

# Aplicación empírica del modelo de Black y Scholes en México: 1991-2000

María Luisa Saavedra García\*

## Resumen

*Esta investigación muestra la aplicación empírica del modelo de Black y Scholes a un conjunto de empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores para saber en qué forma este modelo valúa a estas empresas y para ver si existe algún patrón de comportamiento del modelo, por un periodo de 10 años de 1991 a 2000.*

*Con el fin de calcular el valor de las empresas con el modelo de Black y Scholes, se utilizó únicamente información pública y se propuso una metodología de aplicación del mismo considerando las limitaciones que esto implicaba y adaptando el modelo al contexto mexicano.*

*Al contrastar la teoría y las investigaciones antecedentes con los resultados de esta aplicación empírica, encontramos que se validan tanto la teoría como las investigaciones antecedentes, pues los valores arrojados por el modelo resultan ser positivos y elevados, lo cual podría ser interpretado como una sobrevaluación del valor de las empresas si tomamos como patrón de referencia el precio de mercado de las citadas empresas. Es necesario señalar que únicamente se trabajó con las variables contenidas en el modelo sin considerar otros aspectos, como podrían ser variables macroeconómicas o de mercado.*

*Palabras clave: Black y Scholes, volatilidad, valuación de empresas, valor, precio de mercado, Bolsa Mexicana de Valores*

---

\* Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tutora del Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
Correo electrónico: maluisasaavedra@yahoo.com

## Introducción

Entre los principales modelos de valuación de empresas surge el modelo de valuación de opciones<sup>1</sup> de Black y Scholes aplicado a la valuación de empresas<sup>2</sup>. Según Merton (1985: 301), la deuda de la empresa es vista como una opción de compra sobre el capital de la misma; de tal manera que si a la fecha de vencimiento de la deuda el valor de la empresa es mayor que la deuda, los acreedores no ejercen su opción; por el contrario, si al vencimiento de la deuda el valor de la empresa es menor que la deuda, los acreedores pueden ejercer su opción de compra y quedarse con la empresa.

Uno de los modelos más conocidos en el tema de valuación de empresas es el de Flujo de efectivo disponible, el cual tiene amplia aplicación tanto en países desarrollados como subdesarrollados con ciertas variantes; sin embargo el modelo de Black y Scholes es uno de los modelos menos conocidos y aplicados para valorar empresas; una de las razones principales es la complejidad de su aplicación y la dificultad para entender su lógica, así como el hecho de que es considerado sólo para valorar opciones.

Por lo anterior nos hacemos la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede aplicarse el modelo<sup>3</sup> de valuación<sup>4</sup> de opciones de Black y Scholes<sup>5</sup> aplicado a las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores y cuál es el resultado de esta valuación?

<sup>1</sup> Este modelo aplicado a opciones se puede ver en Abreu (1999), Bellalah y Jacquillat (1995), Díaz (1998), Díaz y Hernández (1998), Galitz (1994), Martínez (1993), Merton (1997) y Rodríguez de Castro (1998).

<sup>2</sup> La aplicación de este modelo a la valuación de empresas puede verse en Adam (1996), Baskshi y Chen (1997), Milla (1998) y Simón (1994).

<sup>3</sup> Según Thierauf (1987: 32), “El modelo es una representación o abstracción de una situación u objeto reales, que muestra las relaciones (directas e indirectas) y las interrelaciones de la acción y la reacción en términos de causa y efecto [...] Una de las razones básicas para el desarrollo de modelos es la de descubrir cuáles son las variables importantes o pertinentes. Este descubrimiento está estrechamente asociado con la investigación de las relaciones que hay entre las variables”.

<sup>4</sup> En el contexto de la presente investigación no se considera la teoría del valor, sino sólo el valor muy precisado por una minimización financiera; es decir, el valor se reduce a términos financieros. En este sentido, Van Horne (1993: 102) señala que “el valor para la empresa se crea mediante las inversiones de capital que aprovechan las oportunidades de rendimientos excedentes, aquellas que proporcionan rendimientos en exceso con respecto a los que los mercados financieros requieren para el riesgo supuesto”. Por otra parte, Rappaport (1986: 81) indica que las vías para crear valor son el atractivo de la industria y la ventaja competitiva. Por último, Taggart (1994: 69) señala que los determinantes financieros de la creación de valor son el rendimiento sobre el capital, la tasa de crecimiento del capital y el costo de capital.

<sup>5</sup> El modelo de valuación de opciones de Black y Scholes original puede verse en Black y Scholes (1973).

El objetivo de la investigación es proponer una metodología de valuación con el modelo de Black y Scholes y realizar una aplicación empírica del mismo a las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores con el fin de encontrar si este modelo subestima o sobrestima el valor y si esto se explica por variables vinculadas al modelo o por otros aspectos<sup>6</sup>.

Con respecto a lo anterior se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

$H_1$  : Existe una diferencia significativa entre los valores calculados para las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores de 1991 a 2000, con el modelo Black y Scholes, y el precio de mercado de las mismas de 1991 a 2000.

## I. El modelo de Black y Scholes

El modelo de Valuación de Opciones original fue desarrollado por Black y Scholes (1997: 637) para el cálculo del valor de una opción de compra europea<sup>7</sup> que no paga dividendos; las variables de este modelo son precio de la acción, precio de ejercicio, el tiempo de vencimiento, la varianza del precio de la acción y la tasa libre de riesgo. Merton<sup>8</sup> modificó el modelo original para incluir el factor de dividendos, que ha sido ampliamente aplicado para calcular opciones de empresas que pagan dividendos y que muchos investigadores han comprobado su utilidad.

Bellalah y Jacquillat (1995: 625) en sus investigaciones comprueban que no existe diferencia significativa entre el precio de la opción calculado con el modelo y el valor de mercado de la misma; así determinan la validez del modelo. En este sentido, Abreu (1999: 133) coincide en señalar que es un modelo de menor sesgo estadístico y más eficiente que otros. Sin embargo, otros investigadores han descubierto que el modelo tiene sus debilidades; por ejemplo, Simons (1997: 25) señala que se puede sobrestimar el valor dado que considera que los rendimientos de los valores se distribuyen normalmente; asimismo, para la aplicación del modelo se debe conocer la volatilidad de la acción, a través de una estimación estadística que puede estar sujeta a errores.

---

<sup>6</sup> Los otros aspectos podrían ser las características del sector, el comportamiento de las variables del entorno económico, etc., los cuales no serán desarrollados en la presente investigación.

<sup>7</sup> Otorga el derecho, pero no la obligación, de comprar un activo a un precio estipulado y puede ser ejercida únicamente en la fecha de expiración.

<sup>8</sup> Citado en Coller (1997: 27).

Leslie y Michaels (1997: 20), Luehrman (Jul.1998: 98), Copeland y Keenan (1998: 140) y Alzugaray (2000: 112), analizan la aplicación del modelo de opciones a la evaluación de inversiones de largo plazo en la empresa, concluyendo que conduce a la administración hacia la maximización de oportunidades mientras minimiza los riesgos, asegurándose que la empresa vea cada situación como una inversión inicial contra una posibilidad futura.

Desde este punto de vista, la opción no sólo se puede ejercer en la fecha de vencimiento, sino que se plantea una gama de posibilidades donde se puede determinar el momento más adecuado para tomar la decisión de inversión. Se puede examinar un rango completo de oportunidades cambiantes y tomar decisiones en el largo plazo. Esto se puede aplicar así porque, según Luehrman (1998b: 34), en términos financieros una estrategia de negocios es mucho más semejante a una serie de opciones que a una serie de flujos de efectivo estáticos; sin embargo, López (2001: 5) señala que la flexibilidad también puede incorporarse en los flujos de efectivo a través del análisis de escenarios alternativos y cambiantes. Esto trae como consecuencia que valorar una inversión introduciendo opciones reales —como abandono, crecimiento, retraso o cambio en la utilización de activos para introducir flexibilidad en el análisis— es equivalente a valorar ese proyecto utilizando escenarios alternativos con probabilidades.

El modelo de valuación de opciones de Black y Scholes aplicado a la valuación de empresas se deriva del análisis contingente de Merton (1985: 37), donde sostiene que las deudas corporativas en general pueden ser vistas como simples contratos de opciones, determinando entonces que el modelo de opciones se puede utilizar para valorar acciones. Stewart (1996: 100), coincide al señalar que las acciones comunes son opciones de compra, que toman (o retienen) los activos de la empresa para pagar su deuda. Los accionistas pueden vender los activos de la firma a sus acreedores; el precio de ejercicio de la venta sería el valor de la deuda. En este mismo sentido, Damodaran (1994: 346) muestra la aplicación de este modelo a la valuación de la empresa; el valor de la empresa, señala este autor, dependerá del valor del activo, del valor del pasivo a futuro, del tiempo de vencimiento de la deuda, de la volatilidad, es decir, del riesgo del activo y de la tasa libre de riesgo. Este modelo se considera de gran utilidad para valorar empresas que trabajan con alto apalancamiento. También, Adam (1996: 42) realizó un análisis de la aplicación de este modelo comparándolo con los modelos de Valor en Libros, Precio-Beneficio y Valor de Mercado, para llegar a la conclusión de que el Black y Scholes es el más confiable y completo.

Luherman (1997a: 137) corrobora lo anterior al señalar que la clave para valuar a la empresa como una opción se encuentra en la capacidad de discernir una simple correspondencia, entre las características de la empresa y las de una opción. De este modo, el valor de los activos operativos es semejante al precio de la acción; el período que la empresa espera antes de tomar una decisión es semejante al tiempo de expiración de la opción de compra; la incertidumbre acerca del valor de los activos operativos es capturado por la varianza de los retornos, y es análoga a la varianza de los retornos de la acción. Sin embargo también señala que no es muy conveniente valuar acciones con este modelo, puesto que las acciones apalancadas son una secuencia de opciones relativas, incluyendo opciones sobre opciones (debido a que la deuda se paga y se vuelve a contraer). A este respecto, Mascareñas (2000: 385) propone una solución que consiste en calcular el valor y el plazo de una emisión de bonos cupón cero<sup>9</sup> que fuera equivalente a todas las emisiones de deuda que actualmente tiene vigentes la empresa. Esto se realiza a través del cálculo de la duración, la cual se define como la media ponderada de los vencimientos de los flujos de caja ponderados por su valor actual.

Este modelo es el menos usado por su complejidad; sin embargo, consideramos que la interrelación de sus variables pudiera llevar a una valuación más real de las empresas con alto apalancamiento, pues considera su nivel de riesgo.

Como mencionamos, el modelo de Black y Scholes aplicado a la valuación de empresas se basa en el análisis contingente, el cual se explica a continuación.

### **1.1 El análisis contingente**

El análisis contingente es una técnica para determinar el precio de un valor cuyo resultado depende del precio de uno o más valores. El origen del análisis contingente es el modelo de opciones de Black y Scholes, el cual contiene elementos cualitativos con un gran significado práctico. Esta teoría sostiene que las deudas corporativas, en general, pueden ser vistas como combinaciones de simples contratos de opciones (Merton, 1985: 301).

El análisis contingente provee un marco de trabajo unificado donde se puede analizar la estructura de las deudas corporativas e implica que el modelo de opciones

---

<sup>9</sup> Título que no paga intereses durante su vida, sino que lo hace íntegramente en el momento en el que se amortiza el capital.

puede ser usado para determinar el precio de las acciones. Este modelo generalizado es el fundamento del análisis contingente.

### 1.1.1 Los pasivos corporativos como opciones

El análisis contingente establece una correspondencia entre las opciones y las deudas corporativas. Para ello considere la hoja de balance de la firma “La Moderna” (cuadro No 1); esta empresa tiene sólo dos fuentes de financiamiento: capital (C) y una deuda cupón cero (D), donde el capital no percibe dividendos y la empresa no puede emitir nuevos valores además de la deuda pendiente.

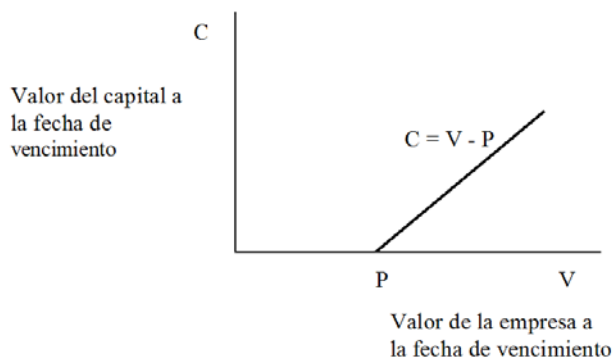
**Cuadro 1**  
**Balance de la empresa “La Moderna”**

V	D
	C
V	V

El lado izquierdo del balance representa el valor económico (V), de la empresa. El lado derecho representa el valor económico de todas las deudas de la empresa.

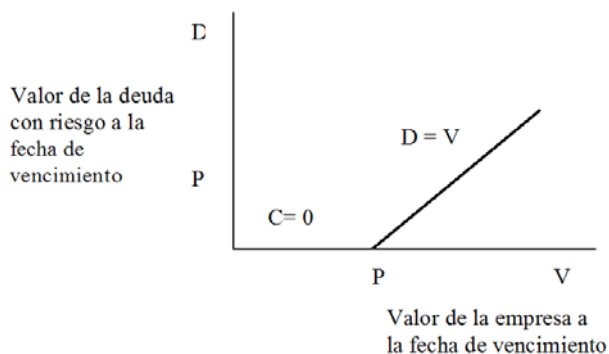
Las gráficas 1 y 2 describen el valor del capital y la deuda con riesgo como dependientes del valor de la empresa a la fecha de vencimiento de la deuda. En la gráfica 1 se ilustra que si a la fecha de vencimiento de la deuda el valor de la empresa es más grande que el principal (P),  $V > P$ , entonces la deuda puede ser pagada,  $D = P$ , y el capital será  $V - P$ .

**Gráfica 1**  
**Estructura de pago de capital**



Por otro lado, en la gráfica 2 se muestra que si a la fecha de vencimiento de la deuda el valor de la empresa es menor que el principal,  $V < P$ , entonces el capital puede perder su valor,  $C = 0$ , y es preferible entregar la empresa a los acreedores que pagar la deuda. En este caso,  $D = V$ .

**Gráfica 2**  
**Estructura de pago de deuda**



Así, a la fecha de vencimiento de la deuda el valor del capital puede ser representado de la siguiente forma:

$$C = \max (V - P, 0)$$

La expresión anterior indica que el valor del capital de la firma a la fecha de vencimiento de la deuda es la diferencia máxima entre el valor de la firma y el pago del principal y cero.

El valor de la deuda con riesgo  $D$  a la fecha de vencimiento se puede representar como:

$$D = \min (V, P)$$

La expresión anterior indica que el valor de la deuda con riesgo a la fecha de vencimiento es el mínimo de  $V$  y  $P$ ; ambos —capital y deuda con riesgo— son valores contingentes cuyo valor es contingente sobre el valor de la empresa.

El capital y la presencia de un bono cupón cero<sup>10</sup> de deuda con riesgo son directamente análogos a una opción de compra europea suscrita sobre el valor de la firma (V) con un precio de ejercicio (P) igual al pago del principal de la deuda y a una fecha de expiración igual a la fecha de vencimiento de la deuda. De este modo, el capital puede ser visto como una opción de compra con derecho a comprar la firma por P pesos; es decir, el precio de compra será el valor de la deuda que tiene la empresa en ese momento.

## 1.2 El valor de la empresa

En la caracterización de las deudas corporativas, como las opciones, el valor de la empresa es el activo subyacente sobre el que son suscritas dichas opciones; la promesa de deuda principal P es el precio de ejercicio; y la fecha de vencimiento de la deuda es la fecha de expiración de la opción (Merton, 1985: 304).

De aquí parte la analogía para determinar el valor de la empresa con el modelo de valuación de opciones de Black y Scholes, la fórmula se expresa de la siguiente manera (Damodaran, 1994: 346):

$$C = S N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

**Donde:**

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

<sup>10</sup> Título que no paga intereses durante su vida, sino que lo hace íntegramente en el momento en el que se amortiza el capital.



**Tabla 1**  
**Analogía de los valores de la fórmula de Black y Scholes**

<b>Variable</b>	<b>Valuación de opciones</b>	<b>Valuación de empresas</b>
<b>C</b>	Precio de la opción	Valor de la empresa
<b>S</b>	Precio del activo subyacente	Valor presente de los flujos de efectivo
<b>X</b>	Precio de ejercicio	Valor futuro de la deuda
<b>r</b>	Tasa de interés	Tasa libre de riesgo
<b><math>\sigma</math></b>	Volatilidad del precio del activo	Volatilidad de los flujos de efectivo o de las acciones
<b>T</b>	Tiempo hasta vencimiento	Tiempo de la proyección

### 1.2.1 El modelo de valuación de opciones de Black y Scholes aplicado a la valuación de empresas en el contexto mexicano

En 1994, la doctora Simón (1994: 249) calculó el valor de AHMSA<sup>11</sup> con el modelo de Black y Scholes, utilizando la fórmula de este modelo y considerando lo siguiente:

- C** = Valor de la empresa
- S** = Valor actual de los activos a 1991 = 1,971 mdd.
- X** = Valor actual del pasivo a 1991 = 625 mdd.
- r** = Tasa libre de riesgo Cetes a 28 días = 12%
- $\sigma$**  = Desviación estándar de la tasa anual de rendimiento de la acción o volatilidad de la acción = 15%
- T** = Vencimiento de la acción = 3 años, es decir a 1994.

El valor de la opción a 1991, según este modelo, resultó ser de 1,553 mdd, lo cual representa lo que vale la opción de compra de la empresa. Dado que el capital contable a la fecha de la venta era de 1,346 mdd., el valor de la opción de compra es mayor en 187 mdd. La investigadora llegó a la conclusión de que el valor de la

---

<sup>11</sup> Altos Hornos de México, S.A. de C.V.

opción calculado con la fórmula de Black y Scholes es independiente del rendimiento esperado de la inversión; asimismo, se puede concluir que el precio de venta (10% de su capital contable) fue menor que lo que realmente valía AHMSA al calcular el valor con este modelo.

Esta investigación sentó las bases en México para considerar este modelo como una alternativa para valuar a las empresas mexicanas; sin embargo, su aplicación fue estática considerando los datos de un sólo año, lo cual limita la aplicación del modelo ignorando el potencial de crecimiento de la compañía; por otra parte, considera el valor actual del pasivo cuando la teoría de opciones señala que se debe usar el pasivo a vencimiento. Esto último podría haber llevado a un error de sobrevaluación en el cálculo del valor de AHMSA dado que se usó un valor de pasivo más bajo.

En otra investigación, Milla (1998: 126) usó la adaptación del Modelo de Black y Scholes, tal como lo propone Luehrman (1998a: 95), para determinar el valor de la empresa AHMSA, dicho modelo considera las siguientes variables:

- C = Valor de la opción de compra de AHMSA
- S = Valor presente de los flujos futuros reales de AHMSA, obtenidos con el modelo FED = \$25'391,471
- X = Valor futuro de la deuda como bono cupón cero, usando una tasa de 51.21% = \$62'290,110
- r = Cetes a 91 días
- s = Volatilidad del precio de la acción = 31.57%
- T = Período de la proyección = 7 años

Después de aplicar el modelo, los resultados obtenidos fueron:

$$C = \$15'170,000 \text{ entre el número de acciones } 388,375 = 39.06$$

Este valor intrínseco es superior al precio de mercado al 31 de diciembre de 1996, que era \$16.50 pesos.

Se llega a la conclusión de que la diferencia entre el precio teórico y el de mercado se debe al rezago que éste tiene sobre todo, en el nivel de apalancamiento y en el impacto de las variables macroeconómicas a los que es muy susceptible AHMSA.

Esta investigación incorpora un enfoque muy interesante al considerar como valor del activo subyacente al valor presente de los flujos de efectivo reales de AHMSA calculados con el modelo FED; esto en función de la aplicación de la teoría propuesta por Luehrman (1998a: 95). Sin embargo, vemos que el resultado es una sobrevaluación de la acción que, independientemente de las razones que se le atribuyen, se debería investigar si es la tendencia del modelo cuando las empresas tienen alto apalancamiento como en este caso.

### **1.3 Ventajas y desventajas del modelo de valuación de opciones de Black y Scholes**

#### **Ventajas:**

- ♦ Permite introducir en la valuación un factor de riesgo congruente con el comportamiento de la acción en el Mercado de Valores, por lo tanto identifican el riesgo sistemático.
- ♦ Es muy útil para valorar empresas que trabajan con alto apalancamiento porque considera esta variable dentro del modelo.

#### **Desventajas:**

- ♦ Los supuestos de una varianza constante y dividendos no pueden ser sostenidos cuando se calcula el valor en el largo plazo (Damodaran, 1994:19).
- ♦ Es un modelo complejo y difícil de comprender.
- ♦ No es significativo cuando se aplica a empresas con bajo apalancamiento financiero.

A pesar de las desventajas del modelo y la complejidad de su aplicación, las investigaciones previas han demostrado que es un modelo muy útil y que es viable su aplicación a las empresas que operan en el entorno mexicano, pues su característica es de ser altamente volátil.

## II. Metodología del cálculo del modelo de Black y Scholes para determinar el valor de la empresa

### 2.1 Variables del modelo

De acuerdo con la metodología de este modelo aplicado por Simón (1994: 249), las variables de este modelo según su fórmula de aplicación son:

- C** = Valor de la empresa, se calculará con las siguientes variables:
- a. S** = Valor actual de los activos
- b. X** = Valor actual del pasivo
- c. r** = Tasa libre de riesgo, tasa de Cetes anualizada a 28 días
- d.  $\sigma$**  = Desviación estándar de la tasa anual de rendimiento de la acción o volatilidad de la acción
- e. T** = Tiempo hasta el vencimiento/vencimiento de la deuda
- f. e** = Es la constante matemática aproximada por 2.71828
- g. Ln** = Logaritmo natural
- h.  $N(d)$**  = Función de densidad del área bajo la curva normal estándar

### 2.2 Medición de las variables

Específicamente para el cálculo del valor al aplicar el modelo del Black y Scholes a las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores, las variables del mismo se medirán así:

- a. S** = Valor actual de los activos.  
Indicador : miles de pesos

Se tomará el valor del activo total que aparece en el Estado de Situación Financiera de la empresa.

- b. X** = Valor actual del pasivo.  
Indicador : miles de pesos

El modelo de valuación de opciones considera al pasivo como un bono cupón cero tal como lo explican Merton y Mason (1985: 34); por esa razón no se tomará el valor actual del pasivo como señala la metodología propuesta por Simón (1994: 250), sino el valor del pasivo a futuro, el cual se calculará usando la tasa de costo de pasivo para cada empresa. Se considerará un plazo de vencimiento de 3 años<sup>12</sup>.

Para lo anterior se usará la fórmula de interés compuesto:  $M = C (1 + i)^n$

Donde:  $M$  = Valor del pasivo a futuro  
 $C$  = Valor actual de la deuda  
 $i$  = Costo del pasivo  
 $n$  = Plazo de vencimiento de la deuda en años

**c.  $r$**  = Tasa libre de riesgo.

Indicador: porcentaje

Se usará como referencia la tasa anualizada de Cetes a 28 días<sup>13</sup>, quitándole el efecto inflacionario, puesto que los datos de la información financiera con la que se trabajará están expresados en pesos constantes.

La tasa real libre de riesgo se determinará así:

$$(1 + \text{Tasa nominal de Cetes} / 1 + \text{Tasa de inflación}) - 1$$

**d.  $\sigma$**  = Desviación estándar de la tasa anual de rendimiento de la acción o volatilidad de la acción.

Indicador : porcentaje

---

<sup>12</sup> Se considera este plazo de vencimiento como un promedio del plazo de endeudamiento de las empresas mexicanas que cotizan en la BMV, considerando que las mismas no se endeudan en el largo plazo.

<sup>13</sup> Se usará la tasa de Cetes a 28 días, puesto que es la tasa que pagan los valores gubernamentales en México, además de que es la tasa de referencia más usada por los expertos en cuanto proyección de variables macroeconómicas se refiere.

Se usará el dato de la volatilidad anual<sup>14</sup> de la acción de la empresa, el cual aparece en el *Anuario bursátil* que publica la Bolsa Mexicana de Valores, cada año.

e.  $T$  = Vencimiento de la deuda.

Indicador : años

Se considerará un período de vencimiento de la deuda de tres años, puesto que el promedio de las empresas mexicanas no se endeuda a largo plazo, sino más bien contraen deuda a mediano plazo.

$C$  = **Valor de la empresa.** Se determinará con las variables anteriores aplicando la siguiente fórmula:

Indicador: miles de pesos

$$C = S N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \frac{\sigma^2}{2}) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

### III. Determinación de la muestra

Para conformar la muestra se obtuvieron datos de 71 empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores; esta información proviene de las bases de datos de la propia BMV y de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores para el caso de los bancos. Se consideró un período de estudio de 10 años (1991 a 2000) para reflejar el impacto de los cambios sexenales en la economía, así también para simplificar los cálculos se consideraron datos anuales.

<sup>14</sup> Se tomará la volatilidad anual de la acción con el fin de simplificar los cálculos, puesto que la muestra es de 71 empresas a las que se les tiene que calcular el valor con Black y Scholes para cada uno de los diez años de 1991 a 2000.

La clasificación de las empresas por sectores se hizo de acuerdo con el sistema que se usa en el medio bursátil (ver anexo No 1). Se separó en tres partes a las empresas del sector de la industria de la transformación, atendiendo a la similitud de su operación; así tenemos: Alimentos, Bebidas y Tabaco; Industria de la Transformación I; e Industria de la Transformación II.

Al cierre del año 2000 el total de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores son 170, pero que actualmente —según Yamashiro (2001: 20)— sólo se encuentran operando, en promedio, 65 de ellas. Así también es importante saber que el IPC<sup>15</sup> al 31 de diciembre de 2000 se encontraba integrado por 34 empresas<sup>16</sup>, mismas que se encuentran contenidas en esta muestra.

### **III. Aplicación del modelo Black y Scholes a las empresas de la muestra**

Al realizar el cálculo del valor de las empresas con la metodología propuesta en el punto II, se obtuvo el valor de las empresas que conforman la muestra para cada uno de los 10 años objeto de estudio (ver anexo No 2). Los datos de las variables financieras se tomaron de los estados financieros publicados en los anuarios financieros de la Bolsa Mexicana de Valores.

El detalle del cálculo del valor de Black y Scholes para cada una de las empresas de la muestra se presenta en el anexo No 3; se muestra sólo el cálculo correspondiente al año 2000 por cuestiones de espacio.

Los valores promedio por sector aplicando el modelo Black y Scholes se calcularon como un promedio simple del valor de las empresas que conforman cada sector; estos valores promedio se presentan a continuación:

---

<sup>15</sup> Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

<sup>16</sup> Dato obtenido de: [http:// www.bmv.com.mx](http://www.bmv.com.mx), Bolsa Mexicana de Valores al 31.12.2000.

## Cuadro 2

### Valor promedio sectorial del modelo Black y Scholes (1991-2000) Empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (Miles de pesos)

Sector	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	7,542,871	7,671,394	8,403,974	12,307,808	10,548,551	9,530,693	11,549,388	11,185,714	13,540,775	14,711,695
COMERCIO	6,282,910	7,492,361	9,502,853	10,846,839	7,422,746	7,394,033	9,148,954	8,634,191	9,165,930	10,003,058
COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	29,431,873	21,155,197	27,860,743	37,688,365	22,887,161	19,890,602	19,202,757	34,881,533	38,701,441	38,393,657
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	11,801,159	19,173,276	16,049,119	24,605,499	23,494,751	15,902,621	19,157,112	20,244,347	18,825,561	22,546,585
CONTROLADORAS	14,399,522	14,751,645	18,172,666	21,249,271	19,029,176	13,745,440	12,156,154	17,922,447	15,239,108	19,551,671
IND. TRANSF.: METALICOS, MINERA, MINERAL	11,106,671	11,111,623	13,312,791	16,109,170	18,552,951	14,446,594	16,670,126	17,765,951	19,750,265	18,487,872
IND. TRANSF.: CELULOSA Y PAPEL Y QUÍMICA	5,784,068	5,538,210	5,079,655	6,507,786	5,553,101	6,010,790	6,169,300	6,056,721	5,803,139	5,550,854
SERVICIOS FINANCIEROS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	78,106,966	94,090,794	70,252,699	94,359,831
OTROS SERVICIOS	n.d.	n.d.	366,022	586,678	699,361	518,522	712,215	707,840	5,269,151	5,599,065

Los espacios donde aparece n.d. significa que no se tuvo información disponible para realizar el cálculo del valor de las empresas.

A continuación se presenta el precio promedio de mercado para cada uno de los sectores analizados:

## Cuadro 3

### Empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (Miles de pesos)

Sector	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	2,289,276	2,721,288	4,185,760	3,894,291	5,057,564	7,337,672	10,326,734	11,212,536	10,433,937	8,661,975
COMERCIO	3,001,242	4,607,744	6,696,503	7,266,213	5,700,205	7,524,033	15,714,239	8,442,143	11,722,906	10,578,399
COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	24,466,516	26,702,728	28,811,677	22,141,082	34,646,566	19,918,575	27,806,494	24,089,026	58,017,632	48,375,411
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	8,606,060	6,356,641	11,661,655	9,938,270	11,211,363	12,506,009	15,747,554	8,687,193	17,701,119	11,304,192
CONTROLADORAS	2,616,911	3,260,465	5,727,263	6,938,556	9,177,120	11,317,772	14,678,566	9,174,496	13,399,089	7,036,901
IND. TRANSF.: METALICOS, MINERA, MINERALES N	2,185,189	2,409,494	2,813,822	5,015,050	7,359,830	7,409,811	10,953,165	6,170,561	9,341,312	5,122,883
IND. TRANSF.: CELULOSA Y PAPEL Y QUÍMICA	2,604,540	3,309,323	3,442,902	6,149,485	7,948,863	11,371,429	14,433,781	10,960,195	13,728,144	8,960,839
SERVICIOS FINANCIEROS	5,551,778	16,301,678	14,427,807	11,644,458	10,942,031	15,078,367	20,810,714	11,832,593	26,431,571	25,113,082
OTROS SERVICIOS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	480,992	154,823	240,575	4,034,823

Si consideramos como patrón de referencia el precio de mercado<sup>17</sup> de las empresas, se observa que por lo general el valor que arroja el modelo de Black y Scholes es superior al precio de mercado, por lo cual podemos señalar que:

<sup>17</sup> El precio de mercado se obtuvo del Anuario Bursátil de la Bolsa Mexicana de Valores. El mismo se conceptualiza como el precio de la acción multiplicada por el número de acciones en circulación.

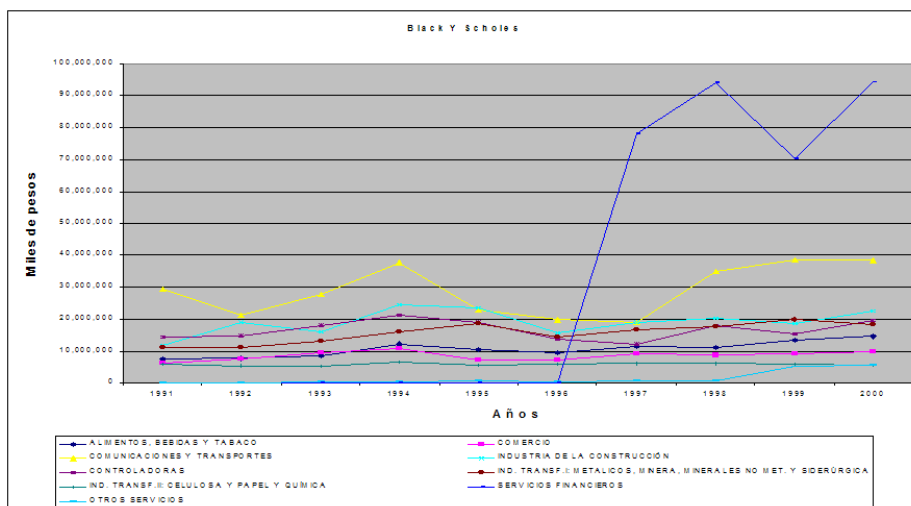


- Se observa una tendencia en el modelo Black y Scholes de arrojar valores mayores y positivos con respecto al valor de mercado, lo cual se puede interpretar como una sobrevaluación del valor de la empresa. Esto se debe básicamente a que el modelo considera como variable para determinar el valor, el valor del activo total, que es muy grande en estas empresas debido a que trabajan con una fuerte inversión en capital de trabajo y activo fijo. Así también, al considerar la volatilidad como variable en este modelo nos permite definir que cuando el riesgo es muy alto (como en el caso de las empresas mexicanas, que operan en un entorno volátil e inestable), los valores que arroja este modelo también son muy altos, pues este modelo privilegia el valor cuando el riesgo es muy elevado. Por otro lado, al considerar en este modelo el apalancamiento, se logran también valores elevados cuando las empresas tienen un apalancamiento alto porque se transfiere el valor del acreedor al accionista.

- Este resultado es consistente con lo encontrado por Milla (1998:126) en la valuación de AHMSA al aplicar este modelo, el cual arrojó un valor por acción de \$39.06, muy superior al precio de mercado que era \$16.50, resultado que la investigadora atribuyó al alto potencial de utilidades que tenía AHMSA; sin embargo, sabemos que esta empresa se declaró en suspensión de pagos en 1998.

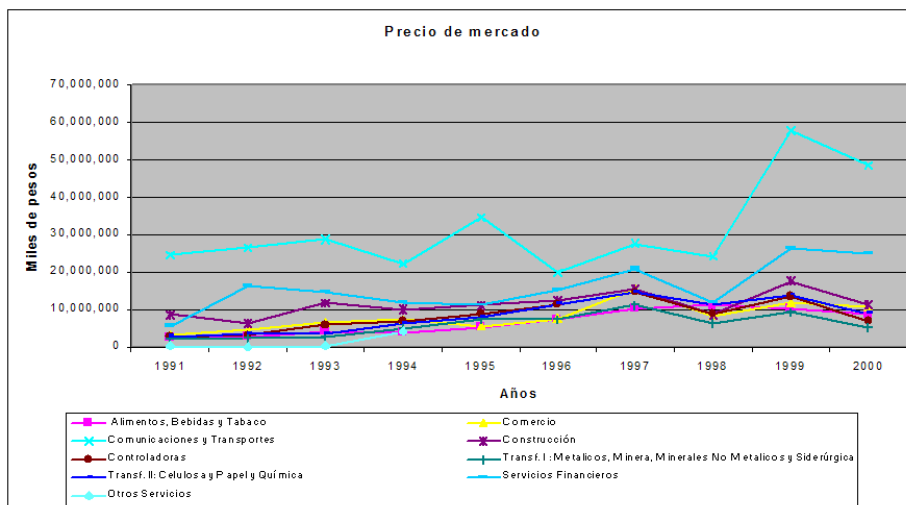
El valor Black y Scholes en los sectores: en el gráfico de tendencias del valor Black y Scholes en los sectores, se puede apreciar que todos siguen la misma tendencia a través de los años, es decir, presentan el mismo comportamiento de alzas y bajas; sin embargo, se puede observar que el sector Comunicaciones y Transportes sigue una tendencia más acentuada, de alzas y bajas, lo cual tendría que ver con las altas inversiones en activo fijo con las que trabaja este sector y con la alta volatilidad que caracteriza al mismo. Sucede algo similar con el sector de Servicios Financieros, que muestra un elevado valor con este modelo, puesto que trabaja con fuertes inversiones en activos fijos y también se encuentra sujeto a una alta volatilidad.

**Gráfica 3**



El precio de mercado en los sectores: También observamos en el gráfico de tendencia del precio de mercado que todos los sectores siguen la misma tendencia de alzas y bajas a través del tiempo; sin embargo, nuevamente vemos que el sector Comunicaciones y Transportes sigue una tendencia más acentuada de alzas y bajas, en función de ser un sector de alta volatilidad en el mercado bursátil.

**Gráfica 4**



Al realizar un análisis de correlación, de cada uno de los sectores, entre los valores arrojados por el modelo Black y Scholes y el precio del mercado se obtuvo el siguiente resultado

**Cuadro 4**

<b>Sector</b>	<b>Correlación Black y Scholes/ Mercado</b>
Alimentos, Bebidas y Tabaco	0.6774
Comercio	0.5468
Comunicaciones y Transportes	0.5099
Construcción	0.0055
Controladoras	-0.3084
Transf. I : Metal., Minera, Miner. No Met. y Siderúrgica	0.7196
Transf. II: Celulosa y Papel y Química	0.4392
Servicios Financieros	0.6291
Otros Servicios	0.7185

En el cuadro anterior observamos que una gran parte de los sectores (Alimentos, Bebidas y Tabaco; Comercio; Comunicaciones y Transportes; Transformación I: Metales, Minera, Minerales No Metálicos y Siderúrgica; Servicios Financieros; Otros Servicios; muestran una correlación superior a 50%; esto podría estar indicando que el Black y Scholes es un buen modelo para valorar correctamente estos sectores, sin que esto sea contundente.

Así también vemos que los sectores Construcción y Transformación II: Celulosa y Papel y Química muestran una correlación débil, mientras que el sector de Controladoras muestra correlación negativa; ambos aspectos indicarían que este modelo no es adecuado para valorar esos sectores, sin que esto sea contundente.

### **3.1 Prueba de hipótesis**

Se enuncia la hipótesis estadística con el fin de realizar la prueba de hipótesis.

$H_1$  : La media de los valores calculados para los sectores con el modelo Black y Scholes es diferente a la media del precio de mercado para los sectores en el período bajo estudio.

También se enuncia la hipótesis nula:

$H_0$  : La media de los valores calculados para los sectores con el modelo Black y Scholes no es diferente a la media del precio de mercado para los sectores en el período bajo estudio.

### **Resultados de la prueba de hipótesis**

Se aplicó la prueba t de diferencia de medias con un 95% de confianza; a continuación se muestran los resultados obtenidos:

**Cuadro5**

<b>Sector</b>	<b>t calculada</b>	<b>Valor crítico de t</b>	<b>Decisión Estadística</b>
Alimentos, Bebidas y Tabaco	5.16	1.8331	Se rechaza la hipótesis nula
Comercio	0.462	1.8331	No se puede rechazar la hipótesis nula
Comunicaciones y Transportes	-0.733	1.8331	No se puede rechazar la hipótesis nula.
Construcción	4.797	1.8331	Se rechaza la hipótesis nula
Controladoras	4.623	1.8331	Se rechaza la hipótesis nula
Transf. I: Metal., Minera, Miner. No Met. y Siderúrgica	13.68	1.8331	Se rechaza la hipótesis nula
Transf. II: Celulosa, Papel y Química	-1.88	1.8331	Se rechaza la hipótesis nula
Servicios Financieros	7.68	2.35	Se rechaza la hipótesis nula
Otros Servicios	1.67	2.35	No se puede rechazar la hipótesis nula

Como puede observarse, se rechazaron las hipótesis nulas para seis sectores: Alimentos, Bebidas y Tabaco; Construcción; Controladoras; Transf. I : Metal., Minera, Miner. No Met. y Siderúrgica; Transf. II: Celulosa y Papel y Química; y Servicios Financieros. Lo anterior indica que los valores calculados con el modelo Black y Scholes son diferentes al precio de mercado. Por otra parte, no se pudieron rechazar las hipótesis nulas para tres sectores: Comercio; Comunicaciones y Transportes; y otros servicios; dado que éstos muestran valores de mercado muy elevados y similares a los que arroja el modelo Black y Scholes.

## Conclusiones

El modelo de valuación de opciones aplicado a la valuación de empresas considera que la deuda de la empresa es vista como una opción de compra sobre el capital de la misma; de esta forma, si a la fecha de vencimiento de la deuda el valor de la empresa es mayor que la deuda, los acreedores no ejercen su opción; pero si al vencimiento de la deuda el valor de la empresa es menor que la deuda, los acreedores pueden ejercer su opción de compra y quedarse con la empresa.

La aplicación empírica del modelo de valuación de Black y Scholes muestra una sobreestimación consistente del valor de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores por el período de 1991-2000. Asimismo, este modelo tiende a arrojar valores mayores y positivos en comparación con el precio de mercado, lo cual se puede interpretar como una sobrevaluación del valor de la empresa; debido básicamente a que el modelo considera como variable para determinar el valor de la empresa al valor del activo total, que es muy grande en estas empresas, puesto que trabajan con una fuerte inversión en capital de trabajo y activo fijo.

Por otra parte, al considerar en este modelo a la volatilidad como variable para el cálculo del valor nos permite definir que cuando el riesgo es muy alto los valores que arroja también son muy altos porque privilegia el valor cuando el riesgo es muy elevado. Asimismo, al considerar el apalancamiento se logran también valores elevados, ya que se transfiere el valor del acreedor al accionista.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos que en 1996 hizo Milla (1998: 126) en la valuación de AHMSA al aplicar este modelo tomando las variables sugeridas por Luehrman, el cual arrojó un valor por acción de \$39.06, muy superior al precio de mercado que era \$16.50, resultado que la investigadora atribuyó al

alto potencial de utilidades que tenía AHMSA; sin embargo, sabemos que esta empresa se declaró en suspensión de pagos en el año 1998, lo cual estaría indicando claramente que este modelo sobrestimó el valor de AHMSA.

Al realizar la prueba de correlación entre los valores de Black y Scholes y el precio de mercado encontramos altas correlaciones en seis de los nueve sectores analizados, lo que podría estar indicando que es un modelo adecuado para calcular el valor de las empresas en estos sectores, sin que esto sea contundente.

También, de acuerdo con la prueba t de diferencia de medias, sólo se pudieron rechazar seis hipótesis nulas, sin tener suficiente fundamento estadístico para rechazar las hipótesis en tres sectores; esto indicaría que son sectores que alcanzaron un precio de mercado muy elevado y similar al valor que arroja el modelo Black y Scholes.

La aplicación de este modelo al conjunto de empresas mexicanas por el período estudiado permite definir que hay que tener cuidado en la aplicación del mismo para efectos de valuación, considerando entre otros aspectos las características propias de la empresa como son la inversión fija y el apalancamiento. Además, hay que tomar en cuenta que se ha demostrado que es un modelo que privilegia el valor cuando el riesgo es elevado.

## Bibliografía

- Abreu, Martín (1999), *Valuación de Rendimientos Esperados en opciones bursátiles de compra en un mercado agropecuario en México*, México: UNAM-FCA, Tesis de grado de doctorado en Administración.
- Adam, Juan A. (1996), “Aplicando el Modelo de Black y Scholes, el método de valor en libros, de valor de mercado, el del múltiplo: precio-utilidad, y el de Goodwill”, México: *Contaduría y Administración*, No. 182, julio-septiembre, pp. 33-42.
- Alzugaray, Angélica (2000), “The Black and Scholes Method for Option Valuation Applied to the Evaluation of Investment Projects”, México: *The Anáhuac Journal*, Vol.2, No. 2, pp. 112-121.

- Bolsa Mexicana de Valores (2001), *Anuario bursátil de la Bolsa Mexicana de Valores*, México: Bolsa Mexicana de Valores.
- Bolsa Mexicana de Valores (2001), *Anuario financiero de la Bolsa Mexicana de Valores*, México: Bolsa Mexicana de Valores.
- Baskshi, Gurdip y Chen Zhiwu (1997), “An Alternative Valuation Model for Contingent Claims”, *EUA : Journal of Financial Economics*, Vol. 44, No. 1, pp. 123-165.
- Bellalah, Mondher y Jacquillat Bertrand (1995), “Option Valuation with information cost: Theory and tests”, *EUA: The Financial Review*, Vol. 30, No. 3, agosto, pp. 617-636.
- Black, Fischer y Scholes Myron (1973), “The pricing of options and corporate liabilities”, *EUA : Journal of Political Economy*, Vol. 81, No. 3, mayo/junio, pp. 635-676.
- Coller, Maribeth y Julia Higgs (1997), “Firm valuation and accounting for employee stock options”, *EUA: Financial Analysts Journal*, Vol. 53, No. 1, enero/febrero, pp. 26-34.
- Copeland, Tom y Philip Keenan (1998), “Making real options real”, *EUA: The McKinsey Quarterly*, No. 3, pp. 128-141.
- Damodaran, Aswath (1994), *Damodaran on Valuation, Security Analysis for Investment and Corporate Finance*, EUA: John Wiley & Sons, Inc.
- (2000), *Value Creation and Enhancement: Back to the Future*, Nueva York : Stern School of Business.
- Díaz, Carmen (1998), *Futuros y opciones sobre futuros financieros*, México: Prentice Hall.
- Díaz, Jaime y Fausto Hernández (1998), *Futuros y opciones financieras*, segunda edición, México: Limusa.



Galitz, Lawrence (1994a), *Ingeniería financiera I*, España: Folio.

Koller, Timothy (1994), "What is value-based management?", EUA: *The Mc. Kinsey Quartely* No. 3, pp. 87-101.

Leslie, Keith y Max Michaels (1997), "The real Power of Real Options", EUA: *The McKinsey Quartely*, No. 3, pp. 4-22.

López, Francisco (2001), "Trampas en la valoración de negocios", España: *Harvard Deusto Business Review*, marzo-abril, pp. 1-10.

Luehrman, Timothy (1998a), "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers", EUA: *Harvard Business Review*, julio-agosto, pp. 89-99.

——— (1998b), "Strategy as a Portfolio of Real Options", EUA: *Harvard Business Review*, septiembre-octubre.

Martínez, Eduardo (1993), *Futuros y opciones en la gestión de carteras*, España: Mc Graw Hill.

Mascareñas Pérez Iñigo, Juan (2000b), "Métodos de Valoración de empresas de la nueva economía", España: *Contabilidad y finanzas*, Vol. 88, mayo, pp. 6-12.

Merton, Robert y Scott Mason (1985), *Recent Advances in Corporate Finance: The Role of Contingent Claims Analysis in Corporate Finance*, EUA: Irwin.

Merton, Robert (1997), *Cases in Financial Engineering. Applied Studies of Financial Innovation*, EUA: Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Milla, Sindy (1998), *El análisis fundamental y la valuación de acciones en México*, México: UNAM, Facultad de Contaduría y Administración, Tesis de grado de maestría en Finanzas.

- Rappaport, Alfred (1986), *Creating Shareholder value*, Nueva York: The Free Press.
- Rodríguez de Castro, Juan (1998), *Introducción al análisis de Productos Financieros Derivados*, México: Bolsa Mexicana de Valores, y Limusa.
- Simón, Nadima (1994), *Evaluación organizacional: El caso de Altos Hornos de México, S.A. después de la privatización*, México: UNAM-FCA, Tesis de grado de doctorado en Administración.
- Simons, Katerina (1997), “Model Error”, Inglaterra: *New England Economic Review*, noviembre-diciembre, pp. 17-29.
- Stewart, Myers (1996), “Fischer Black’s contributions to corporate finance”, Tampa: *Financial Management*, Vol. 25, No. 4, pp- 95-103.
- Taggart, James, Peter Kontes y Michael Mankins (1994), *The Value Imperative: Managing for Superior Shareholder Returns*, Nueva York: The Free Press.
- Thierauf, Robert y Richard Grosse (1987), *Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones*, México: Limusa.
- Van Horne, James (1993), *Administración financiera*, México: Prentice Hall.
- Yamashiro, Celina (2001), “Las empresas en la Bolsa Mexicana de Valores”, México: *El Financiero*, Sección de Negocios, 25 de junio, p. 20.

**Anexo 1**  
**Empresas que conforman la muestra**

<b>No</b>	<b>Sector 1: Alimentos, Bebidas y Tabaco</b>
1	Grupo Bimbo, S.A. de C.V.
2	Grupo Continental, S.A. de C.V.
3	Fomento Económico Mexicano, S.A. de C.V.
4	Grupo Industrial Maseca, S.A. de C.V.
5	Grupo Modelo, S.A. de C.V.
6	Savia, S.A. de C.V.
7	Industrias Bachoco, S.A. de C.V.
8	Grupo de Embotelladoras Unidas, S.A. de C.V.
9	Grupo La Moderna, S.A. de C.V.
10	Embotelladoras Argos, S.A. de C.V.
11	Grupo Herdez, S.A. de C.V.
12	Maizoro, S.A. de C.V.
13	Coca Cola Femsa, S.A. de C.V.
14	Gruma, S.A. de C.V.
	<b>Sector 2: Comercio</b>
15	Controladora Comercial Mexicana, S.A. de C.V.
16	Organización Soriana, S.A. de C.V.
17	Grupo Elektra, S.A. de C.V.
18	Wall Mart México, S.A. de C.V.
18	Grupo Casa Saba, S.A. de C.V.
20	Grupo Dataflux, S.A. de C.V.
21	Edoardos Martín, S.A. de C.V.
22	Corporativo Fragua, S.A. de C.V.
23	Grupo Corvi, S.A. de C.V.
24	Grupo Gigante, S.A. de C.V.
25	Grupo Palacio de Hierro, S.A. de C.V.
26	Alsea, S.A. de C.V.
27	Nadro, S.A. de C.V.
28	Puerto de Liverpool, S.A. de C.V.
29	Grupo Prove-Quim. S.A. de C.V.

### Empresas que conforman la muestra

	<b>Sector 3: Comunicaciones</b>
30	Carso Global Telecom, S.A. de C.V.
31	Grupo Televisa, S.A.
32	Teléfonos de México, S.A. de C.V.
33	TV Azteca, S.A. de C.V.
34	Transportación Marítima Mexicana, S.A. de C.V.
35	Cintra, S.A. de C.V.
36	Grupo Radio Centro, S.A. de C.V.
37	Biper, S.A. de C.V.
38	Grupo Iusacell, S.A. de C.V.
	<b>Sector 4: Construcción</b>
39	Apasco, S.A. de C.V.
40	Grupo Cementos Chihuahua, S.A. de C.V.
41	Cemex, S.A. de C.V.
42	Consorcio Ara, S.A. de C.V.
43	Corporación Geo, S.A. de C.V.
44	Empresas Ica Sociedad Controladora, S.A. de C.V.
	<b>Sector 5: Controladoras</b>
45	Corporación Interamericana de Entretenimiento, S.A. de C.V.
46	Alfa, S.A. de C.V.
47	Desc, S.A. de C.V.
48	Grupo Carso, S.A. de C.V.
49	Grupo Industrial Saltillo, S.A. de C.V.
50	Grupo Sanbors, S.A. de C.V.
51	San Luis Corporación, S.A. de C.V.
52	Cydsa, S.A. de C.V.
53	G. Acción, S.A. de C.V.
54	Grupo Industrial Camesa, S.A. de C.V.

### Empresas que conforman la muestra

	<b>Sector 6: Ind. Transformación I :Metálicos, Minera, Minerales no Metálicos y Siderúrgica</b>
55	Metálicos Industrias CH, S.A. de C.V.
56	Minera Grupo México, S.A. de C.V.
57	Minera Industrias Peñoles, S.A. de C.V.
58	Minerales no M Vitro, S.A. de C.V.
59	Siderúrgica Tubos de Acero de México, S.A. de C.V.
60	Siderúrgica Hylsamex, S.A. de C.V.
	<b>Sector 7: Ind. Transformación II :Celulosa y Papel y Química</b>
61	Celulosa/Papel Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.
62	Celulosa/Papel Empaques Ponderosa, S.A. de C.V.
63	Química Tekchem S.A. de C.V.
64	Química Mexichem S.A. de C.V.
	<b>Sector 8: Servicios Financieros</b>
65	Serv. Financieros Grupo Financiero, Banamex Accival,
	S.A. de C.V,
66	Serv. Financieros Grupo Financiero Bital, S.A. de C.V.
67	Serv. Financieros Grupo Financiero BBVA Bancomer,
	S.A. de C.V.
68	Serv. Financieros Grupo Financiero Inbursa, S.A. de C.V.
69	Serv. Financieros Grupo Financiero Banorte, S.A. de C.V.
	<b>Sector 9: Otros Servicios</b>
70	Grupo Aeroportuario del Sureste, S.A. de C.V.
71	Médica Sur, S.A. de C.V.

Fuente : BMV (2001), *Anuario bursátil 2000*, México: Bolsa Mexicana de Valores

**Anexo 3**  
**Valores calculados aplicando el modelo Black y Scholes**  
(miles de pesos)

	Activo <sup>1</sup>	Pasivo <sup>2</sup>	Costo del <sup>3</sup>	Pasivo <sup>4</sup>	Tasa real <sup>5</sup>	Volatilidad <sup>6</sup>	Tpo <sup>7</sup>	e <sup>8</sup>	S/X <sup>9</sup>	Lg. N. <sup>10</sup>	d1 <sup>11</sup>	Normal <sup>12</sup>	d2 <sup>13</sup>	Normal <sup>12</sup>	C <sup>14</sup>
B Y S 2000	2000	2000	Pasivo	Futuro		Standard	Vcmto.	2.71828		S/X					
No/ Empresa	S			X											
1 BIMBO	24,896,333	4,377,298	0.0581	5,185,393	5.30%	37.58%	3	2.71828	4.80162891	1.57	1.940	0.967800	1.2889	0.884900	20,182,586
2 CONTINENTAL GPO.	7,910,324	168,692	0.0111	174,367	5.30%	41.81%	3	2.71828	45.3659604	3.81	4.236	1.000000	3.5118	0.999760	7,761,625
3 FEMSA	45,684,849	9,061,101	0.0746	11,242,638	5.30%	46.22%	3	2.71828	4.0635347	1.40	1.881	0.961600	1.0809	0.834000	35,932,549
4 GIMSECA	22,070,000	7,020,687	0.0739	8,695,559	5.30%	34.25%	3	2.71828	2.5380771	0.93	1.266	0.877000	0.6731	0.712300	14,072,061
5 GMODELO	45,810,077	267,000	0.0080	273,443	5.30%	40.23%	3	2.71828	167.530476	5.12	5.523	1.000000	4.8261	1.000000	45,576,831
6 SAVIA	63,557,539	12,073,265	0.0732	14,923,559	5.30%	14.76%	3	2.71828	4.25887285	1.45	1.641	0.937000	1.3850	0.899700	48,100,465
7 BACHOCO	9,736,651	768,386	0.1143	1,063,047	5.30%	41.53%	3	2.71828	9.15919117	2.21	2.632	0.993200	1.9131	0.959900	8,800,028
8 GEM UNIDAS	2,012,539	114,315	0.1370	168,047	5.30%	36.50%	3	2.71828	11.9760785	2.48	2.842	0.996000	2.2096	0.978300	1,864,256
9 MODERNA	2,559,071	270,006	0.1264	385,865	5.30%	36.50%	3	2.71828	6.63203937	1.89	2.251	0.981200	1.6186	0.925100	2,206,472
10 ARGOS	4,028,703	628,885	0.1505	957,817	5.30%	34.08%	3	2.71828	4.20613031	1.44	1.770	0.941800	1.1795	0.836500	3,110,800
11 HERDEZ, S.A.	3,748,385	1,079,992	0.0935	1,412,322	5.30%	59.63%	3	2.71828	2.65405808	0.98	1.668	0.937000	0.6356	0.691500	2,679,183
12 MAIZORO	439,829	97,105	0.1093	132,547	5.30%	36.50%	3	2.71828	3.31829893	1.20	1.558	0.919200	0.9261	0.779400	316,171
13 KOF COCA COLA	12,910,753	4,046,765	0.0548	4,748,848	5.30%	36.50%	3	2.71828	2.71871239	1.00	1.359	0.899700	0.7268	0.738900	8,622,705
14 GIMSECA	6,832,941	22,537	0.7012	10,963	5.30%	36.50%	3	2.71828	61.5783805	4.12	4.479	0.999950	3.8469	0.999420	6,738,003
15 KIMBERLY CLARK	21,005,658	4,065,944	0.0688	4,964,641	5.30%	38.55%	3	2.71828	4.23105285	1.44	1.824	0.957300	1.1567	0.853100	16,495,990
16 EMPAQUES POND	4,072,681	723,572	0.0960	952,491	5.30%	28.29%	3	2.71828	4.27581914	1.45	1.732	0.944100	1.2420	0.864300	3,142,799
17 COM. MEXICANA	20,473,123	1,749,269	0.0884	2,255,511	5.30%	46.28%	3	2.71828	9.07693206	2.21	2.686	0.994800	1.8844	0.960800	18,518,138
18 SORIANA	17,559,646	412,186	0.0010	413,379	5.30%	44.31%	3	2.71828	42.4783635	3.75	4.203	1.000000	3.4350	0.999700	17,207,142
19 ELEKTRA	14,334,858	4,374,679	0.0986	5,801,273	5.30%	57.74%	3	2.71828	2.4709851	0.90	1.564	0.922200	0.5636	1.000000	8,271,141
20 WALL MART MEX	50,262,308	1	0.0000	1	5.30%	50.14%	3	2.71828	50262308.4	17.73	18.269	1.000000	17.4004	1.000000	50,262,308
21 SABA CASA GPO.	6,705,738	688,346	0.0363	766,020	5.30%	59.25%	3	2.71828	8.75400408	2.17	2.655	0.997400	1.8289	0.961600	6,059,982
22 DATAFLUX	1,044,147	54,756	0.0316	60,111	5.30%	82.70%	3	2.71828	17.3703408	2.85	4.040	0.999700	2.6073	0.994800	993,108
23 EDOARDO	637,559	31,878	0.1769	51,969	5.30%	59.25%	3	2.71828	12.2680671	2.51	3.193	0.998500	2.1663	0.973200	593,465
24 FRAGUA CORP.	1,768,437	141,315	0.0828	179,324	5.30%	59.25%	3	2.71828	9.8505097	2.29	2.973	0.997800	1.9469	0.965600	1,614,850
25 GORVI	3,923,679	454,833	0.1404	674,489	5.30%	50.08%	3	2.71828	5.81726358	1.76	2.296	0.982100	1.4286	0.892500	3,339,957
26 GIGANTE	17,709,801	678,313	0.2574	1,348,388	5.30%	40.68%	3	2.71828	13.1339078	2.58	2.982	0.996200	2.2778	0.975000	16,520,889
27 GIPALACIO HIERRO	8,579,886	1,591,317	0.1156	2,209,179	5.30%	93.09%	3	2.71828	3.88374433	1.36	2.816	0.996000	1.2033	0.850800	6,942,300
28 ALSEA	1,466,974	289,859	0.0911	376,565	5.30%	59.25%	3	2.71828	3.89567447	1.36	2.045	0.971900	1.0192	0.813300	1,184,513
29 NADRO	4,180,319	50,562	0.0684	61,315	5.30%	59.25%	3	2.71828	68.17766	4.22	4.908	1.000000	3.8815	0.999920	4,128,022
30 LIVERPOOL	16,584,896	2,639,096	0.0571	3,117,342	5.30%	83.82%	3	2.71828	5.3202416	1.67	2.884	0.997400	1.4326	0.911500	14,118,022
31 GPROVE QUIM	38,683	56,166	0.1902	94,694	5.30%	59.25%	3	2.71828	4.10464246	1.41	2.098	0.967800	1.0715	0.793900	312,042
32 TELECOM CARSO	246,341,337	93,338,113	0.0715	114,838,995	5.30%	55.75%	3	2.71828	2.14610181	0.76	1.388	0.895700	0.4228	0.625500	160,381,038
33 TELEVISIA	45,498,833	11,344,957	0.0811	14,336,682	5.30%	58.97%	3	2.71828	3.17360008	1.15	1.835	0.957300	0.8141	0.754900	34,324,269
34 TELMEX	158,650,234	75,250,666	0.0973	96,717,434	5.30%	58.11%	3	2.71828	1.64034784	0.49	1.160	0.848500	0.1539	0.512000	92,374,914
35 TVAZTECA	18,828,979	6,076,557	0.0980	8,044,003	5.30%	66.15%	3	2.71828	2.34049879	0.85	1.666	0.935700	0.5200	0.644300	13,956,536
36 TIM	26,004,716	12,292,493	0.0301	13,434,911	5.30%	75.71%	3	2.71828	1.93560762	0.66	1.679	0.948400	0.3679	0.625500	17,494,686
37 CINTRA	20,661,867	5,606,072	0.0742	6,948,613	5.30%	67.26%	3	2.71828	2.9735239	1.09	1.927	0.966600	0.7624	0.742200	15,551,974
38 RADIO CENTRO	1,739,092	338,794	0.0326	373,937	5.30%	86.40%	3	2.71828	4.6641544	1.54	2.819	0.997200	1.3222	0.898000	1,449,287
39 MOVIL ACCES	552,243	4,802	0.1505	7,313	5.30%	68.37%	3	2.71828	75.5135431	4.32	5.184	1.000000	4.0003	0.999920	546,005
40 IUSACELL	15,957,887	7,756,412	0.0876	9,978,969	5.30%	78.67%	3	2.71828	1.59915191	0.47	1.557	0.923600	0.1942	0.527900	10,245,206
41 APASCO	15,509,111	1,768,656	0.0680	2,154,363	5.30%	36.78%	3	2.71828	7.198903251	1.97	2.325	0.986800	1.7052	0.945200	13,567,431
42 CEMENTOS CHIHUAHUA	5,412,758	1,671,020	0.0423	1,892,402	5.30%	33.14%	3	2.71828	2.86025867	1.05	1.375	0.904900	0.8006	0.770400	3,654,416
43 CEMEX, S.A.	153,309,832	56,329,445	0.0524	65,658,164	5.30%	35.74%	3	2.71828	2.33496981	0.85	1.199	0.868600	0.5796	0.691500	94,436,646
44 ARA	3,994,316	118,829	0.8567	767,000	5.30%	39.38%	3	2.71828	5.20771019	1.65	2.042	0.999740	1.3597	0.997400	3,340,730
45 GEO	5,873,363	2,284,692	0.0542	2,676,509	5.30%	61.02%	3	2.71828	2.1944115	0.79	1.503	0.922200	0.4465	0.640600	3,953,892
46 ICA SOC. CONTROL	24,291,784	7,555,208	0.1128	10,411,200	5.30%	55.91%	3	2.71828	2.33323579	0.85	1.475	0.904900	0.5068	0.638600	16,326,396
47 CORP. INTERAMER.	9,942,000	2,863,491	0.0754	3,560,848	5.30%	43.86%	3	2.71828	2.79203177	1.03	1.474	0.913100	0.7146	0.725700	6,873,806
48 ALFA	73,623,146	32,917,581	0.0688	40,189,802	5.30%	53.48%	3	2.71828	1.83188625	0.61	1.193	0.862100	0.2671	0.563600	44,149,315
49 DESC	32,325,475	12,251,666	0.0618	14,665,844	5.30%	49.92%	3	2.71828	2.2041333	0.79	1.323	0.890700	0.4585	0.644300	20,732,164
50 GCARSO	85,776,000	28,639,476	0.1025	38,381,196	5.30%	52.14%	3	2.71828	2.23484436	0.80	1.371	0.888800	0.4679	0.625500	55,759,449
51 GIND SALTILLO	7,744,216	2,042,861	0.0347	2,262,832	5.30%	43.59%	3	2.71828	3.42235519	1.23	1.674	0.947400	0.9193	0.807800	5,777,664
52 GSANBORNS	39,599,000	10,163,051	0.1461	15,300,191	5.30%	46.77%	3	2.71828	2.58813754	0.95	1.438	0.892500	0.6280	0.666400	26,644,915
53 SAN LUIS CORP.	8,479,085	5,045,451	0.0785	6,330,061	5.30%	46.72%	3	2.71828	1.33949506	0.29	0.779	0.779400	-0.0305	0.012000	6,543,805
54 CYDSA	12,344,463	5,628,401	0.0949	7,387,619	5.30%	45.88%	3	2.71828	1.67096644	0.51	0.988	0.802300	0.1935	0.523900	6,602,548
55 GACCION	3,566,944	1,123,960	0.0610	2,536,774	5.30%	49.92%	3	2.71828	1.40609449	0.34	0.874	0.807800	0.0090	0.000000	2,881,377
56 CAMESA	4,031,366	573,942	0.1121	789,298	5.30%	46.36%	3	2.71828	5.10755591	1.63	2.112	0.974400	1.3091	0.874900	3,339,140
57 INDUSTRIAS CHB	5,017,366	200,695	0.0000	200,695	5.30%	30.40%	3	2.71828	25	3.22	3.516	0.999780	2.9900	0.998600	4,845,310
58 GMEXICO	83,519,555	27,458,863	0.0637	33,049,736	5.30%	46.36%	3	2.71828	2.52708693	0.93	1.408	0.904900	0.6055	0.695000	55,983,887
59 PEÑOLES	17,306,000	4,696,158	0.0450	5,359,544	5.30%	46.36%	3	2.71828	3.2290058	1.17	1.654	0.942900	0.8506	0.782300	12,741,408
60 VITRO	32,447,000	15,879,697	0.0883	20,471,264	5.30%	43.19%	3	2.71828	1.58500227	0.46	0.899	0.813300	0.1513	0.059600	25,348,415
61 TEKCHEM	724,613	138,312	0.0972	182,689	5.30%	46.36%	3	2.71828	3.96637928	1.38	1.859	0.957300	1.0563	0.821200	565,702
62 MEXICHEM S.A.	2,139,919	145,372	0.0414	164,178	5.30%	46.36%	3	2.71828	13.0341006	2.57	3.049	0.998600	2.2460	0.985400	1,998,924
63 BANAMEX	334,089,890	281,446,550	0.1003	374,912,519	5.30%	53.55%	3	2.71828	0.89111425	-0.12	0.474	0.680800	-0.		

Anexo 2												
Cálculo del valor promedio sectorial del modelo Black y Scholes (1991-2000)												
Empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores												
(Miles de pesos)												
Alimentos, Bebidas y Tabaco												
No	Sector	Empresa	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Alimentos	BIMBO	11,616,031	11,928,273	13,144,301	16,370,893	16,747,038	14,589,435	16,311,384	17,426,113	18,988,456	20,182,586
2	Alimentos	CONTINENTAL GPO.	4,198,325	4,167,503	4,075,091	5,088,376	3,719,400	4,036,668	5,012,895	5,867,935	6,829,471	7,761,625
3	Alimentos	FEMSA	18,148,258	20,712,624	22,457,878	32,696,782	31,107,364	24,564,218	28,024,483	31,350,412	33,046,470	35,932,549
4	Alimentos	GMASECA	n.d.	6,000,291	6,395,241	11,468,718	10,618,835	11,800,072	14,145,247	12,235,821	13,485,137	14,072,061
5	Alimentos	GMODELO	24,009,006	26,533,769	28,973,645	35,209,284	34,441,159	34,245,762	37,506,076	39,320,710	40,075,406	45,576,831
6	Alimentos	SAVIA	4,057,698	5,508,104	4,846,342	14,149,072	16,874,114	11,087,588	23,092,955	19,938,283	45,967,122	48,100,465
7	Alimentos	BACHOCO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,578,144	4,634,207	6,145,963	6,882,661	7,839,764	8,800,028
8	Alimentos	GEM UNIDAS	1,008,518	1,470,661	2,088,739	2,399,257	1,945,878	1,910,778	2,079,634	1,671,451	1,661,322	1,864,256
9	Alimentos	GMODERNA	1,091,206	1,378,828	1,485,754	2,207,762	1,948,821	1,975,985	1,904,146	1,998,391	1,968,127	2,206,472
10	Alimentos	ARGOS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,948,456	2,286,965	3,110,800
11	Alimentos	HERDEZ, S.A.	1,287,012	1,741,058	1,844,796	2,186,120	1,457,461	1,640,693	1,924,477	1,885,329	2,167,633	2,679,183
12	Alimentos	MAIZORO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	375,210	295,619	327,463	286,896	311,384	316,171
13	Alimentos	KOF COCA COLA	n.d.	1,673,720	3,016,029	7,713,382	7,143,117	6,792,664	7,176,177	8,079,817	8,218,068	8,622,705
14	Alimentos	GMASECA	2,469,785	3,270,501	4,115,900	5,896,246	6,174,623	6,325,320	6,491,142	6,707,725	6,725,521	6,738,003
		Suma	67,885,839	84,385,332	92,443,715	135,385,891	137,131,166	123,899,010	150,142,043	156,599,999	189,570,845	205,963,733
		Promedio	7,542,871	7,671,394	8,403,974	12,307,808	10,548,551	9,530,693	11,549,388	11,185,714	13,540,775	14,711,695
Comercio												
No	Sector	Empresa	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Comercio	COM. MEXICANA	10,818,898	12,860,476	14,682,169	15,592,829	13,247,147	13,385,227	15,655,369	16,410,659	17,764,901	18,518,138
2	Comercio	ELEKTRA	4,820,527	5,351,236	5,683,959	10,612,089	9,417,706	9,740,238	11,413,672	11,556,976	12,325,417	17,207,142
3	Comercio	SORIANA	1,492,643	1,960,639	2,494,966	3,528,145	4,276,399	6,741,122	11,764,393	9,313,595	10,710,317	8,271,141
4	Comercio	WALL MART MEX	19,536,656	26,767,441	35,226,365	36,313,681	33,893,941	32,937,404	43,237,031	43,407,653	46,129,253	50,262,308
5	Comercio	SABA CASA GPO.	2,347,742	1,809,789	3,259,196	3,615,358	3,556,749	3,592,989	4,025,052	4,216,571	3,797,504	6,059,982
6	Comercio	DATAFLUX	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	650,158	848,383	1,587,520	1,253,353	839,951	993,108
7	Comercio	EDOARDO	356,544	333,147	363,402	437,569	419,583	411,354	524,248	608,462	616,651	593,461
8	Comercio	FRAGUA CORP.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	574,599	483,773	889,969	1,097,869	1,499,712	1,614,850
9	Comercio	GCORVI	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,575,172	2,217,839	2,376,709	2,684,395	3,092,866	3,339,957
10	Comercio	GIGANTE	11,381,174	12,091,635	16,617,170	17,717,244	13,007,864	15,535,756	15,650,615	16,322,730	16,982,936	16,520,889
11	Comercio	GALACIO HIERRO	4,324,812	4,681,029	5,274,880	7,057,357	5,451,688	4,827,156	5,486,775	5,987,231	5,228,430	6,942,300
12	Comercio	ALSEA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	611,783	894,589	1,164,513
13	Comercio	NADRO	1,467,194	1,575,860	1,921,768	2,747,279	3,043,974	3,327,339	3,783,796	4,346,156	4,740,992	4,128,022
14	Comercio	LIVERPOOL	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14,564,041	9,270,604	11,367,989	11,307,809	12,433,645	14,118,022
15	Comercio	GPROVE QUIM	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	239,431	197,272	322,221	387,625	431,778	312,042
		Suma	56,546,190	67,431,251	85,523,876	97,621,551	103,918,451	103,516,456	128,085,359	129,512,867	137,488,945	150,045,875
		Promedio	6,282,910	7,492,361	9,502,653	10,846,839	7,422,746	7,394,033	9,148,954	8,634,191	9,165,930	10,003,058
Comunicaciones y Transportes												
No	Sector	Empresa	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Comunicaciones	TELECOM CARSO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	26,591,434	22,282,621	143,595,301	134,390,600	160,361,038
2	Comunicaciones	TELEvisa	19,925,763	21,778,455	27,480,501	34,412,632	37,322,887	27,603,583	36,212,872	38,839,259	33,506,251	34,324,269
3	Comunicaciones	TELMEX	65,163,440	77,163,145	97,479,352	134,814,261	108,871,845	97,069,817	78,224,834	86,320,345	134,003,976	92,374,914
4	Comunicaciones	TVAZTECA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,787,925	5,219,364	7,771,218	9,799,738	10,896,700	13,195,536
5	Comunicaciones	TMM	3,206,416	4,173,887	7,969,746	7,985,444	8,737,295	5,963,986	7,292,083	11,233,141	8,952,856	17,494,686
6	Comunicaciones	CINTRA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12,142,016	8,992,690	12,622,436	13,858,928	13,820,391	15,551,974
7	Comunicaciones	RADIO CENTRO	n.d.	650,997	936,866	1,344,068	1,019,323	1,720,965	1,950,365	1,752,391	1,709,034	1,449,287
8	Comunicaciones	MOVIL ACCES	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	169,631	191,184	506,089	498,768	557,494	546,005
9	Comunicaciones	IUSACELL	n.d.	2,009,499	5,437,250	9,885,423	9,046,362	5,662,399	5,962,299	8,035,926	10,475,671	10,245,206
		Suma	88,295,620	105,775,983	139,303,715	188,441,827	183,097,284	179,015,422	172,824,816	313,933,796	348,312,972	345,542,915
		Promedio	29,431,873	21,155,197	27,860,743	37,688,365	22,887,161	19,890,602	19,202,757	34,881,533	38,701,441	38,393,657
Construcción												
No	Sector	Empresa	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Construcción	APASCO	8,220,333	9,482,103	10,178,244	13,510,290	14,542,121	13,002,281	12,213,040	12,985,918	12,951,658	13,567,431
2	Construcción	CEMENTOS CHIHUAHU	2,035,975	3,069,152	3,315,372	3,998,470	4,515,653	3,523,033	3,717,108	4,091,566	3,975,516	3,654,416
3	Construcción	CEMEX, S.A.	23,765,731	47,601,371	42,640,053	71,602,028	87,594,766	52,942,162	70,023,721	70,140,731	70,301,895	94,436,646
4	Construcción	ARA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,499,097	2,240,852	2,661,807	2,781,090	3,456,159	3,340,730
5	Construcción	GEO	n.d.	n.d.	548,638	1,696,133	2,419,306	2,208,415	3,637,779	4,139,351	3,579,286	3,953,892
6	Construcción	ICA SOC. CONTROL.	13,182,596	16,540,480	23,563,288	32,220,577	30,397,566	21,498,981	22,689,219	27,327,423	17,489,034	16,326,395
		Suma	47,204,635	76,693,106	80,245,594	123,027,497	140,968,508	95,415,724	114,942,674	121,466,080	111,753,548	135,279,509
		Promedio	11,801,159	19,173,276	16,049,119	24,605,499	23,494,751	15,902,621	19,157,112	20,244,347	18,625,591	22,546,585
n.d. No hubo datos disponibles para realizar este cálculo.												