuenta, se propone un número promedio mensual de acciones por cada acción para los cinco años históricos necesarios para el modelo.

Habiendo capturado tanto los precios como el número de cada acción, se propone una estimación de las tasas de inflación y de rendimiento fijo para los meses posteriores a la implantación de la reserva.

El siguiente paso es ajustar el valor de las acciones del portafolio lo cual se deberá realizar a través de factores de ajuste que tomen en cuenta splits por precio y nuevas emisiones. Sin embargo, si al capturar los precios de las acciones ya se capturaron los valores ajustados, este paso de ajuste ya no deberá realizarse.

FASES DEL MODELO



Fase I

- Captura de:
  - Precios de cada acción del portafolio
  - Número promedio de cada acción
  - Tasa de inflación
  - Tasa de rendimiento de renta fija
- Ajuste del valor de las acciones
- Observación gráfica de las pérdidas del portafolio

Fase II

- Simulación del modelo con las tres distribuciones:
  - Poisson
  - Binomial negativa
  - Empírica
- Realizar análisis de sensibilidad con los siguientes parámetros:
  - k
  - Tasa de inflación
  - Tasa de rendimiento fija
- Obtención de las siguientes tablas
  - Tabla de aportación
  - Tabla de estructura porcentual del portafolio total final
  - Tabla comparativa de distribuciones de probabilidad

Fase III

- Determinación de la distribución a utilizar
- Determinación del tiempo a fijar la reserva
- Inversión de la reserva
- Mantener al portafolio en forma estable

Fase IV

- Comparación de los resultados de haber tenido la reserva contingente contra no haberla tenido

Figura 14

El último paso en esta fase es la observación gráfica del comportamiento del portafolio. Esta observación puede llegar a ser determinante para quienes ya estén familiarizados con el modelo y que a través de la simple observación de las pérdidas históricas (reales o simuladas) del portafolio puedan determinar qué distribución de probabilidad utilizar.

FASE II: MODELANDO

Esta fase es la más importante debido a que es en ella en la que se realizan los análisis probabilísticos necesarios para la fijación inicial de la reserva así como de sus valuaciones posteriores.

Debe realizarse la simulación del modelo con las combinaciones de las cuatro distribuciones de probabilidad que se tomaran en cuenta: la Poisson, la Binomial Negativa, la Uniforme y la Empírica.

Así pues, se debe realizar posteriormente el análisis de sensibilidad de la simulación con los parámetros que determinarán el monto de la reserva. Dichos parámetros son el número de veces en que se toma en cuenta la desviación standard del nivel de la reserva, la probabilidad de no tener pérdidas que superen el nivel de la misma, y las tasas de inflación y de rendimiento fijo estimados. El tiempo a fijar la reserva también es importante y el modelo presenta un rango razonable de opciones. Esto es, se obtienen resultados para 4, 6, 8 y 12 meses dándose la oportunidad de poder cambiar estos valores. Sin embargo, en base al dinamismo del mercado accionario estos valores pueden ser los más razonables.

Al realizar estos análisis de sensibilidad, se deben de obtener para cada distribución de probabilidad la tabla de aportación y la tabla de estructura porcentual del portafolio final total (portafolio de acciones más reserva contingente). Y, finalmente, se debe obtener la tabla comparativa de distribuciones de probabilidad.

FASE III: IMPLANTANDO EL MODELO

En esta fase se debe escoger la distribución de probabilidad a utilizar para implantar el modelo, y debe también determinarse el tiempo por el cual se mantendrá la reserva contingente. Esta decisión debe hacerse en base a los análisis de sensibilidad realizados en la Fase III y a las tablas comparativas que se obtuvieron en esa fase.

Al implantar el modelo, el nivel del portafolio de acciones se mantendrá más o menos en forma estable en base a los flujos que salgan de la reserva para soportar las pérdidas que el portafolio vaya sufriendo. Estos flujos se realizarán a través de ponderaciones para las acciones que conforman al portafolio.

FASE IV: COMPARANDO RESULTADOS

Esencialmente, esta etapa consiste en obtener los resultados de las inversiones en renta variable (portafolio de acciones) y en renta fija (reserva contingente). La comparación de estos resultados contra otros resultados que surjan de otra estrategia seguida es opcional debido a la variedad de opciones a seguir.

II.5 FORMULACION

Ya habiendo discutido la estrategia que se debe seguir durante la implantación del modelo, y habiendo analizado los posibles beneficios que la reserva puede traer consigo, se procederá a describir formalmente al modelo.

Así pues, son 5 los elementos esenciales que lo conforman:

1. Pérdidas provenientes de la inversión.

2. Número aleatorio de pérdidas.

3. Monto total de las pérdidas hasta e incluyendo el momento T.

4. Monto incial de la reserva contingente.

5. Aportación a la reserva.

A continuación se explicará cada una de ellas así como a las hipótesis que las sustentan.

1. Pérdidas Provenientes de la Inversión

Se denotarán a las pérdidas que resultan de los movimientos bursátiles mediante las variables aleatorias:

$$X_1, X_2, X_3, \ldots \quad , X_i > 0 , i \geq 1$$

donde el subíndice i indica el momento en que ocurrió la pérdida.

Se estudiará a estas variables aleatorias a través de dos distribuciones de probabilidad: la distribución Uniforme y una distribución empírica ajustada a los valores observados históricamente.

Se pueden utilizar otras distribuciones de probabilidad para describir el comportamiento de estas variables aleatorias. Sin embargo, al utilizar estas dos distribuciones se están tratando dos casos sumamente diferentes que pueden llegar a observarse.

La distribución Uniforme supone que las probabilidades de pérdida suceden a lo largo del periodo bajo estudio en forma estable. Mientras que la distribución empírica asocia las probabilidades de pérdida a las experiencias históricas ocurridas en este sentido.

Si bien el uso de otras distribuciones de probabilidad (como la de Pareto) se han utilizado para obtener modelos de mercados especulativos (ver Fama (20), Hickman (26), Mandelbrot (35), (36) y Mandelbrot & Taylor (39)) puesto que implican la existencia de cambios bruscos en las variables económicas que determinan la estabilidad de estos mercados, su uso implica una complicación en cuanto al esquema teórico del modelo. Esto se debe a que dichas distribuciones de probabilidad restringen el número de técnicas estadísticas necesarias para su manejo, llegando a ser menos flexibles en cuanto a su manejo teórico y por lo tanto también en cuanto a su aplicación práctica.

Es por estas razones que se utilizarán para la formulación del modelo la distribución Uniforme y una distribución ajustada puesto que facilitan su implantación sin dejar de ser totalmente representativas de la forma en cómo suceden las pérdidas.

2. Número Aleatorio de Pérdidas

Al número aleatorio de pérdidas se le denotará mediante el proceso estocástico:

$$\{N(t),\ 0 \leq t < \infty\}$$

Este proceso es un proceso estocástico que numera las pérdidas hasta el momento T. Da como resultados valores positivos puesto que no puede existir un número negativo de pérdidas. Y además estos resultados son enteros puesto que no puede existir un número fraccionario de pérdidas. Además, se supone independiente de las pérdidas (Xi's). Esto es, la magnitud de las pérdidas no determina la forma en cómo se distribuye el número de las mismas.

Además, se puede observar que este proceso cumple con las características de un proceso de conteo previamente estudiadas:

i) $N(0) = 0$.

ii) Si $t_1 < t_2 \Rightarrow N(t_1) < N(t_2)$

iii) Para $t_1 < t_2 \Rightarrow N(t_2) - N(t_1)$ denota el número de eventos que han ocurrido en el intervalo (t1, t2).

Se supondrá que este proceso sigue también dos distribuciones de probabilidad: la Poisson y la Binomial Negativa.

Las razones por las que se utilizan estas distribuciones para describir el comportamiento del número de las pérdidas de la inversión, son que ya han sido utilizadas en la administración de riesgos para analizar eventos catastróficos obteniéndose notables resultados. Estos eventos abarcan pérdidas provenientes de incendios, terremotos, choques automovilísticos, etc. Y se ha observado que el comportamiento de estas pérdidas es análogo al comportamiento que siguen las pérdidas de un portafolio de inversión.

Dado que la distribución de Poisson implica pequeñas probabilidades para eventos múltiples, puede modelar eventos de múltiples pérdidas de inversión. Por otro lado, la distribución Binomial Negativa puede manejar la posible existencia de dependencia en el número de las pérdidas de inversión.

Estas dos características de la distribución Poisson y de la Binomial Negativa hacen que su uso sea atractivo, puesto que los resultados que se obtienen al implantar el modelo con una o con otra variarán significativamente.

3. Monto Total de las Pérdidas hasta e Incluyendo el Momento T.

Se denotará a este monto mediante la suma aleatoria S(t) de las N(t) variables aleatorias Xi que representan a las pérdidas de inversión.

Esto es, S(t) será:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} X_i$$

Obsérvese que este proceso estocástico es una suma aleatoria debido a que el índice hasta el cual se realiza la suma es el proceso estocástico que indica el número de pérdidas de inversión que ocurrieron en el lapso bajo estudio. Este número, recuérdese, es un número aleatorio.

4. Monto Inicial de la Reserva Contingente

Este monto inicial corresponde al monto con que se inicia el periodo de valuación del modelo.

Así pues, si al implantar el modelo ya se posee una inversión de renta fija, esta inversión puede representar al monto inicial de la reserva y por lo tanto la aportación que el modelo determine se vería disminuida en esta cantidad. Si no se cuenta con dicha inversión, el monto inicial de la reserva será la aportación que el modelo determine en el momento en que se implante.

Este monto inicial será denotado por la letra u.

5. Aportación a la Reserva

Esta aportación es la que el modelo determina para el periodo en que se está realizando la valuación.

Se denotará mediante la letra:

$$A_t \quad , \quad t=1,2,3,\ldots$$

Como se mencionó en el punto anterior, si ya se posee una inversión en renta fija, la aportación que arroje el modelo se verá disminuida en el monto de dicha inversión y, posteriormente, el resultado de esta resta y la inversión previa en renta fija se invertirán en un nuevo monto a invertir a una tasa fija. Este nuevo monto representará a la reserva contingente.

De este modo se estará realizando la diversificación de la inversión: por un lado se tiene la inversión en renta variable (el portafolio de acciones) y por otro se tiene la inversión en renta fija (la reserva contingente).

En el momento en que se vayan terminando los periodos que se hayan determinado para la valuación del modelo (en la simulación se tomaron 4 meses), y se obtengan a través del modelo las aportaciones a la reserva contingente para los nuevos periodos, se deberá diminuir la nueva aportación en una cantidad equivalente al monto existente de la reserva en ese momento. Este monto estará conformado por: el monto de la reserva invertida a una tasa fija más los rendimientos que se obtuvieron de dicha inversión menos el monto de las pérdidas que se hayan tenido en ese lapso en el portafolio de renta variable.

Así pues, en este momento se puede ya formular la definición del nivel de la reserva en el momento t mediante el proceso estocástico:

$$u(t)=u+A_t-S(t) \quad , \qquad 0\leq t<\infty$$

El modelo se centra en el análisis del comportamiento de este proceso. Se estudiará por lo tanto su media y su varianza en base a la distribución de probabilidad que se escoja.
Así pues, se tiene que:

$$E\{u(t)\} = E\{u + A_t - S(t)\}$$
$$\Rightarrow E\{u(t)\} = E\{u\} + E\{A_t\} - E\{S(t)\}$$
$$\Rightarrow E\{u(t)\} = u + A_t - E\{X_1\} E\{N(t)\}$$

$$Var\{u(t)\} = Var\{u + A_t - S(t)\}$$
$$\Rightarrow Var\{u(t)\} = Var\{u\} + Var\{A_t\} + (-1)^2 Var\{S(t)\}$$
$$\Rightarrow Var\{u(t)\} = Var\{S(t)\}$$
$$\Rightarrow Var\{u(t)\} = E\{N(t)\} Var\{X_1\} + Var\{N(t)\}[E\{X_1\}]^2$$

Al analizar estos resultados se observa que dependen fuertmente de las distribuciones de probabilidad que se tomen en cuenta para el proceso N(t) y para las variables aleatorias Xi.

Por lo tanto, se manejarán los 4 resultados posibles provenientes de las combinaciones de las distribuciones de probabilidad previamente mencionadas.

N(t)	Xi
Poisson	Uniforme
Poisson	Empírica
Binomial negativa	Uniforme
Binomial negativa	Empírica

La figura 15 sirve para visualizar el comportamiento del proceso u(t).

COMPORTAMIENTO
DEL PROCESO u (t)

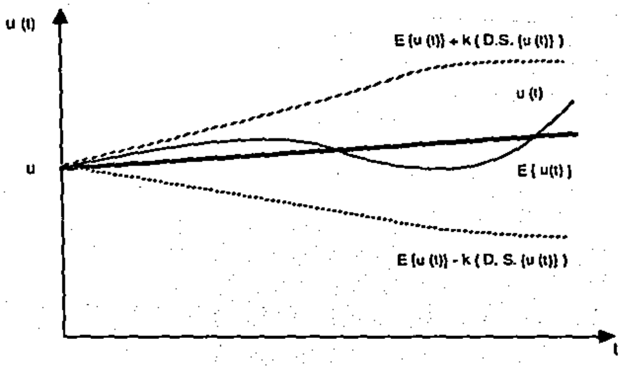


Figura 15

A partir de esta figura, se puede formular su principal hipótesis: se busca con cierta confiabilidad no llegar a tener un nivel de reserva menor que el rango inferior de confianza representado por

$$E\{u(t)\} - K \; D.S.\{u(t)\}.$$

Esto es, se busca por ejemplo, cumplir con la siguiente condición probabilística:

$$P\{u(t) < E\{u(t)\} - k \; D.S.\{u(t)\} \;, t \in [0, T]\} = \alpha$$

donde 0 , T representan los tiempos inicial y de cierre de observación para la valuación del modelo, y α es un parámetro que determinará qué tan cercana a 1, o qué tan lejos de 1, se quiere a esta probabilidad.

Esta probabilidad representa el deseo de que el nivel de la reserva contingente no llegue a ser insuficiente para no absorber k veces su desviación standard, la cual denota el monto del posible impacto resultante de la ocurrencia de las pérdidas.

Esto se puede re-expresar de la siguiente manera:

$$P\{u(t) \geq E\{u(t)\} - k \; D.S.\{u(t)\}\} = 1-\alpha$$

y a partir de la definición de u(t):

$$P\{u + A_t - S(t) \geq u + A_t - E\{X_i\} E\{N(t)\} - k \; D.S.\{u(t)\}\} = 1-\alpha$$

$$\Rightarrow P\{-S(t) \geq -\rho_1 E\{N(t)\} - k\sigma\} = 1-\alpha$$

$$\Rightarrow P\{S(t) \leq \rho_1 E\{N(t)\} + k\sigma\} = 1-\alpha$$

donde: $\sigma = D.S.\{u(t)\}$

$$\rho_j = E\{X^j\} \;, \quad j = 1, 2, 3, \ldots$$ son los momentos de las variables aleatorias Xi's.

Obsérvese que la probabilidad se re-expresó de tal forma que ahora se desea considerar con un alto grado de certeza, la seguridad de que el total de las pérdidas S(t) sea menor o igual que la aportación a la reserva:

$$\rho_1 E\{N(t)\} + k\sigma$$

Ahora bien, no sería sorprendente si una serie de pérdidas históricas revelara una tendencia inflacionaria. Esto podría manejarse idealmente si se supusieran diferentes distribuciones para cada una de las Xi's en donde un factor de inflación se tomara en cuenta. Sin embargo, esta metodología es marginalmente superior a la hipótesis de suponer una tendencia inflacionaria general para todo un lapso donde se esté analizando el total agregado de pérdidas ocurridas. Además, el suponer una distribución para cada una de las Xi's complica grandemente la obtención de las distribuciones de S(t) y de las funciones de S(t).

Es por estas razones que se supondrá una misma distribución para las Xi's, pero se le adicionará a la suma aleatoria S(t) una tendencia inflacionaria representada a través de la expresión $I(E\{S(t)\})$. Un valor de $I = 0.05$ implicará una tendencia inflacionaria del 5%. Así pues, uno puede observar el total agregado de las pérdidas aleatorias en el momento to por arriba de la tendencia inflacionaria. Obviamente esta tendencia inflacionaria será sumada también a la expresión que nos determina la aportación a la reserva, y por lo tanto tendremos que:

$$\begin{aligned} &\rho_1 E\{N(t)\} + k\sigma + I(E\{S(t)\}) = \\ &= \rho_1 E\{N(t)\} + k\sigma + I(\rho_1 E\{N(t)\}) = \\ &= (1+I)\rho_1 E\{N(t)\} + k\sigma \end{aligned}$$

Esta probabilidad, como ya se mencionó anteriormente, dependerá fuertemente de las distribuciones a utilizar y de la determinación del parámetro k como se verá posteriormente en la implantación del modelo para el portafolio de 5 acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores.

Así pues, para el caso en que se siga una distribución Poisson, se tiene que para el proceso N(t):

$$P\{N(t)=k\} = \frac{e^{-\lambda t}\,(\lambda t)^k}{k!}$$

Y que, en base a las características del proceso de Poisson antes presentadas,

$$E\{N(t)\} = Var\{N(t)\} = \lambda t$$

Por lo que:

$$Var\{u(t)\} = \lambda t p_2$$

Para el caso en que se siga una distribución Binomial Negativa:

$$P\{N(t)=k\} = \frac{\Gamma(k+b)}{k!\,\Gamma(b)} \left(\frac{c}{c+t}\right)^b \left(\frac{t}{c+t}\right)^k$$

En cuyo caso:

$$E\{N(t)\} = \frac{bt}{c} \quad \wedge \quad Var\{N(t)\} = \frac{bt(c+t)}{c^2}$$

Por lo que:

$$Var\{u(t)\} = \frac{bt p_2}{c} + \frac{bt^2 p_1^2}{c^2}$$

Así pues, para el caso Poisson, la expresión probabilística que se considera se convierte entonces en:

$$P\{S(t) \leq p_1 \lambda t + k\,(p_2 \lambda t)^{1/2}\} = 1-\alpha$$

Esta probabilidad se puede aproximar a partir de una expansión de series de Taylor mediante la siguiente expresión:

$$P\{S(t) > p_1 \lambda t + k(p_2 \lambda t)^{1/2}\} = \Phi(-k) + \frac{c_3}{3!\,(\lambda t)^{1/2}}\,\Phi^{(3)}(-k) + \frac{c_4}{4!\,\lambda t}\,\Phi^{(4)}(-k) +$$

$$+ \frac{10\,c_3^2}{6!\,\lambda t}\,\Phi^{(6)}(-k) + o(t)^{-3/2}$$

donde

$$\Phi(x) = (2\pi)^{-1/2} \int \exp\left(-t^2/2\right) dt \quad , \quad \Phi^{(j)}(x) = d^j\,\Phi(x) / dx^j$$

$$\wedge \quad C_n = \frac{p_n}{p_2^{n/2}}$$

cn son los n-ésimos momentos no centrales estandarizados. Y $O(t^{-3/2})$ es una O-pequeña la cual denota que:

$$|\text{residuo}| < M t^{-3/2}$$

para una t grande y una constante M positiva.

Para el caso de la distribución Binomial Negativa, se debe utilizar el proceso u(t) estandarizado:

$$u^*(t) = \frac{\dfrac{p_1 b t}{c} - S(t)}{\left[b t p_2 / c + p_1^2 b t^2 / c^2\right]} \quad , \; 0 \leq t < \infty .$$

Ahora bien, la distribución asintótica de $u^*(t)$ cuando $t \to \infty$ también está dada por la aproximación que se realiza para la distribución Poisson. (Para un análisis más profundo de estas generalizaciones el lector interesado debe consultar a Cramer (17) y a Seal (48)).

Estas generalizaciones han dado muy buenos resultados y por lo tanto se incorporan en el modelo para ambas distribuciones.

Ya analizados los resultados de las distribuciones de probabilidad del proceso N(t), se estudiarán los de las variables aleatorias Xi.

Para el caso en que se utilice la distribución Uniforme se tiene que:

$$P\{X_i \leq x\} = \frac{x-a}{b-a} \quad , \quad a \leq x \leq b.$$

en donde los parámetros a y b determinan la mínima y la máxima pérdida respectivamente.

Además, $\quad p_1 = \frac{(a+b)}{2} \quad , \quad p_2 = \frac{(a^2+ab+b^2)}{3}$

$$p_3 = \frac{b^4-a^4}{4(b-a)} \quad \wedge \quad p_4 = \frac{b^5-a^5}{5(b-a)}$$

que como ya se mencionó anteriormente son los momentos no centrales de esta distribución.

Para el caso en que se utilice la distribución empírica, se debe obtener una distribución de las pérdidas observadas y además obtener los momentos no centrales a partir de:

$$f(X) = \frac{\text{Número de pérdidas en } [a_i, b_i)}{\text{Número total de pérdidas.}} \qquad \forall\, [a_i, b_i) \quad , i=1,2,3,4$$

$$\Longrightarrow \quad P(X) = f(X_i) - f(X_{i-1})$$

$$\wedge \quad p_i = E\{X^i\} = \sum_{k=1}^{n} x_k^i \, p(x_k)$$

La distribución de las pérdidas se realiza en base a los rangos que sean determinados observando la serie histórica de las mismas.

Posteriormente se debe obtener una estimación de los parámetros de las distribuciones del proceso N(t). Así pues, para el caso Poisson, la lambda se obtendrá dividiendo el número de pérdidas observadas entre el número de periodos bajo observación. Para el caso de la distribución binomial negativa, la lambda se sustituye por la división de los parámetros b/c.

Así pues, para poder valuar la probabilidad:

$$P\{S(t) > p_1\lambda t + k(p_2\lambda t)^{1/2}\} = \Phi(-k) + \frac{c_3}{3!(\lambda t)^{1/2}}\Phi^{(3)}(-k) + \frac{c_4}{4!\lambda t}\Phi^{(4)}(-k) + \frac{10c_3^2}{6!\lambda t}\Phi^{(6)}(-k)$$

se necesita obtener expresiones para los términos

$$\Phi(-k),\quad \Phi^{(3)}(-k),\quad \Phi^{(4)}(-k) \quad \wedge \quad \Phi^{(6)}(-k).$$

Así pues, a partir de la definición de :

$$\Phi(x) = \int (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2}\,dx \Rightarrow \Phi'(x) = (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} \quad \wedge \quad \Phi(-x) = 1-\Phi(x)$$

$$\wedge \quad h(x) = (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad h'(x) = (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)$$

$$h''(x) = -(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} + (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) = -(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} + (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^2$$

$$h'''(x) = -(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) + (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(2x) + x^2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)$$

$$= (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} + 2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x - (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^3$$

$$h^{iv}(x) = (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} + x(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) + 2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} + x(2)(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) - [(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(3x^2) + x^3(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)]$$

$$= (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} - (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^2 + 2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2} - 2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^2 - 3(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^2 + (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}x^4$$

$$h^{v}(x) = (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) - [(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(2x) + x^2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)] + 2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x) - [2(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(2x) + x^2(2)(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)] - [3(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(2x) + x^2(3)(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)] + (2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(4x^3) + x^4(2\pi)^{-1/2}e^{-x^2/2}(-x)$$

Ahora bien, a partir de la definición de $\Phi(x)$ y $h(x)$:

$$h''(-x) = h''(x) \qquad h''(-x) = h''(x) = \Phi'''(-x)$$

$$h'''(-x) = -h'''(x) \qquad \Phi^{iv}(-x) = h'''(-x) = -h'''(x)$$

$$\Phi^{vi}(-x) = h^{v}(-x) = -h^{v}(x)$$

por lo que simplificando $h''(x)$, $h'''(x)$ y $h^{v}(x)$,

$$h''(x) = (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} [x^2 - 1]$$

$$h'''(x) = (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} x [-x^2 + 3]$$

$$h^{v}(x) = (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} x [-x^4 + 10x^2 - 15]$$

se tiene que:

$$P\{S(t) > p_1 \lambda t + k (p_2 \lambda t)^{1/2}\} = \Phi(-k) + \frac{c_3}{3!\,(\lambda t)^{1/2}} \Phi^{(3)}(-k) +$$

$$+ \frac{c_4}{4!\,\lambda t} \Phi^{(4)}(-k) + \frac{10\, c_3^2}{6!\,\lambda t} \Phi^{(6)}(-k) = 1 - \Phi(k) +$$

$$+ \frac{c_3}{3!\,(\lambda t)^{1/2}} h''(x) + \frac{c_4}{4!\,\lambda t} [-h'''(x)] + \frac{10\, c_3^2}{6!\,\lambda t} [-h^{v}(x)] = \alpha$$

$$\Rightarrow P\{S(t) > p_1 \lambda t + k (p_2 \lambda t)^{1/2}\} = 1 - \Phi(k) +$$

$$+ \frac{c_3}{3!\,(\lambda t)^{1/2}} (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} [x^2 - 1] -$$

$$- \frac{c_4}{4!\,\lambda t} (2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} x [-x^2 + 3] +$$

$$+ \frac{10\, c_3^2}{6!\,\lambda t} [-(2\pi)^{-1/2} e^{-x^2/2} x (-x^4 + 10x^2 - 15)] = \alpha$$

Esta expresión es la que se evalúa en el modelo con una = 0.01, pudiendo variarse dicho valor. Como puede observarse ya todos los elementos para su valuación son conocidos y el valor de se obtiene a partir de la tabla 14 tomada de Meyer (43).

III. SIMULACION DEL MODELO

Debido a la sencillez del modelo, resulta directa su programación en cualquier lenguaje de cómputo. Así pues, es decisión de aquel que decida manejarlo el programarlo en el lenguaje que desee. En este trabajo, se realizó la simulación del modelo utilizando el paquete Lotus 1-2-3 (34) y se presentarán los resultados obtenidos a través de las cuatro fases antes propuestas.

III.1. ANALIZANDO LA INFORMACION

Para poder realizar la simulación del modelo se conformó un portafolio constituido por 5 acciones:

i) Peñoles B

ii) Carbide A

iii) Apasco A

iv) Cydsasa A

v) Desc B

Se capturaron sus precios históricos mensuales desde 1981 hasta 1986, así como sus factores de ajuste por precio y por volumen correspondientes.

El número de acciones se determinó en forma aleatoria debido a que solamente se deseaba tener un portafolio que sirviera para implantar el modelo. Debe recordarse que no es objetivo del presente trabajo el optimizar el rendimiento del portafolio sino el de tratar de proteger la inversión que se tiene. Sin embargo, si se tuviera un portafolio optimizado los resultados serían aún más favorables.

TABLA 1

	[illegible]			[illegible]			[illegible]			[illegible]			[illegible]		
[illegible]	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
82	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
83	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
84	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

TABLA 1...
continuacion
[illegible]

AÑO	PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	[illegible] A PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	[illegible] A PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	[illegible] A PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.	[illegible] B PRECIO POR ACCION.	FACTOR DE AJUSTE.	NUMERO DE ACCIONES.
[illegible]	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$316.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$214.00	[illegible]	[illegible]	$104.00	1	[illegible]
	$766.26	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$112.00	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$107.00	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$270.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$96.50	1	133035
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$96.50	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	221975	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$105.50	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$292.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$137.[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$910.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$195.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
[illegible]	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,000.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$140.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$1,100.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	$1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$465.00	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]	$525.00	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$2,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$2,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$2,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$3,[illegible]	1	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$4,[illegible]	1	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]
	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	$1,[illegible]	1	[illegible]

PERDIDAS Y GANACIAS

MILLONES DE PESOS

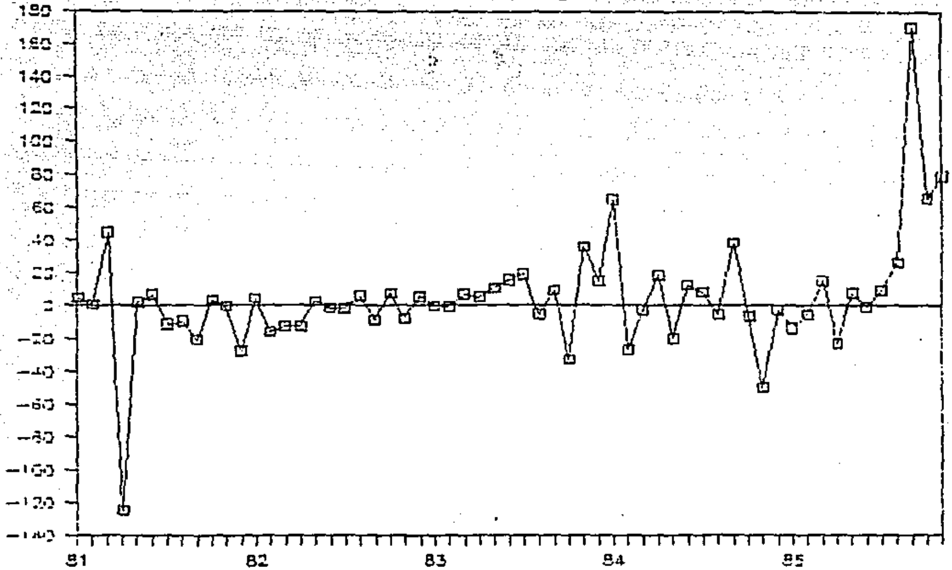


FIGURA 16

Así pues, los años de 1981, 1982, 1983, 1984 y 1985 sirvieron como base para la determinación de la aportación inicial a la reserva. Y el año de 1986 se utilizó para realizar el análisis del comportamiento del portafolio, así como de la reserva.

Los datos para el portafolio se muestran en la tabla 1.

Las tasas de inflación y de rendimiento de renta fija también se capturan en esta fase y se muestran en la tabla 2. Estas tasas se supusieron mensuales y promedio para todo el año. Si se quisiera una mayor exactitud en los cálculos, se podría realizar un pronóstico detallado de estas tasas mes a mes.

El siguiente paso consistió en analizar el comportamiento de las pérdidas del portafolio de acciones (Para realizar esto, los precios fueron ajustados en base a sus factores).

La tabla 3 muestra el comportamiento mensual del portafolio, así como el ordenamiento de las pérdidas desde la máxima hasta la más pequeña. La figura 16 muestra gráficamente el comportamiento del portafolio.

III.2. FASE 2: MODELANDO

En esta segunda fase se realizan los análisis de sensibilidad para todos los 4 casos posibles de combinación entre las distribuciones de N(t) y de las Xi's.

La tabla 2 muestra los principales parámetros que se necesitan para la determinación de la reserva. Como ya se mencionó anteriormente, esta tabla muestra las tasas de inflación y de rendimiento fijo sobre los cuales se realizan los análisis de sensibilidad. También muestra la máxima y la mínima pérdida observada en el portafolio para el periodo bajo estudio, así como al parámetro lambda que resulta del análisis del

TABLA 2

TABLA DE PARAMETROS

INFLACION (%) :	3
INTERES (%) :	4.3
LAMBDA :	0.47
MINIMA PERDIDA :	$202.22
MAXIMA PERDIDA :	$125,146.84

TABLA 3

AÑO	COMPORTAMIENTO MENSUAL (000)	PERDIDAS Y GANANCIAS (000)	PERDIDAS Y GANANCIAS %	MONTO PERDIDAS (000)	PERDIDAS ORDEN DESCEND. (000)	MINIMA PERDIDA (000)
81	$202,170.25					
	$207,147.94	$4,977.69	2.46%	$0.00	$125,146.84	
	$208,041.91	$893.97	0.43%	$0.00	$49,972.66	$0.00
	$252,642.46	$44,600.55	21.44%	$0.00	$32,920.43	$0.00
	$127,495.62	($125,146.84)	-49.54%	$125,146.84	$27,589.44	$0.00
	$129,430.74	$1,935.13	1.52%	$0.00	$26,533.09	$0.00
	$136,381.07	$6,950.32	5.37%	$0.00	$22,873.40	$0.00
	$125,124.83	($11,256.24)	-8.25%	$11,256.24	$20,298.19	$0.00
	$115,658.43	($9,466.40)	-7.57%	$9,466.40	$19,184.07	$0.00
	$95,360.24	($20,298.19)	-17.55%	$20,298.19	$15,681.69	$0.00
	$98,872.10	$3,511.86	3.68%	$0.00	$13,377.32	$0.00
	$98,012.03	($860.07)	-0.87%	$860.07	$12,262.49	$0.00
82	$70,422.59	($27,589.44)	-28.15%	$27,589.44	$12,163.48	$0.00
	$74,569.27	$4,146.68	5.89%	$0.00	$11,256.24	$0.00
	$58,887.58	($15,681.69)	-21.03%	$15,681.69	$9,466.40	$0.00
	$46,625.09	($12,262.49)	-20.82%	$12,262.49	$8,925.63	$0.00
	$34,461.61	($12,163.48)	-26.09%	$12,163.48	$8,255.03	$0.00
	$37,089.15	$2,627.54	7.62%	$0.00	$6,485.47	$0.00
	$35,436.95	($1,652.19)	-4.45%	$1,652.19	$5,971.73	$0.00
	$33,515.46	($1,921.50)	-5.42%	$1,921.50	$5,724.84	$0.00
	$39,572.89	$6,057.43	18.07%	$0.00	$5,416.60	$0.00
	$30,647.26	($8,925.63)	-22.55%	$8,925.63	$3,057.62	$0.00
	$38,001.97	$7,354.71	24.00%	$0.00	$3,003.26	$0.00
	$29,746.94	($8,255.03)	-21.72%	$8,255.03	$1,921.50	$0.00
83	$35,264.69	$5,517.75	18.55%	$0.00	$1,652.19	$0.00
	$35,062.47	($202.22)	-0.57%	$202.22	$1,194.54	$0.00
	$33,867.93	($1,194.54)	-3.41%	$1,194.54	$1,055.63	$0.00
	$40,685.39	$6,817.46	20.13%	$0.00	$860.07	$0.00
	$45,921.08	$5,235.69	12.87%	$0.00	$202.22	$0.00
	$56,508.47	$10,587.39	23.06%	$0.00	$0.00	$202.22
	$71,747.85	$15,239.38	26.97%	$0.00	$0.00	$0.00
	$90,378.24	$18,630.40	25.97%	$0.00	$0.00	$0.00
	$84,961.65	($5,416.60)	-5.99%	$5,416.60	$0.00	$0.00
	$94,253.96	$9,292.31	10.94%	$0.00	$0.00	$0.00
	$61,333.53	($32,920.43)	-34.93%	$32,920.43	$0.00	$0.00
	$96,843.99	$35,510.47	57.90%	$0.00	$0.00	$0.00
84	$111,662.41	$14,818.41	15.30%	$0.00	$0.00	$0.00
	$176,116.31	$64,453.91	57.72%	$0.00	$0.00	$0.00
	$149,583.23	($26,533.09)	-15.07%	$26,533.09	$0.00	$0.00
	$146,525.60	($3,057.62)	-2.04%	$3,057.62	$0.00	$0.00
	$164,493.73	$17,969.13	12.26%	$0.00	$0.00	$0.00
	$145,309.66	($19,184.07)	-11.66%	$19,184.07	$0.00	$0.00
	$157,584.60	$12,274.93	8.45%	$0.00	$0.00	$0.00
	$165,913.60	$8,329.00	5.29%	$0.00	$0.00	$0.00
	$159,941.87	($5,971.73)	-3.60%	$5,971.73	$0.00	$0.00
	$197,717.51	$37,775.65	23.62%	$0.00	$0.00	$0.00
	$191,232.04	($6,485.47)	-3.28%	$6,485.47	$0.00	$0.00
	$141,259.38	($49,972.66)	-26.13%	$49,972.66	$0.00	$0.00

TABLA 3...
continuacion

AÑO	COMPORTAMIENTO MENSUAL (000)	PERDIDAS Y GANANCIAS (000)	PERDIDAS Y GANANCIAS %	MONTO PERDIDAS (000)	PERDIDAS ORDEN DESCEND. (000)	MINIMA PERDIDA (000)
85	$138,256.12	($3,003.26)	-2.13%	$3,003.26	$0.00	$0.00
	$124,878.80	($13,377.32)	-9.68%	$13,377.32	$0.00	$0.00
	$119,153.96	($5,724.84)	-4.58%	$5,724.84	$0.00	$0.00
	$133,984.80	$14,830.85	12.45%	$0.00	$0.00	$0.00
	$111,111.40	($22,873.40)	-17.07%	$22,873.40	$0.00	$0.00
	$118,683.75	$7,572.34	6.82%	$0.00	$0.00	$0.00
	$117,628.12	($1,055.63)	-0.89%	$1,055.63	$0.00	$0.00
	$127,257.80	$9,629.68	8.19%	$0.00	$0.00	$0.00
	$152,917.40	$25,659.60	20.16%	$0.00	$0.00	$0.00
	$323,371.59	$170,454.19	111.47%	$0.00	$0.00	$0.00
	$388,540.68	$65,169.10	20.15%	$0.00	$0.00	$0.00
	$467,043.40	$78,502.72	20.20%	$0.00	$0.00	$0.00

comportamiento de las pérdidas (número de pérdidas entre periodos estudiados) y que es esencial para la determinación de la aportación a la reserva.

El análisis de sensiblidad también se realiza para el parámetro k y con el tiempo a invertir inicialmente la reserva. La tabla 4 muestra la aportación necesaria para los casos de Poisson-Uniforme y de Binomial Negativa-Uniforme para 4, 6, 8, y 12 meses y para k=2.50, 2.60, 2.75, 2.90.

La tabla 5 muestra la composición del portafolio total (portafolio de acciones y reserva) al momento de implantar el modelo y para todos los casos que se analizaron en la tabla 4.

La tabla 6 muestra el cálculo de la reserva para los casos estudiados. Siendo el primer caso para k=2.50, el segundo para k=2.60, y así sucesivamente.

Los casos Poisson-empírica y Binomial Negativa-empírica se muestran en las tablas 7, 8, 9 y 10. La tabla 9 muestra la obtención de los momentos de la distribución empírica en base a las observaciones.

La tabla 11 muestra los análisis comparativos de los resultados de todas las combinaciones posibles. Puede observarse que las combinaciones de la distribución Poisson son más baratas que las combinaciones de la distribución Binomial Negativa, siendo la combinación Poisson-empírica la más barata de todas.

Para todas las combinaciones se utilizó la tabla 14 que es la tabla necesaria para evaluar a $\mathbf{E}(x)$.

TABLA 4

TABLA DE APORTACION A LA RESERVA

POISSON - UNIFORME

K	PROBABILIDAD	TIEMPO 4	PROBABILIDAD	TIEMPO 6	PROBABILIDAD	TIEMPO 8	PROBABILIDAD	TIEMPO 12
2.50	0.021848892	$367,494.76	0.018815746	$483,256.18	0.017042170	$590,304.65	0.014971834	$789,310.31
2.60	0.019358937	$377,374.47	0.016328727	$495,356.30	0.014595120	$604,276.66	0.012609209	$806,422.45
2.75	0.015949516	$392,194.07	0.013048765	$513,506.47	0.011431726	$625,234.67	0.009622240	$832,090.67
2.90	0.012982523	$407,013.57	0.010334765	$531,656.64	0.008887701	$646,192.68	0.007298395	$857,758.89

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

K	PROBABILIDAD	TIEMPO 4	PROBABILIDAD	TIEMPO 6	PROBABILIDAD	TIEMPO 8	PROBABILIDAD	TIEMPO 12
2.50	0.021282952	$420,662.82	0.018364425	$570,805.31	0.016656874	$715,698.69	0.014667625	$997,945.38
2.60	0.018787488	$432,324.95	0.015884824	$585,690.75	0.014222399	$733,997.87	0.012316225	$1,022,370.05
2.75	0.015395752	$449,818.15	0.012631584	$608,519.41	0.011088487	$761,446.65	0.009359469	$1,059,007.06
2.90	0.012472474	$467,311.34	0.009959250	$631,147.87	0.008583630	$788,895.42	0.007070592	$1,095,644.07

TABLA 8

TABLA DE COMPOSICION DEL PORTAFOLIO TOTAL

POISSON - UNIFORME

	TIEMPO : 4			TIEMPO : 6			TIEMPO : 8			TIEMPO : 12		
K	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL
2.50	$467,043.40	$367,494.76	$834,538.16	$467,043.40	$483,256.18	$950,299.58	$467,043.40	$590,304.65	$1,057,348.05	$467,043.40	$789,310.31	$1,256,353.71
	55.96%	44.04%	100.00%	49.15%	50.85%	100.00%	44.17%	55.83%	100.00%	37.17%	62.83%	100.00%
2.60	$467,043.40	$377,374.46	$844,417.86	$467,043.40	$495,356.30	$962,399.70	$467,043.40	$604,276.66	$1,071,320.06	$467,043.40	$806,422.45	$1,273,465.85
	55.31%	44.69%	100.00%	48.53%	51.47%	100.00%	43.60%	56.40%	100.00%	36.67%	63.33%	100.00%
2.75	$467,043.40	$392,194.02	$859,237.42	$467,043.40	$513,506.47	$980,549.87	$467,043.40	$625,234.67	$1,092,278.07	$467,043.40	$832,090.67	$1,299,134.07
	54.36%	45.64%	100.00%	47.63%	52.37%	100.00%	42.76%	57.24%	100.00%	35.95%	64.05%	100.00%
2.90	$467,043.40	$407,013.57	$874,056.97	$467,043.40	$531,656.64	$998,700.04	$467,043.40	$646,192.60	$1,113,236.00	$467,043.40	$857,756.89	$1,324,800.29
	53.43%	46.57%	100.00%	46.77%	53.23%	100.00%	41.95%	58.05%	100.00%	35.25%	64.75%	100.00%

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

	TIEMPO : 4			TIEMPO : 6			TIEMPO : 8			TIEMPO : 12		
K	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL
2.50	$467,043.40	$420,662.82	$887,706.22	$467,043.40	$570,805.31	$1,037,848.71	$467,043.40	$715,698.66	$1,182,742.06	$467,043.40	$997,945.38	$1,464,988.78
	52.61%	47.39%	100.00%	45.00%	55.00%	100.00%	39.49%	60.51%	100.00%	31.88%	68.12%	100.00%
2.60	$467,043.40	$432,324.95	$899,368.35	$467,043.40	$585,890.95	$1,052,934.35	$467,043.40	$733,997.87	$1,201,041.27	$467,043.40	$1,022,370.05	$1,489,413.45
	51.93%	48.07%	100.00%	44.36%	55.64%	100.00%	38.89%	61.11%	100.00%	31.36%	68.64%	100.00%
2.75	$467,043.40	$449,815.15	$916,858.54	$467,043.40	$608,519.41	$1,075,562.81	$467,043.40	$761,446.65	$1,228,490.05	$467,043.40	$1,059,007.06	$1,526,050.46
	50.94%	49.06%	100.00%	43.42%	56.58%	100.00%	38.02%	61.98%	100.00%	30.60%	69.40%	100.00%
2.90	$467,043.40	$467,311.34	$934,354.74	$467,043.40	$631,147.87	$1,098,191.27	$467,043.40	$788,495.42	$1,255,538.82	$467,043.40	$1,095,644.07	$1,562,687.47
	49.99%	50.01%	100.00%	42.53%	57.47%	100.00%	37.19%	62.81%	100.00%	29.89%	70.11%	100.00%

TABLA 6

CALCULO DE LA RESERVA

	POISSON - UNIFORME PRIMER CASO				POISSON - UNIFORME SEGUNDO CASO			
P1	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422
P2	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700
P3	4.9606E+14	4.96797116E+14	4.9606E+14	4.96797724E+14	4.9606E+14	4.96797116E+14	4.9606E+14	4.96797116E+14
P4	4.9137E+19	4.91373706E+19	4.9137E+19	4.91333706E+19	4.9137E+19	4.91373706E+19	4.9137E+19	4.91373706E+19
SIGMA	98797.01331	121001.135367	239720.8761	371121.4467	98797.01331	121001.135367	239720.8761	371121.4467
ALFA	0.9934	0.9928	0.9930	0.9938	0.9951	0.9932	0.9953	0.9953
	2.5	2.5	2.5	3.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.5	2.5	2.5	3.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	4	4	4	4	4	4	4	4
C3	1.297998166	1.2979981665	1.297998166	1.2979981665	1.297998166	1.2979981665	1.297998166	1.2979981665
C4	1.797091491	1.7970914915	1.797092492	1.7970914915	1.797091491	1.7970914915	1.797092492	1.7970914915
AA	120502.2364	180751.34574	241004.4609	361506.69148	120502.2364	180751.34574	241004.4609	361506.69148
BB	98797.01331	121001.135367	239720.8761	371121.4467	98797.01331	121001.135367	239720.8761	371121.4467
D1	0.0062	0.0062	0.0063	0.0062	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
D2	0.158238247	0.1292027159	0.111962116	0.0914166851	0.158238247	0.1292027151	0.111962116	0.0914166851
D3	0.097023577	0.0970235776	0.097023577	0.0970235776	0.070237902	0.0702339428	0.070233102	0.0702339428
D4	0.040113649	0.0267424329	0.020056824	0.0133712163	0.040113649	0.0267424329	0.020056824	0.0133712165
D5	0.147417441	0.1474174415	0.147417441	0.1474174415	0.132787103	0.1327871072	0.132787107	0.1327871072
D6	0.061252515	0.0663570161	0.066267757	0.0661785052	0.061252515	0.0663570161	0.066267757	0.0661785052
D7	-0.34973758	-0.3497375865	-0.34973758	-0.3497375865	-0.24376322	-0.2437632258	-0.24376322	-0.2437632258

	POISSON - UNIFORME TERCER CASO				POISSON - UNIFORME CUARTO CASO			
P1	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422	62674.536422
P2	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700
P3	4.9606E+14	4.9606E+14	4.96797116E+14	4.96797116E+14	4.96797116E+14	4.96797724E+14	4.96797116E+14	4.96797116E+14
P4	4.9137E+19	4.9137E+19	4.91373706E+19	4.91373706E+19	4.91373706E+19	4.91373706E+19	4.91373706E+19	4.91373706E+19
SIGMA	98797.01331	121001.1351	239720.07615	371121.4467	98797.013315	121001.135367	239720.07615	371121.4467
ALFA	0.993	0.993	0.997	0.997	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	6	6	6	6
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	6	6	6	6
C3	1.297998166	1.297998166	1.2979981665	1.2979981665	1.2979981665	1.2979981665	1.2979981665	1.2979981665
C4	1.797092492	1.797091491	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.797092492
AA	120502.2504	180753.3453	241004.46098	361506.69148	120502.230493	180751.34574	241004.46098	361506.69148
BB	98797.01331	121001.1351	239720.07615	371121.4467	98797.013315	121001.135367	239720.07615	371121.4467
D1	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
D2	0.158238247	0.129202715	0.1119623163	0.0914166851	0.1583343433	0.1292027139	0.1119623163	0.0914166851
D3	0.059467562	0.059467656	0.0594676507	0.0594676508	0.0441087652	0.0441087652	0.0441087652	0.0441087652
D4	0.040113649	0.026742432	0.0200568247	0.0133712165	0.0441136696	0.0267424329	0.0200568247	0.0133712165
D5	0.116495792	0.116495792	0.116495792	0.116495792	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811
D6	0.061252515	0.066357616	0.066267757	0.0661785052	0.0612525155	0.0663570161	0.066267757	0.0661785052
D7	-0.08584483	-0.08584483	-0.0858448983	-0.0858448983	0.0281848723	0.0281848723	0.0281848723	0.0281848723

DONDE:

$AA = (1 + i/100)^{t} \rho_1 E[\lambda(t)]$

$BB = \tau$

$D1 = 1 - F(k)$

$D2 = \frac{c_3}{3!(\lambda t)^{2}}$

$D3 = h''(k)$

$D4 = \frac{c_4}{4!\lambda t}$

$D5 = -h'''(k)$

$D6 = \frac{10 c_3^2}{6!\lambda t}$

$D7 = -h^{v}(k)$

TABLA 6...
continuacion

CALCULO DE LA RESERVA

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

PRIMER CASO

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

SEGUNDO CASO

b	5	5	5	5	5	5	5	5
c	10	10	10	10	10	10	10	10
P1	62674.53042	62674.530422	62674.53042	62674.530422	62674.53042	62674.530422	62674.53042	62674.530422
P2	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700
P3	4.9080E+14	4.9079714E+14	4.9080E+14	4.9079714E+14	4.9080E+14	4.9079714E+14	4.9080E+14	4.9079714E+14
P4	4.9137E+19	4.9137370E+19	4.9137E+19	4.9137370E+19	4.9137E+19	4.9137370E+19	4.9137E+19	4.9137370E+19
SIGMA	116621.3137	150856.40283	182991.8480	244246.71318	116621.3137	150856.40283	182991.8480	244246.71318
F1(K)	0.9938	0.9938	0.9938	0.9938	0.9953	0.9953	0.9953	0.9953
	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	1.297988166	1.2979881665	1.297988166	1.2979881665	1.297988166	1.2979881665	1.297988166	1.2979881665
C4	1.797091491	1.7970914915	1.797091491	1.7970914915	1.797091491	1.7970914915	1.797091491	1.7970914915
AA	129109.5326	193664.29901	258219.0653	387328.59801	129109.5326	193664.29901	258219.0653	387328.59801
BB	116621.3137	150856.40283	182991.8480	244246.71318	116621.3137	150856.40283	182991.8480	244246.71319
D1	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
D2	0.152969372	0.1248989696	0.108165680	0.0883169083	0.152969372	0.1248989696	0.108165680	0.0883169083
D3	0.092023577	0.0920235776	0.092023577	0.0920235776	0.078237902	0.0782379028	0.078237902	0.0782379028
D4	0.037439406	0.024959604	0.018719703	0.012479802	0.037439406	0.024959604	0.018719703	0.012479802
D5	0.142417441	0.1424174415	0.142417441	0.1424174415	0.132787107	0.1327871072	0.132787107	0.1327871072
D6	0.011699814	0.0077998763	0.005849907	0.0038999381	0.011699814	0.0077998763	0.005849907	0.0038999381
D7	-0.36973758	-0.3697375885	-0.36973758	-0.3697375885	-0.24376322	-0.2437632258	-0.24376322	-0.2437632258

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

TERCER CASO

BINOMIAL NEGATIVA - UNIFORME

CUARTO CASO

b	5	5	5	5	5	5	5	5
c	10	10	10	10	10	10	10	10
P1	62674.53042	62674.53042	62674.530422	62674.530422	62674.530422	62674.530422	62674.530422	62674.530422
P2	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700	5229026700
P3	4.9080E+14	4.9080E+14	4.907971E+14	4.9079714E+14	4.9079714E+14	4.9079714E+14	4.9079714E+14	4.9079714E+14
P4	4.9137E+19	4.9137E+19	4.913737E+19	4.9137370E+19	4.9137370E+19	4.9137370E+19	4.9137370E+19	4.9137370E+19
SIGMA	116621.3137	150856.4028	182991.84803	244246.71318	116621.313708	150856.40283	182991.84803	244246.71318
F(K)	0.997	0.997	0.997	0.997	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	0	0	0	0
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	0	0	0	0
C3	1.297988166	1.297988166	1.2979881665	1.2979881665	1.2979881665	1.2979881665	1.2979881665	1.2979881665
C4	1.797091491	1.797091491	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915	1.7970914915
AA	129109.5326	193664.2990	258219.06534	387328.59801	129109.53267	193664.29901	258219.06534	387328.59801
BB	116621.3137	150856.4028	182991.84803	244246.71318	116621.313708	150856.40283	182991.84803	244246.71318
D1	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
D2	0.152969372	0.124898969	0.1081656805	0.0883169083	0.1529693724	0.1248989696	0.1081656805	0.0883169083
D3	0.059676503	0.059676503	0.0596765039	0.0596765039	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652
D4	0.037439406	0.024959604	0.018719703	0.012479802	0.0374394061	0.024959604	0.018719703	0.012479802
D5	0.114095792	0.114095792	0.114095792	0.114095792	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811
D6	0.011699814	0.007799876	0.0058499072	0.0038999381	0.0116999144	0.0077998763	0.0058499072	0.0038999381
D7	-0.08586489	-0.08586489	-0.0858648983	-0.0858648983	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223

TABLA 7

TABLA DE APORTACION A LA RESERVA

POISSON - EMPIRICA

K	PROBABILIDAD	TIEMPO 4	PROBABILIDAD	TIEMPO 6	PROBABILIDAD	TIEMPO 9	PROBABILIDAD	TIEMPO 12
2.50	0.030903982	$290,384.15	0.025577149	$392,755.99	0.022571421	$489,640.06	0.019170425	$673,903.13
2.60	0.028383983	$296,606.78	0.022961540	$400,377.12	0.019959287	$498,440.19	0.016620980	$684,681.03
2.75	0.024506634	$305,940.72	0.019223457	$411,608.81	0.016359283	$511,640.37	0.013239981	$700,847.89
2.90	0.020692321	$315,274.66	0.015821977	$423,240.51	0.013222733	$524,840.55	0.010434029	$717,014.75

BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA

K	PROBABILIDAD	TIEMPO 4	PROBABILIDAD	TIEMPO 6	PROBABILIDAD	TIEMPO 8	PROBABILIDAD	TIEMPO 12
2.50	0.029892810	$369,201.09	0.024804435	$523,607.48	0.021929543	$676,448.74	0.018672787	$980,198.20
2.60	0.027345570	$378,191.20	0.022185436	$535,884.87	0.019324296	$691,950.82	0.016136317	$1,002,072.32
2.75	0.023485144	$391,676.36	0.018476523	$554,300.97	0.015760754	$715,203.94	0.012795348	$1,034,883.50
2.90	0.019744229	$405,161.52	0.015147657	$572,717.06	0.012693360	$738,457.05	0.010041029	$1,067,694.48

TABLA 8

TABLA DE COMPOSICION DEL PORTAFOLIO TOTAL

POISSON - EMPIRICA

K	TIEMPO : 4 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 6 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 8 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 12 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL
12.50	$467,043.40	$290,384.15	$757,427.55	$467,043.40	$392,755.99	$859,799.39	$467,043.40	$489,640.06	$956,683.46	$467,043.40	$673,903.13	$1,140,946.53
	61.66%	38.34%	100.00%	54.32%	45.68%	100.00%	48.82%	51.18%	100.00%	40.93%	59.07%	100.00%
12.60	$467,043.40	$296,606.78	$763,650.18	$467,043.40	$400,377.12	$867,420.52	$467,043.40	$498,440.19	$965,483.58	$467,043.40	$684,681.03	$1,151,724.43
	61.16%	38.84%	100.00%	53.84%	46.16%	100.00%	48.37%	51.63%	100.00%	40.55%	59.45%	100.00%
12.75	$467,043.40	$305,940.72	$772,984.12	$467,043.40	$411,808.81	$878,852.21	$467,043.40	$511,640.37	$978,683.77	$467,043.40	$700,847.89	$1,167,891.29
	60.42%	39.58%	100.00%	53.14%	46.86%	100.00%	47.72%	52.28%	100.00%	39.99%	60.01%	100.00%
12.90	$467,043.40	$315,274.66	$782,318.06	$467,043.40	$423,240.51	$890,283.91	$467,043.40	$524,840.55	$991,883.95	$467,043.40	$717,014.75	$1,184,058.14
	59.70%	40.30%	100.00%	52.46%	47.54%	100.00%	47.09%	52.91%	100.00%	39.44%	60.56%	100.00%

BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA

K	TIEMPO : 4 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 6 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 8 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL	TIEMPO : 12 PORTAFOLIO	RESERVA	TOTAL
12.50	$467,043.40	$369,201.09	$836,244.49	$467,043.40	$523,607.48	$990,650.88	$467,043.40	$676,448.74	$1,143,492.14	$467,043.40	$980,198.20	$1,447,241.60
	55.85%	44.15%	100.00%	47.15%	52.85%	100.00%	40.84%	59.16%	100.00%	32.27%	67.73%	100.00%
12.60	$467,043.40	$378,191.20	$845,234.60	$467,043.40	$535,886.87	$1,002,930.27	$467,043.40	$691,950.82	$1,158,994.22	$467,043.40	$1,002,072.32	$1,469,115.72
	55.26%	44.74%	100.00%	46.57%	53.43%	100.00%	40.30%	59.70%	100.00%	31.79%	68.21%	100.00%
12.75	$467,043.40	$391,676.36	$858,719.76	$467,043.40	$554,300.97	$1,021,344.37	$467,043.40	$715,203.94	$1,182,247.34	$467,043.40	$1,034,883.50	$1,501,926.90
	54.39%	45.61%	100.00%	45.73%	54.27%	100.00%	39.50%	60.50%	100.00%	31.10%	68.90%	100.00%
12.90	$467,043.40	$405,161.52	$872,204.92	$467,043.40	$572,717.06	$1,039,760.46	$467,043.40	$738,457.05	$1,205,500.45	$467,043.40	$1,067,695.68	$1,534,738.08
	53.55%	46.45%	100.00%	44.92%	55.08%	100.00%	38.74%	61.26%	100.00%	30.43%	69.57%	100.00%

TABLA 9

DISTRIBUCION EMPIRICA.

DISTRIBUCION (000)	f(x)		F(x j) - F(x j-1)	p(x)	MOMENTOS. μ1	μ2	μ3	μ4
0	31	0		0.0714285714	8939.0601973	1118695160.9	1.4000117E+14	1.7520704E+19
5000	8	0.285714	0.2857142857	0.0714285714	3569.4757137	178376196.19	8913933002875	4.4545294E+17
15000	11	0.678571	0.3928571429	0.1071428571	3527.1893526	116116604.139	3822608997957	1.2584195E+17
20000	2	0.75	0.0714285714	0.1071428571	2956.0115611	81554707.262	2250048803613	6.2077589E+16
25000	2	0.821428	0.0714285714	0.1071428571	2842.8307396	75429075.063	2001366203676	5.3102423E+16
35000	3	0.928571	0.1071428571	0.0714285714	1633.8142777	37370897.318	854799249801	1.9552165E+16
	2	1	0.0714285714	0.0714285714	1459.8704774	29429741.616	597370389347	1.2125536E+16
TOTAL=	59			0.0714285714	1370.2904613	26287143.278	504205914098	9.6746363E+15
# PERDIDAS=	28			0.0714285714	1120.1207037	17565385.472	275454927109	4.3195987E+15
				0.3928571429	5255.3759372	70302849.614	940463742706	1.2580885E+16
				0.3928571429	4817.407355	59073416.497	724387264667	8.8827926E+15
				0.3928571429	4778.5099851	58123310.453	706981722032	8.5993380E+15
				0.3928571429	4422.0934015	49776134.677	560292006160	6.3067800E+15
				0.3928571429	3718.9122509	35204987.185	333264455287	3.1548141E+15
				0.3928571429	3506.4963891	33297679.449	279351418117	2.4933866E+15
				0.3928571429	3243.0473112	26771454.588	220999161528	1.8243547E+15
				0.3928571429	2547.8649491	16524112.9422	107166711731	6.9502677E+14
				0.3928571429	2346.0376028	14009909.0132	83663417118	4.9961531E+14
				0.3928571429	2249.0457094	12875434.9898	73709851908	4.2197738E+14
				0.3928571429	2127.9484744	11526237.4432	62432972975	3.3817420E+14
				0.2857142857	873.60623919	2671157.514	8167389545.4	24972788626685
				0.2857142857	858.07386338	2577017.6425	7739450195.8	23243569754685
				0.2857142857	548.99949627	1054901.5643	2026991495.7	3874860585401
				0.2857142857	472.05529245	779926.69696	1288589637.6	2128999784210
				0.2857142857	341.29797391	407695.07469	487009260.15	581753458178
				0.2857142857	301.60755704	318384.91462	336095337.03	354791338494
				0.2857142857	245.73374533	211347.75761	181773466.17	156337561268
				0.2857142857	57.776595225	11683.4723451	2362607.3838	477762341.19
					70120.583813	2074343142.8	1.6333400E+14	1.8298703E+19

TABLA 10

CALCULO DE LA RESERVA

	POISSON - EMPIRICA				POISSON - EMPIRICA			
	PRIMER CASO				SEGUNDO CASO			
P1	70120.58381	70120.583813	70120.58381	70120.583813	70120.58381	70120.583813	70120.58381	70120.583813
P2	2074343142.	2074343142.8	2074343142.	2074343142.8	2074343142.	2074343142.8	2074343142.	2074343142.8
P3	1.6333E+14	1.6333400E+14	1.6333E+14	1.6333400E+14	1.6333E+14	1.6333400E+14	1.6333E+14	1.6333400E+14
P4	1.8299E+19	1.8298703E+19	1.8299E+19	1.8298703E+19	1.8299E+19	1.8298703E+19	1.8299E+19	1.8298703E+19
SIGMA	62226.25812	76211.290501	88001.21817	107779.040632	62226.25812	76211.290501	88001.21817	107779.040632
FI(K)	0.9938	0.9938	0.9938	0.9938	0.9953	0.9953	0.9953	0.9953
	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	1.728843535	1.7288435357	1.728843535	1.7288435357	1.728843535	1.7288435357	1.728843535	1.7288435357
C4	4.252644880	4.2526448809	4.252644880	4.2526448809	4.252644880	4.2526448809	4.252644880	4.2526448809
AA	134818.5091	202227.76372	269637.0182	404455.52743	134818.5091	202227.76372	269637.0182	404455.52743
BB	62226.25812	76211.290501	88001.21817	107779.040632	62226.25812	76211.290501	88001.21817	107779.040632
D1	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
D2	0.210897316	0.1721969379	0.149126922	0.1217616225	0.210897316	0.1721969379	0.149126922	0.1217616225
D3	0.092023577	0.0920235776	0.092023577	0.0920235776	0.078237902	0.0782379028	0.078237902	0.0782379028
D4	0.074925108	0.063283406	0.047462554	0.031641703	0.074925108	0.063283406	0.047462554	0.031641703
D5	0.142417441	0.1424174415	0.142417441	0.1424174415	0.132787107	0.1327871072	0.132787107	0.1327871072
D6	0.022238839	0.0148258927	0.011119419	0.0074129464	0.022238839	0.0148258927	0.011119419	0.0074129464
D7	-0.36973758	-0.3697375885	-0.36973758	-0.3697375885	-0.24376322	-0.2437632258	-0.24376322	-0.2437632258

	POISSON - EMPIRICA				POISSON - EMPIRICA			
	TERCER CASO				CUARTO CASO			
P1	70120.58381	70120.58381	70120.583813	70120.583813	70120.583813	70120.583813	70120.583813	70120.583813
P2	2074343142.	2074343142.	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8
P3	1.6333E+14	1.6333E+14	1.63334E+14	1.633340E+14	163333997179350	163333997179350	163333997179350	163333997179350
P4	1.8299E+19	1.8299E+19	1.82987E+19	1.829870E+19	1.8298703402E+19	1.8298703402E+19	1.8298703402E+19	1.8298703402E+19
SIGMA	62226.25812	76211.29050	88001.218172	107779.040632	62226.258122	76211.290501	88001.218172	107779.040632
FI(K)	0.997	0.997	0.997	0.997	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	0	0	0	0
	2.7	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	0	0	0	0
C3	1.728843535	1.728843535	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357
C4	4.252644880	4.252644880	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809
AA	134818.5091	202227.7637	269637.01829	404455.52743	134818.50914	202227.76372	269637.01829	404455.52743
BB	62226.25812	76211.29050	88001.218172	107779.040632	62226.258122	76211.290501	88001.218172	107779.040632
D1	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
D2	0.210897316	0.172176937	0.1491269227	0.1217616225	0.2108973165	0.1721969379	0.1491269227	0.1217616225
D3	0.059676503	0.059676503	0.0596765039	0.0596765039	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652
D4	0.074925108	0.063283406	0.0474625545	0.031641703	0.0749251089	0.063283406	0.0474625545	0.031641703
D5	0.114095792	0.114095792	0.114095792	0.114095792	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811
D6	0.022238839	0.014825892	0.0111194195	0.0074129464	0.0222388391	0.0148258927	0.0111194195	0.0074129464
D7	-0.08586489	-0.08586489	-0.085864898	-0.0858649983	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223

TABLA 18...
continuacion
CALCULO DE LA RESERVA

BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA — PRIMER CASO | BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA — SEGUNDO CASO

b	5	5	5	5		5	5	5	5
c	10	10	10	10		10	10	10	10
P1	70120.58381	70120.583813	70120.58381	70120.583813	:	70120.58381	70120.583813	70120.58381	70120.583813
P2	2074343142.	2074343142.8	2074343142.	2074343142.8	:	2074343142.	2074343142.8	2074343142.	2074343142.8
P3	1.6333E+14	1.63334000E+14	1.6333E+14	1.63334000E+14	:	1.6333E+14	1.63334000E+14	1.6333E+14	1.63334000E+14
P4	1.8299E+19	1.82987030E+19	1.8299E+19	1.82987030E+19	:	1.8299E+19	1.82987030E+19	1.8299E+19	1.82987030E+19
SIGMA	89901.07510	122773.949688	155020.7748	218741.19875	:	89901.07510	122773.949688	155020.7748	218741.19875
F1(K)	0.9938	0.9938	0.9938	0.9938	:	0.9953	0.9953	0.9953	0.9953
	2.5	2.5	2.5	2.5	:	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	:	0	0	0	0
	2.5	2.5	2.5	2.5	:	2.6	2.6	2.6	2.6
	0	0	0	0	:	0	0	0	0
C3	1.728843535	1.7288435357	1.728843535	1.7288435357	:	1.728843535	1.7288435357	1.728843535	1.7288435357
C4	4.252644880	4.2526448809	4.252644880	4.2526448809	:	4.252644880	4.2526448809	4.252644880	4.2526448809
AA	144448.4026	216672.60398	288896.8053	433345.20796	:	144448.4026	216672.60398	288896.8053	433345.20796
BB	89901.07510	122773.949688	155020.7748	218741.19875	:	89901.07510	122773.949688	155020.7748	218741.19875
D1	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	:	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
D2	0.203746164	0.1663580468	0.144070294	0.117632903	:	0.203746164	0.1663580468	0.144070294	0.117632903
D3	0.092023577	0.0920235776	0.092023577	0.0920235776	:	0.076237902	0.0762379028	0.076237902	0.0762379028
D4	0.088596768	0.0590645122	0.044298384	0.0295322561	:	0.088596768	0.0590645122	0.044298384	0.0295322561
D5	0.142417441	0.1424174415	0.142417441	0.1424174415	:	0.132787107	0.1327871072	0.132787107	0.1327871072
D6	0.020756249	0.0138374999	0.010378124	0.0069187499	:	0.020756249	0.0138374999	0.010378124	0.0069187499
D7	-0.36973758	-0.3697375885	-0.36973758	-0.3697375885	:	-0.24376322	-0.2437632258	-0.24376322	-0.2437632258

BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA — TERCER CASO | BINOMIAL NEGATIVA - EMPIRICA — CUARTO CASO

b	5	5	5	5		5	5	5	5
c	10	10	10	10		10	10	10	10
P1	70120.58381	70120.58381	70120.583813	70120.583813	:	70120.583813	70120.583813	70120.583813	70120.583813
P2	2074343142.	2074343142.	2074343142.8	2074343142.8	:	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8	2074343142.8
P3	1.6333E+14	1.6333E+14	1.63334E+14	1.633340E+14	:	163333997179350	163333997179350	163333997179350	163333997179350
P4	1.8299E+19	1.8299E+19	1.82987E+19	1.829870E+19	:	1.829870342E+19	1.829870342E+19	1.829870342E+19	1.829870342E+19
SIGMA	89901.07510	122773.9496	155020.77489	218741.19875	:	89901.075104	122773.949688	155020.77489	218741.19875
F1(K)	0.997	0.997	0.997	0.997	:	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981
	2.7	2.7	2.7	2.7	:	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	:	0	0	0	0
	2.7	2.7	2.7	2.7	:	2.9	2.9	2.9	2.9
	5	5	5	5	:	0	0	0	0
C3	1.728843535	1.728843535	1.7288435357	1.7288435357	:	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357	1.7288435357
C4	4.252644880	4.252644880	4.2526448809	4.2526448809	:	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809	4.2526448809
AA	144448.4026	216672.6039	288896.80531	433345.20796	:	144448.40265	216672.60398	288896.80531	433345.20796
BB	89901.07510	122773.9496	155020.77499	218741.19875	:	89901.075104	122773.949688	155020.77499	218741.19875
D1	0.003	0.003	0.003	0.003	:	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
D2	0.203746164	0.166358046	0.1440702946	0.117632903	:	0.2037461646	0.1663580468	0.1440702946	0.117632903
D3	0.059676503	0.059676503	0.0596765039	0.0596765039	:	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652	0.0441082652
D4	0.088596768	0.059064512	0.0442983842	0.0295322561	:	0.0885767684	0.0590645122	0.0442983842	0.0295322561
D5	0.114095792	0.114095792	0.114095792	0.114095792	:	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811	0.0933892811
D6	0.020756249	0.013837499	0.0103781249	0.0069187499	:	0.0207562498	0.0138374999	0.0103781249	0.0069187499
D7	-0.08586489	-0.08586489	-0.085864893	-0.0858648983	:	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223	0.0281048223

TABLA 11

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
POISSON vs. POISSON
UNIFORME EMPIRICA

K	TIEMPO: 4 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 4 POISSON EMPIRICA	TIEMPO: 6 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 6 POISSON EMPIRICA	TIEMPO: 8 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 8 POISSON EMPIRICA	TIEMPO: 12 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 12 POISSON EMPIRICA
12.50	$367,494.76	$290,384.35	$483,754.18	$392,723.99	$590,304.65	$489,640.06	$789,310.31	$673,903.13
	26.55%	-20.98%	23.04%	-18.73%	20.56%	-17.05%	17.13%	-14.62%
12.60	$377,374.47	$296,604.78	$495,356.30	$400,377.12	$604,276.66	$498,440.19	$806,422.45	$684,681.03
	27.23%	-21.40%	23.72%	-19.17%	21.22%	-17.51%	17.78%	-15.10%
12.75	$392,194.02	$305,442.72	$513,564.47	$411,808.85	$625,234.67	$511,640.37	$832,093.67	$700,847.09
	28.19%	-21.99%	24.70%	-19.86%	22.20%	-18.17%	18.72%	-15.77%
12.90	$407,013.57	$315,274.66	$531,656.64	$423,240.31	$646,192.68	$524,840.55	$857,758.09	$717,014.75
	29.16%	-22.54%	25.62%	-20.39%	23.12%	-18.78%	* 19.63%	-16.41%

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
BINOMIAL NEGATIVA vs. BINOMIAL NEGATIVA
UNIFORME EMPIRICA

K	TIEMPO: 4 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 4 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO: 6 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 6 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO: 8 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 8 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO: 12 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 12 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA
12.50	$420,662.82	$369,201.09	$570,832.31	$523,607.41	$712,498.69	$676,640.74	$997,945.38	$980,190.20
	13.94%	-12.23%	9.03%	-8.27%	5.06%	-5.40%	1.83%	-1.78%
12.60	$432,324.95	$378,191.70	$585,892.95	$535,854.07	$733,997.87	$691,950.82	$1,022,370.05	$1,002,072.37
	14.31%	-12.52%	9.33%	-8.54%	6.00%	-5.73%	2.02%	-1.99%
12.75	$449,818.15	$391,674.36	$585,896.95	$554,300.47	$741,446.65	$715,203.14	$1,059,007.66	$1,034,883.58
	14.84%	-12.93%	5.70%	-5.39%	6.47%	-4.07%	2.33%	-2.28%
12.90	$467,331.34	$405,161.52	$631,147.87	$572,717.66	$788,895.47	$738,457.05	$1,095,644.87	$1,067,694.68
	15.34%	-13.30%	10.26%	-9.26%	6.83%	-6.39%	2.62%	-2.55%

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
POISSON vs. BINOMIAL NEGATIVA
UNIFORME UNIFORME

K	TIEMPO: 4 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 4 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 6 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 6 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 8 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 8 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO: 12 POISSON UNIFORME	TIEMPO: 12 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME
12.50	$367,494.76	$420,662.87	$483,754.18	$570,832.31	$590,304.65	$715,498.69	$789,310.31	$997,945.38
	-12.64%	14.47%	-15.34%	18.12%	-17.52%	21.24%	-20.91%	26.43%
12.60	$377,374.47	$432,324.95	$495,356.30	$585,892.95	$604,276.66	$733,997.87	$806,472.45	$1,022,370.05
	-12.71%	14.56%	-15.45%	18.28%	-17.67%	21.47%	-21.12%	26.78%
12.75	$397,194.02	$449,818.15	$513,561.47	$585,893.95	$625,234.67	$741,446.65	$832,093.67	$1,059,007.66
	-12.81%	14.69%	-12.35%	14.10%	-17.09%	21.39%	-21.43%	27.27%
12.90	$407,013.57	$467,311.34	$531,656.64	$631,147.87	$646,192.68	$766,895.47	$857,758.09	$1,095,644.87
	-12.96%	14.81%	-15.76%	18.71%	-18.09%	22.00%	-21.31%	27.73%

TABLA 11...
continuación

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
POISSON vs. BINOMIAL NEGATIVA
EMPIRICA UNIFORME

K	TIEMPO 4 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 4 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO 6 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 6 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO 8 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 8 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME	TIEMPO 12 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 12 BINOMIAL NEGATIVA UNIFORME
12.50	$293,384.15	$420,442.82	$392,755.99	$571,805.31	$489,643.86	$715,698.49	$673,963.15	$992,945.38
	-30.97%	44.84%	-31.49%	45.33%	-32.39%	46.17%	-32.97%	48.08%
12.60	$296,606.79	$432,326.95	$400,377.12	$583,890.95	$498,440.19	$733,997.87	$686,681.65	$1,022,270.35
	-31.39%	45.76%	-31.46%	46.33%	-32.09%	47.26%	-33.03%	49.37%
12.75	$305,960.77	$449,018.15	$412,850.81	$585,890.95	$511,616.37	$763,416.45	$700,847.89	$1,059,087.06
	-31.99%	47.03%	-29.71%	42.27%	-32.81%	48.82%	-27.82%	51.18%
12.90	$315,279.66	$467,311.34	$427,240.51	$621,157.87	$524,843.55	$788,895.92	$717,616.75	$1,095,646.07
	-32.51%	48.22%	-32.94%	49.12%	-33.47%	50.33%	-36.54%	52.81%

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
POISSON vs. BINOMIAL NEGATIVA
UNIFORME EMPIRICA

K	TIEMPO 4 POISSON UNIFORME	TIEMPO 4 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 6 POISSON UNIFORME	TIEMPO 6 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 8 POISSON UNIFORME	TIEMPO 8 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 12 POISSON UNIFORME	TIEMPO 12 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA
12.50	$567,494.76	$549,201.09	$632,256.16	$522,623.48	$590,564.63	$676,448.34	$787,310.31	$962,898.20
	-0.46%	0.16%	-7.71%	8.33%	-12.72%	14.59%	-19.07%	24.16%
12.60	$537,574.47	$578,191.20	$675,256.30	$535,864.87	$681,274.66	$692,950.82	$836,422.05	$1,062,872.37
	-0.72%	6.22%	-7.56%	6.19%	-12.67%	10.53%	-19.52%	26.76%
12.75	$593,194.62	$591,676.36	$515,586.47	$554,306.97	$625,234.67	$715,303.94	$832,892.67	$1,034,882.50
	0.13%	-0.33%	-7.54%	7.99%	-12.58%	14.39%	-19.66%	26.37%
12.90	$467,833.57	$605,161.52	$531,154.64	$572,717.64	$616,293.62	$738,457.05	$857,758.85	$1,047,694.66
	0.46%	-0.44%	-7.17%	7.72%	-12.41%	16.26%	-17.64%	24.97%

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
POISSON vs. BINOMIAL NEGATIVA
EMPIRICA EMPIRICA

K	TIEMPO 4 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 4 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 6 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 6 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 8 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 8 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA	TIEMPO 12 POISSON EMPIRICA	TIEMPO 12 BINOMIAL NEGATIVA EMPIRICA
12.50	$296,384.15	$369,201.09	$392,755.99	$523,657.48	$489,643.86	$676,448.34	$673,963.12	$980,198.26
	-21.35%	27.14%	-24.49%	33.32%	-27.67%	38.25%	-31.25%	45.43%
12.60	$296,606.78	$378,191.29	$400,377.12	$535,864.83	$498,443.19	$692,950.82	$686,681.65	$1,002,872.37
	-21.57%	27.29%	-25.29%	33.85%	-27.97%	38.82%	-31.47%	46.31%
12.75	$305,960.72	$391,676.36	$411,806.81	$554,300.57	$511,642.37	$715,303.94	$700,847.89	$1,034,882.50
	-21.89%	28.07%	-25.71%	33.60%	-28.44%	39.79%	-32.28%	47.66%
12.90	$315,279.66	$405,161.57	$423,240.51	$572,717.64	$524,840.55	$738,451.05	$717,616.75	$1,047,696.66
	-22.19%	28.51%	-26.10%	35.32%	-28.93%	40.70%	-32.80%	48.91%

III.3 FASE 3: IMPLANTANDO EL MODELO

Ya habiendo analizado todos los resultados que se obtuvieron en la segunda fase, se procede a determinar la combinación de parámetros que más convenga y guste al tomador de decisiones.

El caso que se tomó como ejemplo en esta simulación posee los siguientes parámetros:

i) N(t) con distribución Poisson
ii) Xi's con distribución empírica
iii) Tasa de inflación mensual del 3%
iv) Tasa de rendimiento de renta fija mensual del 4.3%
v) k=2.75
vi) Valuación cada cuatro meses.

Estos parámetros dan como resultado una probabilidad de 0.0206, la cual es muy conservadora. Si se deseara una probabilidad mayor, se tendría que utilizar otra combinación de parámetros.

Con estos datos se realizó la simulación para el año de 1986. La tabla 12 muestra los resultados de esta simulación.

La primera columna representa el comportamiento del portafolio de las acciones para 1986, y la segunda columna representa a las pérdidas que se fueron sucediendo en el mismo lapso.

Las columnas de "reserva invertida" y de "nivel de la reserva" representan las aportaciones a la reserva y los flujos al portafolio para solventar las pérdidas que éste ha sufrido.

Tomemos como ejemplo la primera pérdida de $19.9 millones. El portafolio de acciones se vió reducido en esa cantidad por lo que en ese momento entra a funcionar la reserva. $19.9 millones de la reserva se traspasan al portafolio de acciones mediante una ponderación para las cinco acciones que lo conforman. Esta ponderación se muestra en la parte inferior de la misma tabla.

TABLA 12

ANALISIS COMPARATIVO PARA 1986.

CON EL MODELO IMPLANTADO PARA EL CASO : POISSON - EMPIRICA

MES	PORTAFOLIO DE ACCIONES	PERDIDAS	RESERVA INVERTIDA	NIVEL DE LA RESERVA	APORTACION CALCULADA	APORTACION FINAL	MONTO DEL PORTAFOLIO TOTAL	ESTRUCTURA PORCENTUAL: RESERVA	ESTRUCTURA PORCENTUAL: PORTAFOLIO DE ACCIONES
DIC. 85	$467,043.40		$305,940.72	$305,940.72	$305,940.72	$305,940.72	$772,984.12	39.58%	60.42%
ENE. 86	$447,169.47	($19,873.93)	$319,596.17	$299,222.24			$766,765.64	41.68%	58.32%
FEB. 86	$517,550.72	$70,381.25	$312,088.79	$312,088.79			$829,639.51	36.31%	63.69%
MAR. 86	$576,729.67	($20,821.10)	$325,568.61	$304,667.51			$902,298.28	36.08%	63.92%
ABR. 86	$667,867.63	$86,137.42	$317,789.07	$511,640.37	$511,640.37	$193,851.29	$985,656.71	32.41%	67.59%
MAY. 86	$685,791.22	$72,924.19	$533,640.90	$533,640.95			$1,219,432.13	43.76%	56.24%
JUN. 86	$664,745.97	($21,045.26)	$556,587.46	$535,542.20			$1,221,333.43	45.57%	54.43%
JUL. 86	$819,497.86	$174,951.99	$558,570.52	$558,570.52			$1,378,068.38	39.95%	60.05%
AGO. 86	$980,159.21	$160,661.35	$582,589.05	$700,847.89	$700,847.89	$118,258.84	$1,562,748.27	37.28%	62.72%
SEP. 86	$1,198,544.37	$218,385.56	$730,984.35	$730,984.35			$1,929,529.12	37.88%	62.12%
OCT. 86	$1,437,515.27	$240,970.50	$762,416.68	$762,416.68			$2,199,931.95	35.14%	64.86%
NOV. 86	$1,855,009.47	$417,294.19	$795,200.59	$795,200.59			$2,650,210.06	30.01%	69.99%
DIC. 86	$2,264,848.39	$410,838.93	$829,394.22	$829,394.22			$3,094,242.61	26.80%	73.20%

MES	PENOLES B: PRECIO POR ACCION.	PENOLES B: FACTOR DE AJUSTE.	PENOLES B: NUMERO DE ACCIONES.	CAMBISE A: PRECIO POR ACCION.	CAMBISE A: FACTOR DE AJUSTE.	CAMBISE A: NUMERO DE ACCIONES.
DIC. 85	PONDERACION : 0.3784699			PONDERACION : 0.2517653		
ENE. 86	$1,500.00	0.985	33383	$1,000.00	0.98266	233776
FEB. 86	$1,550.00	0.985	54023	$1,100.00	0.98266	240038
MAR. 86	$1,500.00	0.985	54023	$1,400.00	0.98266	240038
ABR. 86	$1,550.00	0.985	61903	$1,800.00	0.98266	245272
MAY. 86	$2,250.00	0.985	61903	$1,725.00	1	245272
JUN. 86	$1,950.00	0.985	61903	$1,500.00	1	245272
JUL. 86	$2,350.00	0.985	69868	$1,800.00	1	250570
AGO. 86	$3,550.00	0.985	69868	$1,850.00	1	250570
SEP. 86	$4,460.00	0.985	69868	$2,150.00	1	250570
OCT. 86	$4,900.00	0.985	69868	$3,075.00	1	250570
NOV. 86	$6,300.00	1	69868	$3,000.00	1	250570
DIC. 86	$7,500.00	1	69868	$3,800.00	1	250570

MES	APASCO A: PRECIO POR ACCION.	APASCO A: FACTOR DE AJUSTE.	APASCO A: NUMERO DE ACCIONES.	CYDSASA A: PRECIO POR ACCION.	CYDSASA A: FACTOR DE AJUSTE.	CYDSASA A: NUMERO DE ACCIONES.	DESC B: PRECIO POR ACCION.	DESC B: FACTOR DE AJUSTE.	DESC B: NUMERO DE ACCIONES.
DIC. 85	PONDERACION : 0.3461600			PONDERACION : 0.2200793			PONDERACION : 0.0947775		
ENE. 86	$180.00	1	577243	$960.00	0.95455	34163	$370.00	1	130431
FEB. 86	$160.00	1	567249	$1,100.00	0.95455	42673	$340.00	1	137232
MAR. 86	$146.00	1	567249	$865.00	0.95455	42673	$335.00	1	137232
ABR. 86	$184.00	1	568249	$760.00	0.95455	47439	$295.00	1	139205
MAY. 86	$132.00	1	568249	$915.00	0.95455	47439	$360.00	1	139205
JUN. 86	$222.00	1	568249	$925.00	1	47439	$445.00	1	139205
JUL. 86	$132.00	1	569219	$1,500.00	1	52256	$520.00	1	141200
AGO. 86	$136.00	1	569219	$2,000.00	1	52256	$600.00	1	141200
SEP. 86	$198.00	1	569219	$2,500.00	1	52256	$805.00	1	141200
OCT. 86	$380.00	1	569219	$3,900.00	1	52256	$1,100.00	1	141200
NOV. 86	$435.00	1	569219	$4,200.00	1	52256	$1,250.00	1	141200
DIC. 86	$610.00	1	569219	$4,800.00	1	52256	$1,350.00	1	141200

Al término de los primeros cuatro meses, la aportación que correspondía a una inversión inicial de la reserva con los mismos parámetros excepto que su tiempo de valuación es de 8 meses, se utiliza para determinar la aportación de los próximos cuatro meses. Esto es, la diferencia de la reserva invertida y la aportación calculada darán la nueva aportación para obtener así el nuevo nivel de la reserva. Las últimas tres columnas muestran el portafolio total y la estructura porcentual del mismo. Puede observarse que esta estructura corresponde a una diversificación del capital invertido del 40% en renta fija y del 60% en renta variable aproximadamente durante todo el año y que resulta ser una práctica comun. Sin embargo, no debe olvidarse que el monto de la inversión en renta fija se ha determinado en base a fundamentos estadísticos con la mira de la protección de la inversión en renta variable.

III.4. FASE 4: COMPARANDO RESULTADOS

Esta fase es opcional y consiste en comparar los resultados obtenidos con la implantación del modelo (ver tabla 13) contra aquellos resultados que se obtuviesen a través de otra estrategia de inversión.

Definitivamente esta comparación dependerá de las otras estrategias que se decidan seguir y por lo tanto los resultados variarán significativamente.

Sin embargo, el principal objetivo que se perseguía de una protección contra posibles fluctuaciones del precio de las acciones que conforman al portafolio, se ha conseguido.

TABLA 13

	RENDIMIENTO TOTAL IMPLANTANDO EL MODELO. MONTO	%
RENDIMIENTO DEL PORTAFOLIO DE ACCIONES	$1,598,956.18	140.12%
+		
RENDIMIENTO DE LA INVERSION DE LA RESERVA	$79,305.37	15.15%
RENDIMIENTO TOTAL	$1,678,261.55	155.27%

TABLA 14

TABLA DE $\Phi(x)$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.648	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.719	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7673	0.7703	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.898	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.937	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.943	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9648	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	96.86	0.9693	0.97	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9756	0.9762	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.983	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.985	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9874	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.989
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.992	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.994	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.996	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.997	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.998	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.999	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1

CONCLUSIONES

Es interesante analizar en las tablas 5 a 8 la composición del portafolio total. Si se observa, para los tiempos iniciales de implantación de 4 y 6 meses se mantiene, en términos generales, una relación entre el portafolio de acciones y la reserva de 50% y 50% y a medida que los tiempos iniciales aumentan esta relación se transforma a 40% y 60% aproximadamente.

Ahora bien, a la hora de la implantación del modelo (ver tabla 12), se puede observar que la estructura porcentual se conserva en promedio en un 40% de la reserva y un 60% del portafolio de acciones.

Como ya se mencionó anteriormente, las distribuciones de probabilidad que se utilizaron para describir al comportamiento de las pérdidas y al número de las mismas no son las únicas. Otro tipo de distribuciones pueden ser utilizadas, necesitándose únicamente obtener el valor esperado del número total de las pérdidas así como su desviación standard para la implantación del modelo.

A partir de los resultados que se obtuvieron se afirma la hipótesis de que la distribución Binomial Negativa resulta más cara debido a que toma en cuenta cierta dependencia entre las pérdidas. Este puede ser un factor determinante en la decisión de qué distribución utilizar para la implantación del modelo y que definitivamente afectará el rendimiento de la inversión.

También resulta interesante el análisis comparativo de resultados de la tabla 11. Aquí se puede observar que las combinaciones de las distribuciones Poisson y Binomial Negativa con la empírica siempre resultan más baratas que las combinaciones con la distribución Uniforme y que, a su vez, todas las combinaciones de la Poisson resultan más baratas que las de la Binomial Negativa. Con esto se afirma la hipótesis de que la distribución Binomial Negativa es más cara debido a que toma en cuenta cierta dependencia entre las pérdidas y que describir el fenómeno de las pérdidas en el portafolio de acciones mediante una distribución empírica lo representará más fielmente.

Como ya se mencionó anteriormente, las distribuciones de probabilidad que se utilizaron para describir al comportamiento de las pérdidas y al número de las mismas no son las únicas. Otro tipo de distribuciones pueden ser utilizadas, necesitándose únicamente obtener el valor esperado del número total de las pérdidas así como su desviación standard para la implantación del modelo.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer la ayuda prestada por el Sr. John A. Beekman en cuanto a la literatura de la teoría de riesgos colectivos que me facilitó, así como por sus valiosos puntos de vista de su modelo y de la forma en cómo analizar el comportamiento bursátil mexicano.

También deseo agradecer las observaciones de los Srs. James C. Hickman y Benoit Mandelbrot en cuanto al desarrollo de la teoría del estudio de movimientos bursátiles, así como del análisis de los riesgos de fenómenos catastróficos.

Al Act. Carlos del Cueto mis más sinceras gratitudes por su guía en la elaboración de este trabajo y en el estudio de los procesos estocásticos.

Agradezco de igual forma a McKinsey & Company, Inc. por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

APENDICES

- APENDICE I: Demostración del Teorema 2 del Capítulo I.
- APENDICE II: Demostración del Teorema 3 del Capítulo I.

APENDICE I

TEOREMA 2. Supóngase que $0 < t1 < t2 < \ldots < tn1 < tn$ es una partición del intervalo $[0, t]$. Defínanse los incrementos:

$$z_1 = N(t_1) \quad , \quad z_2 = N(t_2) - N(t_1), \; . \; . \; . \; , z_n = N(t_n) - N(t_{n-1})$$

Entonces, z1, z2, z3,...zn son variables aleatorias mutuamente independientes que siguen la distribución de Poisson con λt_1, $\lambda(t_2 - t_1), \ldots,$ $\lambda(t_n - t_{n-1})$ por parámetros respectivamente.

Demostración: Es necesario mostrar que:

$$1) \quad P\{(z_1 = k_1) \cap \ldots \cap (z_n = k_n)\} = \frac{(\lambda t_1)^{k_1}}{k_1!} \exp(-\lambda t_1) \ldots \frac{[\lambda(t_n - t_{n-1})]^{k_n}}{k_n!} \exp[-\lambda(t_n - t_{n-1})]$$

para todos los enteros no negativos k1,... kn.

Por simplicidad, se demostrará el teorema para el caso en que n = 2 siendo muy sencilla la generalización (Ver Feller (22).)

Supóngase que $k > 0$, $r > 0$, entonces, el evento:

$$(z_1 = k) \quad \cap \quad (z_2 = r)$$

es el mismo que el evento:

$$(S_k \leq t_1) \wedge (S_{k+1} > t_1) \wedge (S_{k+r} \leq t) \wedge (S_{k+r+1} > t)$$

donde: $S_m = W_1 + W_2 + W_3 + \ldots + W_m$ (Ver figura 5).

Por lo que:

$$P\{(z_1 = k) \cap (z_2 = r)\} = \lambda^{k+r+1} \int_A \cdots \int \exp[-\lambda(x_1 + \ldots + x_{k+r} + x_{k+r+1})] dx_1 \ldots x_{k+r+1}$$

Donde A es el conjunto:

$$(S_k \le t_1) \cap (S_{k+1} > t_1) \cap (S_{k+r} \le t) \cap (S_{k+r+1} > t)$$

Y

$$S_m = x_1 + \cdots + x_m$$

Ahora manténganse $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_{k+r}$ fijas e intégrese con respecto a x_{k+r+1}. Dado que $S_{k+r+1} > t$, x_{k+r+1} oscila entre $t - S_{k+r}$ y ∞, y dado que:

$$\int_{t-S_{k+r}}^{\infty} e^{-\lambda x}\, dx = \frac{1}{\lambda} \exp\left[-\lambda\left(t - S_{k+r}\right)\right]$$

se sigue que:

$$P\{(z_1 = k) \cap (z_2 = r)\} = \lambda^{k+r} e^{-\lambda t} \int \cdots_B \int dx_1 \cdots x_{k+r}$$

donde B es el conjunto

$$(S_k \le t_1) \cap (S_{k+1} > t_1) \cap (S_{k+r} \le t)$$

Por lo tanto:

$$ii) \quad \int \cdots_B \int dx_1 \cdots dx_{k+r} = \frac{1}{k!\,r!}\, t_1^k \left(t - t_1\right)^r$$

Para demostrar lo anterior, supóngase que Y1,..., Y r + k son variables aleatorias mutuamente independientes, cada una de las cuales se distribuye uniformemente sobre [0, t]. La probabilidad de que k de las Y caiga en [0, t) y r caigan en [t1, t] puede definirse a través de la distribución binomial como sigue:

$$iii) \quad \binom{r+k}{r}\left(\frac{t_1}{t}\right)^k\left(\frac{t-t_1}{t}\right)^r = \frac{1}{t^{k+r}} \int \cdots_C \int dy \cdots dy_{k+r}$$

Donde C es el conjunto en el espacio r + k, y donde k yi's están están en [0, t1] y r yi's están en [t1, t]. Supóngase que C se divide en (r + t) partes donde: $y_{i_1} < y_{i_2} < \cdots < y_{i_{r+k}}$, $\wedge$ $i_1, \cdots, i_{r+k}$ varían sobre las permutaciones de 1,..., r + k. Por lo tanto, la integral sobre cada parte es la misma y todas son iguales a 1/(r + k) veces la expresión de la probabilidad a través de la distribución binomial, con lo que se termina la demostración.

Asi pues, cuando t1 = t2 tenemos que:

$$P\{(z_1=k)\cap(z_2=r)\}=\left[\frac{(\lambda t_1)^k \exp(-\lambda t_1)}{k!}\right]\left[\frac{\lambda(t_2-t_1)^r \exp[-\lambda(t_2-t_1)]}{r!}\right]$$

lo cual completa la demostración para el caso especial en que n = 2, $k>0$ y $r>0$.

Si ambas o cualquiera de k y r son igual a cero, la demostración es similar. Por ejemplo,

$$P\{(z_1=0)\cap(z_2=0)\}=P\{W_1>t\}=e^{-\lambda t}=\exp-\lambda t_1 \exp-\lambda(t_2-t_1)$$

Nótese que como consecuencia de este teorema,

$$N(t)=z_1+\cdots+z_n$$

debe de seguir la distribución de Poisson con parámetro:

$$\lambda t_1+\lambda(t_2-t_1)+\ldots+\lambda(t-t_{n-1})=\lambda t$$

También se puede concluir que la distribución condicional de Z1,..., Zn dado que N(t) = k $>$ 0, es multinomial con parámetros k; t1/t; (t2 - t1)/t;...; (t - tn - 1)/t. Esto es,

$$P\{(z_1=k_1)\cap\cdots\cap(z_n=k_n)\mid N(t)=k=k_1+\ldots+k_n\}=\frac{k!}{k_1!\cdots k_n!}\left(\frac{t_1}{t}\right)^{k_1}\cdots\left(\frac{t-t_{n-1}}{t}\right)^{k_n}$$

Lo cual se demuestra a partir de la probabilidad condicional requerida:

$$\frac{\{[(\lambda t_1)^{k_1} \exp - \lambda t_1]/k!\}}{[(\lambda t)^k/k!]\, e^{-\lambda t}} \cdots \frac{\{[(\lambda(t-t_{n-1})^{k_n} \exp - \lambda(t-t_{n-1})]/k_n!\}}{[(\lambda t)^k/k!]\, e^{-\lambda t}}$$

APENDICE II

TEOREMA 3. Supóngase que Y(t) es un proceso de Poisson compuesto. Si $0 < t1 < t2 < \ldots < tn$, entonces los incrementos: Y(t1), Y(t2) - Y(t1),..., Y(tn) - Y(tn - 1) son variables aleatorias mutuamente independientes.

Demostración: Por simplicidad, consideraremos únicamente dos incrementos. Sea N(t) el proceso Poisson definido en términos de las Wi's, y sean:

$$z_1 = N(t_1) \qquad \wedge \qquad z_2 = N(t_2) - N(t_1)$$

entonces:

$$P\{[Y(t_1) \text{ en } A] \cap [Y(t_2) \text{ en } B]\} = \sum_{\substack{k \geq 0 \\ r \geq 0}} P\{[Y(t_1) \text{ en } A] \cap [Y(t_2) \text{ en } B] \cap (z_1 = k) \cap (z_2 = r)\} =$$

$$= \sum_{\substack{k \geq 0 \\ r \geq 0}} P\{(x_1 + \ldots + x_k \text{ en } A) \cap (x_{k+1} + \ldots + x_{k+r} \text{ en } B) \cap (z_1 = k) \cap (z_2 = r)\} =$$

$$= \sum_{\substack{k \geq 0 \\ r \geq 0}} P\{(x_1 + \ldots + x_k \text{ en } A) \cap (z_1 = k)\} P\{(x_{k+1} + \ldots + x_{k+r} \text{ en } B) \cap (z_2 = r)\} =$$

$$= \sum_{\substack{k \geq 0 \\ r \geq 0}} P\{[Y(t_1) \text{ en } A] \cap (z_1 = k)\} P\{[(Y(t_2) - Y(t_1)) \text{ en } B] \cap (z_2 = r)\} =$$

$$= P\{Y(t_1) \text{ en } A\} P\{(Y(t_2) - Y(t_1)) \text{ en } B\}.$$

(interprétese X1+...+ Xk = 0 si k = 0 y Xk + 1 +...+Xk + r = 0 si r = 0)

Hemos usado la independencia del proceso N(t) y de las Xi's. La demostración para más de dos incrementos es similar.

Debe de hacerse notar que lo que hace funcionar a la demostración anterior, es que las sumas de cualesquiera números fijos de Xi's en intervalos no sobrepuestos son independientes, y además, que las cantidades de Xi's que se suman son independientes.

BIBLIOGRAFIA

1. Andersen, E. Sparre
"On the Collective Theory of Risk in the Case of Contagion Between the Claims."
<u>Transactions of the Society of Actuaries.</u>
Volumen 2
1957
Páginas 219-227

2. <u>Anuario Financiero - 1981</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1981

3. <u>Anuario Financiero - 1982</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1982

4. <u>Anuario Financiero - 1983</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1983

5. <u>Anuario Financiero - 1984</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1984

6. <u>Anuario Financiero - 1985</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1985

7. <u>Anuario Financiero - 1986</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1986

8. <u>Anuario Financiero - 1987</u>
México D.F., México
Bolsa Mexicana de Valores
1987

9. Beekman John, A.
"Collective Risk Results"
<u>Transactions of the Society of Actuaries</u>
Volumen 20, Congreso Número 57
Mayo, 1968
Páginas 182-199.

10. Beekman, John A.
"A Stochastic Investment Model"
Transactions of the Society of Actuaries
Volumen 32
1980
Páginas 9-24

11. Beekman, John A.
Comunicación por Escrito
5 de Noviembre, 1986

12. Brealey, Richard & Myers, Stewart
Principles of Corporate Finance
McGraw-Hill Series in Finance
Internatioanl Student Edition
2a. Edición
Tokyo, Japón
McGraw-Hill International Book Company
1982

13. Brown, Stephen J. & Weinstein, Mark I.
"A New Approach to Testing Asset Pricing Models:
The Billinear Paradigm."
The Journal of Finance
Volumen 38, Número 3
Junio, 1983
Páginas 711-743

14. Buhlmann, Hans
Mathematical Methods in Risk Theory
Berlin, Alemania
Springler-Verlag
1970

15. Chen, Nai-Fu & Roll, Richard & Ross, Stephen A.
"Economic Forces and the Stock Market"
The Journal of Business
The Graduate School of Business of the University of Chicago
Volumen 59, Número 3
Julio, 1986
Páginas 383-403

16. Cinlair, Erhan
Introduction to Stochastic Processes
1a. Edición
Nueva Jersey, E.U.A.
Prentice-Hall, Inc.
1975

17. Cramer, Harald
"Collective Risk Theory: A Survey of the Theory from the Point of View of the Theory of Stochastic Processes."
Farsakringsajtiebolaget Skandia
1955

18. Dwass, Meyer
Probability and Statistics: An Undergraduate Course
1a. Edición
Menlo Park, California, E.U.A.
W.A. Benjamin, Inc.
1970

19. Factores de Ajuste de Acciones que Cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores
Interacciones, Casa de Bolsa, S.A. DE C.V.

20. Fama, Eugene F.
"Mandelbrot and the Stable Paretian Hipothesis."
The Journal of Business at the University of Chicago.
Volumen 26, Número 4
Octubre, 1963
Páginas 420-429

21. Fama, Eugene F. & Miller, Merton H.
The Theory of Finance
1a. Edición
Illinois, E.U.A.
Dryden Press
1972

22. Feller, William
Introducción a la Teoría de Probabilidades y sus Aplicaciones
Volumen 1
3a. Edición
México D.F., México
Editorial Limusa, S.A.
1983

23. Ferson, Wayne E. & Kandel, Shmuel & Stambaugh, Robert F.
"Tests of Asset Pricing with Time-Varying Expected Risk Premiums and Market Betas."
The Journal of Finance
Volumen 42, Número 2
Junio, 1987
Páginas 201-220.

24. Flood, Robert P. & Hodrick, Robert J.
"Price and Volume Effects Associated with Changes in the S&P 500: New Evidence for the Existence of Price Pressures."
The Journal of Finance
Volumen 41, Número 4
Septiembre, 1986
Páginas 815-829.

25. Helfert, Erich A.
Techniques of Financial Analysis.
6a. Edición
Illinois, E.U.A.
Richard D. Irwin, Inc.
1987

26. Hickman, James C.
"Statistical Studies of Market Behavior."
<u>Transactions of the Society of Actuaries.</u>
Volumen 22, Número 62A, 62B, 63, 64
1970
Páginas D525-D535.

27. Hickman, James C.
Comunicación por Escrito
22 de Septiembre, 1986.

28. Hickman, James C.
Comunicación por Escrito
8 de Octubre, 1986

29. Hunt, Pearson
"Funds Position: Keystone in Financial Planning."
<u>Harvard Business Review</u>
Planning Series: Part IV
Número 21158
1975
PAGINAS 144-153.

30. Irish, Frank S.
"Financial Analysis and Corporate Strategy in an Insurance Company."
<u>Record of the Society of Actuaries.</u>
Volumen 1, Número 4
Diciembre, 1975
Páginas 917-946

31. Jarrow, Robert
"The Relationship Between Arbitrage and First Order Stochastic Dominance."
<u>The Journal of Finance</u>
Volumen 41, Número 4
Septiembre, 1986
Páginas 915-921

32. Lew, Edward A.
"Reserves, Contingency Reserves, and Surplus for Life Insurance Companies."
<u>Record of the Society of Actuaries</u>
Volumen 1, Número 4
Diciembre, 1975
Páginas 887-915

33. Litzenberger, Robert H. & Ronn, Ehud I.
"A Utility Based Model of Common Stock Price Movements."
<u>The Journal of Finance</u>
Volumen 41, Número 1
Marzo, 1986
Páginas 67-92

34. Lotus 1-2-3
Reference Manual
2a. Edición
E.U.A.
Lotus Development Corporation
1985

35. Mandelbrot, Benoit
"The Variaton of Certain Speculative Prices."
The Journal of Business at the University of Chicago.
Volumen 26, Número 4
Octubre, 1963
PAGINAS 394-419

36. Mandelbrot, Benoit
"The Variation of Some Other Speculative Prices."
The Journal of Business at the University of Chicago
Volumen 40, Número 4
Octubre, 1967
Páginas 393-413

37. Mandelbrot, Benoit
"Random Walks, Fire Damage Amount and Other Paretian Risk Phenomena."
Operations Research
Volumen 12, 1964
Julio-Agosto, 1964
Páginas 582-585

38. Mandelbrot, Benoit
"Forecasts of Future Prices, Unbiased Markets, and 'Martingale' Models."."
The Journal of Business at the University of Chicago
Volumen 39, Número 1
Enero, 1966
Páginas 242-255

39. Mandelbrot, Benoit & Taylor, Howard M.
"On the Distribution of Stock Differences."
Operations Research
Volumen 15, Número 6
Noviembre-Diciembre, 1967
Páginas 1057-1062

40. Mandelbrot, Benoit
Comunicación por Escrito
22 de Abril, 1985

41. Mandelbrot, Benoit
Comunicación por Escrito
25 de Septiembre, 1986

42. Mehr, Robert I. & Hedges, Bob A.
Risk Management, Concepts and Applications
Irwin Series in Insurance and Economic Security
1a. Edición
Illinois, E.U.A.
Richard D. Irwin, Inc.
1974

43. Meyer, Paul L.
Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas
1a. Edición
México D.F., México
Fondo Educativo Interamericano, S.A.
1973

44. Miller, Robert B. & Hickman, James C.
"Times Series Analysis and Forecasting."
Transactions of the Society of Actuaries.
Volumen 25, Congreso Número 73
1973
Páginas 267-328

45. Mood, Alexander M. & Graybill, Franklin A. & Boes , Duane C.
Introduction to the Theory of Statistics
McGraw-Hill Series in Probability and Statistics
International Student Edition
3a. Edición
Tokyo, Japón
McGraw-Hill Book Company
1974

46. Ross Sheldon M.
Introduction to Probability Models
International Edition
3a. Edición
Orlando, E.U.A.
Academic Press, Inc.
1985

47. Saaty, Thomas L. & Vargas, Luis G.
The Logic of Priorities
E.U.A.
Kluwer-Nijhoff Publishing

48. Seal, Hilary L.
Stochastic Theory of a Risk Business
Nueva York, E.U.A.
John Wiley & Sons
1969

49. Sharpe, William F.
Portfolio Theory and Capital Markets
McGraw-Hill Series in Finance
1a. Edición
Nueva York, E.U.A.
McGraw-Hill Book Company
1970

50. Yavitz, Boris & Newman, William H.
Strategy in Action, the Execution Politics, and Payoff of Business Planning.
Nueva York, E.U.A.
The Free Press
1982