

01168  
76



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

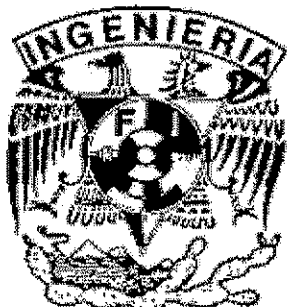
**"ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN INSTRUMENTOS  
DE RENTA FIJA EN MÉXICO: 1996-2001"**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

P R E S E N T A :

LIC. FRANCISCO JAVIER REYES ZÁRATE

TUTOR: DR. EDGAR ORTÍZ CALISTO



CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F.

OCTUBRE DE 2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *A MIS PADRES:*

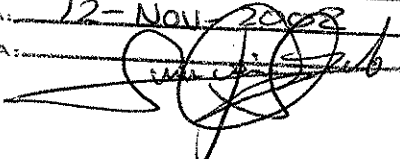
*Por ser el eje de mi vida, por su apoyo desinteresado, porque siempre existirá en mí el amor y el respeto más profundo para ambos... ¡muchas gracias!. ¡Es de ustedes este logro!. ¡Que Dios los guarde por muchísimo tiempo más!...*

*...A toda mi familia, porque siempre están conmigo en todos los momentos de mi vida; en especial; agradezco profundamente a mi hermana **Dalia** (siempre estás conmigo en mi mente y corazón porque te quiero mucho), a mis tíos **Socorro** y **Ángel** y a mis primas **Rocío** y **Cinthya** por alentarme y confiar en mí siempre y en todo momento...*

*...A todos mis amigos y compañeros que siempre han estado conmigo motivándome e impulsándome a seguir siempre adelante. Mil gracias de verdad, porque las palabras salen sobrando: **Dianita (David)**, **Raúl (Vero y el "gordo")**, **Jorgito**, **Ponchito (Adriana)**, **Bernardo (Mary)** y **Daniel**. A todos mis amigos y compañeros del CIFE: **Javier**, **Victor**, **Bety**, **Cheli**, **Marce**, **Chucho**, **Eric**, **Arturo**, **Pify**, **Carmen**, **Doña Ofelia**, **Adi**, **Belen**, **Esme**, **MaryCarmen**, todos los chicos de servicio social que siempre nos apoyan... y a todos los que me faltan por falta de espacio, pero que siempre pienso en ellos de todo corazón. ¡Gracias!*

*Por último, deseo expresar un emotivo agradecimiento al **Dr. Edgar Ortiz Calisto**, por dedicar su atención y empeño para la realización de este trabajo. De igual manera, deseo agradecer al **Mtro. Armando Sánchez Vargas** y al **Mtro. David López Victoriano**, grandes amigos y compañeros, por su gran ayuda. A todos ellos les doy las gracias infinitamente por su apoyo para la realización de este trabajo.*

la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM  
a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: FRANCISCO JAVIER REYES ZARATE  
FECHA: 12-NOV-2008  
FIRMA: 

# ÍNDICE

## Introducción

### Capítulo I

#### Aspectos Teóricos sobre la Administración de Riesgos

Pág.

1. Crisis y modernización del sistema financiero mexicano: ¿porqué es necesaria la presencia de la administración de riesgos?.....	1
2. Tipos de riesgo en las finanzas.....	4
3. La evolución del riesgo en las finanzas.....	8
4. Conclusiones.....	17

### Capítulo II

#### El Modelo VaR para Instrumentos de Renta Fija en México: El Mercado de Cetes a 28 días

1. Determinantes del riesgo en el mercado financiero: el modelo de Valor en Riesgo.....	22
2. Principales usos del VaR.....	26
3. Cuantificación del modelo VaR.....	28
3.1. Agregación/desagregación del tiempo.....	32
4. Estructura, valuación y riesgo de los bonos públicos en México	
4.1. Modelos generales de valuación de la tasa de los Cetes a 28 días: Duración y Convexidad.....	33
4.2. Cetes <sub>28</sub> : valuación y riesgo en México.....	40
4.3. El riesgo sobre las tasas de interés.....	44
5. Modelando el VaR para los Cetes en México: un caso práctico..	45
6. Conclusiones.....	55

## Capítulo III

### Análisis Comparativo y Metodológico de la Volatilidad en un Modelo VARCH

1. Antecedentes.....	60
2. La volatilidad estimada en la Administración de Riesgos.....	61
3. Análisis comparativo con otros modelos.....	64
3.1. El modelo Monte Carlo.....	65
3.2. El modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA).....	71
3.3. Un análisis sobre del modelo GARCH.....	73
4. El comienzo: los modelos ARCH y GARCH.....	75
5. El modelo VaR-GARCH (VARCH) aplicado.....	77
5.1. Aspectos teóricos sobre la tasa de CETES en el mercado accionario de México.....	80
5.2. Metodología del modelo GARCH aplicado a los CETES durante 1996-2001.....	85
6. Conclusiones.....	89

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

**Anexo 1.** Indicadores de la tasa líder en México

**Anexo 2.** Cálculo del Valor en Riesgo sobre indicadores  
de la tasa líder en México

**Anexo 3.** Cálculo de la duración y convexidad para los  
Cetes en México

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo realizar un análisis sobre la administración de riesgos, tema de estudio para la Ingeniería Financiera en los años recientes. El objetivo se centra en la cuantificación del Valor en Riesgo para un instrumento de renta fija como el mercado de Cetes (Certificados de la Tesorería de la Federación) que emite el Gobierno Federal con un plazo de 28 días en la economía mexicana, que es considerada la *tasa líder* a nivel nacional y que sirve como parámetro para establecer las tasas de interés de algunos instrumentos financieros de emisión privada bajo la premisa de buscar fondos para hacer frente, entre otras cosas, a sus activos y pasivos financieros, por lo cual debe hacer más atractiva su oferta de colocación con respecto a los Cetes al mismo plazo. Para ello, es necesario hacer una revisión del sistema financiero nacional, la manera en la cual está siendo actualmente regulada la materia de riesgos en México y cómo puede llevarse a cabo mediante un procedimiento que valore efectivamente el nivel de riesgo al que están sujetas estas instituciones.

El proceso de investigación permite centrarse en dos aspectos importantes sin perder de vista la visión general del tema. Por un lado, se realiza un análisis en la cual un inversionista puede considerar la peor pérdida esperada en un intervalo de tiempo determinado, bajo condiciones normales de mercado y con un nivel de confianza dado utilizando estimaciones basadas en el modelo de Valor en Riesgo con el fin de que el administrador financiero tenga fundamentos para realizar una mejor toma de decisiones; a razón de esto, se presenta un ejemplo que permite realizar un análisis del riesgo aplicable al mercado financiero mexicano. Por otro lado, se analiza la volatilidad y un método de cuantificación mostrando la forma en que puede ser medida y controlada para tener mejores perspectivas de inversión en el mercado financiero por medio de un modelo econométrico denominado

*Autoregresivo Heteroscedástico Generalizado (GARCH)*<sup>1</sup>, que actualmente es uno de los mejores instrumentales econométricos para la proyección de series de tiempo financieras, tomando como referencia datos históricos de los Certificados de Tesorería (Cetes) emitidos por el Banco de México (Banxico) en su oferta pública de subasta a 28 días (**Cetes<sub>28</sub>**) con datos obtenidos por la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). El estudio permitirá determinar los impactos que se presentan para evitar pérdidas que representen desconfianza e incertidumbre en México y al mismo tiempo comprobar si realmente se ha implementado y desarrollado la regularización de la administración de riesgos durante la evolución de la economía mexicana de 1996 a la fecha.

De esta manera, el problema del análisis de estudio se concentra bajo dos importantes planteamientos básicos: 1) *¿Porqué es importante utilizar un modelo confiable como el VaR en la administración de riesgos financieros y su aplicación sobre instrumentos de renta fija en México?*, y 2) *¿Qué tipo de medida es la más útil para pronosticar los niveles de volatilidad y acercarse a un modelo de valuación de riesgos más eficaz en México?*

Los resultados en este trabajo permiten establecer **dos hipótesis** que serán los ejes de esta investigación, y que implican la búsqueda de soluciones que permitan cambios positivos en el mercado financiero mexicano:

- a) Si la regulación en la materia de riesgos es llevada a cabo formalmente contando con una estructura financiera sólida que genere un ambiente de certidumbre sobre el horizonte de tiempo para los inversionistas, se tendrán mejores mecanismos y sistemas que eviten la volatilidad de capitales como sucedió en las últimas dos décadas; lo anterior ayudará a formar mejores criterios para la toma de decisiones

---

<sup>1</sup> Modelo propuesto por Engle y Bollerslev, para mayores referencias, consúltese Engle, R. "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", en *Econometrica* 50 (1982), pp. 987-1007, y Bollerslev, T., "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity" en *Journal of Econometrics* 3 (1986), pp. 307-327.

de los administradores de riesgos en las instituciones financieras.

- b) Si se cuenta con un modelo como el VaR, adecuado a las necesidades prácticas de este país y que permita establecer comparativos confiables para una mejor toma de decisiones en la instituciones financieras, se pueden establecer escenarios de certidumbre que lograrán beneficios en los niveles de inversión nacional y extranjera que beneficien positivamente a México considerando criterios sustentados en un modelo que analice el impacto de la volatilidad persistente en todas las economías mundiales.

En el primer capítulo, se hacen algunas consideraciones teóricas sobre la evolución de la administración de riesgos a nivel global asimismo como los tipos existentes de riesgo con el fin de explicar la conducta que toman las instituciones financieras al tomar precauciones en la materia de riesgos mediante una regulación adecuada para prevenir las exposiciones al riesgo a las que frecuentemente se someten. También se realiza un análisis sobre los tipos de riesgos a que están inmersas las instituciones en donde el tema a destacar es en particular la prevención del riesgo de mercado, sobre el cual han existido serios problemas en las instituciones financieras tanto a nivel nacional como internacional.

En el segundo capítulo se realiza la revisión del modelo de Valor en Riesgo y la forma en la cual se valora y se cuantifica por medio del instrumental matemático y estadístico necesario para obtener mejores resultados para lo toma de decisiones. Se trata de mostrar porqué la tasa de interés de los Cetes<sub>28</sub> juegan un rol fundamental en el desempeño del mercado financiero por ser la tasa líder en el sistema financiero mexicano y porqué son importantes para la toma de decisiones de los inversionistas en su portafolios de inversión. Para ello, en el análisis previo al planteamiento del VaR es necesario de cálculos especiales aplicables a



instrumentos de renta fija como son la duración y de la convexidad sobre los Cetes<sub>28</sub> y obtener con más exactitud la tendencia del horizonte de tiempo presentando un ejemplo práctico sobre el comparativo del Cete<sub>28</sub> y el *papel comercial* emitido por las instituciones bancarias, lo cual permite analizar la toma de decisiones de una manera más confiable y segura.

En el tercer capítulo, se realiza la evidencia empírica utilizando las técnicas de la econometría sobre las variaciones del riesgo estimando la volatilidad mediante el uso de un modelo como el **VARCH** (VaR-GARCH), el cual proporciona un estimador que cumple con todas las características confiables para ser insertado en el modelo planteado en el segundo capítulo. También se hace una breve revisión de otros modelos para el pronóstico de volatilidades.

Por último, me gustaría agradecer a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta tesis, en especial, al **Dr. Edgar Ortíz Calisto**, Profesor Investigador del Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en primer lugar, por aceptar ser mi tutor y, en segundo lugar, porque gracias a sus atinados comentarios e importantes sugerencias fue posible la realización y conclusión de este trabajo. De la misma manera, un especial agradecimiento al **Mtro. Rubén Téllez S.**, al **Dr. Sergio Fuentes Maya**, a la **Dra. Ma. Idalia Flores de la M.** y a la **Dra. Ma. Alejandra Cabello R.**, por haber aceptado la responsabilidad de revisar y asesorar este trabajo. Agradezco también plenamente a dos compañeros y amigos: al **M.C. Armando Sánchez Vargas**, Profesor de la Facultad de Economía de la UNAM, por su apoyo desinteresado en la asesoría sobre el manejo de programas en Econometría; y asimismo agradezco los comentarios del **Lic. David López Victoriano**, del Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), porque su ayuda sido muy valiosa para el fortalecimiento de este trabajo. Un agradecimiento no valdría la pena si no se considera el apoyo importante de la **División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería** de una institución tan importante como lo es *Nuestra Máxima Casa de Estudios*, la **UNAM**, a quien estaré eternamente agradecido por permitir desarrollarme en el ámbito

profesional, laboral, intelectual y académico, ya que esta oportunidad brindada me ha motivado a seguir siempre adelante y comprometerme a ser cada día mejor y contribuir de esta forma al desarrollo de mi país, México. Gracias, *Alma Mater*.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

### **1. Crisis y modernización del sistema financiero mexicano: ¿porqué es necesaria la presencia de la administración de riesgos?**

A través del tiempo, el marco jurídico que regula nuestro sistema financiero ha tenido cambios que buscan acoplarse a las circunstancias devenidas de los constantes cambios sobre la actividad económica que, como se verá en este apartado, han sido motivo de severas crisis que impiden el desarrollo económico y que, por el contrario, han dejado una huella imborrable con las crisis que México ha sufrido durante las últimas dos décadas. Lo anterior ha provocado que se tomen medidas más drásticas -pero pertinentes- que conlleven a la estabilidad en precios, mejorar la calidad de vida y reforzar la visión al largo plazo, asimismo como vincular a México con el exterior bajo el concepto de la globalización de una forma más constante, manteniendo en sus premisas a los mercados financieros como uno de los motores de crecimiento económico.

La evolución del sistema financiero tiene características muy particulares:

- la afirmación de la rectoría del Estado sobre la actividad de los intermediarios financieros, sustentada en el reconocimiento del interés público y del adecuado desempeño de esta actividad,
- la necesidad de sustitución de un régimen de bancos especializados por otro que permite a las instituciones financieras prestar diferentes servicios de manera integrada, y

- la modernización del sistema y la integración de nuevas líneas de servicios para satisfacer la demanda de los agentes económicos<sup>1</sup>

Como ya se mencionó, los mercados locales de bienes y servicios financieros se han vinculado hacia mercados integrados a nivel mundial. Esta integración económica debe utilizarse como una herramienta eficaz que sirva como plataforma de despegue de las economías emergentes, entre ellas México. Desgraciadamente lo anterior implica que existan mayores riesgos que se traducen en crisis. Bajo estas circunstancias, México ha sido protagonista en el contexto de la globalización, lo cual ha tenido ventajas y desventajas ante tal clima. Los cambios que se han suscitado por parte del gobierno y del sector productivo se hacen con el fin de maximizar los beneficios de la integración y de la misma forma buscar que las instituciones se fortalezcan para evitar los riesgos que implica el entorno volátil que se vive cotidianamente. Los ajustes que se realizan sobre la política financiera han permitido que México se vea en menor medida afectado por la volatilidad global de otras economías emergentes.<sup>2</sup>

El cambio estructural iniciado en 1985 es motivo de estudio dado que en nuestro país se logra un mayor esquema de competitividad de manera más rotunda. La tasa de crecimiento real de la formación bruta de capital promedió 7.5% y la productividad en el sector manufacturero aumentó un promedio de 5% anual durante casi quince años. La competitividad y la apertura lograron que entre 1982 y 1999 se multiplicara más de siete veces. Aunado a ello, la parte de las exportaciones manufactureras mostraron un aumento de 16% a 90%. Los flujos de capitales también mostraron cambios: a mediados de la década de los ochenta se tenían US\$2,000 millones, y en 1993 éstos se ubicaban en US\$36,000 millones<sup>3</sup>, de los cuales tres cuartas partes corresponden a inversiones de portafolio. Parte

---

<sup>1</sup>Solís, Leopoldo, "**Evolución del sistema financiero mexicano: hacia los umbrales del siglo XXI**", edit. Siglo XXI, México, 1997., *apud*, Borja M., Fco., "*El nuevo sistema financiero mexicano*", 1991, pág. 165.

<sup>2</sup>Ortíz, Guillermo, "**El sistema financiero internacional y su presencia en México**", ponencia, México, Banco de México, 1999.

<sup>3</sup>Ibíd., pág. 4.

importante de ello implicó la desregulación del sistema financiero, bajo un clima de tipo de cambio inflexible que respondiera a cambios bajo las condiciones de mercado existentes. La caída de la Bolsa Mexicana de Valores en 1994 (bajo el internacionalmente llamado “**Efecto Tequila**”), en complicidad con las caídas de las bolsas de Brasil y Asia, indicaron que era premisa fundamental diseñar y coordinar la política cambiaria, monetaria, fiscal y de regulación del sistema financiero como principio internacional.

Hacia una segunda etapa, y bajo una nueva perspectiva a partir de 1995 se tiene un contraste en la composición de los flujos de capital que, según las autoridades, habla de la madurez de la estructura financiera que es resultado en parte de los cambios mostrados sobre el sector real de las características del régimen cambiario, de la política macroeconómica y del entorno de la regulación. Guillermo Ortiz, Gobernador del Banco de México, asume que los flujos de capital influyeron en la desregulación rápida del sistema financiero en conjunto con la inflexibilidad del tipo de cambio que impidió tener una respuesta inmediata ante los cambios inesperados de las condiciones de mercado.<sup>4</sup> Bajo las características sufridas por la economía, a partir de 1995 los mercados han operado con un tipo de cambio sujeto a flotación y libre determinación de la tasa de interés con el propósito de reducir los flujos de capital especulativo. El riesgo actualmente se encuentra inmerso en este entorno, de tal manera que actualmente éste debe ser absorbido por quienes toman posesiones, o bien, siendo cubierto por el mercado al pagar las correspondientes primas de riesgo.

Como otro punto importante a destacar, la regulación por parte del Banco de México ha jugado un papel de importante análisis al incrementar la calidad de los flujos de capital invertidos en este país. Un paso importante se da al imponer límites a las instituciones financieras al monto de los pasivos contratados en divisa extranjera (además de reglamentar que estos activos tengan activos en moneda extranjera como contrapeso). En 1998 se establecen requerimientos de liquidez

---

<sup>4</sup> *Ibíd.*, pág. 4.

que permiten que los bancos dispongan de activos de alta calidad y de disposición de divisas extranjeras en más de US\$11 000 millones de dólares para hacer frente a cualquier contingencia que pudiese suceder.

## 2. Tipos de riesgo en las finanzas

El riesgo, por lo general, está vinculado con la incertidumbre, aunque no precisamente es lo mismo. Por un lado, el riesgo debe ser asociado con la volatilidad de los rendimientos<sup>5</sup>. El riesgo podría definirse como la volatilidad que se da sobre flujos financieros no esperados y que es provocada generalmente por el valor de los activos y pasivos. A su vez, la volatilidad es un factor característico de medición que trata de responder a la pregunta: "¿qué tan inciertos son los rendimientos esperados de un activo?".<sup>6</sup>

De esta manera, la asociación del riesgo con la volatilidad y la incertidumbre que existe sobre los rendimientos de activos consiste en un proceso estocástico en donde se puede identificar su distribución de probabilidad y desarrollar modelos relevantes en función de sus tendencias estadísticas (varianza, desviación estándar y la estimación de coeficientes de correlación), así como realizar análisis de sensibilidad sobre las variables relevantes que determinen un cierto nivel de confianza al momento de observar cambios en la economía. Aunque son considerados de manera indistinta, *riesgo* e *incertidumbre* son dos cosas diferentes. Por un lado el riesgo se asocia con las pérdidas que bancos y corporativos, entre los agentes económicos más importantes, pueden resentir por

<sup>5</sup> Por medio de este reconocimiento se puede realizar un proceso de forma estocástica mediante el cual es posible: a) identificar una distribución de probabilidad y llevar a cabo un modelo mediante la estadística para obtener medidas de riesgo mediante la obtención de la varianza y la desviación estándar; y b) identificar las distribuciones de probabilidad y así desarrollar un análisis de sensibilidad sobre los rendimientos en función de variables relevantes, basados en el comportamiento del mercado, como ejemplo principal. Lo anterior se puede verificar en el trabajo del Dr. Edgar Ortiz C.: "Ingeniería de los Productos Derivados: Futuros, Opciones y Swaps", mimeo, México, 2000.

<sup>6</sup> La volatilidad asume matemáticamente un significado al definirse como una medida de riesgo de un valor, tal como la dispersión de los resultados alrededor de su valor esperado o media, i.e.,

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N P_i [X_i - E(x)]^2} . \text{ Esta cuestión será revisada en el capítulo III de este trabajo.}$$

alteraciones en el retorno de flujos sobre los activos invertidos; en cambio, la incertidumbre define un momento en donde la información es insuficiente y la toma de decisiones financieras se ve afectada por factores tanto internos como externos en donde no se tuvo un análisis completo al respecto generando problemas adversos.

El riesgo está inmerso en toda actividad económica y se puede dar en todas sus formas y es muy importante observar como ha ido incrementándose dada su condición ante los impactos que traen los procesos de la globalización. No es necesario abundar que sobre el ámbito financiero las principales fuentes de riesgo comienzan con movimientos –impredecibles- sobre la *volatilidad* en el tipo de cambio y en las tasas de interés. La volatilidad ha pasado de ser una término *ad hoc* para pasar a ser un motivo de constante preocupación por todos aquellos agentes que ponen en riesgo sus ingresos y estabilidad financiera. Es por este motivo que la administración del riesgo es una de las mayores preocupaciones en las finanzas modernas a nivel mundial.

Existen diferentes tipos de riesgo, de los cuales se hace énfasis en cinco importantes conceptos acerca del mismo<sup>7</sup>:

- a) **Riesgo operacional.** Este tipo de riesgo influye notablemente cuando existen grandes pérdidas debido a causas como fallas del tipo administrativo, implementación de sistemas inadecuados, fraudes o errores de tipo humano. La mejor manera de protegerse es la mejora de sistemas, monitoreo, definición de responsabilidades de forma objetiva y una planeación regular de contingencias.

---

<sup>7</sup> Existen más riesgos que diferentes autores mencionan como una medida de precaución sobre la toma de decisiones ante los niveles de inversión: existen *riesgos de ejecución, tecnológicos, de modelo, regulatorio, neutral, soberano, de pago, de prepago, de base, gamma*, etc. La importancia para cada uno de estos riesgos se tipifica en función de los cinco principales riesgos que se consideran arriba. Para conocer con mayor precisión cada uno de los tipos de riesgos, consúltense Jorion, Philippe, "**Valor en Riesgo**", LIMUSA, serie *Mexder*, México, 1999.), y E. Ortiz, *op. cit.* La circular **1423** emitida por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (**CNBV**) identifica cada uno de los riesgos con más profundidad e impone medidas para prevenir desastres financieros como el acontecido en 1994 en México.

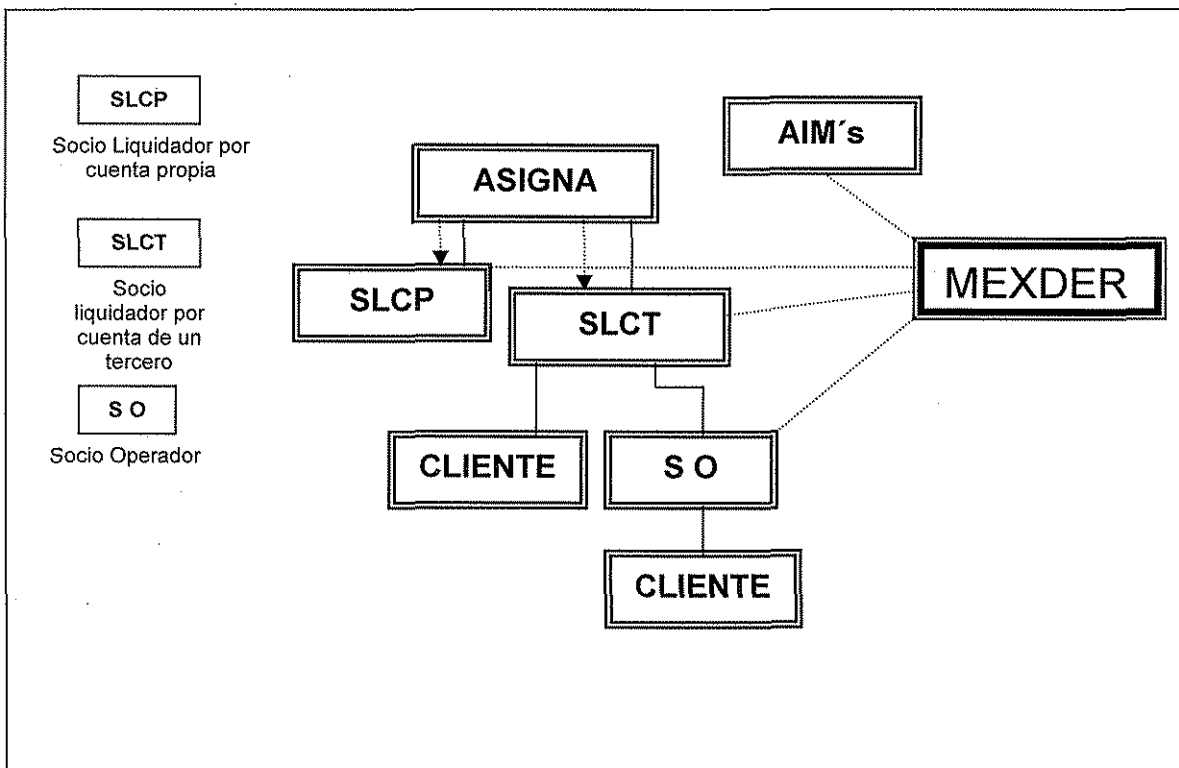
- 
- b) **Riesgo legal.** Aparece cuando se dan, por parte de accionistas y empresas, conflictos ocasionados cuando no se tiene autoridad legal al ejecutarse transacciones y una parte no cumple con lo pactado, por lo que todo está basado en códigos de ética y la conducta moral.
- c) **Riesgo de liquidez.** Se presenta bajo dos vertientes: por un lado se da bajo la forma de *liquidez de mercado/producto*, y se presenta cuando se da una baja operatividad del mercado y los precios que prevalecen no pueden permanecer constantes; por otra parte la forma de flujo de *efectivo/financiamiento*, que es la incapacidad de obtener obligaciones de flujo de efectivo necesarios y provoca situaciones de liquidaciones anticipadas, por ejemplo. El riesgo de liquidez es difícil de medirse y se transforma bajo circunstancias diferentes del mercado si se toma en cuenta la temporalidad a que están sujetas las inversiones.
- d) **Riesgo crediticio.** Cuando las contrapartes están en situaciones de impago o no están dispuestas a cumplir con sus obligaciones contractuales, aparece este tipo de riesgo. Este efecto se cuantifica bajo el costo de reposición de flujos de efectivo cuando la contraparte incumple, lo que genera una caída en el valor de mercado de las obligaciones. Lo que debe observarse aquí, para llevar a cabo la administración de riesgos, es la credibilidad de la contraparte como elemento cualitativo, y cuantitativamente tener mejores métodos para valoración en riesgos (como el modelo VaR, a comentar más adelante).
- e) **Riesgo de mercado.** Este tipo de riesgo es consecuencia de cambios en los precios tanto de activos como de pasivos financieros (bajo el orden de *volatilidades*) y su cuantificación se da por medio de cambios en el valor de las posiciones abiertas. Este riesgo tiene dos formas: el primero es el *riesgo absoluto*, el cual es cuantificado por la pérdida en términos monetarios por lo que se centra en la volatilidad de las ganancias totales; y el segundo es el *riesgo relativo*, que se vincula con una base indiciada y cuantifica su riesgo en función de la desviación con respecto al índice (en el siguiente capítulo se analizará con más detalle ambos conceptos de riesgo).



Los dos primeros tipos de riesgo son considerados como riesgos no financieros. De los tres tipos de riesgo restantes que se asumen, el de *mercado* es el más importante para su análisis en este trabajo debido a que es el más representativo por darse comúnmente en los mercados financieros en el orden global.

El diagrama 1.1 muestra el flujo en el MexDer (Mercado Mexicano de Derivados) sobre el cual Asigna hace frente a las pérdidas máximas esperadas en el cálculo del Valor en Riesgo por medio de la administración de las *aportaciones iniciales mínimas* (AIM's) y de los excedentes sobre estas aportaciones (EAIM's). ASIGNA (que es la Cámara de Compensación en México) tiene por objetivo acotar el riesgo de contraparte en un día, por ejemplo. ASIGNA paga intereses atractivos, lo cual es producto de las AIM's, pero éste las cobra a los socios en garantía (por mencionar un procedimiento). Las AIM's se utilizan cuando un socio liquidador muestra incumplimiento.

Diagrama1.1 Flujo en el MexDer



---

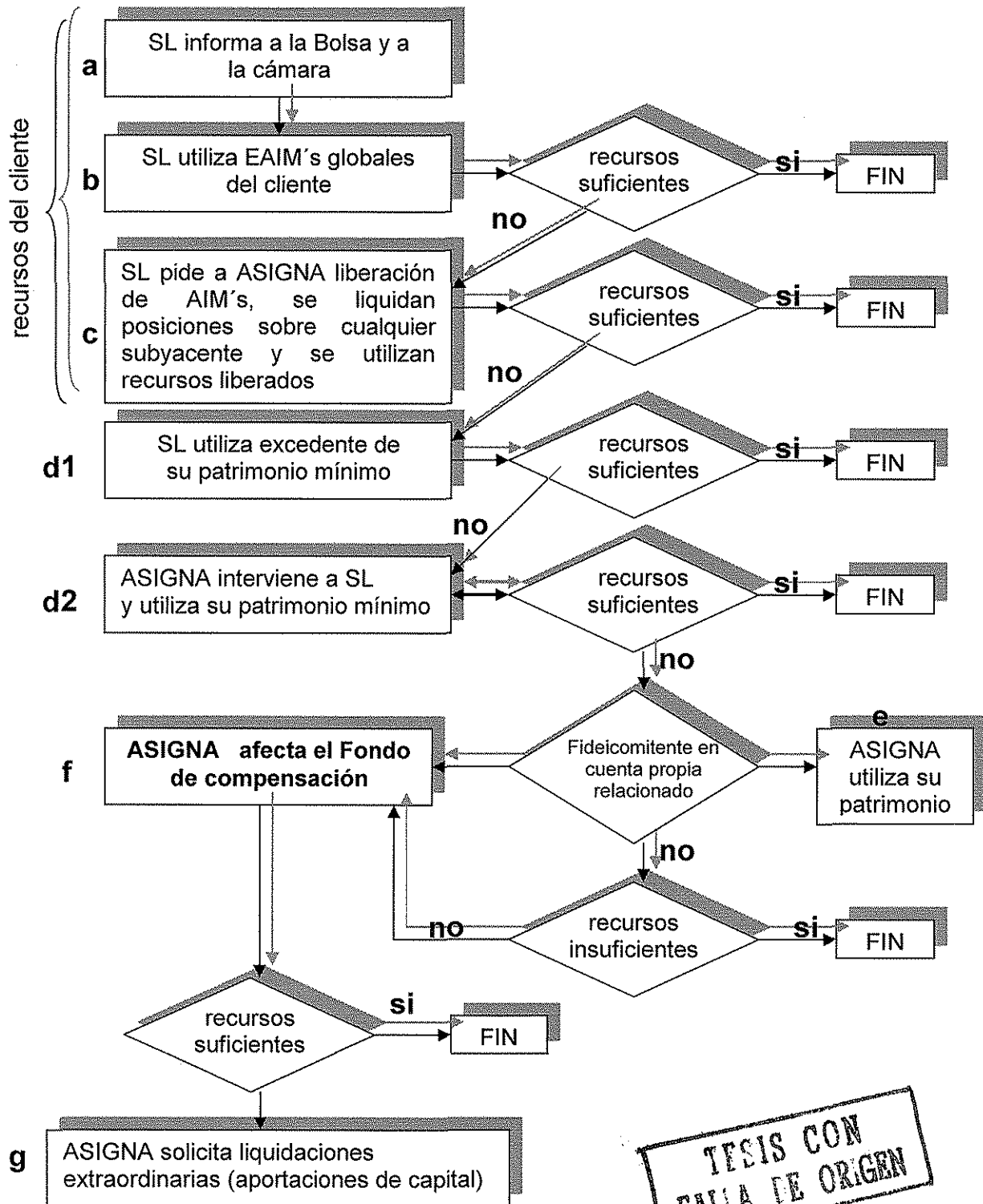
Recordando que los *socios liquidadores* son aquellos fideicomisos que participan como accionistas del MexDer y aportan al patrimonio de ASIGNA teniendo como fin liquidar o, si se da el caso, celebrar por cuenta de clientes los tipos de contratos operados por el MexDer. Por otra parte, un *Socio Operador* son aquellas personas morales que están facultadas para operar contratos dados en el Sistema Electrónico de negociación del MexDer, bajo el nombre de comisionistas de uno o más Socios Liquidadores. Asimismo, Las EAIM's son las aportaciones que realizan los socios en caso de que se llegue a presentar alguna pérdida (no está escrita o legalizada), y solo es pactada o convenida. La función es evitar el riesgo de contraparte. En el diagrama 1.2 (página 9) se presenta un sistema que utilizan las instituciones mexicanas para su seguridad y enfrentar prioritariamente riesgos del tipo mercado y de contraparte, entre los ya destacados anteriormente.

### **3. La evolución del riesgo en las finanzas**

En un contexto global de importancia tal como en el que ahora se vive, la administración de riesgos a nivel tanto macroeconómico como microeconómico es de suma importancia debido a que todos los sectores participativos en la actividad económica enfrentan cotidianamente diferentes tipos de riesgos que deben asumir de forma responsable en función de cada sistema que les permita evitar desastres a nivel interno y externo de tipo financiero y cuidar sigilosamente pérdidas cuantiosas.

Este trabajo se centra en un tipo de riesgo en particular: *el riesgo de mercado*, el cual ha cobrado importancia de magnitudes relevantes debido a que en los últimos años, a través del contexto de la globalización, se ha desarrollado, por así expresarlo, este tipo de riesgo además de otros que se expondrán en este capítulo por sus implicaciones en cualquier país. El estudio del Valor en Riesgo es un tema que ha retomado mucha importancia para tener vigilada la exposición a los riesgos de mercado y evitar pérdidas desastrosas como las que se presentaron durante la década de los noventa en diferentes instituciones del mundo sobre las cuales se

Diagrama 2.1 FLUJO DE RED DE SEGURIDAD EN INSTITUCIONES FINANCIERAS MEXICANAS



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

toma la experiencia para tomar medidas preventivas y evitar así estos penosos y cuantiosos incidentes.<sup>8</sup>

En los términos *ad hoc* el riesgo ha cobrado un significado de tal manera que se ha llegado a considerar como un peligro de pérdida y, en la teoría financiera, se define como la dispersión de flujos o resultados inesperados que son consecuencia de cambios en las variables financieras; por ende, la desviación tanto positiva como negativa, deben ser tomadas muy en serio como fuentes de riesgo.

Para cuantificar de manera formal el riesgo, es necesario definir en primera instancia la variable de riesgo (que bien se puede encontrar en el valor del portafolio, las ganancias, el capital o un flujo en efectivo en particular). Definitivamente los riesgos financieros son consecuencia de los efectos de los factores financieros sobre esta variable.

Pero, ¿qué es exactamente el *riesgo*? A esta pregunta podemos encontrar diferentes definiciones. Butler<sup>9</sup> destaca que el riesgo “mide cuán volátiles son los retornos de los activos, dadas las pérdidas sustanciales que los grandes bancos y corporativos han sufrido, por lo cual el riesgo en sus departamentos es más prominente [...]”. Por otra parte, Jorion<sup>10</sup> asegura que “el riesgo puede definirse como la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente derivada del valor de los activos o los pasivos”, asegurando que las organizaciones están expuestas a tres tipos de riesgos: 1) *de negocios*, en donde se pone en juego el

---

<sup>8</sup> Las lecciones sobre los desastres financieros en casos importantes de pérdidas millonarias en *Metallgesellschaft* (Alemania, 1993), el condado de *Orange* junto con el caso el caso *Daiwa* (Estados Unidos, 1994 y 1995), el *Banco de Negara* (Malasia), el *Banco Banesto* (España, 1992), *Crédit Lyonnais* (Francia, 1994), y la más sonada por la incredulidad y el impacto que representó su caída: el *Banco de Barings* (Reino Unido, 1995), son los ejemplos más notables de una mala supervisión de estas instituciones frente su exposición al riesgo. Para más detalles, consúltese Jorion, P., *op. cit.*, pp. 45-62. Para tener detalles más exactos sobre la quiebra del Baco Barings, se puede consultar al protagonista de este incidente: Leeson, Nick, “**88888: la cuenta secreta**”, edit. Sudamericana, Argentina, 1996.

<sup>9</sup> Véase: Butler, Cormac, “**Mastering Value at Risk: A step-by-step guide to understanding and applying VaR**”, Financial Times Market Editions, Inglaterra, 1999., pág. 2.

<sup>10</sup> Jorion, Philippe, *op. cit.*, pág. 24.

valor de la empresa en base a innovaciones tecnológicas y mercadotecnia, entre otras, para crear ventajas competitivas y generar un mayor valor agregado; 2) *estratégicos*, que se basa en el análisis de fortalezas y debilidades devenido de cambios en la economía o el ambiente político y son difíciles de ser cubiertos si el riesgo no se diversifica a través de la globalización; y 3) *financieros*, relacionados directamente con pérdidas en los mercados financieros debido a cambios inesperados en las variables como la tasa de interés y tipos de cambio, principalmente.<sup>11</sup>

La inserción de la economía mexicana en el orden contextual de la globalización mundial obliga a que cada vez sea más imperativa la importancia de considerar los tipos de riesgo que trae consigo la apertura de nuestro mercado al exterior, en particular, en el ámbito financiero.

La *administración de riesgos* toma cada vez matices más complicados por lo cual es importante cuantificar los riesgos que se presentan en orden de realizar una investigación con mayor amplitud en función no solamente de los nuevos avances que ha traído consigo este tema sino con su conocimiento en particular. Este trabajo considera la interrelación de la administración de riesgos y su forma de cuantificarse mediante la metodología del **Valor en Riesgo** (o bien, **VaR** -*Value at Risk*-, por sus siglas en inglés), así como la forma en la que puede ser tratado con mayor importancia en México, en donde la administración del riesgo es, desgraciadamente, una materia *poco explotada* y sobre la cual no se tiene plena confianza para disuadir problemas severos de volatilidad que sufren los agentes económicos. En esta inteligencia, los niveles de volatilidad mostrados actualmente han permitido el nacimiento del campo de la *ingeniería financiera*, en donde la importancia de ésta reside en la creación de métodos con un fin: protegerse de los riesgos financieros (así como también saber cómo especular con ellos)<sup>12</sup>. De esta

---

<sup>11</sup> Jorion, *ibid*, pág. 24.

<sup>12</sup> Ver Reyes Z., Francisco J., "**Consideraciones acerca de la administración de riesgos en México**", revista *Economía Informa*, núm. 305, Facultad de Economía, UNAM, México, marzo de 2002.

---

manera, a partir de la década de los setenta, el mercado de derivados ha crecido de manera considerable debido a los fines de cobertura sobre los riesgos financieros; de ahí el surgimiento de las herramientas especializadas e indispensables en la administración de riesgos y su futuro auge en el comienzo de este siglo.

El auge de la administración de riesgos se da a partir de la liberalización financiera (bajo el contexto de la globalización) y que provoca una consecuencia muy notable como lo es la volatilidad, que puede explicarse como la fragilidad que muestran los activos financieros bajo condiciones de incertidumbre. Los diez países que lograron establecer arreglos en relación a los Acuerdos de Basilea<sup>13</sup> (Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Japón, Italia, Holanda, Suecia, Inglaterra y los Estados Unidos, mejor conocidos como el Grupo de los diez o *G-10*), determinaron que era de suma necesidad llevar a cabo una administración del riesgo que evitara problemas de naturaleza financiera. A este respecto, el comentario se basa en la observación de que los requerimientos de capital se han visto afectados con la brecha existente entre el riesgo económico y el mismo riesgo que es analizado por los propios reguladores, por lo cual ha sido necesario considerar un adecuado entendimiento del riesgo desarrollando un esquema reestructurado de las finanzas concluyendo que: a) la regulación en función del VaR crea un incentivo para la reducción del riesgo en bancos que son solventes; b) estos bancos, a la vez de reducir el riesgo de activos, están reduciendo el valor presente de los pasivos del fondo de seguro de depósitos; y c) los accionistas del banco pueden verse beneficiados con los requerimientos de capital basados en el VaR. La metodología recomendada por el G-10 en la administración de riesgos es un claro ejemplo de ello, como se puede apreciar en el cuadro 1.1 de la página siguiente.

---

<sup>13</sup> Llevada a cabo en Basilea, Suiza en julio de 1988.

Lo anterior logra redimensionar los mercados de tal manera que se pueda tener un nivel de certidumbre que comience desde el movimiento de las principales variables que inciden sobre las tasas financieras hasta la realización de un análisis de sensibilidad que permita la creación de escenarios con expectativas favorables a la conducta que los agentes esperan en condiciones de confianza para que se lleven a cabo nuevas inversiones.

Básicamente, la administración de riesgos está determinada por tres eventos importantes: *la liberalización económica*, que a su vez conlleva al incremento de la *volatilidad de las variables financieras*, y el *auge* que se da en *la industria de los derivados* (en el inicio de la década de los setenta). Cada uno de estos puntos ha implicado que los agentes tomen muy en serio el papel de modelos que ayuden a plantear escenarios para crear un mayor nivel de certidumbre y que hagan de la administración de riesgos una forma de cuidar sus inversiones y haya un nivel de cultura financiera en este sentido para evitar problemas como los ocurridos en nuestro país en el año de 1994, con el colapso financiero, del cual ya conocemos sus nefastas consecuencias.

**Cuadro 1.1 Metodología recomendada por el G-10 en la Admón. de Riesgos de Derivados**

• <b>Papel de la alta dirección</b>	La alta dirección debe definir políticas de administración de riesgos de manera clara para todos los niveles involucrados
• <b>Marking to Market</b>	Las posiciones deben ser valuadas a precios de mercado por lo menos una vez diariamente
• <b>Midiendo la exposición al riesgo de mercado</b>	Los operadores deben utilizar un método consistente y apropiado. Una vez que es cuantificada la exposición, se deben establecer límites que están basados en la disponibilidad de capital así como de la tolerancia a pérdidas
• <b>Simulación de Escenarios Extremos (Stress Testing)</b>	Se debe realizar la cuantificación del riesgo bajo situaciones adversas de mercado con el fin de monitorear las pérdidas potenciales bajo tales circunstancias
• <b>Independencia en la administración de riesgos de mercado</b>	Los responsables deben tener absoluta independencia y autoridad suficiente para formular así como implementar sistemas de control de riesgo

- **Medición del riesgo-crédito** Se requiere de evaluar con frecuencia el riesgo-crédito inherente a las operaciones por medio del análisis del nivel de riesgo actual y potencial
- **Independencia en la admón. del riesgo-crédito** Los responsables deben tener independencia y autoridad suficientes para realizar la formulación así como la implementación de sistemas para controlar riesgos, establecer límites al riesgo crediticio y monitorear su uso.
- **Experiencia y conocimiento** El personal relacionado debe contar con experiencia, habilidades y conocimientos necesarios para un desempeño adecuado de la administración de riesgos.

Los acuerdos de Basilea de 1998 concluyeron que el propósito principal era proporcionar a los bancos comerciales un campo de acción más equitativo mediante un estándar mínimo de requerimientos de capital para los países miembros<sup>14</sup>, pero en 1993 esto fue muy cuestionado, por lo cual fue necesario proponer un modelo como el VaR para que inicialmente se calculara portafolios expuestos al riesgo de tasas de interés, al riesgo cambiario, al riesgo de participación y al riesgo de producto; entonces el VaR total de un banco se calcularía obteniendo la suma de los diferente VaR por medio de estas categorías (de esta manera se crearía un *modelo estandarizado*<sup>15</sup>). Para 1995 se presentaron mejoras para el modelo de riesgos de mercado, en donde se concluía que el modelo VaR interno de cada institución debería sustentarse en al menos cuatro enfoques<sup>16</sup>:

1. El cálculo del VaR debe basarse en datos que sean cuantitativos y uniformes en su entrada de datos, bajo lo siguiente:
  - Un horizonte de 10 días de operación (o 2 semanas calendario)
  - Un intervalo de confianza al 99%
  - Un periodo de observación que esté basado en un año de datos históricos y actualizados, por lo menos, una vez trimestralmente
2. Las correlaciones deben establecerse en categorías generales (como los instrumentos de deuda), así como en toda clase de categorías (como los instrumentos de deuda y divisas)

<sup>14</sup> Jorion, *op. cit.*, pág. 67.

<sup>15</sup> *Ibid.*, pág. 71.

<sup>16</sup> *Ibid.*, pp. 73-74.



3. El monto de capital debe ser fijado ya sea en relación al VaR del día previo, o bien al VaR promedio de los últimos 60 días hábiles, y multiplicándose por un factor denominado "histeria", el cual debe ser determinado por los reguladores locales y que debe proporcionar protección adicional contra entornos inestables que no podrían reflejarse mediante los datos históricos.

4. Se debe agregar un componente de penalización de factor multiplicativo en el caso de que las pruebas revelen que los tests realizados por las instituciones financieras pronostiquen los riesgos de manera incorrecta; el objetivo del factor es para invitar a estas instituciones a que mejoren la precisión de sus pronósticos y eviten escenarios plenamente optimistas y para evitar sesgos en los controles internos debido a la dependencia de este factor a estos controles, el sistema está diseñado para recompensar el monitoreo interno de una forma veraz y se desarrollen así mejoras en la admón. de riesgos.

Lo anterior quiere decir que las instituciones financieras tenían ahora absoluta libertad para medir sus riesgos en función del estimado de confianza adoptado aplicable tanto para los países miembros como a todos los países en general. Lo anterior se genera con el fin de que las instituciones aprendan a tratar de forma efectiva los riesgos financieros.

Las instituciones que están adelante en el tema de la administración de riesgos han formado comités para la administración global de riesgos, los cuales realizan sus reportes a la alta dirección. Estos equipos utilizan modelos de Valor en Riesgo por su facilidad de expresar numéricamente el riesgo de exposición y realizar inmediatamente una mejor toma de decisiones. La *administración global de riesgos* (junto con una tendencia que aparecería más tarde: *la administración centralizada de riesgos*) es esencial debido a los nuevos retos que las instituciones enfrentan con la aparición de nuevas exposiciones de riesgos y la mayor volatilidad de los nuevos productos y es muy importante también para la administración del riesgo-crédito. Lo anterior consiste en monitorear de forma centralizada la exposición de contraparte, el riesgo-país y el riesgo de mercado a través de todos los productos y todas las ubicaciones geográficas beneficiándose mayormente por el conocimiento que se tiene en estos frentes para evitar problemas en cuanto a la aparición de sorpresas desagradables debido a un control mucho mayor de riesgos. El cuadro 1.2 muestra las opciones que tiene el VaR para ser considerado como una garantía de ser un buen modelo que se puede adoptar para la administración de riesgos.

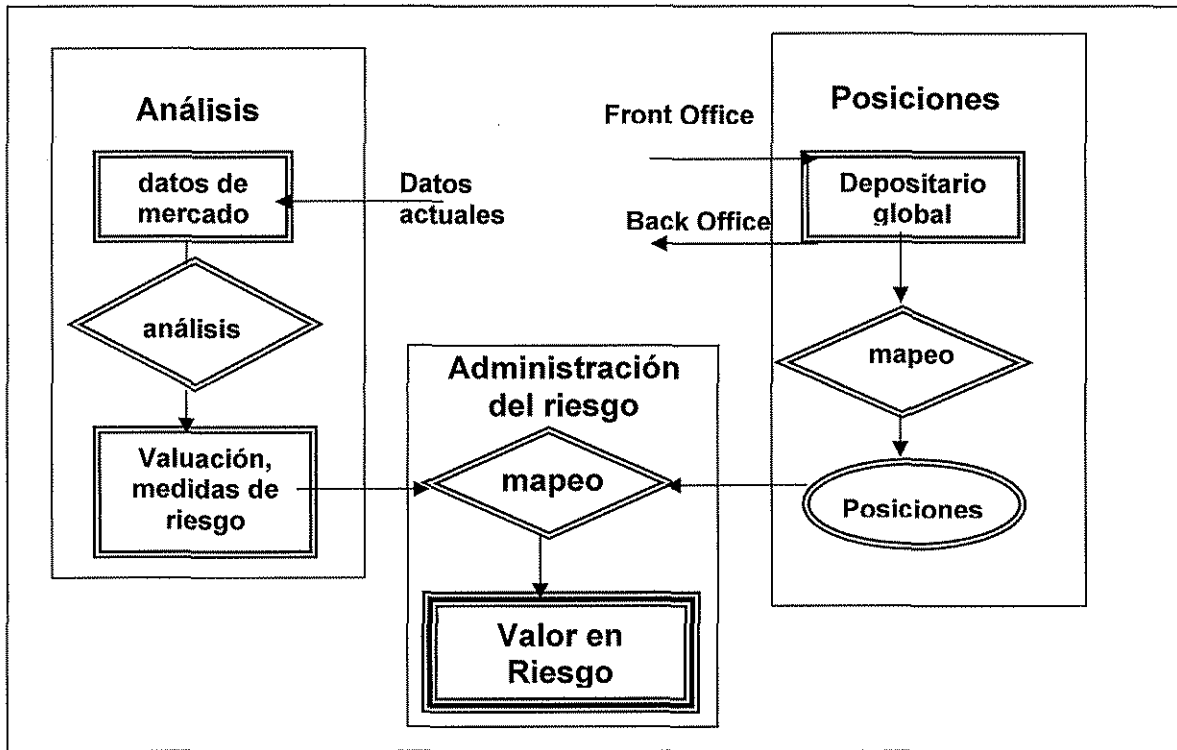
## Cuadro. 1.2 El VaR implementado para los sistemas de administración de riesgos

i) El VaR es una herramienta útil para presentar información	El VaR se convierte de manera rápida en el medio de comunicación para reportar a los accionistas la situación actual de riesgos financieros de una organización, esto ayuda a promover la estabilidad financiera en los mercados, que se muestran dinámicos (volátiles) debido a la entrada de la rápida innovación y complejidad creciente de éstos, por lo que es recomendable imponer fuertes disciplinas de mercado a las instituciones financieras para mantener una buena administración de riesgos.
ii) El VaR es una herramienta útil en la asignación de recursos	El VaR es muy útil para la toma de decisiones, ya que estos modelos permiten a los usuarios controlar los riesgos y tomar decisiones en cuanto a la asignación de los recursos limitados. Los operadores de bolsa ( <i>traders</i> ) piensan más de dos veces en arriesgarse a tomar si no tienen una visión fuerte frente a los mercados por lo cual su tendencia sería, con el VaR, reducir sus posiciones
iii) El VaR es una herramienta para que el desempeño sea evaluado	Un uso importante del VaR es la evaluación del desempeño aplicado a las inversiones y al modelo mismo. Estratégicamente, medir el desempeño ajustado al riesgo ayuda a identificar el lugar en donde está siendo agregado el valor de los accionistas mediante la empresa. Tácticamente, los métodos son importantes para evaluar las ganancias de los operadores y el comportamiento del modelo

La figura 1.1 muestra la estructura que adopta un sistema de administración de riesgos<sup>17</sup>, el cual se compone de tres partes. El *análisis* se encarga de tomar los datos del mercado y los filtra. Estos datos pueden ser tomados de cualquier fuente confiables. Las *posiciones* sirven como un depositario global para todas las operaciones, que son recibidas en el *front office* y son llevadas al *back office*, quien las descompone sobre las posiciones que las constituyen. Lo anterior en un proceso frágil, porque los errores en la información que existan en la posición se traducirán en errores para la cuantificación del riesgo también. La *administración de riesgos* integra el análisis y las posiciones mediante un modelo VaR y realizar así una cuantificación del riesgo de mercado, del riesgo-crédito, o bien, de los dos.

<sup>17</sup> *Ibíd.*, pág.315.

Figura 1.1 Estructura de un sistema de administración de riesgos



En México, la Comisión Nacional Mexicana de Valores (CNVB) permite a las instituciones de banca múltiple la identificación, medición, monitoreo, limitación, control y divulgación de los distintos tipos de riesgo para impulsar una administración de riesgos que evite, entre otras cosas, problemas en su cartera crediticia y trastornos económicos como los ocurridos anteriormente.<sup>18</sup> Esta comisión, como autoridad supervisora, ha sido la encargada de intervenir bancos para más tarde realizar fusiones, implementando adicionalmente tres esquemas: 1) venta de red de sucursales del banco intervenido a bancos comerciales, mientras que el Fondo Bancario de Protección al Ahorro (FOBAPROA, a analizarse en el capítulo III) es el encargado de absorber parte de la cartera; 2) venta total o parcial del banco intervenido a bancos comerciales; y 3) venta parcial

TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>18</sup> Consúltense la circular núm. 1423 sobre las disposiciones de carácter prudencial en materia de admón. integral de riesgos aplicables a las instituciones de banca múltiple y la circular núm. 1480 relativa a la calificación de cartera crediticia emitidas por la CNBV.

del banco intervenido a bancos comerciales con opción de que éstos posteriormente aumenten su participación accionaria.<sup>19</sup>

#### 4. Conclusiones

Si bien es cierto que la apertura comercial ha permitido opciones como generar un mayor flujo corriente entre las importaciones y las exportaciones asimismo como la obtención de créditos y el establecimiento hasta cierto punto del conocimientos basados en el "*Know How*" (*cómo hacerlo*), las condición que se establece se basa en la existencia de este libre flujo que se transforma en una toma de decisiones más difícil al estar involucrado el riesgo a causa de las volatilidades que se presentan constantemente. Los factores que originan la crisis financiera son de magnitud tanto microeconómica como macroeconómica, tanto a nivel interno como externo. Una política expansiva a nivel macro en un entorno internacional favorable (i.e., con tasas de interés bajas, inflación estables y términos de intercambio elevados, entre otras principales variables) puede sobrecalentar la economía y, vinculado a un endeudamiento externo excesivo y burbujas especulativas, compromete la estabilidad del sistema financiero. Aunque la desregulación y la apertura de los mercados financieros promueven el desarrollo eficiente en el largo plazo, la práctica de éstas causan, en determinadas circunstancias, el rápido y desordenado crecimiento del sector financiero en el corto plazo. La variabilidad en las tasas de interés internacionales y en los términos de intercambio, asimismo como el efecto "contagio", también son candidatos importantes a desestabilizar los mercados y deteriorar la situación de las instituciones financieras (las variaciones en la movilidad de capitales de corto plazo contribuyen fuertemente a ello). Los bancos se muestran vulnerables frente al aumento en las tasas de interés externas debido a que no solamente frena, sino que revierte la entrada de capitales provocando que sea insostenible el financiamiento del déficit de la cuenta corriente, presionando así al mercado

---

<sup>19</sup> Del Villar, Rafael, Backal, Daniel y Treviño, Juan P., "**Experiencia internacional en la resolución de crisis bancarias**", documentos de investigación de Banxico, México, Banco de México, 1997, pág. 14.

cambiarlo y de dinero. A consecuencia de ello, la tasas de interés internas crecen en mayor proporción que las tasas externas, motivo por el cual el tipo de cambio en ocasiones se deprecia de forma radical. Este mecanismo de transmisión, bajo un modelo macroeconómico de economía abierta, por lo general es detonante de crisis bancarias debido a los multiplicadores de impacto.

Por lo anterior, una cosa es segura: aún no se ha llegado a la liberación formal y total del comercio en su contexto global debido a que existen exposiciones de riesgo directas en función de variables como el tipo de cambio y, por supuesto, la tasa de interés.

A pesar de las normas establecidas para que cada institución financiera seleccione una metodología para medir sus riesgos, la cultura de la administración de riesgos en México aún no ha tenido el impacto deseado, dado que siguen existiendo condiciones de incertidumbre que no permiten un avance al respecto. Las autoridades cuentan con un esquema regulador que implica la responsabilidad para que se lleve a cabo una verdadera administración de riesgos. La CNBV, como institución que se encarga de vigilar que se cumplan las leyes establecidas bajo el marco legal financiero, ha llevado a cabo el establecimiento de normas que permiten considerar como una de sus premisas fundamentales el manejo de la administración de riesgos con el fin de que se lleven a cabo tanto al mediano como al largo plazo y satisfactoriamente, acciones fundamentales de identificación, monitoreo, medición, limitación, control y divulgación de los tipos de riesgos y de esta manera se lleve a cabo la realización de escenarios de certidumbre y que, de esta manera, exista un mayor grupo de expertos especializados en la regulación así como un pronunciamiento por parte de los agentes que se verían favorecidos (instituciones financieras y corporativos) en la utilización de modelos de valuación en riesgos para que se genere un ambiente de mayor planeación en función de escenarios con un valor positivo de certidumbre sobre las variables económicas de orden interno y externo en donde se generen mayores expectativas de inversión en nuestro país. Toca ahora a estos agentes el

---

tomar conciencia sobre la importancia que tiene la administración de riesgos para beneficio no solo particular, sino regional que implique el asumir estas medidas que tengan como fin el propósito de evitar pérdidas desastrosas y colapsos financieros que repercutan en la esfera nacional e internacional y evitar una crisis como la que sucedió en la primera mitad de la década pasada en nuestro país. De esta manera, es de suma importancia que se otorgue un nivel de independencia en la administración de riesgos, que debe gozar de plena autonomía para realizar un análisis más abierto y objetivo en cuanto a las conclusiones y/o recomendaciones que brinda en los consejos que integran esta área, debiendo para ello contar con capacidad operativa especializada y con especialistas que tengan una preparación en base a sus conocimientos y experiencia.

Ante el anterior panorama, cabe destacar que la regulación también eleva el costo de manejar la economía mexicana con divisa extranjera (sobretudo, el dólar norteamericano; el impacto se conoce como el efecto de la “dolarización”). Es preciso, por ello, que las autoridades impongan disposiciones que eviten este costo en base a una regularización que impida la descapitalización de todas aquellas instituciones que tienen acceso a fondos extranjeros bajo condiciones de estrés. El papel de la *administración de riesgos* es fundamental para que el tipo de riesgo cambiario, crediticio, en derivados, y otros riesgos de mercado, se deban llevar a cabo bajo una sola regulación; el objetivo que se debe perseguir es proteger a las instituciones financieras más eficientes para que reduzcan sus costos de operación, en función de sus verdaderos riesgos. Para llevar a cabo lo anterior, es importante tomar en cuenta la existencia de variables que juegan en conjunto utilizando los tipos de análisis de apoyo (técnico, fundamental y económico). La combinación de un déficit fiscal menor (una estrategia de endeudamiento que evite que los vencimientos se cumplan al mismo tiempo), una política monetaria mejor planeada y la disminución de la inflación influyen de manera rotunda para que exista un clima de certidumbre plena para evitar problemas de *riesgo país* y el entorno internacional influya lo menos posible en el

sentido de que existan condiciones de inversión al corto, mediano y largo plazo, que es un problema a destacar en este trabajo más adelante.

Finalmente, a manera de recomendación, es importante tomar en cuenta lo siguiente:

-Un análisis previo a la administración de riesgos requiere analizar la situación económica actual, por lo cual se puede observar que para un mejor desempeño de la política económica es necesario tomar muy en cuenta la estabilidad del sistema financiero. En este caso, se esperaría que las autoridades realicen máximos esfuerzos para identificar bajo qué circunstancias el rápido aumento del crédito y el incremento en el precio de las acciones forman parte de un potencial riesgo y tomar todas las medidas necesarias para evitar la aparición de éste e impacte negativamente sobre los niveles de inversión.

-La desregulación y la concesión de libertades a las instituciones de banca múltiple debe ser reforzada por más normas y procedimientos que no solo inviten, sino que obliguen la supervisión para evitar una toma excesiva de riesgos por parte de éstos. Las disposiciones oficiales deben incluir más apartados referentes que incluyan mecanismos para supervisar el mercado al máximo y exijan a los administradores y accionistas de estas instituciones financieras asumir responsabilidades presentando oportunamente resultados transparentes en el entorno de sus operaciones. Lo anterior indica que estas instituciones deben tener la obligación de mantener al día la supervisión de sus riesgos y presentar publicaciones que eviten sesgos en la información y, por el contrario, sean transparentes con el fin que los inversionistas puedan tener confianza plena y se promueva asimismo un ámbito de certidumbre, imprescindible para un clima de ahorro e inversión plena en el país.

-La aplicación de la supervisión bancaria debe tomar en cuenta los conflictos que se suscitarían en la práctica real de sus lineamientos y de alguna forma mermar

estos problemas entre la supervisión y la regulación mediante el orden legal adecuado con todos aquellos que se comprometían y no cumplan con los procedimientos.

-El saneamiento del sistema financiero debe establecerse bajo principios y determinar en porcentaje de montos que sostendrá el gobierno. Lo anterior indica que, empezando por su propia casa, el gobierno deberá atenerse a este presupuesto y respetar el monto establecido, minimizando el poder discrecional, y fomentando la consistencia asimismo como la transparencia en el sector máximo institucional.



## CAPÍTULO II

### EL MODELO VaR PARA INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA EN MÉXICO: EL MERCADO DE CETES A 28 DÍAS

#### 1. Determinantes del riesgo en el mercado financiero: el modelo de Valor en Riesgo

En los últimos años ha cobrado fuerza la utilización de modelos financieros para medir y controlar el riesgo. Actualmente, uno de los más utilizada en el ámbito internacional es el Valor en Riesgo, conocido por sus siglas en inglés como VaR (*Value at Risk*)<sup>20</sup>. Este modelo tiene ya varios años de ser ampliamente manejado en los mercados financieros desarrollados, pero tiene muy poco tiempo de conocerse en México, aunque su gran importancia en la administración moderna de riesgos y la integración que están teniendo los mercados financieros producto de la globalización, hace que sea pertinente su manejo. El VaR puede ser utilizado para medir el riesgo de un portafolio de bonos, acciones, posiciones en mercados de dinero, mercado de divisas y hasta cierto punto derivados (*forwards*, futuros, *swaps* y opciones). Esto ha originado la amplia utilización del VaR por bancos, casas de bolsa, fondos de inversión, fondos de pensión, aseguradoras y empresas

---

<sup>20</sup> Cabe destacar, como comentario adicional, que en algunos países de Europa del Este (como Polonia, v.g., varios investigadores y especialistas en la materia denominan al Valor en Riesgo como "QUANTILE". Lo anterior en base a los comentarios de *Leskow, Jacek*, en su conferencia "*Quantile and Value at Risk Prediction for Time-Series-Result and Open Questions*", impartida en la Facultad de Economía de la UNAM, Ciudad de México, en septiembre de 2001. Para mayores detalles, consúltese la página WEB en <http://www.wsb-nlu.edu.pl/~leskow/>.

de diferentes tipos que se interesan en medir su exposición al riesgo de mercado<sup>21</sup> y crediticio.

El Valor en Riesgo (VaR), hecho famoso por la firma internacional J.P. Morgan a través del software llamado *RiskMetrics*<sup>22</sup>, ha llegado a ser una norma de mercado que se implementa en numerosos sistemas y es utilizado todos los días por muchas instituciones financieras. Gracias a su éxito, hay un consenso importante para saber cómo evaluar los riesgos de mercado en base a su cuantificación. La noción del nivel de confianza sobre un período determinado es ahora en su mayor parte aprobado por que el mercado y los reguladores, cambiando las nociones ambiguas sobre el peor caso y utilizando escenarios extremos para comprobar su grado y efectividad para la toma de decisiones.<sup>23</sup>

La mayor ventaja comparativa que tiene el Valor en Riesgo sobre otros modelos es que el resultado de la exposición al riesgo financiero total de una institución se basa en un solo número y de fácil entendimiento y esto es básicamente lo que le ha dado más fama para convertirse en una herramienta indispensable para la presentación de riesgos operativos hacia todos los niveles ejecutivos y administrativos.<sup>24</sup>

El VaR es una metodología que se utiliza para cuantificar el riesgo de mercado mediante el uso de herramientas estadísticas, en donde el objetivo es medir el peor escenario de pérdida esperada en un lapso de tiempo establecido, bajo condiciones normales de mercado y con un nivel dado de confianza. De esta manera, se obtiene una medida pertinente y resumida del riesgo del mercado

---

<sup>21</sup> Recordando que el *riesgo de mercado* es aquel producto de cambios inesperados en los precios de los activos y pasivos financieros que puede producir una pérdida por disminuir su valor de mercado; se conoce como riesgo de mercado porque su origen está precisamente en las fluctuaciones del mercado producto de las fuerzas económicas. Los principales factores que inciden en el riesgo de mercado son cambios en las tasas de interés, tipos de cambio y precios de "commodities", *vid. supra*, pág. 6.

<sup>22</sup> J. P. Morgan/ Reuters, "*RiskMetrics Technical Document*", 4ª ed., New York, E.U.: Morgan Bank, 1996.

<sup>23</sup> Jorion, Philippe, "*Valor en Riesgo*", LIMUSA, serie *Mexder*, México, 1999, pp. 40-44.

<sup>24</sup> *Ibíd.*, pág. 107.

(sobre el cual se tienen cuantiosas y lamentables pérdidas que en los últimos años muchas instituciones han sufrido a nivel mundial). Las pérdidas pueden darse por dos situaciones; por un lado, por la posición abierta (o exposición) que se tenga sobre la fuente de riesgo y, por el otro lado, por la *volatilidad* en la variable financiera subyacente.<sup>25</sup>

El VaR se puede definir como:

- “[...] una de las herramientas más ampliamente usadas que mide el riesgo potencial de pérdidas económicas”<sup>26</sup>
- “[...] una medida de riesgo de mercado, que determina el riesgo máximo que puede derivarse del mantenimiento de una cartera de inversiones durante un periodo de tiempo determinado y con un nivel de confianza estadístico dado. En otras palabras, el VaR determina la mayor pérdida que se puede esperar que tenga un portafolio, en un periodo de tiempo predeterminado, producto de cambios adversos esperados del mercado y que se determina con un nivel de confianza determinado [...]”<sup>27</sup>
- “El Valor en Riesgo mide la peor pérdida esperada que una institución puede sufrir en un intervalo de tiempo dado bajo condiciones normales de mercado y con un nivel de confianza dado”<sup>28</sup>
- “El VaR resume la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) a lo largo de un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza dado”<sup>29</sup>

La metodología de cálculo del "Valor en Riesgo" se ha convertido en un estándar para las instituciones bancarias y financieras. Pero, cabe recalcar, tanto estos participantes del mercado como las organizaciones supervisoras se han dado cuenta de que en las decisiones de tecnología e implementación de estos sistemas podría haber una relación de costo-beneficio. El análisis retrospectivo (*denominado también Back Testing*, o pruebas bajo condiciones extremas) permitiría comprobar esto para lograr calibrar los modelos y asegurar el uso

<sup>25</sup> El riesgo, por nomenclatura general de los autores que manejan el tema, se mide por la desviación estándar sobre los flujos no esperados o bien se identifica con la letra ( $\sigma$ ), que es denominada *volatilidad*.

<sup>26</sup> Mina, Jorge, Ji Xiao, Jerry, “*Return to Riskmetrics: The Evolution of a Standard*”, Riskmetrics Group, E.U., 2001., pág. 66.

<sup>27</sup> Ortiz M., Gustavo, “*Valor en riesgo: Eficaz Herramienta para la Administración del Riesgo*”, <http://www.derivativesstrategy.com/magazine/>

<sup>28</sup> Butler, Cormac, “*Mastering Value at Risk: A step-by-step guide to understanding and applying VaR*”, Financial Times Market Editions, Inglaterra, 1999, pág. 5.

<sup>29</sup> Jorion, P., *op.cit.*, pág. 41.

adecuado. Cabe destacar que en la circular número 1423, emitida por la CNBV, sobre las *disposiciones de carácter prudencial en materia de administración integral de riesgos, aplicables a las instituciones de banca múltiple*, se estipula que se deben realizar pruebas bajo *condiciones extremas* como un requerimiento en la disposición decimotercera, pero no hace mayores especificaciones técnicas en cómo hacerlo; lo anterior se considera que es debido a la libertad que tienen las instituciones de poder modelar su riesgo a un nivel de confianza predeterminado, siempre y cuando se someta a revisión de las autoridades y, una vez dada la aprobación, se realice el análisis de riesgo. El análisis retrospectivo consiste en comparar reiterativamente, para un período determinado (por ejemplo 1 día o un mes), las pérdidas estimadas por efectos del riesgo de mercado con los resultados efectivamente logrados. Los resultados "efectivamente logrados" se deben solo a una reevaluación sin incluir compras-ventas ni comisiones, ya que el VaR mide lo que puede ser la variación del valor de una cartera, no lo que puede ganar una tesorería. El *back testing* usualmente debe realizar una comparación entre los resultados reales dados en la institución en un horizonte de tiempo contra la predicción de pérdida máxima probable (VaR estimado). En la forma más simple de análisis retrospectivo se calcula el porcentaje de veces que se observan resultados que exceden el estimado negativo de VaR y se compara ese número con el nivel de confianza usado. Un enfoque así de simple es el postulado por el Comité de Basilea sobre Supervisión Bancaria, que para impulsar a las entidades a que revelen cifras verdaderas de "Valor en Riesgo" plantea que se castigue la frecuencia de errores. Por medio de diversos estudios se ha demostrado que este sistema es simplista y que ofrece pobre información práctica. Existen de la misma manera las pruebas de estrés, que adoptan una metodología muy diferente a los métodos de simulación histórica, y examina el efecto de grandes movimientos simulados sobre las variables financieras clave de un portafolio; se forma de escenarios de estrés de forma subjetiva con el fin de estimar los cambios posibles sobre el valor del portafolio. En opinión de Jorion<sup>30</sup>, este método es muy pobre debido a la adaptación que se realiza para el cálculo del VaR por ser muy

---

<sup>30</sup> Cfr. Jorion, *ibíd.*, pp. 220-223.

subjetivo, debido a que esta prueba obliga a la administración a tomar en cuenta eventos que de otra manera podrían ser ignorados y los escenarios malos o poco probables conducirán a medidas erróneas del VaR. Lo anterior es por causa de un manejo pobre de las correlaciones (cuando se trata de dos o más activos a evaluar), lo cual es un componente esencial para medir el riesgo, motivo por el cual esta prueba debe ser manejada solamente como complementaria a la medición del modelo VaR y solo utilizarse cuando se considere evaluar el efecto que se daría bajo el peor caso de movimientos grandes sobre las variables clave. En el caso particular de este trabajo, el análisis de Cetes a 28 días, se utiliza la correlación sobre su propia variable rezagada, sometiéndose a una fuerte prueba para obtener la medida de la volatilidad por medio del modelo **GARCH**, a estudiarse en el siguiente capítulo.

## **2. Principales usos del VaR**

El VaR puede ser cuantificado para diferentes objetivos en función de cada circunstancia en particular, por ello, los principales usos que son atribuibles al VaR, son los siguientes:

### *1. Presentación de información*

Es una herramienta esencial para traducir el riesgo de mercado a la gerencia, a los accionistas y también a los usuarios finales (clientes), dado que permite expresar en forma sencilla, resumida y clara, el grado de riesgo global de una institución financiera y ser un instrumento de inversión en particular; por ejemplo, un fondo de inversión.

### *2. Administración de Riesgos y asignación de recursos*

Las empresas realizan una mejor toma de decisiones acerca del riesgo máximo que están dispuestas a asumir tanto en un ámbito global, como por área y hasta por operativo. Por ejemplo, un grupo financiero puede establecer límites al riesgo de mercado por separado que pueden asumir el banco, el puesto de bolsa y la

operadora de pensiones. Además, dentro del puesto de bolsa, podría fijarse un límite a cada corredor o administrador de cartera. Así, se puede realizar una asignación de recursos con base en la exposición al riesgo de mercado, de tal forma que la exposición global de la institución se mantenga dentro de los límites preestablecidos.

### *3. Realizar una mejor evaluación del desempeño*

El VaR permite evaluar a los empleados y las distintas áreas de una empresa de acuerdo con su desempeño en cuanto a la exposición al riesgo que asumen, y controlarlo en función de las políticas y parámetros fijados por la gerencia. Esto es de suma importancia especialmente en las casas de correduría de valores en donde los corredores y administradores de carteras reciben compensaciones por los ingresos generados a la firma. Se trata de evitar el riesgo moral en función de las compensaciones que generan los beneficios que reciben el operario y la empresa de tal forma que si no existe un adecuado control el incentivo por generar más ingresos pueda hacer que se asuman riesgos mayores a los permitidos por la gerencia.

### *4. Generar una presentación de reportes a las autoridades supervisoras*

El Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria, la Reserva Federal de Estados Unidos de Norteamérica y las autoridades supervisoras bancarias de la Unión Europea, han aceptado el VaR como una herramienta válida para la medición de riesgos. Esto, en cuanto a los sistemas de administración y control de riesgo que exigen las autoridades supervisoras a las entidades financieras y en lo que se refiere a la presentación de informes requeridos por los entes supervisores.

Como puede verse, el Valor en Riesgo es una eficaz herramienta para una adecuada administración de éste, el cual, por su sencilla forma de expresar el riesgo de mercado, se convierte en una gran ayuda para la administración moderna de riesgos. Actualmente, con el VaR se facilita el entendimiento del grado de exposición al riesgo de la empresa, esto a su vez facilita la toma de

decisiones por parte de la gerencia y de los accionistas. Además, probablemente cuando las instituciones financieras empiecen a publicar en forma general y uniforme el VaR de sus carteras, también se convierta en un elemento de vital importancia para los inversionistas a la hora de evaluar sus opciones de inversión.

### 3. Cuantificación del modelo VaR

En el VaR se asumen dos tipos de pérdidas: *absoluta* y *relativa*, en donde el primer tipo de pérdida se establece como la diferencia que existe entre el valor inicial de la posición (activo) y su peor valor esperado bajo una cierta probabilidad cuando finaliza la inversión:

$$\text{VaR (0) anual} = V_0 - V^* = 100 - 90 = 10 \quad (\text{Peor pérdida absoluta})$$

Por otro lado, la peor pérdida relativa se da como la diferencia entre el valor esperado de la inversión, i.e., su media, y su peor valor esperado bajo cierta probabilidad cuando finaliza la inversión:

$$\text{VaR (0) anual} = E(V_0) - V^* = 105 - 90 = 15 \quad (\text{Peor pérdida relativa})$$

Para hacer más claro lo anterior, asumamos un periodo de inversión a corto plazo (un año), y examinando la tabla 2.1:

**Tabla 2.1 Pérdidas absoluta y relativa esperadas**

Variable	Indica:	Valores	Ejemplo
$V_0$	Valor inicial de la posición		100 millones de u.m.*
$r_e^*$	Peor <b>rendimiento</b> esperado con un 90% de intervalo de confianza (anual)		- 0.10
$V^*$	Peor <b>valor</b> esperado al final de la inversión con un 90% de intervalo de confianza (anual)	$V_0 (1 + r_e^*)$	100 (1-0.10) = 90 millones de u.m.
$\lambda$	Rendimiento esperado (anual)		0.10
$E(V)$	Valor esperado de la posición al final de la inversión (anual)	$V_0 (1 + \lambda)$	100 (1+0.10) = 110 millones de u.m.

\*Nota: U.M. significa " unidades monetarias"

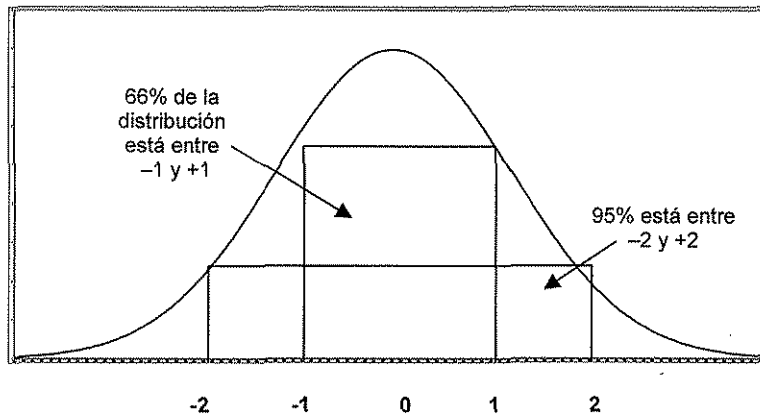
Para el caso de la distribución normal estandarizada, su variable tiene un comportamiento normal con una media de cero y una desviación estándar igual a la unidad.

$$(2.1) \quad \tilde{r} = \frac{r - \lambda}{\sigma} \approx N(0,1)$$

(El Valor en Riesgo que se utilizará en este trabajo está basado sobre el *valor relativo* ; el valor absoluto no interesa, porque el dinero en este caso tiene un costo que no impacta).

De forma breve, y antes de continuar con el modelo VaR, uno de los principios fundamentales bajo los cuales se basa este modelo es la distribución normal estadística sobre la cual se apoya la expresión (1).

**Gráfica 2.1 La distribución normal estándar**



La distribución normal se muestra en la gráfica 2.1. Dado que la función es perfectamente simétrica, su media es la misma que su moda y su mediana (que tiene una probabilidad de ocurrencia del 50%). Alrededor del 95% de la distribución está contenida entre los valores de  $-2$  y  $+2$ . El 2.66% de los valores se encuentra entre  $-1$  y  $1$ . La tabla 2.2 nos muestra los cuantiles más bajos de la distribución normal.

**Tabla 2.2**

<b>Percentil</b>	99.99	99.9	99	97.72	97.5	95	90	84.13	50
<b>Valor</b>	-3.71	-3.09	-2.32	-2	-1.96	-1.64	-1.28	-1	0



De esta manera, para obtener la fórmula del VaR, se parte de obtener un valor estimado en función del valor inicial de la posición restando el peor valor que se espera obtener al final de la inversión con un intervalo de confianza dado:

$$(2.2) \quad E(V_0) - V^*$$

traduciendo esto a los valores considerados en la tabla 2.2, se tiene:

$$(2.3) \quad V_0(1 + \lambda) - V_0(1 + r_e^*)$$

factorizando, se llega a:

$$(2.4) \quad V_0 \lambda - V_0 r_e^*$$

$$(2.5) \quad -V_0(r_e^* - \lambda)$$

obteniendo la definición del pero rendimiento esperado:

$$(2.6) \quad P(r_e^* < -1.28 \sigma + \lambda)$$

sustituyendo (6) en (5), se obtiene el Valor en Riesgo:

$$(2.7) \quad -V_0(-1.28 \sigma)$$

finalmente, se obtiene una formulación sencilla para valorar el riesgo mediante la metodología VaR:

$$(2.8) \quad \text{VaR} = V_0 * (1.28) * \sigma * \sqrt{\Delta t}$$

(Valor inicial en la inversión)	(intervalo de confianza a un nivel estadístico dado (90% en este caso))	(volatilidad en un nivel de tiempo)	(intervalo de tiempo considerado. Agregación/desagregación del tiempo)
---------------------------------	---	-------------------------------------	--

El Valor en Riesgo se basará principalmente bajo tres niveles de confianza principales: 99%, 95% y 90% (aunque en México, las instituciones financieras miden el riesgo bajo probabilidades del 90% al 92% para mejorar sus escenarios sobre escenarios extremos). Si se asume el supuesto de distribución normal se puede recurrir a las tablas de la distribución normal estandarizada, las cuales muestran que, de acuerdo a la ecuación (1):

Intervalo	(Complemento)
1. $P(r < -1.28) = 10\%$	90%
2. $P(r < -1.65) = 5\%$	95%
3. $P(r < -2.33) = 10\%$	99%

Por tanto, para aclarar:

$$(2.9) \quad P\left(\frac{r - \lambda}{\sigma} < -1.28\right) = 10\%$$

despejando:

$$(2.10) \quad P(r_e^* < -1.28 \sigma + \lambda) = 10\%$$

Lo que la expresión (2.10) indica es que existe un 10% de probabilidad de que el rendimiento sea menor que  $-1.28$  desviaciones estándar sumado con su medida. En otro sentido, significa que existe un 90% de confianza de que el peor rendimiento ( $r_e^*$ ) que se pueda observar será  $-1.28$  desviaciones estándar más la media.

El primer paso que se debe adoptar para la cuantificación del VaR será entonces la elección de dos importantes factores: el horizonte del tiempo y el nivel de confianza.

La elección del nivel de confianza es importante para la validación del modelo. Las regulaciones implementadas por cada país permite a las instituciones la elección de un nivel entre el 90 y el 100 por ciento de confianza para el cálculo del VaR. En México, el MexDer (Mercado Mexicano de Derivados) en conjunto con la CNBV también permiten escoger los niveles, aunque los administradores de riesgos más experimentados recomienda trabajar con los niveles de confianza más bajos porque así las pruebas de escenarios a las que se verán sometidos los modelos mostrarán más veracidad. Es por este motivo que en este trabajo se trabajará bajo un nivel de confianza del 90% para dar mejor certidumbre sobre las respuestas que el modelo pueda tener, ya que es muy importante elegir un nivel de confianza que permita a los administradores de riesgos verificar las estimaciones regularmente.

### 3.1 Agregación/desagregación del tiempo

En cuanto al horizonte de tiempo  $\sqrt{\Delta t}$ , se recomienda usar un periodo de diez días por reflejar una interacción entre los costos de un seguimiento frecuente y demuestre beneficios al detectar de forma temprana los problemas potenciales que pudiesen existir. La cuantificación del VaR requiere que se defina como primera instancia el periodo de tiempo, el cual puede ser establecido en términos de horas, días, semanas, meses, años, etc., debido a que la presentación de informes requieren que se establezca bajo un formato de fecha preestablecido por el comité directivo que tomará decisiones. Para realizar la comparación de riesgos sobre el horizonte de tiempo, es necesario establecer una metodología para su traducción, a esto se le denomina **agregación y desagregación** de tiempo bajo los términos de la econometría. El problema consiste en encontrar el rendimiento esperado y la varianza de una suma de variables aleatorias.<sup>31</sup> Los *rendimientos esperados*, para el caso a analizar en este trabajo sobre los Cetes a 28 días, en

particular están dados bajo la relación  $Resp = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) * 100$  (Rendimiento

esperado, pero para simplificar, se conocerá como **R**)<sup>32</sup>, en cuyo caso nos indicaría, bajo estos conceptos introducidos, que  $E(R_{t-1})=E(R_t)=E(R)$  y que para la varianza **V**, sucede entonces que  $V(R_{t-1})=V(R_t)=V(R)$ .

El esquema anterior permite considerar, en resumen, que para ir de datos diarios (mensuales o trimestrales) a anuales, se tiene:

$$\mu = \mu_{\text{anual}} Y$$

$$\sigma = \sigma_{\text{anual}} \sqrt{Y}$$

<sup>31</sup> Es importante introducir un supuesto importante: para un análisis de portafolio, i.e., suponiendo dos o más activos, los rendimientos no se encuentran correlacionados en intervalos sucesivos de tiempo, y es coincidente con la *teoría de los mercados eficientes* (Jorion, *ibíd.*, pp. 103-105), de manera que todos los cambios en el precio surgen de la información no anticipada y que, por ende, no pueden estar correlacionadas sobre el tiempo en donde éstos siguen un paseo aleatorio (*random walk*) y se asume que los rendimientos están distribuidos simétricamente por el tiempo, en donde el término cruzado, o *covarianza* es igual a cero.

<sup>32</sup> Una explicación sobre la tasa de retorno estará dada en el capítulo III de este trabajo.

Agregación	Desagregación
$\sigma * \sqrt{Y}$	$\sigma / \sqrt{Y}$
$\mu * Y$	$\mu / Y$

con  $\mu$  como el rendimiento esperado o media anual (consideramos ahora la letra griega  $\mu$  como la media, para homologarla con la mayoría de los términos con los que se familiarizan la mayoría de los autores) y  $\sigma$  que ya es conocida como la desviación estándar. El valor Y indica el número de años (o sea, 1/12 para datos mensuales o 1/252 para datos diarios). De esta forma, los ajustes de la volatilidad a diferentes a diferentes horizontes pueden estar basados en una raíz cuadrada del factor tiempo cuando las posiciones son constantes. La tabla 2.3 ayuda para razonar más el concepto de agregación/desagregación en un caso para la  $\mu$ .

Tabla 2.3 . Un ejemplo para la agregación de la media

Agregación en la media	Periodo de rendimiento obtenido
$\mu_{\text{diario}} * 260$	Anual
$\mu_{\text{diario}} * 22$	Mensual
$\mu_{\text{diario}} * 5$	Diario
$\mu_{\text{diario}} * 52$	semanal

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

#### 4. Estructura, valuación y riesgo de los bonos públicos en México

##### 4.1. Modelos generales de valuación de la tasa de los Cetes a 28 días:

###### Duración y Convexidad

El riesgo caracterizado por variaciones adversas en las tasas de interés (sobre las cuales tesorerías e instituciones crediticias y financieras se basan para realizar

cotidianamente sus operaciones) se ve reflejado en la probabilidad de que los flujos pronosticados no se presenten en el tamaño y tiempos que se esperan; lo anterior impacta severamente sobre el valor presente de estos flujos, cuyos activos y pasivos considerados reflejan cambios severos sobre las decisiones de gasto, inversión, financiamiento y, sobretodo, al valor propio de estas instituciones o empresas.<sup>33</sup> Es por ello importante centrar este trabajo considerando estos casos, que se basan en los denominados *índices de referencia*, del cual es importante destacar la denominada **tasa líder**, i.e., los Certificados de la Tesorería de la Federación (Cetes) a 28 días (**Cetes<sub>28</sub>**, para abreviar). El desarrollo de esta sección tiene como objetivo plantear la forma en la que puede cuantificarse el Valor en Riesgo conociendo la estructura de la tasa del Cete<sub>28</sub> y la forma de inmunizar el riesgo sobre el valor presente de éste mediante la duración y la convexidad asimismo como un análisis de la metodología para valuación de esta tasa. Cabe aclarar que la base histórica correspondiente a los Cetes a plazo de 28 días se basan en datos semanales de la Bolsa Mexicana de Valores, en donde no fue posible encontrar información diaria, por lo cual se recurrió al método de desagregación a analizarse más adelante en este trabajo.

En general, una tasa de interés es una promesa de pago que vende una entidad emisora (ya sea una empresa pública, privada o bien, el gobierno de un país y se paga a una fecha pactada a los inversionistas que lo compran con el objetivo de poder obtener recursos para financiar deudas, obtener liquidez, financiar sus proyectos de inversión, etc.). Los rendimientos se obtienen en base a una tasa de descuento aplicable tomando como referencia una tasa gubernamental denominada *líder*, que por lo general es la menos riesgosa, y por lo tanto, más solvente, i.e., los Cetes<sub>28</sub> para el caso mexicano.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Véase: González-Aréchiga R.-W., Bernardo, Venegas, F., Díaz, J., "**Riesgo de tasas de interés e inmunización por duración y convexidad con futuros**", Investigación Económica, núm. 233, México, UNAM, julio-septiembre de 2000, pág. 78.

<sup>34</sup> "[...]Al determinarse la tasa de descuento y de rendimiento, las entidades financieras y no financieras privadas, proceden a considerar la tasa líder del mercado [...] como punto de referencia para establecer el costo de entrada de los valores emitidos por ellas mismas [...]", para un análisis más detallado, consúltese: Grupo de Asesores Financieros, "**El mercado mexicano de dinero, capitales y productos derivados**", edit. Gpo. León, México, 1999, pp. 154-155.

Cuando el sector público, mediante el banco central (en este caso, la institución a cargo es el Banco de México) desea tomar dinero en préstamo a un determinado plazo, un recurso<sup>35</sup> es la venta de instrumentos financieros de deuda a los que se les denomina bonos. Un bono se caracteriza como un préstamo solamente de intereses, que particularmente indica que el emisor debe pagar una determinada cantidad de intereses (indexada bajo una tasa porcentual) y bajo determinado lapso de tiempo, pero que *el principal* (esto es, la cantidad inicial tomada a préstamo, descontando los flujos sobre la tasa de interés) no se liquidará sino hasta el vencimiento del plazo acordado. Al tipo de pagos periódicos sobre los intereses especificados en un bono se les denomina cupones y, dado que éstos son constantes y se pagan cada año, se llaman cupón uniforme (o nivelado); cuando el importe se liquida al final del préstamo se les denomina cupón nominal (o de valor par). Los bonos del gobierno generalmente tienen un valor nominal o un valor par mucho más grande. La *tasa-cupón* es el cupón anual dividido entre el valor nominal de un bono. Por último, el periodo de vida o vencimiento de un bono es la fecha especificada sobre la cual se paga el monto de principal del mismo.

Con el paso del tiempo, las tasas de interés fluctúan en el mercado, sin embargo, los flujos efectivos del bono permanecen constantes; a razón de ello, el valor del bono variará, o sea, existirá una relación inversa entre el interés y el bono de tal forma que cuando las tasas de interés del mercado aumenten, el valor presente de los flujos de los flujos de efectivo restantes del bono disminuye y hará que el bono tenga un menor valor y viceversa: cuando las tasas de interés bajan, el bono aumenta en cuanto a su valor.

Para determinar el valor de un bono en un periodo de tiempo determinado, es necesario conocer cuántos periodos faltan para su vencimiento, su valor nominal,

---

<sup>35</sup> Existen tres formas sobre las cuales el gobierno puede endeudarse: emisión monetaria, préstamos internos y externos y aumentar impuestos. La primera conlleva al efecto de la inflación, la segunda genera intereses al largo plazo y la tercera es un procedimiento impopular sujeto a controversias políticas económicas y sociales en cuanto a generación de un círculo vicioso entre deuda pública-inflación-deuda pública. Un estudio detallado de estos efectos puede ser consultado en Reyes Z., Fco. J. "Inflación y déficit público: cuantificación del déficit operacional para el caso de México, 1982-1997", tesis de licenciatura, UNAM, México, 2000, pp. 10-34.

su cupón y la tasa de interés del mercado para otros bonos con características similares. A lo anterior se le llama rendimiento al vencimiento o *rendimiento del bono*. Es mediante esta forma en la cual se estima el valor presente de un bono. En general, cualquier instrumento financiero se puede evaluar cuando se estima el valor presente de sus flujos esperados a futuro. La tasa de descuento que se utiliza depende del grado de riesgo que el instrumento tenga así como del nivel de tasa existente en el mercado.

Se tiene la ecuación para un bono cupón cero<sup>36</sup>:

$$(2.11) P_0 = \frac{C_T}{(1+r)^n}$$

Dado que:

$$P_0 = C_1(1+r)^{-1} + C_2(1+r)^{-2} + \dots + C_T(1+r)^{-T}$$

o bien,

$$(2.11a) P_0 = \sum_{i=1}^T C_i(1+r)^{-i}$$

Donde:

$P_0$ =precio o valor del bono.

$C_T$ =cupón o pago del principal o ambos para el período  $t$ .

$t$ =número de periodos (anual, semestral, semanal, diario, etc.).

$T$ =número de periodos faltantes para el vencimiento.

$r$ = rendimiento al vencimiento para un bono en particular.

El riesgo sobre la tasa de interés se define como la dispersión de precios inesperados de los activos financieros sobre tasas de interés, que son provocados por movimientos sobre la estructura temporal de tasas.

Para efectos prácticos se asumirá que existe una estructura intertemporal de tasas de interés horizontal y que los movimientos se dan paralelamente sobre la misma, lo cual indica que las tasas de interés se incrementarán para diferentes periodos de tiempo en la misma proporción.

Un bono obtiene su rendimiento de dos fuentes: el ingreso por intereses y la ganancia (o pérdida) de capital que es producida por movimientos sobre los

<sup>36</sup> Consúltese Angulo G. Germán, "Administración de Riesgos", Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles (AMIB), Bolsa Mexicana de Valores, 2001, mimeo. Un análisis aún más detallado puede estudiarse en Jorion, P., *op.cit.*, pp. 125-133 y 139-146.

precios del bono. Lo anterior implica que un cambio sobre el precio es un efecto del tiempo así como de movimientos en la estructura temporal de las tasas. Es ya conocida la relación inversamente proporcional entre el precio del bono y la tasa de interés relacionada debido a que el bono se evalúa a descuento y, *ceteris paribus*, el precio de un bono que se vende a descuento va a converger con su valor nominal en cuanto más cerca esté de su fecha de vencimiento, lo cual indica que el precio del bono irá en ascenso con el paso del tiempo.

Ambos efectos pueden analizarse para el caso de un cupón cero, ya que éste no paga rendimiento sobre su cupón y está determinado solamente por cambios en el precio.

Normalmente existen cambios sobre el valor de un bono cuando existen cambios sobre la tasa de rendimiento para lo cual es necesaria una medida que indique la sensibilidad del precio ante estos cambios; a esta medida se denomina *duración*. La *duración* es una aproximación lineal, que se obtiene tomando la primera derivada de la fórmula para valuación de un bono con cupones respecto a  $(1+r)$ .

Se tiene

$$(2.12) \quad \frac{\partial P_0}{\partial(1+r)} = -C_1(1+r)^{-2} - 2C_2(1+r)^{-3} \dots - TC_T(1+r)^{-(T+1)} \quad \text{ó}$$
$$\frac{\partial P_0}{\partial(1+r)} = \frac{(-1)C_1}{(1+r)^2} + \frac{(-2)C_2}{(1+r)^3} + \dots + \frac{-TC_T}{(1+r)^{T+1}}$$

reordenando términos

$$(2.13) \quad \frac{\partial P_0}{\partial(1+r)} = -\frac{1}{(1+r)} \left[ \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{2C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{TC_T}{(1+r)^T} \right]$$

con esta fórmula se tiene una aproximación del cambio en el precio de un bono cuando existen cambios en la tasa de interés. Para obtener la variación porcentual sobre el precio de un bono se necesita dividir (2.13) entre el precio del bono:

$$(2.14) \quad \frac{\partial P_0}{\partial(1+r)} \frac{1}{P_0} = -\frac{1}{(1+r)} \frac{1}{P_0} \left[ \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{2C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{TC_T}{(1+r)^T} \right],$$



obteniendo así la “duración modificada”, que aproxima el cambio porcentual en el precio del bono ante cambios en la tasa de rendimiento de éste. Reordenando términos, podremos obtener la duración para un bono:

$$(2.15) \quad D_{Mac} = -\left(\frac{1}{P_0}\right) \frac{dP}{dr} (1+r) = \frac{\sum_{t=1}^T tC_t (1+r)^{-t}}{P_0}$$

El término entre [.] es la duración del bono (llamada “**Duración de Macaulay – Dmac-**) y es el promedio ponderado de los periodos sobre los cuales el bono concede pagos (t), utilizando las partes correspondientes al valor total del bono como factores de ponderación para cada periodo. Resumiendo, la duración se utiliza cuando se comparan bonos con diferente esquema de cupones, diferentes tasas de interés así como diferentes periodos de madurez.

Las debilidades que muestra la duración se basan sobre el cálculo de flujos en diferentes periodos de tiempo y en una tasa que los convierta a valor presente. Existe una mayor incongruencia en cuanto al descuento las tasas porque son dadas en diferentes plazos (1, 7, 28, 91, 182 y 360 días, por ejemplo). De esta manera, la duración solo es válida para movimientos pequeños y paralelos en la tasa de rendimiento. Los movimientos, en primer lugar, deben ser paralelos porque el mismo cambio en el rendimiento se aplica a todos los pagos del cupón intermedios sin importar su vencimiento; y en segundo lugar, los movimientos en la tasa de rendimientos deben ser pequeños para que la aproximación lineal tenga validez.

Otra limitante es que la duración es una aproximación lineal de la exposición de la tasa de interés, lo cual indica que se trata de un aproximado de primer orden y es solamente válida ante cambios infinitesimales en los rendimientos cuando la estructura intertemporal sea plana y se someta a cambios paralelos. Cuando existen choques grandes y se tenga una estructura intertemporal, “[...] los términos de orden superior en la derivada del precio deben ser incorporados en la

valuación. Por esta razón, algunas veces la convexidad también es considerada una medida de segundo orden de la exposición".<sup>37</sup>

Por tanto, la convexidad es un efecto de segundo orden que indica la forma en que la duración se transforma conforme cambie el rendimiento; la convexidad se obtiene por medio de la segunda derivada de (11a):

$$(2.16) \quad C = -\frac{dD_{\text{mod}}}{dr} = \frac{1}{P} \frac{d^2 P}{dy^2} = \frac{1}{P} \frac{1}{(1+r)^2} \sum_{t=1}^T \frac{t(t+1)C_t}{(1+r)^t}$$

de donde se deduce sencillamente que:

$$(2.16') \quad D_{\text{mod}} = \frac{D_{\text{mac}}}{P_0}$$

en donde  $D_{\text{mod}}$  es la duración modificada. De esta manera la convexidad se cuantifica en unidades de periodos elevados al cuadrado.

El efecto de la convexidad será reducir la duración ante un incremento en las tasas de rendimiento e incrementarla ante una caída de las mismas. En este sentido, ante un par de bonos con la misma duración, aquel con mayor convexidad presentará un mayor incremento relativo a su precio ante una caída en las tasas de rendimiento y una menor reducción ante un incremento de tasas.

$$(2.17) \quad \frac{d^2 P_0}{dr^2} = \frac{\sum_{t=1}^T t(1+t)C_t (1+r)^{-1}}{P_0}$$

La convexidad, al igual que la duración, se basa en el supuesto de que la estructura intertemporal es horizontal y los cambios en la misma son paralelos.

Utilizando los datos del Anexo A1 (que describe la base de datos disponible sobre la tasa del Cete a 28 días en datos semanales) se podrán realizar los cálculos de

---

<sup>37</sup> Jorion, P., *op.cit.*, pág. 146.

la duración y de la convexidad para mostrar la sensibilidad del precio del Cete cuando la tasa de rendimiento presenta un cambio.

#### 4.2. Cetes<sub>28</sub>: valuación y riesgo en México

Un Certificado de Tesorería es considerado como un *título de crédito* al portador que es emitido y garantizado por el Gobierno Federal, y el Banco de México es el encargado de la colocación y regulación entre los inversionistas a través del mercado de dinero. La emisión de este instrumento financiero a préstamo se lleva a cabo debido a las necesidades que tiene el sector público para hacer frente a sus gastos que a través de los impuestos no puede financiar. Un Cete tiene un precio nominal de \$10.00 pesos y, mediante un método de subasta, los compradores ofrecen un precio menor. Por ejemplo, los compradores ofrecerán un precio de \$9.55 y si el gobierno acepta este precio, al final del periodo pactado se compromete a pagar al inversionista \$10.00 pesos (esta ganancia para el inversionista es llamada "**emisión a descuento**"). Obviamente el gobierno aceptará el precio más bajo para ser subastado al inversionista (esto es, aceptará un precio más cercano a los diez pesos). Los Cetes tienen un mecanismo mixto de operación de tal forma que las transacciones son llevadas a cabo por los intermediarios (casas de bolsa y bancos) y la clientela básicamente, lo cual permite manejar un mayor número de inversionistas que demandan este tipo de inversión. Los viernes de cada semana el gobierno lanza su convocatoria a subasta indicando el monto de Cetes y la cantidad mínima para realizar tal emisión a los intermediarios que adquieren estos títulos con el fin de que éstos obtengan un rendimiento directo o bien lo vendan (o reporten) a su clientela. Los martes de cada semana se realiza la subasta.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Las posturas de los participantes pueden ser *competitivas*, en donde el monto se asigna a las instituciones que hayan ofrecido las tasas de descuento más pequeñas; y las *no competitivas*, en donde el Banco de México, habiendo garantizado un mínimo de emisiones, vende el crédito restante a una tasa de descuento ponderada entre las instituciones que compran Cetes en postura competitiva, lo que indica que si el Banxico garantizó un monto mínimo de dicha emisión, asignará el mayor número de ellas a aquellas instituciones que más cerca estén de una tasa de descuento más pequeña, la cual será a su vez tomada en cuenta para la ponderación de la tasa de rendimiento sobre la cual se venderán las demás.

Los Cetes en este momento son de mayor confiabilidad sobre el mercado de valores a pesar de su variabilidad en las tasas de interés, ya que en los últimos años tiene el record de pagar una de las tasas más atractivas y lo que es mejor, además de protegerse contra la inflación, las emisiones están por encima de ella y el único riesgo al que se enfrentan es al de país, lo cual es difícil dadas las condiciones de protección para evitar el riesgo consideradas anteriormente y por que el gobierno es un deudor de confianza y seguridad para el inversionista. La tabla 2.4 resume lo anterior.

**Tabla 2.4 Características generales de los Cetes**

Emisor	Secretaría de Hacienda y Crédito Público como representante del Gobierno Federal, por medio del Banco de México.
Garantía	Gobierno Federal.
Monto	Variable
Valor Nominal	\$10.00 (diez pesos) y sus múltiplos, amortizables en una sola exhibición al vencimiento del título.
Rendimiento	Su rendimiento se deriva de la colocación bajo par, es decir, por debajo de su valor nominal.
Plazo	Se emiten a 28, 91, 182 y 364 días o más, pueden existir emisiones a diferentes plazos según las necesidades del Banco de México y para dar liquidez al mercado secundario.
Liquidación	Mismo día, 24, 48, 72 y 96 horas hábiles después de realizada la operación.
Depósitos en administración	La custodia está a cargo del Banco de México.
Intermediación	Bancos y Casas de Bolsa.
Banco agente	El Banco de México actuará como agente exclusivo del Gobierno Federal para la colocación y redención de los Cetes.
Colocación	Subasta pública
Amortización	Única al vencimiento
Cotización	Tasa Neta
Posibles adquirentes	Personas físicas y morales, nacionales y extranjeras: Personas físicas mexicanas o extranjeras: Exentas del I.S.R. (Impuesto Sobre la Renta). Personas morales mexicanas: Acumulables para el I.S.R. por lo que exceda a la inflación mensual, por lo cual se calculará el componente inflacionario al saldo diario de la inversión que tenga. Personas Morales extranjeras: Exentas del I.S.R.

Fuente: Banco de México, <http://www.banxico.org.mx>

Entre otras características que se encuentran en los Cetes para invertir se encuentran: una garantía por el emisor (el gobierno), los plazos más frecuentes son a 28, 91, 182 y 364 días (aunque han existido emisiones de 7, 14, 21 y 724 días), pueden ser adquiridos por personas físicas y morales, nacionales y extranjeras.

La metodología utilizada por el Banco de México (Banxico) para valuar a precio de mercado los Cetes, está basada en información de diversa fuentes<sup>39</sup> y que a su vez mantiene Banxico en posición propia. El procedimiento calcula una curva de tasas de interés que están expresadas en rendimiento llevando a cabo estimaciones no paramétricas del valor esperado de la tasa de rendimiento para cada uno de los Cetes en circulación. La obtención de esta curva se da basándose en los niveles que en el mercado se observan incluyendo los resultados de la subasta primaria, operaciones de mercado abierto que realiza directamente Banxico, las operaciones que realizan directamente las instituciones de créditos portadoras de dichos títulos y la tasa ponderada de fondo gubernamental que el banco central publica de forma diaria.

En cuanto a la información de mercado, las fuentes calculan las operaciones en directo y cuyas fechas de liquidación sean a 24, 48, 72 y 96 horas. Lo anterior implica la necesidad de "homologar" las tasas de rendimiento para compatibilizarlas de las operaciones con liquidación determinando una tasa de interés a 24 horas con respecto a las operaciones del mismo día.

---

<sup>39</sup> Las fuentes que realizan esta valuación, a precio de mercado, son: EuroBrokers, Remate Electrónico, Servicios de Integración Financiera, Garban Intercapital, el Instituto para el Depósito de Valores (Indeval) y Enlaces Prebon. Estas casas, denominadas de "corretaje" envían electrónicamente a Banxico las fechas de concertación, de liquidación, los volúmenes y las tasas aplicables a las operaciones realizadas, en directo y en reporto con títulos del gobierno a través de éstas. Para mayor información, consúltase la página Web del Banco de México en <http://www.banxico.org.mx>.

Considérese el siguiente cálculo:

$$(2.18) \quad \left(1 + t_{i,j}^h \frac{p}{360}\right) = \left(1 + t^f \frac{q}{360}\right) \left(1 + T_{i,j} \frac{p-q}{360}\right)$$

Donde:

$t_{i,j}^h$  = tasa de rendimiento homologada

$T_{i,j}$  = tasa de rendimiento a homologar

$p$  = plazo en número de días entre la fecha de vencimiento del título y la fecha de concertación

$q$  = número de días entre la fecha de liquidación y la fecha de concertación de la operación

$t^f$  = tasa de rendimiento a 24 horas

Cuando las tasas son "homologadas", se procede a ponderar para cada uno de los diferentes plazos operados. Se usa como factor ponderativo el volumen que se obtiene para cada operación,  $V_{ij}$ . Se obtiene así la tasa representativa para cada plazo operado, de acuerdo a:

$$(2.19) \quad t_j = \frac{\sum_i t_{i,j}^h V_{i,j}}{\sum_i V_{i,j}}$$

De esta manera, la ecuación (2.19) nos permite obtener las tasas de rendimiento utilizadas para calcular estimaciones no paramétricas.

Una vez desarrolladas las ecuaciones anteriores, se toman como base tanto las tasa de rendimiento homologadas y ponderadas con el objetivo de estimar la tasa de rendimiento para cada uno de los Cetes vigentes en el mercado. El cálculo se realiza aproximando el valor esperado de una tasa de rendimiento para cada *plazo de operación específico (poe)*, y queda establecido por la fórmula siguiente:

$$(2.20) \quad t_{poe}^* = \frac{\sum_{j=1}^n t_j \Phi[poe^{-1}(poe_j - poe)]}{\sum_{j=1}^n \Phi[poe^{-1}(poe_j - poe)]}$$

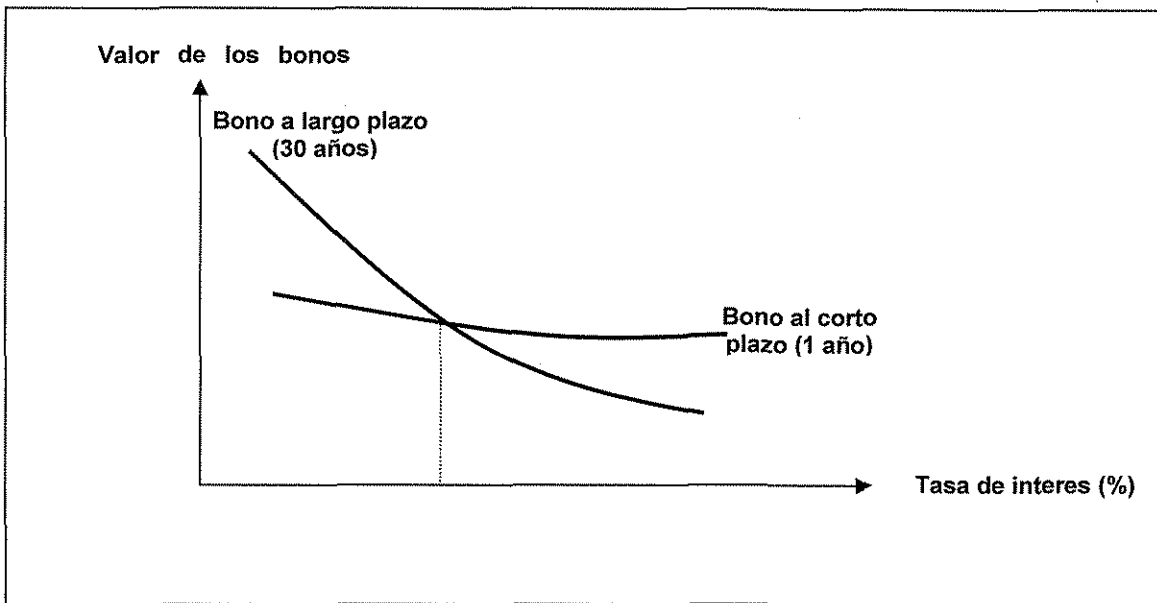
con  $\Phi[\bullet] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{poe^{-1}(poe_j - poe)}{h_{poe}}\right]^2}$ , denotada como la función “kernel” que se usará para la estimación no paramétrica, en donde  $[\bullet]$  es el argumento de la función, y donde  $h_{poe} = 50(1 - e^{-0.05 poe})$ , es el “ancho de banda” usado para la estimación no paramétrica para el **poe**. Finalmente, al aplicar la ecuación (2.18) se obtiene una aplicación para cada plazo de la tasa de rendimiento de los Cetes, la cual se basa en un promedio ponderado de todas las tasas que son observadas en el mercado, en donde las ponderaciones se dan por factores dependientes de la distancia sobre el plazo de las observaciones de mercado con respecto al plazo para el cual se hace el estimado. Una vez realizado lo anterior, se calculan los precios correspondientes utilizando la relación siguiente:

$$(2.21) P_{cete} = \frac{10}{\left(1 + t_j \frac{días}{360}\right)}$$

en donde  $P_{cete}$  es el precio estimado para la valuación de un Cete cuyo plazo a vencimiento está en función de los días.

### 4.3. El riesgo sobre las tasas de interés

El riesgo sobre las tasas de interés es aquel que se presenta cuando existen fluctuaciones sobre las mismas. La cantidad de riesgo inherente está en función de la sensibilidad del precio ante cambios en la tasa de interés y esto a su vez dependerá tanto del tiempo al vencimiento así como la tasa del cupón. Se debe tener siempre presente dos eventos, *ceteris paribus*: 1) a mayor tiempo de vencimiento, mayor riesgo sobre la tasa de interés; y 2) a menor tasa del cupón, mayor riesgo sobre la tasa de interés.



Gráfica 2.2 Riesgo de tasas de interés y tiempo hasta el vencimiento

Al hacer un razonamiento se observa lo siguiente: los bonos a mayor plazo son más sensibles a las tasas de interés debido al valor presente de su valor nominal, ya que al corto plazo, no se ve afectada significativamente por cambios en la tasa de interés (supongamos a un año). Al largo plazo (30 años, por ejemplo) un cambio, por muy pequeño que sea, puede tener efectos de importancia que conllevan a que el valor presente de su valor nominal sea mucho más volátil.

## 5. Modelando el VaR para los Cetes en México: un caso práctico

Para tener un mejor entendimiento acerca del análisis a realizar, es necesario ubicarnos en un contexto real que permita explicar de manera práctica los resultados del modelo. El mercado de dinero es importante para este propósito, ya que es la parte central de todo sistema financiero. Por medio de éste diariamente se negocian un cuantioso flujo de recursos de valores gubernamentales, aceptaciones bancarias, certificados negociables de depósitos, papel comercial



así como el reporto que existe sobre los mismos e intermediado por la Bolsa Mexicana de Valores o bien, mediante operaciones interbancarias.<sup>40</sup>

Para tomar un ejemplo claro aplicable al estudio, supóngase un instrumento privado como el papel comercial<sup>41</sup>, que toma como índice o tasa de referencia al Cete reportado a 28 días. El comparativo con la tasa de referencia es debido a que el papel comercial (como otras tasas interbancarias que son denominados de "fondeo"<sup>42</sup>) debe mostrar una tasa más atractiva que el Cete a 28 días para que un inversionista se interese en este instrumento. Esta "atracción" debe ir acompañada de una toma de decisiones basadas en el análisis técnico, fundamental y económico para lograr definir, entre otras cosas, la volatilidad y el riesgo que implicaría realizar una inversión en este tipo de tasa. De esta manera, si el Cete a 28 días tiene cambios a la alza o a la baja, impactará severamente en las tasa ofrecidas por el papel comercial comparable al mismo tiempo, o sea, un mes. Bajo el entendimiento que se trata de un comparativo entre dos tasas (una pública – *tasa líder*- y la otra privada), no importa realizar un seguimiento histórico del papel comercial, sol bástese con saber que tiene una variación porcentual mínima, pero por encima del Cete al mismo plazo (mensual), haciendo más atractiva la inversión sobre la tasa privada ya que, entre menos sea el precio ofrecido, más conviene al inversionista al recibir \$10.00 pesos en el tiempo pactado.

Una vez comentado lo anterior, el análisis se basará en un supuesto fundamental: existe un inversionista que desea obtener al final del periodo la cantidad de \$1,500,000 pesos al final de un mes en papel comercial de una determinada institución bancaria; este inversionista ya ha analizado la situación financiera del banco y encuentra atractivos los rendimientos que ofrece el papel comercial, pero desea saber cual sería el riesgo que correría si los flujos que espera obtener no se

---

<sup>40</sup> Consúltese para mayores referencias: Grupo de Asesores Financieros, *op. cit.*, pp. 132-135.

<sup>41</sup> El papel comercial tiene como cualidades: proporcionar una fuente alternativa de financiamiento a corto plazo y con costos competitivos favoreciendo la intermediación bursátil, fomentando el mercado de valores así como tratar de evitar las prácticas no reguladas y por ende, riesgosas. Para un análisis más detallado, véase: Grupo de Asesores Financieros, *ibíd.*, pág. 178.

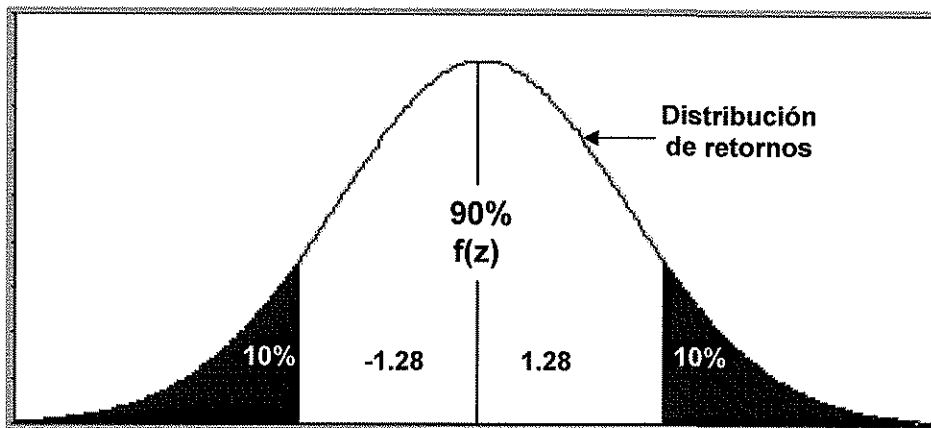
<sup>42</sup> Nota personal: El "fondeo profesional" es la forma en que los bancos se financian para realizar sus préstamos, que es la llamada *tasa pasiva* bancaria.

presentan en la forma y magnitud deseadas en el tiempo por las variaciones en la tasa líder (Cetes a 28 días), lo cual acarrearía problemas en los pasivos de su empresa al corto plazo. De esta manera, la institución bancaria ha decidido realizar un análisis serio del riesgo que se observaría en esta inversión para plantear un escenario de máxima pérdida esperada con este nivel de inversión basándose en las tasas ofrecidas del Cete a 28 días, basado en el VaR.

Como se ha revisado anteriormente la medición del VaR tiene fundamentos estadísticos y el cálculo que se realizará estará dado bajo un nivel de significancia del 10%. Esto quiere decir que el solamente el 10% de la veces, o 1 de cada 10 veces (i.e., una vez cada cinco meses con datos semanales) el rendimiento de los Cetes a 28 días caerán más de lo que señale el VaR, bajos los supuestos mencionados anteriormente.

Para la evidencia empírica de este trabajo, se utilizaron datos históricos de los Cetes a 28 días reportados semanalmente, cuya muestra es igual a **n=270** datos (del 4/ene/1996 al 15/mar/2001; consúltese los *anexos* al final de este trabajo, para mayores referencias). Es fácil visualizar la distribución de densidad de aquellos retornos a través del análisis de un histograma. Es común que se encuentren fluctuaciones de retornos en base a un valor medio que no necesariamente tiene que ser cero (estadísticamente, esto es llamado *reversión a la media*) cuya distribución se aproxima a una normal. Los sesgos o asimetrías se perciben algunas veces en los retornos, pero el análisis realizado es suficiente para considerar que la distribución es simétrica. Una vez que es generada la distribución se debe calcular el punto dominante de la función de densidad que deje un 10% del área en su rango inferior. Este punto es el denominado Valor en Riesgo y se presenta en la gráfica 2.3.

**Gráfica 2.3 Retorno esperado-VaR**



En el cuadro 2.1 se puede apreciar la realización de los cálculos en una hoja de cálculo como Excel para la **duración** y la **convexidad** (En el anexo A1.3 se muestran los resultados totales para cada periodo).

**Cuadro 2.1 La duración y la convexidad para los Cetes a 28 días**

	A	B	C	D	E	F	G
7			Días de madurez (Duración de Macaulay)		Precio del cupon		
8			0.0778		10		
9							
10		1	2	3	4	5	6
		Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
11	Periodo						
12	15/Mar/2001	0.0712	2.0008	0.0773	0.01197	\$10.0000	\$9.9449
13	08/Mar/2001	0.0711	2.0055	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9450
14	01/Mar/2001	0.0702	1.9695	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9457
15	22/Feb/2001	0.0753	2.0031	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9418
16	15/Feb/2001	0.0747	1.9675	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9422
17	08/Feb/2001	0.0805	2.0046	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9377
18	01/Feb/2001	0.0797	1.9904	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9384
19	25/Ene/2001	0.0815	1.9960	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9370
20	18/Ene/2001	0.0822	2.0323	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9364

En primer término, en la columna 1 se muestra la tasa de interés proporcionada por la Bolsa Mexicana de Valores, de la cual se desprenden los resultados mostrados. El cálculo para la valoración semanal de los Cetes es realizada por

Banxico conforme a la metodología establecida anteriormente y se basa en la formulación (2.22). La segunda columna nos muestra el rendimiento esperado del Cete a su vencimiento, calculado mediante la formulación (2.21). La tercera columna muestra el cálculo de la duración modificada en función de la duración de Macaulay (mostrada como los días de madurez, que es igual a 0.0778). Para observar en qué manera cambia la duración conforme el rendimiento del Cete, se realiza la aproximación de segundo orden llamada convexidad, mostrada en la cuarta columna. El precio a vencimiento del bono es igual a \$10.00 y se muestra en la quinta columna. Finalmente, en la sexta columna se muestra el factor de descuento del bono que será el comparativo del factor de compra emitido en una subasta que será la muestra que permitirá establecer un parámetro de identificación en orden de comparación con el papel comercial basado el ejemplo de este trabajo. Para una mayor ilustración, el cuadro 2.2 muestra el procedimiento para realizar los cálculos en Excel mencionados anteriormente.

**Cuadro 2.2 El cálculo de la duración y la convexidad en una hoja de cálculo**

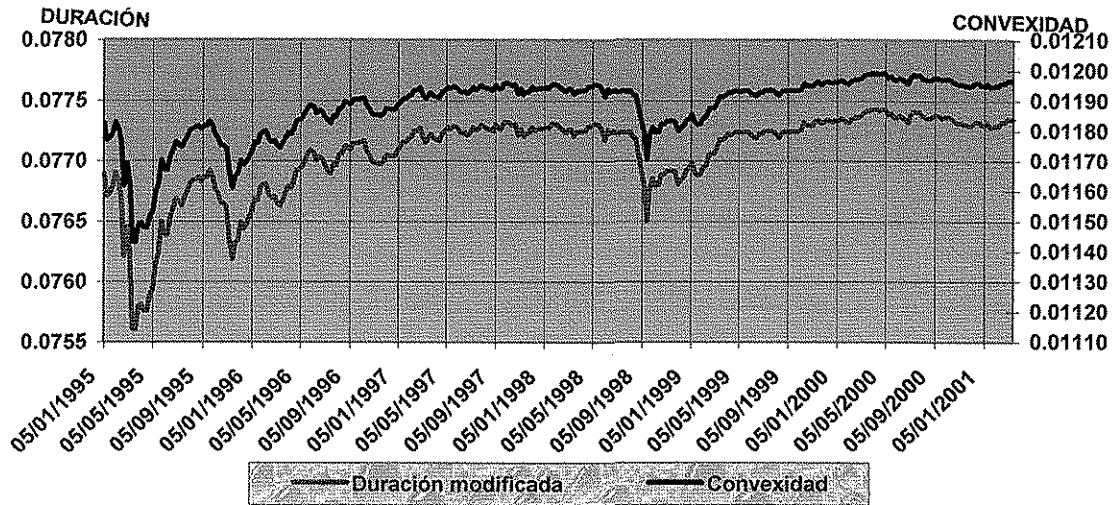
	A	B	C	D	E	F
7		Días de madurez (Duración de Macaulay)		Precio del cupón		
8		0.077777777777778		10		
9						
10	1	2	3	4	5	6
11	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencim.)	Factor de descuento (precio del bono)
12	0.0711996	=LOG((A12/A13)*100)	=dm/(1+(A12*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A12*dm))^2	10	=E12/(1+(A12*dm))
13	0.071062	=LOG((A13/A14)*100)	=dm/(1+(A13*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A13*dm))^2	10	=E13/(1+(A13*dm))
14	0.070167	=LOG((A14/A15)*100)	=dm/(1+(A14*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A14*dm))^2	10	=E14/(1+(A14*dm))
15	0.075266	=LOG((A15/A16)*100)	=dm/(1+(A15*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A15*dm))^2	10	=E15/(1+(A15*dm))
16	0.074729	=LOG((A16/A17)*100)	=dm/(1+(A16*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A16*dm))^2	10	=E16/(1+(A16*dm))
17	0.080543	=LOG((A17/A18)*100)	=dm/(1+(A17*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A17*dm))^2	10	=E17/(1+(A17*dm))
18	0.079693	=LOG((A18/A19)*100)	=dm/(1+(A18*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A18*dm))^2	10	=E18/(1+(A18*dm))
19	0.081482	=LOG((A19/A20)*100)	=dm/(1+(A19*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A19*dm))^2	10	=E19/(1+(A19*dm))
20	0.082242	=LOG((A20/A21)*100)	=dm/(1+(A20*dm))	=(2*(dm)^2)/(1+(A20*dm))^2	10	=E20/(1+(A20*dm))

donde:

LOG: logaritmo

dm= duración de Macaulay (Días de madurez)

Gráfica 2.4 Duración y Convexidad monetarias de los Cetes a 28 días (1996-2001)



En la gráfica 2.4 se presenta la duración y la convexidad monetarias para la tasa de Cetes a 28 días. Esto es sumamente útil en la administración de riesgos y en la reestructuración de activos y pasivos sobre la tasa de descuento en las fechas preestablecidas mostrando la sensibilidad del valor presente de los flujos ante cambios en la tasa de interés, como se analizó previamente; esto permite observar la diferencia entre utilizar solo la duración y la duración **con** la convexidad, indicando que esta conjunción es más significativa. Las líneas presentan desplazamientos paralelos en la tasa de interés que muestran cambios moderados a partir de 1999 sobre la tasa de descuento, con lo cual se fortalece el sustento de que a partir de esta fecha los flujos se han mantenido más constantes y la volatilidad no ha mostrado comportamientos drásticos o severos.

En segundo lugar, bajo los datos obtenidos en la tabla (consúltese el Anexo I.2) para los Cetes a 28 días en resultado semanal (el cual es el resultado del cálculo realizado por el Banco de México y establecido en la formulación (2.21) de este capítulo), se procede a realizar el ejercicio de desagregación en este caso, debido a que los datos disponibles están dados en una forma semanal, para lo cual es necesario desagregar y convertirlos en una cifra de estimados *diarios*, los

resultados muestra del ejercicio se presentan en el cuadro 2.3 mediante la raíz del resultado de 1/5 debido a los cinco días hábiles en que se realizan las cotizaciones a la semana. El resultado de la celda **D10** es producto de la multiplicación del monto porcentual **C10** por la raíz cuadrada de **0.20** (verificar lo anterior en la barra de fórmulas ilustrada en este cuadro).

**Cuadro 2.3 Desagregación de los datos para el desarrollo del modelo**

D10 = =C10*RAIZ(1/5)				
A	B	C	D	E
<b>ANEXO A1.2</b>				
<b>CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO SOBRE</b>				
<b>INDICADORES DE LA TASA DE INTERÉS LÍDER EN MÉXICO</b>				
<b>CONCEPTO: CETES A PLAZO DE 28 DÍAS</b>				
<b>PERIODO: 05/Ene/1995 al 15/mar/2001</b>				
Fuente: Bolsa Mexicana de Valores (BMV) y cálculos propios				
		1	2	5
		Tasa a		Desagregación
	FECHA:	28 días	%	diaria
10	15/Mar/2001	15.9200	0.1592	0.07120
11	08/Mar/2001	15.8900	0.1589	0.07106
12	01/Mar/2001	15.8900	0.1589	0.07017
13	22/Feb/2001	16.8300	0.1683	0.07527
14	15/Feb/2001	16.7100	0.1671	0.07473
15	08/Feb/2001	18.0100	0.1801	0.09054
16	01/Feb/2001	17.8200	0.1782	0.07989
17	25/Ene/2001	18.2700	0.1827	0.08148

La siguiente etapa consiste en insertar el cálculo de la volatilidad que será multiplicado en conjunto con el nivel de significancia. La volatilidad es un punto importante a desarrollar en el capítulo III de este trabajo, debido a que se requiere una metodología para hacer el trazo de su cálculo. La metodología GARCH permite obtener los resultados que se muestran en el cuadro 2.4 en la columna denominada *volatilidad*. Por razones de simplicidad, y dado que el estimado de la volatilidad se realizará mediante el procedimiento GARCH para el VaR (o sea, la volatilidad se estima mediante un modelo **VARCH**) a analizarse en el capítulo III, se asume que son conocidas y aceptadas las posiciones de volatilidad sobre las cuales solamente faltaría una cantidad puesto que ya se tiene el nivel de significancia sobre el cual se realizará el modelo VaR. De esta manera solamente hace falta el nivel inicial requerido para poder realizar las operaciones correspondientes.

**Cuadro 2.4 Cálculo de la cantidad inicial invertida**

	A	B	C	D	E	F	G	H
9						Nivel de significancia al 90%	monto a invertir (millones de pesos)	Cantidad de cupones comprados
10						1.2800	\$1,500,000.00	150,000
11								
12		1	2	3	4	5	6	7
13						$\sqrt{\Delta t}$	$\sigma$	$\frac{1}{6}$
14	FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo
15	15/Mar/2001	15.9200	0.1592	9.9449	150.831	0.07120	0.0476	\$1,500,000.00
16	08/Mar/2001	15.8900	0.1589	9.9450	150.829	0.07106	0.0682	\$1,500,000.00
17	01/Mar/2001	15.8900	0.1569	9.9457	150.819	0.07017	0.0470	\$1,500,000.00
18	22/Feb/2001	16.8300	0.1683	9.9418	150.878	0.07527	0.0706	\$1,500,000.00
19	15/Feb/2001	16.7100	0.1671	9.9422	150.872	0.07473	0.0473	\$1,500,000.00

En el cuadro 2.4. se muestran siete columnas en donde se puede comprobar cómo puede ser cuantificado el VaR. La primera columna muestra los datos histórico de la tasa nominal de los Cetes a 28 días y la segunda columna muestra su tasa porcentual. El valor por Cete en la tercera columna es el resultado del factor de descuento mostrado en el cuadro 2.1, y la cuarta columna muestra un comparativo del monto de Cetes que se hubiese podido comprar con tal inversión, *solo a manera de información*. La quinta columna muestra la desagregación diaria ya comentada e ilustrada en el cuadro 2.3, y la sexta columna muestra la desviación estándar (volatilidad), que en el cuadro muestra, sobre la fila 15 por ejemplo, que se encuentra estimada al 4.76% diario, asumiendo que los rendimientos estandarizados se comportan normalmente. Finalmente, en la columna siete se muestra el valor de la inversión final a obtenerse mediante la inversión por subasta de Cetes<sub>28</sub> a comparar, que es el nivel inicial requerido y es constante debido a que es la cantidad a devengar por parte de Banxico al final del periodo, con un precio por Cete<sub>28</sub> de \$9.9449 el día 15 de marzo de 2001, como se muestra en la celda **D15** del cuadro 2.4. Para interesarse en el papel comercial, el inversionista aceptará una tasa de interés mayor que el Cete<sub>28</sub>, y obtener mayores beneficios al final del periodo.

**Cuadro 2.5 Cálculo del VaR**

	A	F	G	H	I	J
9		Nivel de significancia al 90%	monto a invertir (millones de pesos)	Cantidad de cupones comprados		
10		1.2800	\$1,500,000.00	150,000		
12		5	6	7	8	9
13		$\sqrt{\Delta t}$	$\sigma$	$V_0$	VaR	%
14	FECHA:	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
15	15/Mar/2001	0.07120	0.0476	\$1,500,000.00	\$6,511.70	0.43%
16	08/Mar/2001	0.07106	0.0682	\$1,500,000.00	\$9,301.56	0.62%
17	01/Mar/2001	0.07017	0.0470	\$1,500,000.00	\$6,333.48	0.42%
18	22/Feb/2001	0.07527	0.0708	\$1,500,000.00	\$10,200.42	0.68%
19	15/Feb/2001	0.07473	0.0473	\$1,500,000.00	\$6,791.04	0.45%
20	08/Feb/2001	0.08054	0.0494	\$1,500,000.00	\$7,635.98	0.51%

Finalmente las condiciones establecidas permiten realizar el cálculo del VaR mediante la formulación realizada en la expresión (2.8). De tal manera, su cuantificación queda expresada en la hoja de cálculo de Excel como se muestra en el cuadro 2.5. Para la fila 15, v.g., el VaR que se obtiene es de  $[1,500,000 \times 0.07120 \times 1.28 \times 0.0476] = \$6,511.70$  millones de pesos. La interpretación indica que con un 90% de confiabilidad se espera que el monto de pérdida máxima del día 15 de marzo de 2001 es de \$6,511.70 millones de pesos, o bien, solo se perdería el **0.43%** de la inversión total (utilizando la columna nueve del cuadro 2.5). De la misma forma, no se espera que el Cete a 28 días caiga más de 1.28 el 90% de las ocasiones durante un día. El cuadro 2.6 muestra el procedimiento para realizar los cálculos en una hoja de cálculo.

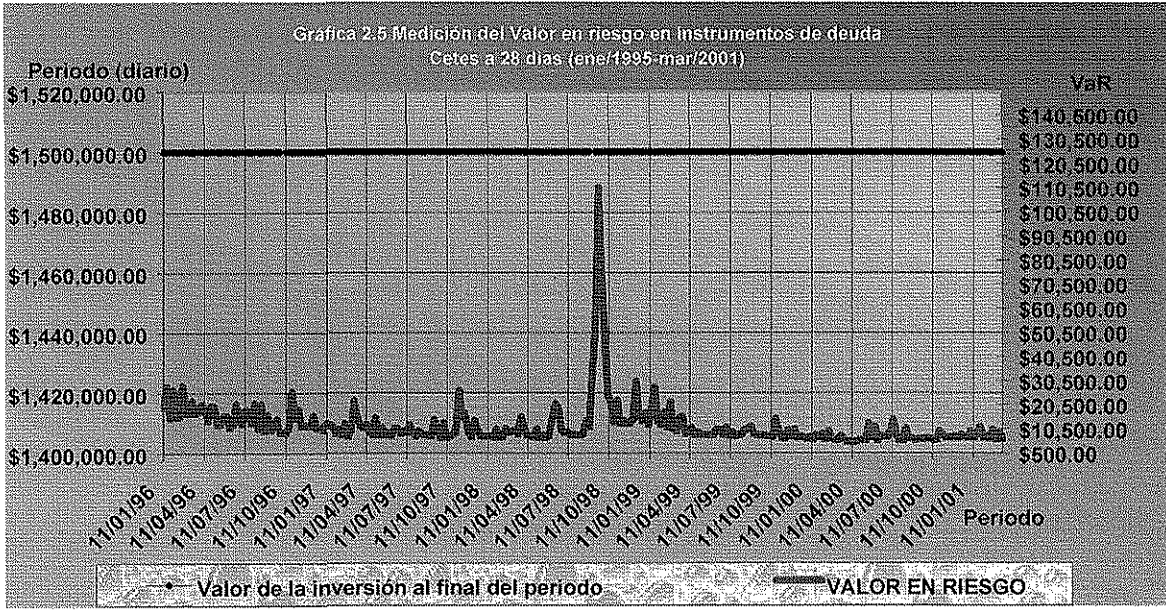
**Cuadro 2.6 El cálculo del VaR en una hoja de cálculo**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
9					Nivel de significancia al 90%	monto a invertir (millones de pesos)	Cantidad de cupones comprados		
10					1.28	1500000	=1500000/10		
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13					$\sqrt{\Delta t}$			VaR	%
14	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
15	15.92	=A15/100	9.944828	=C15	=B15*RAIZ(1/5)	0.04763601	=D15*C15	=G15*ns*F15*E15	=(H15/G15)
16	15.89	=A16/100	9.945033	=C16	=B16*RAIZ(1/5)	0.06817347	=D16*C16	=G16*ns*F16*E16	=(H16/G16)
17	15.89	=A17/100	9.945721	=C17	=B17*RAIZ(1/5)	0.04701138	=D17*C17	=G17*ns*F17*E17	=(H17/G17)
18	16.83	=A18/100	9.941800	=C18	=B18*RAIZ(1/5)	0.07058585	=D18*C18	=G18*ns*F18*E18	=(H18/G18)
19	16.71	=A19/100	9.942213	=C19	=B19*RAIZ(1/5)	0.04733079	=D19*C19	=G19*ns*F19*E19	=(H19/G19)
20	16.01	=A20/100	9.937745	=C20	=B20*RAIZ(1/5)	0.04937014	=D20*C20	=G20*ns*F20*E20	=(H20/G20)



TEMAS CON FALLA DE ORIGEN

Finalmente se puede obtener una gráfica que expone el modelo de Valor en Riesgo para las operaciones realizadas anteriormente.



La gráfica 2.5 muestra la estimación del VaR comparada con su valor inicial, en donde la inversión final es el monto a obtener por invertir en Cetes a 28 días, i.e., \$1,500,000.00 pesos constantes a través del tiempo, mostrando el valor del lado izquierdo del gráfico; la tendencia del VaR muestra la actividad de la volatilidad tomando en una escala diferente los valores del lado derecho de la gráfica. De esta manera se puede apreciar el impacto que tiene el modelo para tomar decisiones permitiendo observar de una forma sencilla que el riesgo se mantiene muy por debajo de la cantidad invertida inicial, lo cual es muestra de que se tiene una mejor toma de decisiones por parte del administrador de riesgos al analizar que el riesgo es mínimo y que el comportamiento en las tasas de interés del mercado privado no se verían afectados seriamente debido al buen comportamiento de la tasa líder, motivo por el cual no habría riesgos al invertir en el papel comercial. Es evidente la presencia de movimientos proporcionales en la cantidad a obtener (valor de la inversión al final del periodo) respecto al Valor en Riesgo del instrumento de renta fija denominado en Cetes, pero la distancia entre ambas es considerable debido a que, como se mencionó anteriormente, los Cetes

tienen un riesgo mínimo. Un ejemplo de esto se puede dar a simple vista en el gráfico, en donde a finales de 1999 se puede observar que el riesgo comienza a mostrar un impacto mínimo en comparación con el año 1998, en donde existe mayor riesgo (debido a la caída de los mercados de Asia y Rusia) llegando a su máximo nivel del periodo estudiado y las tasas de interés se dispararon enormemente. El VaR aumentó en este caso con una pérdida potencial máxima de \$110,362.89 pesos el 17 de septiembre de 1998, lo cual indica que se perdería un 7.36% de la inversión realizada con un noventa por ciento de confianza. En el presente año (2001), el impacto que han tenido las regulaciones financieras acompañadas de una estabilidad en la política económica y financiera que actualmente tiene México genera condiciones de confianza y certidumbre en el inversionista nacional y extranjero.

## **6. Conclusiones**

Los mercados financieros han evolucionado notoriamente, aunado a ello, la administración de riesgos proporciona una protección esencial contra el riesgo crediticio y de mercado. El Valor en Riesgo ha ofrecido una posible solución a los sistemas porque permite a las empresas e instituciones financieras cuantificar y realizar un mayor control sobre sus riesgos financieros. Este modelo tiene la capacidad de ser una ventaja competitiva, ya que se pueden modificar las estrategias con el objetivo de desarrollar sectores en donde se agreguen valores que se sujeten al riesgo. Un buen sistema financiero debe tener la capacidad de contar con una administración globalizada e integral de riesgos que monitoree y reporte efectivamente y de manera cotidiana los niveles de riesgo a que se ven inmersos. A su vez, un administrador de riesgos debe evitar caer en errores para afrontar circunstancias especiales y tomar el camino más fácil; debe estar debidamente familiarizado con los mercados financieros, el procedimiento operativo y realizar modelos estadísticos y financieros. Una mayor vigilancia ayudará en la operación efectiva en las instituciones financieras para enfrentar el riesgo.

---

En este capítulo se ha hecho un énfasis en un modelo que genera plena confianza en la búsqueda de mejores herramientas que fortalezcan la administración de riesgos a nivel nacional. El VaR muestra que es un instrumento estadístico muy importante para que la toma de decisiones se realice con mayores oportunidades en las instituciones financieras con el fin de obtener pronósticos adecuados de manera rápida y con una fácil interpretación. El ejercicio planteado en este trabajo ha permitido realizar un análisis confiable que permite al inversionista invertir con expectativas de riesgos mínimas en tasas de interés en función del comportamiento de la tasa líder, i.e, los Cetes<sub>28</sub>, y se comprueba con el modelo VaR que existen criterios favorables de inversión en otros instrumentos financieros, lo cual incentiva el nivel de inversión en México en un horizonte de corto y mediano plazo.

La **ingeniería financiera** es un campo que permite redimensionar los problemas actuales y realizar modelos que mejoren día con día las herramientas, en este caso, para mejorar la administración de riesgos, por lo cual debería considerarse como una ciencia que elabora instrumentos financieros con el fin de tener una mayor distribución sobre el riesgo y cuantificarlo con mayor precisión. Prueba de ello es el modelo de Valor en Riesgo, aunque es preciso señalar que no es el único modelo que permite obtener una valoración confiable y no es la panacea ni la solución óptima para todos los problemas que se presentan en un mundo financiero debido a que el riesgo siempre estará implícito dados los cambios de una economía globalizada sobre la cual México ha gozado y sufrido durante los últimos años.

El propósito del VAR no es describir los resultados posibles de lo peores ingresos, sino proveer una estimación sobre un rango de las pérdidas y ganancias posibles. Muchos desastres de derivados han ocurrido porque los administradores de riesgos no averiguaron las magnitudes de primer orden sobre una mejor toma de decisiones.

Sin embargo, el VaR tiene mayores características que lo fortalecen como una medida que trata de optimizar la toma de decisiones en la administración de riesgos y que, de esta manera, vaya más allá de las críticas a las que ha sido sujeto, como sucede con la mayoría de los modelos económicos y financieros que tienen por objetivo servir como una herramienta en la práctica cotidiana y que sean utilizados realmente por las instituciones financieras. La creación de escenarios extremos es una de las ventajas que tiene para que el modelo se someta a pruebas difíciles y sus resultados generen condiciones de credibilidad, certidumbre y confianza para el administrador financiero.

Si bien es cierto que se da una polémica que trata de encerrar el enfoque del VaR comentando que éste es inútil porque las volatilidades y las correlaciones cambian a través del tiempo, es muy discutible. Incluso cuando los cambios ocurren, el grado de precisión en volatilidades diarias es muchas más alto que en cifras esperadas. Los corredores de bolsa o *traders* cotidianamente toman posiciones basadas en vistas que son menos confiables que las medidas de riesgo. Es difícil saber si los *traders* tienen o no razón o si se han equivocado por considerarse con la experiencia o, bien, se basan en sus "corazonadas" y, a razón de esto, toman grandes riesgos. Pero es aquí verdaderamente en donde la administración del riesgo debe entrar para regular en base al monitoreo y pruebas diarias, de ser posible, ya que la historia reciente ha marcado que por no tener las medidas necesarias se han llegado a desastres financieros de grandes niveles que arrastran todo lo que esté a su alrededor. La misma experiencia ha enseñado exitosamente a modelar volatilidades que cambian a través del tiempo (el modelo *VARCH* es prueba de ello). Incluso mejor: se pueden utilizar las medidas de riesgo implícitas para datos sobre opciones, lo cual muestra los mejores pronósticos que se pudiesen esperar. Fuera de todas las polémicas que se suscitan, la meta debería estribar en tratar de mejorar los pronósticos sobre el riesgo, en vez de desechar el VaR y encasillarlo como una "ciencia de mercado."<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Lo anterior, basado en las declaraciones de P. Jorion en su artículo "*In Defense of VaR*", publicado en *Derivatives Strategy* 2, abril de 1997, pp. 20-23.

Existen, claro está, problemas que pudiera presentar el modelo VaR en cuanto a la estabilidad y eventos que se pudiesen suscitar. Uno de los principales problemas que se observan en el VaR es relativo a su modelación basado en datos históricos que afirman que el pasado reciente proporciona una buena proyección sobre los eventos aleatorios futuros. Aunque los datos se ajustaran de forma perfecta, no se garantiza que los pronósticos del modelo coincidan con la realidad que se presente, ya que se podría dar el caso contrario en donde puede haber serios problemas por una toma de decisiones basadas en los pronósticos erróneos suscitados de cambios estructurales o eventos que solo ocurren una vez. Este tipo de riesgo puede ser sometido, como una solución, a fuertes pruebas de estrés y/o someterse a una prueba mediante la modelación VARCH a estudiarse en el siguiente capítulo.

En el VaR también se puede hablar de una gama de riesgos.<sup>44</sup> Existen riesgos de *forma funcional*, en donde pueden surgir errores de valuación si una función en particular escogida para la valuación de un bono es incorrecta y es más difícil si el instrumento se vuelve más complicado. El *riesgo de parámetro o de estimación* indica imprecisiones en la cuantificación de los parámetros (incluso en un ambiente de plena estabilidad), en donde no es posible identificar cuales son los verdaderos rendimientos y volatilidades que se esperan y es por causa de la variación muestral por lo cual ocurren estos errores aleatorios; precisamente una de las causa por las cuales en este trabajo no se pudiese trabajar con una serie de datos mayor es debido a que datos como tasas de Cetes a 96 y 128 días mostraron limitaciones debido a la poca información sobre periodos más largos creando huecos en las series. El *riesgo de siembra de datos* es el más latente y sucede frecuentemente en los modelos no lineales, porque por medio de varios modelos se busca aquél que ofrezca mejores resultados, y se analice los datos hasta encontrar alguna relación significativa (por ejemplo, las “anomalías de

---

<sup>44</sup> Jorion, P., op. cit., pp.329-333.

calendario”) sobre el rendimiento de los bonos y las acciones, motivo por el cual es más fácil presentar cifras optimistas, pero equivocadas o fuera del enfoque real. De esta manera, el *riesgo de sobrevivencia* sucede cuando en un proceso de inversión solamente se consideran series, mercados, acciones, bonos o contratos que existen aún y el problema existe cuando no se lleva a cabo un análisis para cuantificar su verdadero desempeño; este análisis que se basa en los datos actuales tiende a proyectar una imagen que puede ser solo un espejo de optimismo o solamente mostrar una de las caras de las muchas que puede tener.<sup>45</sup>

Finalmente, la validación de los modelos VaR se basa en el cuidado que debe tenerse en cualquier prueba que se realice. Dado el elevado crecimiento del mercado de derivados y su revolución en respuesta a la necesidad de cubrir los riesgos financieros y su complemento, o sea, las ganancias especulativas, es necesario contar con un modelo como lo es el VaR, que en realidad sí es confiable. Los recursos tecnológicos son un arma más favorable a este modelo, debido a que la creación de instrumentos derivados y el constante aceleramiento de la computación han permitido a todas luces que este modelo crezca en lugar de desaparecer y, por ende, las necesidades de especializarse en este modelo son inminentes. Las instituciones financieras deben tener en cuenta que en un futuro cada vez más cercano la administración de riesgos será parte de su vida cotidiana y aprender a regular por sí mismas los riesgos a que se encuentran sujetas así como realizar una mayor inversión en pro de auto-beneficiarse y mantener siempre el riesgo al margen de toda probabilidad de pérdidas debido a eventos imprevistos o mal pronosticados porque no cuentan con una administración sólida de riesgos que previniera estas posibles fallas. En definitiva, el futuro para la verdadera Administración de Riesgos en México está cada vez más cercano....

---

<sup>45</sup> Recuérdese la historia del peso mexicano, en donde Jorion (*op. cit.*, pág. 331) comenta que antes de la devaluación de 1982, el peso se vendía a descuento sobre contratos *forward*, que estaba muy por debajo del precio de entrega sobre su precio real. El descuento era un aviso de que el peso se iba a devaluar. Se hubiera concluido, por parte de expertos en la materia, que el mercado era ineficiente, pero se hubiesen equivocado debido a que la falla no era de mercado sino de sus propios cálculos basados en periodos de muestra con datos que no hubiesen captado la presencia de una probabilidad de devaluación.

## CAPÍTULO III

# ANÁLISIS COMPARATIVO Y METODOLÓGICO DE LA VOLATILIDAD EN UN MODELO VARCH

### 1. Antecedentes

Durante los últimos años las investigaciones en el área financiera han sido merecedoras de reconocimientos dado el alto nivel de desarrollo cuantitativo al que ha sido sujeto el tema de las finanzas<sup>46</sup>. Antes del cambio radical en las investigaciones del entorno financiero, se calculaba en base a la manipulación eficiente del valor presente para el dominio del área; hoy en día, los retos a los que se enfrentan los analistas e investigadores financieros se dan en torno al conocimiento, aplicación y dominio de herramientas tan importantes como la Duración, Convexidad, Deltas, Gamas, Teoría de Valores Extremos, Tracking Error, Métodos de Simulación Monte Carlo, Razón de Información, etc., sin olvidar obviamente al modelo estudiado e importante en este trabajo, el Valor en Riesgo.

La importancia de este capítulo reside en analizar y explicar de qué manera los datos históricos pueden utilizarse para producir estimaciones sobre los niveles de volatilidad corrientes así como pronosticar los valores futuros de sus variables. Este capítulo es muy importante dada la relevancia que tienen los resultados a mostrarse sobre el modelo de Valor en Riesgo mostrado en el capítulo anterior, en donde, como se observó, la parte más importante estriba en el coeficiente de volatilidad y sus correlaciones calculando los cambios posibles en los valores de

---

<sup>46</sup> Los premios *Nobel* otorgados a H. Markovitz, M. Miller y W. Sharpe por su **Selección Óptima de Portafolios** en 1990 y el otorgado a R. Merton y M. Sholes por sus **Métodos de Valoración de Derivados** en 1997, son pruebas importantes de ello, ver Andrew [2000], pág.1. Asimismo, el destacado y merecido reconocimiento a George A. Akerlof, A., Michael Spence y Joseph E. Stiglitz, por su **Análisis de Mercados con Información Asimétrica**, ganadores del premios Nobel del 2001. Para mayores detalles, consúltese la página WEB en <http://www.nobelprizes.com/>.

los Cetes (Certificados de la Tesorería) sobre periodos en un lapso de tiempo establecido.

## 2. La volatilidad estimada en la Administración de Riesgos

El mundo académico especializado en las finanzas ha llevado a cabo exhaustivas investigaciones sobre la forma en cómo estimar las volatilidades futuras basadas en los resultados históricos. La *ingeniería financiera* ha hecho aportes de suma importancia para el avance de estas investigaciones abriendo caminos que se adapten mejor a esta búsqueda para obtener resultados más precisos, prácticos y confiables.<sup>47</sup> El resultado muestra que los modelos VaR son, en teoría, capaces de predecir la volatilidad con mayor precisión y ser capaces de mejorar la calidad de otros modelos. Sin embargo, existe el problema sobre el supuesto de que la volatilidad permanece constante. En el ámbito de la realidad, existen activos que muestran volatilidad baja ahora y en futuro se mostrará muy alta, y viceversa. Para que la información sobre el riesgo sea más precisa, los administradores de riesgos necesitan desarrollar y utilizar modelos que permitan asumir el hecho de que la volatilidad por sí misma no es estable.

Pero, ¿cómo es considerada en sí la volatilidad?. Muchos administradores de riesgos (**A.R.**, para abreviar), de hecho, saben que la volatilidad es una medida estadística y que en el ámbito financiero es utilizada para la valoración del precio de un instrumento. *Si la volatilidad aumenta, el VaR también lo hará.*

$$(3.1) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})}{n}} \quad y$$

$$(3.2) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - (\bar{x}^2)}$$

<sup>47</sup> Consúltese: Butler, Cormac, "Mastering Value at Risk: A step-by-step guide to understanding and applying VaR", Financial Times Market Editions, Inglaterra, 1999, pág. 190.



La volatilidad, como se puede apreciar, es en términos estadísticos la **desviación estándar**. Cuando existen periodos, por decirlo así, de turbulencia, se puede esperar que los precios muestren altas hacia arriba o hacia abajo de manera considerable, lo cual tiene implicaciones en las opciones de los precios, particularmente si la volatilidad está basada sobre la volatilidad histórica. Es necesario entender que cuando la desviación estándar se incrementa, también lo hace el precio de opciones, la cual está basada en el activo. Cuando se calcula la desviación estándar, se pueden ajustar restando una unidad a los grados de libertad tomando como medida el número de observaciones o muestras, es decir, en las fórmulas (3.1) y (3.2) dividir por  $n-1$ . Muchos autores deciden omitir este detalle debido a que quieren presentar una medida consistente para el cálculo de la desviación estándar y porque el ajuste de los grados de libertad no son muy necesarios cuando se está trabajando con una gran serie de datos<sup>48</sup>, por lo cual, cuando los *traders* y los administradores de riesgo trabajan con series de datos grandes, los grados tienen un mínimo impacto.

Cabe destacar que varios métodos son una extensión de las series de tiempo, en donde la característica principal consiste en *desestacionarizar* los datos debido a que estos desplazan características que tienden a mostrar resultados poco congruentes con la realidad<sup>49</sup>, entonces por medio del enfoque de promedios móviles se puede reducir las distorsiones que se presentan en estos casos y así ayudar al pronóstico de niveles de volatilidad futuras para el caso de la administración de riesgos. El cuadro 3.1 muestra las debilidades de los modelos de opciones en la cuantificación de la volatilidad.

---

<sup>48</sup> Butler, *ibíd.*, pág. 193.

<sup>49</sup> Consúltese Gujarati, Damodar N., "**Econometría**" 3ª edición, México, Mc Graw Hill, 1997, pp. 691-713. Un análisis más detallado acerca de las series de tiempo y su metodología basada en *raíces unitarias, caminatas aleatorias, series de tiempo estacionaria en diferencia y análisis de cointegración*, puede consultarse en Reyes Z., Francisco J. "**Inflación y déficit público: cuantificación del déficit operacional para el caso de México, 1982-1997**", tesis de Licenciatura, UNAM, México, 2000. cap. 3, pp. 66-80.

**Cuadro 3.1 debilidades de los modelos de opciones en la cuantificación de la volatilidad**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Debilidades del modelo</b></li> </ul>	<p>Modelos tales como el Black-Scholes toman demasiada confianza sobre la curva de distribución normal, la cual desestima las perspectivas de lograr eventos sobre los valores extremos. Esto hace que se incremente la posibilidad de que aparezca el efecto "sonrisa".<sup>50</sup> Así, muchos modelos asumen que la volatilidad permanece constante, pero en realidad, la volatilidad por sí misma es sumamente cambiante.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transparencia de los datos</b></li> </ul>	<p>Muy pocas opciones ofrecen datos transparentes y, generalmente, no hay suficiente información para hacer más real la estimación de la volatilidad.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Márgenes de ganancia</b></li> </ul>	<p>La volatilidad implícita es mucho más alta que la volatilidad actual debido a que los valuadores de opciones agregan un costo al momento de implementar la cobertura, así como también su propio margen de ganancia. Usando tal información sin el ajuste adecuado puede llevar a sobrevalorar el precio de las opciones y minimizar las estrategias de riesgo que entonces podría ser más elevado.</p>

La calidad de los datos obtenidos para la volatilidad implícita es superior a los procedimientos de las muestras históricas, y se pueden utilizar en donde estén disponibles, sin embargo se argumenta que los procedimientos para pronosticar datos históricos basados en el cálculo de modelos GARCH han producido resultados que han superado a la volatilidad implícita<sup>51</sup>, y es un procedimiento complejo para medir la volatilidad y que a su vez puede llevar al *riesgo operacional*.

Como se comienza a apreciar, la existencia de modelos econométricos que ayudan a la proyección de volatilidades de un activo permite hacer un análisis de mayor precisión sobre los modelos de Valor en Riesgo que se realizan para llevar a cabo un mejor y mayor administración de riesgos de mercado.

Los modelos de mayor referencia realizados por los estudiosos de este tema son los desarrollados por Robert F. Engle y Tim Bollerslev, al aplicar las técnicas de los modelos Autoregresivos Heteroscedásticos (ARCH) y realizando una

<sup>50</sup> Nota personal: El efecto sonrisa (*volatility smile*) se denomina al gráfico que relaciona la volatilidad implícita de una opción con diferentes precios del ejercicio.

<sup>51</sup> Butler, *apud* Kroner, C., Kneafsey, K.P., y Claessens, S., "Forecasting Volatility in Commodity Markets", International Journal of Forecasting, UK, 1195, pág. 199.

generalización de los modelos Autoregresivos de Heteroscedasticidad Condicionada (GARCH) de éstos en las aplicaciones financieras.<sup>52</sup> De esta manera EL ARCH y GARCH son modelos econométricos utilizados frecuentemente para predecir volatilidades implícitas con base en su comportamiento reciente. Tradicionalmente estos modelos predicen la volatilidad en el futuro con base en volatilidad actual y un conjunto de parámetros fijos. Esos parámetros se determinan desde los modelos históricos de volatilidad. Los modelos más sofisticados toman en cuenta el nivel actual de la volatilidades en mercados y otros factores. Algunos autores se mantienen escépticos en cuanto a la efectividad de estas técnicas econométricas argumentando que dentro de sus limitaciones estos modelos son simplemente técnicas de extrapolación y, por ende, no pueden prever los verdaderos acontecimientos mundiales que ocasionan que los mercados sean estables o volátiles, pero en este trabajo se tratará de demostrar la efectividad de este tipo de técnicas frente a otros modelos de aplicación como el EWMA y el Monte Carlo a describirse a continuación.

### 3. Análisis comparativo con otros modelos

La volatilidad y su cálculo son premisa indispensable para llevar a cabo la medición del VaR, la cual es representada por la desviación estándar de los rendimientos de un activo o de un portafolios. La volatilidad es un indicador sobre la incertidumbre y es muy importante para cuantificar los riesgos porque representa una medida de dispersión con respecto al promedio de éstos en un periodo de tiempo dado. Estadísticamente, la mayoría de los rendimientos se encuentran alrededor de un punto, el cual es por lo general el promedio de los rendimientos, y poco a poco se van dispersando hacia las curvas de distribución normal, indicando así la medida de la volatilidad, como se observó en el capítulo anterior.

---

<sup>52</sup> Los artículos pueden ser consultados en Bollerslev, T., "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", en *Journal of Econometrics* 31 (1986), y Engle, Robert. F., "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica* 50 (1982).

La estimación y medición de la volatilidad es de suma importancia para el sector financiero ya que de ello depende la eficacia y veracidad de los resultados óptimos de toda empresa que se dedique a la valuación de activos financieros. Existen varias formas de cuantificar la volatilidad. En este apartado se explicarán tres modelos que son los más utilizados en la práctica común para el VaR: el modelo Monte Carlo, el modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente o EWMA, y el modelo Autoregresivo Heteroscedástico Generalizado (GARCH), este último, utilizado para la descripción de la volatilidad de los datos que se utilizaron para cuantificar el VaR del capítulo dos.

A continuación se realizará un breve análisis comparativo sobre los modelos, haciendo hincapié en que existen otro tipo de modelos con los cuales se cuantifica y se pronostica la volatilidad, pero ya que se trata de realizar un análisis serio de este trabajo, solamente se mencionan los tres modelos más importantes señalados anteriormente.

### **3.1. El modelo Monte Carlo**

Hasta ahora hemos observado las propiedades directas del VaR sobre el mercado de bonos, pero muchos modelos pueden arreglarse mediante instrumentos lineales e instrumentos no lineales, pero pueden existir casos en donde existen pequeños movimientos sobre la línea trazada de los activos antes de llegar a su madurez (por ejemplo, una opción denominada "*en el dinero*"), y podría tener impactos significativos sobre su valor. Esta naturaleza errática sobre las opciones podría hacer un poco más difícil la medición del riesgo. Una de los métodos que ayudan a la solución de este tipo de problemas es mediante la técnica del método de simulación Monte Carlo, el cual genera series de precios sobre la línea trazada de los activos y se observa como se comporta su derivada, en este caso, una opción, es decir, se realiza la creación de escenarios de rendimiento o precios de un activo generando números aleatorios observando cómo se comporta el activo

simulado.<sup>53</sup> J.P. Morgan no dudó en poner a prueba a este modelo y lo adoptó para valorar el VaR en su software internacionalmente reconocido: **Riskmetrics**.<sup>54</sup> Las realizaciones se generan a partir de una función de distribución de probabilidades que represente al proceso estocástico simulado (por ejemplo en los retornos simulados para una acción específica se deben generar bajo una distribución normal con media 4% y desviación estándar 2%). Cuando son simuladas las diversas trayectorias se obtienen los valores del retorno para el horizonte de inversión o análisis establecido previamente; con los valores que se generan (aproximadamente 5,000 a 10,000 realizaciones) se calcula la desviación estándar del retorno del activo para así generar su VaR.

Este procedimiento es muy directo si el portafolio tiene solamente un activo (como es el caso de este trabajo), pero, si la cartera de inversiones se compone de  $n$  activos, entonces se debe realizar una simulación de 10,000 realizaciones para cada uno de los  $n$  activos. Si no existe una correlación entre sí de los activos, el ejercicio consistiría en repetir  $n$  veces (una vez por instrumento), el mismo procedimiento que existe para el portafolio un activo; aunque, si las correlaciones entre los instrumentos no son nulas, la simulación de los retornos debe considerar tal covarianza. Lo anterior complica el procedimiento para la generación de procesos estocásticos, que es un avance necesario cuando se tienen portafolios con instrumentos asimétricos (las opciones, por ejemplo). Si una cartera tiene instrumentos lineales, Monte Carlo mostrará en sus resultados si existen equivalencias con el resultado del análisis de simulación histórica. La ventaja de esta metodología estriba en su flexibilidad para la evaluación de riesgos de portafolio cuyos retornos son asimétricos.<sup>55</sup> Mientras la simulación histórica cuantifica los riesgos por duplicar una trayectoria histórica específica de evolución

---

<sup>53</sup> Este modelo es de utilidad cuando se trata de calcular el VaR de productos derivados, tales como futuros, opciones y swaps. Para más detalles consúltese De Lara Haro, Alfonso, "**Medición y control de riesgos financieros**", edit. Limusa, México, 2001, pág.141-146.

<sup>54</sup> Para una ampliación de los detalles, véase J. P. Morgan/Reuters, "**RiskMetrics Technical Document**", 4ª ed., New York, E.U.: Morgan Bank, 1996.

<sup>55</sup> Véase para mayores referencias: Andrew J., Christian, "**Métodos de evaluación del riesgo para portafolios de inversión**", serie documentos de trabajo no. 67, Banco Central de Chile, Chile, 2000. Página WEB en <http://bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>, pp. 21-23.

de mercado, los enfoques de simulación estocásticos intentan generar otras muchas trayectorias sobre las cifras de mercado. Estos retornos son generados utilizando procesos estocásticos definidos (por ejemplo, asumiendo que la tasa de interés sigue un camino aleatorio o *random walk*) y los parámetros estadísticos que siguen a este proceso (como la media y la varianza de la variable aleatoria, por citar un ejemplo). La metodología del modelo Monte Carlo consiste en el seguimiento de tres pasos<sup>56</sup>:

**Paso 1: Generación de escenarios.** Utilizando las volatilidad y correlaciones estimadas para el activo subyacente en el portafolio, se producirán un gran número de escenarios sobre precios futuros en conformidad con los modelos de logaritmo normal (*lognormal*). Se renombra primero al modelo *lognormal* el cual es asumido para todos los instrumentos subyacentes. Considérese un pronóstico sobre un horizonte de tiempo para  $t$  días. Si el precio del instrumento para hoy es  $P_0$ , y el estimado para la volatilidad de un día de este instrumento es  $\sigma$ , entonces en el modelo el precio del instrumento para  $t$  días está dado por:

$$(3.3) \quad P_t = P_0 e^{\sigma \sqrt{t} Z}$$

En este caso,  $Z$  está dada por una variable aleatoria normal estándar. De esta forma, el procedimiento que consiste en generar escenarios es con el fin de crear las variantes normales estándar y utilizar la ecuación (3.3) para producir precios futuros. El procedimiento para el caso multivariado es similar, agregada la complicación de que las  $Z$  corresponden para cada instrumento que serán correlacionadas de acuerdo a las correlaciones ya estimadas. En el terreno de la realidad, esto se da directamente para generar las variantes normales e independientes; la generación de variantes arbitrariamente correlacionadas se involucra más, sin embargo. Suponiendo que se desean generar  $n$  variantes normales con varianza unitaria y con correlación dada por una matriz de  $n \times n$   $\Lambda$ . La idea general es generar  $n$  variantes independientes y que éstas combinen de tal manera que logren las correlaciones deseadas. Para precisar, el procedimiento es el siguiente:

<sup>56</sup> J. P. Morgan, *op. cit.*, pp.151-159.

- Se descompone  $\Lambda$  utilizando la factorización de Cholesky<sup>57</sup>, dando una matriz triangular inferior tal que  $\Lambda=AA'$ .
- Se genera un vector  $K$  de  $n \times 1$  de variante normal estándar independiente.
- Sea  $K=AZ$ . Cada elemento de  $K$  tendrá varianza unitaria y será correlacionada de acuerdo a  $\Lambda$ .

Para generar un escenario con variables aleatorias, suponga que se modelan los precios de dos activos en  $t$  días dentro de un futuro. Llámese  $P_0^{(1)}$  y  $P_0^{(2)}$  a los precios de los activos de hoy, y que  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  son las volatilidades diarias de los activos. Para generar un escenario de precios futuros, se generan variantes normales estándar correlacionadas  $K_1$  y  $K_2$  (véase el pie de página) y se tendrá:

$$(3.8) \quad P_t^{(1)} = P_0^{(1)} e^{\sigma_1 \sqrt{t} K_1} \quad y,$$

$$(3.9) \quad P_t^{(2)} = P_0^{(2)} e^{\sigma_2 \sqrt{t} K_2}$$

Para repetir una colección de escenarios, simplemente se vuelve a realizar este procedimiento el número requerido de veces.

<sup>57</sup> Utilizando la descomposición de *Cholesky*, considérese el caso en donde se desea generar dos variantes con matriz correlacionada:

$$(3.4) \quad \Lambda = \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix}$$

La factorización de *Cholesky* para  $\Lambda$  está dada por:

$$(3.5) \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{1-\rho^2} \end{bmatrix}$$

(es fácil comprobar que  $AA'=\Lambda$ ). Ahora  $Z$  es un vector de  $2 \times 1$  que contiene variables aleatorias normales estándar  $Z_1$  y  $Z_2$ . Si  $K=AZ$ , entonces los elementos de  $K$  están dados por (3.6a)  $K_1=Z_1$ , y (3.6b)  $K_2=\rho Z_1 + \sqrt{1-\rho^2} Z_2$ . La variable  $K_1$  tiene varianza constante, y ya que  $Z_1$  y  $Z_2$  son independientes, la varianza de  $K_2$  está dada por:

$$(3.7) \quad \rho^2 Var(Z_1) + (\sqrt{1-\rho^2})^2 Var(Z_2) = 1$$

Una vez más usando el hecho de que  $Z_1$  y  $Z_2$  son independientes, se puede observar que el valor esperado de  $K_1 K_2$  es solo  $\rho$ , y de esta manera la correlación es la deseada.

**Paso 2: Valuación de portafolios.** Para cada escenario, se computa el valor del portafolio. En el paso 1 se mostró como se crean los escenarios de los precios futuros para instrumentos subyacentes en un portafolio; en este caso, se evalúa para cada uno de estos escenarios mediante tres formas: valuación completa, aproximación lineal y aproximación de más alto orden.

- a) *Valuación completa.* Esta es la forma más directa y la alternativa más exacta, pero también la más intensa en el cómputo; se asume algún tipo de valor sobre la formulación de la opción la cual podrá ser valuada para cada escenario que se desee generar (por ejemplo supóngase una opción de precio Black-Scholes).
- b) *Aproximación lineal.* Si se supone una forma intensiva en el cómputo como lo es la fórmula Black-Scholes, particularmente para un gran número de escenarios, es con frecuencia deseable utilizar una aproximación para esta fórmula. La aproximación más simple para estimar el valor de la opción es mediante el modelo lineal que es conocido comúnmente como la "**aproximación delta**". En este caso, para un valor dado  $V_0$  y una tasa (supóngase de interés)  $B_0$ , se aproxima el valor futuro  $V_1$  de la opción en el futuro de la tasa de interés  $B_1$  para:

$$(3.10) \quad V_1 = V_0 + \delta (B_1 - B_0)$$

En donde  $\delta$  se da como

$$(3.11) \quad \delta = \frac{\partial}{\partial B} V(\theta) |_{B_0}$$

la cual es la primera derivada del precio de la opción con respecto de la tasa de interés y en donde  $\theta$  está dada por los valores que podrían conformar un activo una opción (fecha de expiración, precio del premio, precio spot, etc.).

- c) *Aproximación de más alto orden.* Aún en algunos casos las aproximaciones lineales delta pueden utilizar la metodología de RiskMetrics sin recurrir a las simulaciones y tener así exactitud razonable en escenarios donde las tasas de interés no tienen cambios significativos, pero estos son casos menores y



hasta cierto punto, extremos. Es posible mejorar esta aproximación incluyendo el efecto **gamma**, que cuantifica los efectos de segundo orden sobre los cambios en las tasas (de tipo de cambio, de interés, etc.), y el cual también cuantifica los cambios en el tiempo de madurez de la opción. Las dos fórmulas asociadas con los efectos agregados son

$$(3.12) \quad V_1 = V_0 + \delta(B_1 - B_0) + \frac{1}{2}\Gamma(B_1 - B_0)^2, \text{ y}$$

$$(3.13) \quad V_1 = V_0 + \delta(B_1 - B_0) + \frac{1}{2}\Gamma(B_1 - B_0)^2 - \psi t$$

donde  $t$  es la longitud del horizonte del tiempo y  $\Gamma$  y  $\psi$  se definen como

$$(3.14a) \quad \Gamma = \frac{\partial^2}{\partial B^2} V(\theta) \Big|_{p_0} \quad \text{y}$$

$$(3.14b) \quad \psi = \frac{\partial^2}{\partial \gamma^2} V(\theta) \Big|_{r_0}$$

con  $\Gamma$  y con  $\psi$  considerados como los valores de un activo del portafolio para cada escenario, con  $\gamma \in \theta$ .

**Paso 3. Sumario.** Se reportan los resultados de la simulación, ya sea como la distribución de un portafolio o como la medida de un riesgo particular. Lo anterior indica que en el último paso, después de generar un gran número de escenarios y valorar el portafolio bajo cada uno de ellos, es necesario realizar algunas conclusiones en base a los resultados. De forma clara, una medida con la cual se podría reportar lo anterior es mediante el VaR del portafolio. Lo anterior se hace en orden de simplificar los escenarios de los retornos del portafolio y escoger los resultados correspondientes al nivel de confianza deseado.

### 3.2. El modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA)

En la búsqueda de una mejor predicción en los pronósticos sobre la volatilidad futura, se ha partido de la idea de ajustar el método de series de tiempo para pronosticar la volatilidad futura. La idea que está detrás de la ponderación exponencial es la de distribuir pesos a los datos contenidos en el promedio móvil.

Existen por lo general dos problemas que los A.R. tratan de resolver cuando están estimando la volatilidad:

- Se puede seguir un marco simple en tanto sea permitido: entre más numerosas sean las variables, más exacto será el resultado. Si se tiene un marco más estrecho de datos o variables, entonces el riesgo de error en el muestreo es mayor.
- Puede reconocerse que los datos más recientes tendrán una influencia más importante sobre el futuro de la volatilidad que los datos del pasado. Esto se da a partir de que la volatilidad tiende a ser sucesiva por grupos, por lo cual la volatilidad tiende a retornar a niveles de sensibilidad.

Lo anterior es una tarea difícil debido a que el A.R. debe saber acerca de la importancia que tienen los datos más recientes y aprovechar un sistema ponderador que refleje esta importancia evitando que existan problemas o errores en la muestra.

Una aproximado para estimar la volatilidad condicional de retornos de activos de corto horizonte es el modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA, *Exponentially Weighted Moving Average*, por sus siglas en inglés) sobre los retornos al cuadrado del pasado. Este estimador está basado en estimadores

de máxima verosimilitud de la varianza de la distribución normal y se considera apropiado para cuando los retornos son normales condicionalmente.<sup>58</sup>

El estimador del EWMA de la varianza condicional define la varianza del próximo periodo como un promedio ponderado de la varianza y su retorno actuales al cuadrado, es decir:

$$(3.15) \quad \sigma_{t+1}^2 = \varphi \sigma_t^2 + (1 - \varphi) \ell_t^2$$

en donde  $\sigma_t$  es la varianza del retorno en el periodo t, que es condicional sobre la información agrupada del periodo t-1,  $\ell_t$  es el periodo t del retorno y  $\varphi$  es el factor de caída<sup>59</sup>, y que es considerado como el *estimador estándar* en el EWMA. Para obtener una sustitución recursiva, el *estimador estándar* del EWMA puede ser considerado de forma alternativa como:

$$(3.16) \quad \sigma_{t+1}^2 = (1 - \varphi) \ell_t^2 + (1 - \varphi) \varphi \ell_{t-1}^2 + (1 - \varphi) \varphi^2 \ell_{t-2}^2 + \dots + (1 - \varphi) \varphi^{t-k} \ell_k^2 = (1 - \varphi) \sum_{j=0}^{\infty} \varphi^j \ell_{t-j}^2$$

de esta manera, el estimador estándar del EWMA puede ser visto como un promedio ponderado infinito de los retornos del pasado elevados al cuadrado, pero con ponderadores exponenciales en declive. De manera alternativa, considerando el hecho de que  $\ell_{t+1}^2 = \sigma_{t+1}^2 + h_{t+1}$ , en donde  $h_{t+1}$  es un shock aleatorio con media cero y que es ortogonal para la información agrupada en el periodo t, el estimador estándar del EWMA también puede ser interpretado como un modelo de orden autoregresivo infinito para los retornos al cuadrado.

El estimador estándar EWMA es un caso especial del GARCH, de tal manera que una de sus características es que los shocks con la varianza condicional son

<sup>58</sup> Guermat, Cherif, y Harris, Richard D.F., "Robust Conditional Variance Estimation and Value-at-Risk", School Business and Economics, University of Exeter, UK, 2001, pág 2. En internet, consúltese la página WEB en: <http://les1.man.ac.uk/sapcourses/Semstuff/harristxt.pdf>,

<sup>59</sup> Guermat y Harris (*ibíd.*, pág. 3) asumen que el retorno de la media es igual a cero, dado que es un supuesto común cuando se está modelando la volatilidad del retorno de los activos en un periodo corto de tiempo y se justifica por el hecho de que el retorno sobre la media de un activo es por el hecho que la media del retorno de un activo es de menor magnitud que la desviación estándar, aunque, con el propio estimador del error, siguiendo una media diferente de cero, los retornos actuales reducirán la exactitud de los pronósticos del modelo VaR, véase también Hull [2000].

permanentes, de tal forma que los pronósticos sobre la volatilidad no son revertibles para un nivel de largo plazo en tanto el horizonte pronosticado se incrementa<sup>60</sup>. Otra particular característica de este estimador es que es usualmente elegido sobre bases de calibración prioritaria de acuerdo a muchos criterios de evaluación; prueba de lo anterior es que J.P: Morgan, a través de su Risk Metrics, ha utilizado este factor, en donde  $\phi$  tiene un valor de 0.94 para datos diarios.

Finalmente, cabe destacar que la evidencia empírica ha demostrado que la distribución condicional sobre los retornos de los activos financieros en el corto plazo es leptocúrtica<sup>61</sup>, y entonces el estimador EWMA es por lo general ineficiente en el sentido de que dará demasiado peso a los extremos de los retornos.<sup>62</sup>

### 3.3. Un análisis sobre del modelo GARCH

Riskmetrics mantiene que el enfoque promedio móvil aproximado y ponderado exponencialmente se acerca a la precisión y exactitud a la técnica del GARCH. Sin embargo, la aproximación del EWMA es más fácil de operar, agregando solamente un menor ajuste a la igualdad de series de tiempo ponderada como se analizó anteriormente. El modelo GARCH ha crecido en popularidad porque reconoce que la varianza no es constante. Lo anterior indica que la volatilidad

---

<sup>60</sup> Guermat, *ibid.*, pág. 5, *apud.* Engle, R. y Bollerslev, T., "Modelling the Persistence of Conditional Variances", en *Econometrics Review* núm .5, pp. 1-50.

<sup>61</sup> El estimador estándar del EWMA –así como el GARCH que más se aproxime a este- se basa en un estimador de máxima verosimilitud de la varianza de la distribución normal, y de esta manera es apropiado cuando la distribución normal de los retornos es normal; sin embargo, la distribución condicional de los retornos diarios no es normal, y en su lugar, demuestra un exceso de *curtosis*. Cuando los retornos son *leptocúrticos*, el estimador estándar será ineficiente, dándole demasiado peso a las observaciones las cuales, o son muy grandes o son muy pequeñas y con poco peso sobre aquellas que son más moderadas. Existen casos especiales sobre el EWMA en donde se trata de hacer más eficiente a este modelo cuando existen problemas sobre la distribución condicional de los retornos de los activos, que pueden ser seguidos de cerca consultando el artículo de Guermat y Harris.

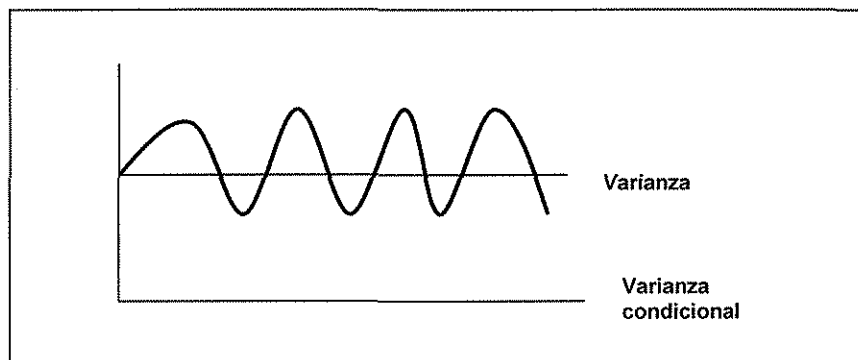
<sup>62</sup> Es importante destacar que hasta esta parte de la investigación se consultó el texto de Butler, *op. cit.*, pp. 204-207. Se sugiere consultar al autor para mayores detalles.

tiende a tener periodos discretos de volatilidad baja seguidas de grupos con muy alta volatilidad. La conclusión puede ser graficada de tal manera que la volatilidad por sí misma depende de la volatilidad del pasado y es, de esta forma, es diferente de la moción del modelo Browniano el cual asume que las fluctuaciones del precio futuro no está influenciado por eventos del pasado.

**Definición.** La *heteroscedasticidad* significa cambios en la varianza. Un proceso es expresado para ser autoregresivo si existe una correlación diferente de cero entre eventos corrientes y eventos pasados.

La investigación dentro de la volatilidad indica que la autoregresión existe. El método GARCH reconoce esto. La figura 3.1 ilustra un problema de volatilidad.

**Figura 3.1 Varianza condicional vs. varianza incondicional**



La línea recta indica volatilidad incondicional. Si la volatilidad es incondicional, entonces es completamente aleatoria y así el modelo será más fácil. Si, por otro lado, la volatilidad es condicional en algún evento, el supuesto de aleatoriedad completa es incorrecto. Lo anterior es porque, como ya se explicó, muchos modelos de opciones de precio son un poco defectuosos. Existen muchas variaciones del modelo GARCH. Engle desarrolló el modelo GARCH original en 1982. Esta es una ecuación simple que pondera sobre los términos de error previos y una constante. La parte difícil es tratar de determinar esas

ponderaciones. El modelo GARCH está diseñado para todos aquellos coeficientes que son positivos, así que la varianza por sí misma es siempre positiva. En términos simples, la heteroscedasticidad de los ingresos pasados (*past return*) es capturada. De esta forma, si hubo movimientos largos en el mercado stock en algunos días, la volatilidad corriente podría ser un poco más alta que la usual.

#### 4. El comienzo: los modelos ARCH y GARCH

Como ya es bien sabido, los analistas que trabajan con proyecciones de series de tiempo en el ámbito financiero han observado que variables tan importantes como los precios de las acciones, la tasas de inflación, las tasas del tipo de cambio, etc., fluctúan a través del tiempo de una forma considerable de un periodo de tiempo a otro. Así, existen errores que para algunos son mínimos, pero que de un momento a otro pueden ser muy grandes y causante de malestares y/o gravedad. La volatilidad implica nuevamente la variabilidad en los mercados financieros y nos da a entender que la varianza de los errores de predicción no es constante, SINO QUE CAMBIA DE UN PERIODO A OTRO, es decir, existe alguna clase de autocorrelación en la varianza en este tipo de errores. Dado que se puede esperar que el comportamiento de los errores de predicción está en función del comportamiento de las perturbaciones  $u_t$  (sobre la regresión), se puede dar una situación de autocorrelación en la varianza de  $u_t$ . Para tener esta correlación, Engle<sup>63</sup> desarrolló el modelo ARCH -*autoregresivo heteroscedástico condicional*, (y que Bollerslev lo **generalizó**<sup>64</sup> convirtiéndolo en el modelo GARCH) y cuya idea central es que la varianza en el tiempo de  $u$  en el tiempo  $t$  ( $=\sigma_t^2$ ), están en función del término de error al cuadrado en el tiempo  $(t-1)$ , o sea, de  $u_{t-1}^2$ .

---

<sup>63</sup> Engle, Robert. F., op.cit. pp. 987-1008.

<sup>64</sup> Bollerslev, T., op.cit.

El modelo GARCH es tan exacto como un modelo ARCH infinito y retiene las ponderaciones exponencialmente disminuidas. Esto es, por así decirlo, lo indicado para medir las volatilidades en mercados financieros en donde los periodos tranquilos de volatilidad son seguidos de periodos de alta actividad. El modelo GARCH, sin embargo, es más sencillo. Los coeficientes pueden ser estructurados para aquellos eventos inusuales tales como un choque en los mercados financieros o una crisis monetaria que puede dejar al sistema pronosticado muy rápidamente si es necesario. De forma similar, los coeficientes en frente de los errores significativos pueden ser diseñados para que la volatilidad pronosticada reaccione rápidamente a los movimientos pasados del mercado.

El modelo GARCH tiene otras vertientes. El modelo *IGARCH* (GARCH Integrado) es una variación del modelo GARCH que sigue la ponderación de la volatilidad pasada y la ponderación de los errores al cuadrado igualados a la unidad. Este es un modelo que el Riskmetrics simula con sus promedios móviles exponencialmente ponderados (EWMA). El EWMA es similar al modelo IGARCH cuando el primer término del modelo IGARCH es igual a cero.<sup>65</sup>

Manejando consideraciones prácticas con volatilidad pronosticada, existen un número de problemas a la práctica que la administración del riesgo necesita tomar dentro de sus consideraciones para el pronóstico de volatilidades futuras. Recientes desarrollos en el mecanismo de tasas de interés influenciará, por instancia, el sentido en que las volatilidades futuras son pronosticadas para tasas de tipo de cambio. Muchas monedas, por ejemplo, deben operar dentro de una banda de 2.25%. Esto, seguramente, significa que la volatilidad está estimada por un modelo GARCH es irreal si es demasiado alto.

---

<sup>65</sup> Existen también otras variantes, tales como el modelo *AGARCH* (*GARCH* Asimétricos), sobre el cual se mide la volatilidad del mercado en función de sus tendencias crecientes y decrecientes (un caso particular es el *GARCH-M*) cuando la distribución de los rendimientos no se comporta como una distribución normal. Otro caso en particular es el modelo *EGARCH*, similar al *AGARCH*, pero expresado en términos logarítmicos y su fin es incorporar en la estimación la asimetría de la volatilidad cuando el mercado está a la alza o a la baja. Para mayores detalles, véase Sánchez C., Carlos, "Valor en riesgo y otras aproximaciones", Valuación, Análisis y Riesgo, S.C., 2001, pp. 216-219.

Los modelos convencionales asumen que la volatilidad está relacionada con la raíz cuadrada del tiempo. Este modelo es correcto tal como se presente que no existe autocorrelación y que no existen otras barreras afectando la volatilidad. En realidad, sin embargo, la presencia de la autocorrelación genera un impacto en la regla donde la volatilidad está relacionada a la raíz cuadrada del tiempo.

Los problemas de autocorrelación son una característica de la información producida por las series de tiempo y la heteroscedasticidad una característica de la información de series de corte transversal<sup>66</sup>, la pregunta que se podría plantear, por ende estribaría en si puede existir heteroscedasticidad en información de series de tiempo y cómo sucedería lo anterior.

### La especificación del modelo

Para desarrollar un modelo ARCH, se tienen que considerar dos especificaciones distintas: una para la media condicional y otra para varianza condicional. El modelo GARCH(1,1) estándar indica que:

$$(3.17) \quad y_t = x_t \gamma + \varepsilon_t$$

$$(3.18) \quad \sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2; \text{ con } \mathbf{H}_0: \alpha = \beta = 0, \text{ y } \mathbf{H}_1: \alpha \neq 0, \beta \neq 0$$

La ecuación (3.17)<sup>67</sup> está escrita como una función de variables exógenas con un término de error. Debido  $\sigma_t^2$  a que es la varianza pronosticada sobre un periodo adelante con base en la información del pasado, es llamada *varianza condicional*. La ecuación especificada en (3.18) es la varianza condicional, que está

<sup>66</sup> Existen tres tipos de datos para el análisis empírico: *las series de tiempo*, la cual es un conjunto de datos sobre los valores que adopta una variable en un momento dado de tiempo (la información se puede tomar de datos diarios, como las acciones, datos mensuales, como el Producto Interno Bruto, etc.) con información cuantitativa y cualitativa; las series de *corte transversal*, la cual se forma de datos de una o más variables tomadas en un mismo momento del tiempo (por ejemplo, las encuestas de INEGI cada 10 años); y la *información combinada*, sobre los cuales los datos reunidos tienen tanto elementos de series de tiempo como de corte transversal. Si el lector está interesado en más ejemplos específicos, consúltese Gujarati [1997], pp.22-27.

<sup>67</sup> Consúltese el Manual de ayuda del software **EViews**, ver. 3.1, contenido en el programa, para mayores referencias.



especificada en tres términos: la media,  $\omega$ ; datos recientes acerca de la volatilidad para el periodo previo, medido como el rezago de los residuales al cuadrado para la ecuación de la media:  $\varepsilon_{T-1}^2$  (el término ARCH); y la varianza pronosticada para el pronóstico del último periodo  $\sigma_{T-1}^2$  (el término GARCH). Para la ecuación (3.18) existen varias elecciones:

- elegir entre una distribución normal y una distribución-t para las distribuciones condicionales de los errores
- la especificación de un modelo GARCH p y q
- cualquier tipo de variables adicionales en el modelo para la varianza condicional
- estimaciones iniciales para los parámetros GARCH
- un factor de amortización para la optimización

La razón de especificar (1,1) en el GARCH significa la presencia de un término GARCH de primer orden (el primer término en el paréntesis) y de un término ARCH de primer orden (el segundo término del paréntesis). Un modelo ARCH ordinario es el caso especial de una especificación GARCH en donde no hay un pronóstico de varianzas rezagadas en la ecuación de la varianza condicional. Esta especificación es tratada con frecuencia en el ámbito financiero y, como ya se comentó arriba, el A.R. tratará de predecir esta varianza de los periodos para formar un promedio ponderado de un promedio a largo plazo (la constante), la varianza pronosticada para el último periodo (el término GARCH), y la información sobre la volatilidad observada en el periodo previo (el término ARCH). Si el retorno del activo fue inesperadamente grande en dirección ascendente o descendente, entonces el A.R. deberá incrementar el estimado de la varianza para el siguiente periodo. Este modelo es también consistente con la volatilidad agrupada vista con frecuencia en los datos sobre retornos financieros, en donde los grandes cambios en los retornos muy probablemente son seguidos por largos cambios más fuertes, como ya se había comentado anteriormente en este capítulo.

Existen dos representaciones alternativas de la ecuación de la varianza que pueden ayudar a la interpretación del modelo:

- Si se sustituye recursivamente la varianza rezagada en el lado derecho de la ecuación (3.16), se puede expresar la varianza condicional como un promedio ponderado de todos los residuales cuadrados rezagados:

$$(3.19) \sigma_t^2 = \frac{\omega}{(1-\beta)} + \alpha \sum_{j=1}^{\infty} \beta^{j-1} \varepsilon_{t-j}^2$$

- El error en los retornos al cuadrado está dado por  $v_t = \varepsilon_t^2 - \sigma_t^2$ . Sustituyendo para las varianzas en la ecuación de la varianza y reordenando términos, se puede describir el modelo en término de los errores:

$$(3.20) \varepsilon_t^2 = \omega + (\alpha + \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + v_t - \beta v_{t-1}$$

De esta manera, los errores al cuadrado siguen un proceso heteroscedástico ARMA (1,1)<sup>68</sup>. La raíz autoregresiva que gobierna la persistencia de los shocks de volatilidad es la suma de  $\alpha$  y  $\beta$ . En muchos escenarios de aplicación, esta raíz se acerca mucho a la unidad para que así los shocks se vayan eliminando lentamente.

Para examinar los regresores en la ecuación de la varianza, la ecuación (3.18) puede extenderse para incluir un regresor predeterminado o exógeno,  $\tilde{\mathbf{n}}$ , en la ecuación de la varianza:

<sup>68</sup> El proceso mixto autoregresivo-promedio móvil de orden (p,q) es denominado un modelo ARMA(p,q) y está dado por:

$$(3.21) y_t = \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

suponiendo que el proceso es estacionario, o sea, que su media no fluctúe a lo largo del tiempo, se tiene:

$$(3.22) \mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \dots - \phi_p}$$

lo anterior indica que debe existir una condición necesaria para que el proceso sea estacionario:

$$(3.23) \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p < 1$$

De esta manera, el proceso ARMA (1,1), está dado por:

$$(3.24) y_t = \phi_1 y_{t-1} + \delta + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1}$$

Para mayores detalles, consúltese Pindyck, Robert S. y Rubinfeld, Daniel L., "Econometría: modelos y pronósticos" 4a ed., México, Mc Graw Hill, 2001, pp. 561-564.

$$(3.18') \sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \pi \tilde{n}_t$$

Las varianzas pronosticadas en este modelo no garantizan que sean positivas. Se desearía introducir regresores de tal manera que fueran siempre positivos para minimizar la posibilidad de que la gran cantidad de valores negativos generen un valor negativo pronosticado.<sup>69</sup>

## 5. El modelo VaR-GARCH (VARCH) aplicado

Después de haber revisado la teoría de los modelos GARCH, en este apartado se encargará de la evidencia empírica, es decir, de la aplicación del modelo sobre el mercado financiero basado en las tasas de interés, en este caso, una aplicación en los Certificados de la Tesorería emitidos por el Gobierno Federal mexicano a un plazo de 28 días.

En este caso es necesario especificar un modelo econométrico que permita estimar de manera correcta la volatilidad de los retornos sobre los Cetes en México y describir el procedimiento mediante el cual se dieron los resultados del modelo VaR analizado en el capítulo anterior utilizando las técnicas del modelo GARCH ya explicadas a fondo en este capítulo. De manera más directa, se pretende estimar la volatilidad a través de un modelo autoregresivo heteroscedástico generalizado de orden (1,1) utilizando información semanal tomando como fuente datos de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) con datos desde el 11 de enero de 1996 hasta el 15 de marzo de 2001. Los ejercicios de aplicación son programados en Excel y en Eviews, en sus versiones 2000 y 3.1 respectivamente. En primer lugar, se hace una referencia teórica sobre la incidencia de los acontecimientos económicos que llevaron a fluctuar el mercado de Cetes en el mercado financiero mexicano y después se analiza la metodología empleada para calcular, mediante el modelo GARCH, la volatilidad del VaR.

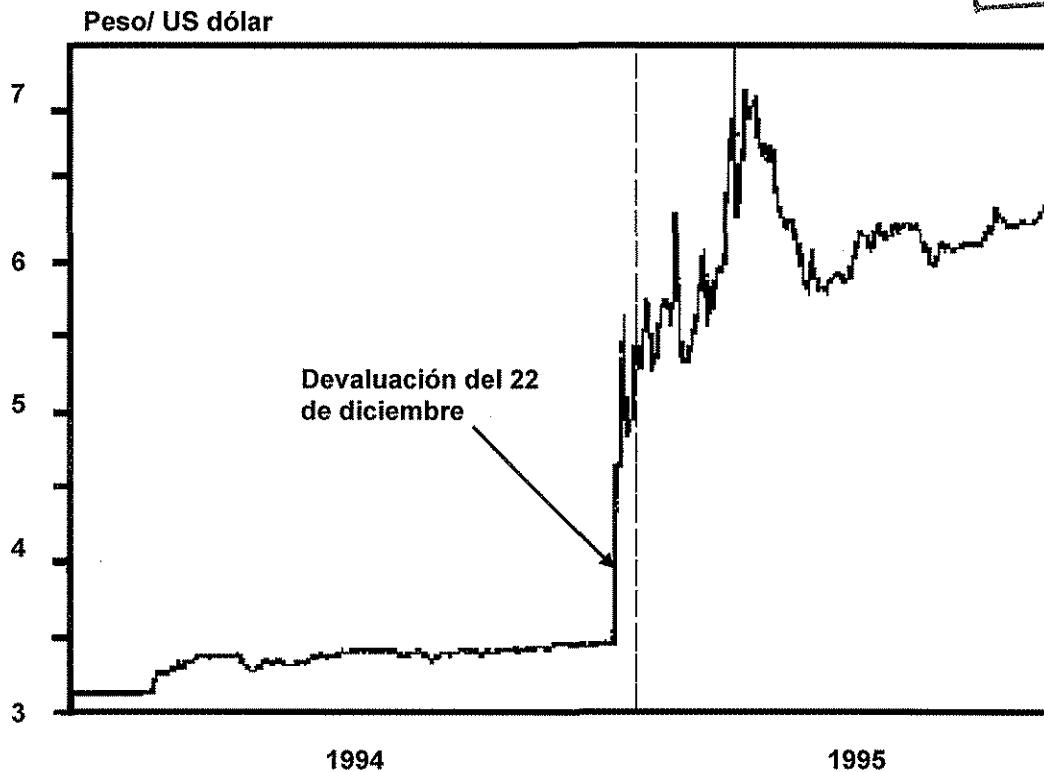
<sup>69</sup> Una muestra palpable de ello, es que se puede agrupar  $\tilde{n}_t = \sqrt{x_t^2}$

### 5.1. Aspectos teóricos sobre la tasa de CETES en el mercado accionario de México

En diciembre de 1994, la actividad en los mercados emergentes sufrió enormemente debido a que México devaluaba su moneda en un 40%, que fue considerado como uno de lo más grandes errores del gobierno y que condujo al mercado accionario financiero a un colapso. Los inversionistas que habían colocado grandes sumas de dinero en los mercados emergentes latinoamericanos y asiáticos se enfrentaron a pérdidas cuantiosas porque se colateralizó la crisis financiera hacia estos mercados. La figura 3.1 indica la posición del tipo de cambio peso/dólar, el cual estaba fijo en \$3.45/U\$ en 1994 y en diciembre del mismo año saltó a \$5.64/U\$ a mediados de diciembre.

Figura 3.1 Tipo de cambio peso/US dólar

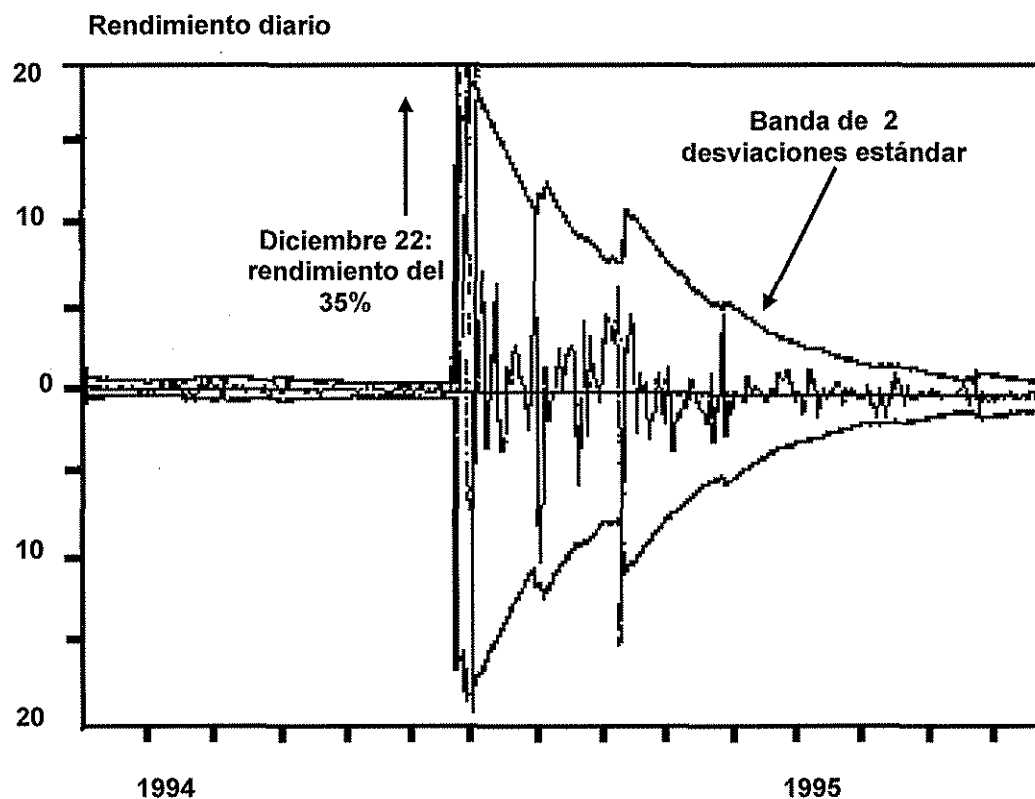
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Fuente. P. Jorion, *op. cit.*, pág. 326

La devaluación en apariencia no fue anticipada, a pesar de que se tenía un déficit creciente en la cuenta corriente de 10% del Producto Interno Bruto (PIB) y con una sobrevaluación de la divisa de acuerdo con la paridad del poder de compra. Jorion<sup>70</sup> considera que si se hubiera contado con un sistema de valuación de riesgos, este no hubiera podido anticipar la magnitud de la devaluación. Jorion muestra, bajo un pronóstico exponencial de la volatilidad (ver figura 3.2), que la devaluación al 35% estaba muy alejada de la banda de confianza al 95%.

**Figura 3.2 Volatilidad peso/ US dólar**

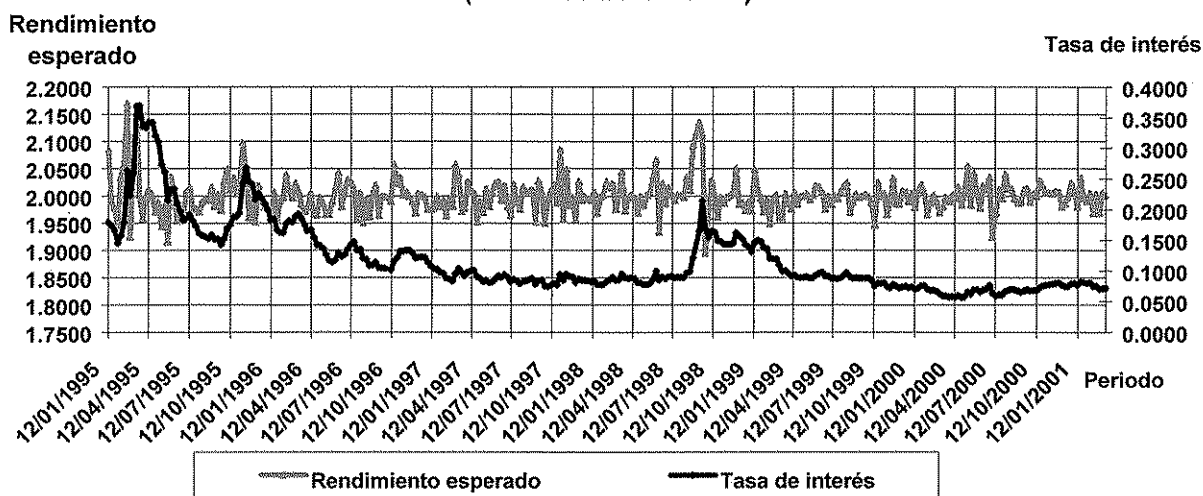


Fuente. P. Jorion, *op. cit.*, pág. 326

<sup>70</sup> Jorion, P., *op. cit.*, pp. 326-328.

El gráfico 3.1 nos permite valorar la diferencia entre La tasa de Cetes y los retornos totales.

**Gráfica 3.1 Tasa y Retorno Total delos CETES a 28 días  
(enero '96 a marzo '01)**



Como se puede apreciar, la tendencia muestra cambios severos durante el año de 1995 en función de efectos que provocó la crisis económica de 1995 y que vuelve a tener un disparo en las economía emergentes durante 1998. Durante 1995 México experimenta una crisis de impactos profundos no solamente en la economía nacional sino también en los mercados financieros mundiales debido a la gran entrada de capitales especulativos (o golondrinos), un excesivo consumo nacional, aunado a otros factores como: falta de ahorro interno, alzas en las tasas internacionales de interés y que conllevaron al riesgo crediticio y al riesgo de contraparte. Lo anterior, provocó una macrodevaluación debido a la fuga masiva de capitales que cuestionaron enormemente la eficacia de la política monetaria y económica, vinculado a los acontecimientos trágicos que enrarecieron el clima político nacional.<sup>71</sup> Las tasas de interés se elevaron considerablemente. Para hacer frente al denominado “Efecto Tequila”, el gobierno decidió adoptar medidas estrictas como la reducción en el gasto público y tratar de implementar normas

<sup>71</sup> Para mayores detalles, consúltese SHCP, “Fobaproa, la verdadera historia”, SHCP, México, 1998.

legales para evitar la evasión de impuestos [Reyes Z., 2000], asimismo como de recurrir al endeudamiento externo y elevar la captación del ahorro interno para enfrentar la insolvencia en la cual se encontraba el país. La crisis bancaria es otro punto sobre el cual se replanteaba la cuestión sobre el mantener o no las operaciones de las instituciones bancarias y resolver los problemas que ello conllevaría como la producción y las finanzas, debido a que éstos no podría cumplir en ese momento sus obligaciones (denominada "*corrida bancaria*"), motivo por el cual el gobierno decidió estructurar las *carteras vencidas* de estos bancos y apoyar al sistema financiero mediante el Fondo Bancario de Protección al Ahorro (FOBAPROA). Este Fondo fue creado en 1990 para proteger, de hecho, la totalidad de las obligaciones de los bancos (aunque cabe recalcar que este fondo se creó para situaciones de contingencia en las cuales pudiera caer un banco, pero en este caso no se previó nunca enfrentar a una crisis de tal magnitud) y verse en la necesidad de proteger los depósitos de los ahorradores. Con las medidas implantadas comenzaron a verse indicios de recuperación y lograr así que el los niveles de confianza volvieran al país, como se ve en la primera mitad de la gráfica 3.1.

En 1998, la situación en México se torna desequilibrada debido a los efectos internacionales como el *Efecto Tango*, el *Efecto Samba*, el *Efecto Vodka* y el *Efecto Dragón*, ocasionadas por las economías de Argentina, Brasil, Rusia y los países asiáticos (Corea, Tailandia, Malasia, Indonesia, Hong Kong, Filipinas, Japón y China), respectivamente. El instinto del efecto "rebaño" o contagio provoca que exista, antes que una crisis financiera<sup>72</sup>, una crisis de incertidumbre

---

<sup>72</sup> Se distinguen varios tipo de crisis financieras: una **crisis cambiaria** se da cuando las autoridades deciden hacer uso de las reservas internacionales o un incremento excesivo sobre las tasas de interés cuando una moneda es devaluada y se producen movimientos especulativos; una **crisis bancaria** se da cuando en situaciones de quiebras o retiros masivos sobre los depósitos provocan que se suspenda la convertibilidad interna sobre sus pasivos y provoquen que las autoridades se vean obligadas a cubrir estos problemas mediante su intervención (como sucedió en México con el FOBAPROA); la **crisis financiera sistémica** sucede cuando se ve involucrada una crisis cambiaria, aunque no necesariamente provoque perturbaciones de orden mayor sobre el sistema internos de pagos; finalmente una **crisis de deuda externa** es aquella situación sobre la cual un país no puede seguir pagando su deuda con el exterior de manera soberana o privada. Para tener una visión más detallada, consúltese FMI, "**Perspectivas de la economía mundial**", FMI, E.U.A., 1998, pp. 83-84.

debido a lo volátil que tienden a ser los mercados y provocar el nerviosismo colectivo, sobretodo en los mercados emergentes como los de América Latina. Después de las fuertes presiones a las que se vio envuelto el mercado ruso provocadas por las economías emergentes y la crisis asiática, vinculado con la devaluación del rublo y la reestructuración de la deuda, este país tuvo fuerte impacto en las demás economías debido a que los inversionistas tuvieron un fuerte pérdida de confianza y optaron por hacer inversiones de mejor calidad y retiraron sus activos con el fin de reponer depósitos de garantía y retirando sus activos de este y otros mercados.<sup>73</sup> En América Latina, las otras economías emergentes, se sobrellevó este fuerte impacto debido a que, en base a sus experiencias, fueron más cuidadosos con su política económica y su actitud financiera se vio reflejada en embates de menor magnitud con respecto a otros mercados manteniendo sus afluencias de capital relativamente estables y con un control mucho mejor de sus mercados financieros.<sup>74</sup> México (como Venezuela y Chile), a pesar de que mostrara pocas señales de vulnerabilidad, sufrió un poco más este embate debido a la reducción de los precios sobre sus exportaciones, y reinó también un clima de incertidumbre, por lo cual fue menester que se siguiera manteniendo una política de crédito restrictiva aunado a una política de austeridad fiscal y seguir realizando cambios estructurales de fondo con el objetivo de evitarse mayores problemas en el déficit de cuenta corriente.

Se puede observar en el gráfico anterior, por último, que las tasas se mueven de forma diferente, lo anterior nos puede indicar que una tasa de corto plazo es mucho más sensible a una de largo plazo, como se puede apreciar en la gráfica 3.1.

---

<sup>73</sup> FMI, *ibíd.*, pág. 3.

<sup>74</sup> FMI, *ibíd.*, pág. 9.



## 5.2. Metodología del modelo GARCH aplicado a los CETES durante 1995-2001

Existen varias maneras para calcular el retorno esperado de cierto activo, en donde es necesario que se tome en cuenta un proyectado sobre el precio del instrumento, bajo un horizonte de inversión deseado. Siguiendo a *Andrew* [2000], la metodología del retorno total es una herramienta de fácil cálculo para la elaboración de un portafolio de inversión ya que los parámetros que se consideran para seleccionar una cartera óptima están dados por los retornos esperados así como los riesgos de diferentes activos; de esta manera, es importante considerar cuál sería el retorno esperado ( $Re_{sp}$ ) bajo un horizonte predefinido de tiempo y sin considerar el término de riesgo, la respuesta surge a partir de

$$(3.25) \quad Re_{sp} = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) * 100$$

en donde  $P_t$  es el precio del bono (dado por  $PB$ ) o Cete en el periodo  $t$ . De esta manera, lo que mayor peso tiene sobre la ponderación del retorno del activo es la variación del precio. De esta manera, insertamos en Excel esta fórmula para obtener el rendimiento sobre los activos del Cete a 28 días que están ordenados en orden ascendente<sup>75</sup>, obsérvese el cuadro 3.2.

Entonces, una vez que se obtiene el rendimiento total para los Cetes<sub>28</sub>, se procede a realizar la estimación del modelo GARCH para obtener el resultado de la volatilidad que concretamente se utilizó para el cálculo del Valor en Riesgo del capítulo anterior.

<sup>75</sup> Véase el *Anexo I*, para consultar los datos completos sobre los Cetes a 28 días.

**Cuadro 3.2 El Retorno Total para el rendimiento de los Cetes**

	A	B	C	D
6	C	0.002148		
7	ARCH(1)	0.537209		
8	GARCH(1)	0.179075		
9				
10	FECHA:	CETE:20		
		días		
11	Mar 15, 2001	15.9200	Retorno	
12	Mar 08, 2001	15.8900	-0.00168	
13	Mar 01, 2001	15.8900	-0.01259	
14	Feb 22, 2001	16.8300	0.07266	
15	Feb 15, 2001	16.7100	-0.00713	
16	Feb 08, 2001	16.0100	0.07780	
17	Feb 01, 2001	17.8200	-0.01055	
18	Ene 25, 2001	18.2200	0.02245	
19	Ene 18, 2001	18.3900	0.00933	
20	Ene 11, 2001	17.0700	-0.07178	
21	Ene 04, 2001	17.8600	0.04628	
22	Dic 28, 2000	17.5900	-0.01512	
23	Dic 21, 2000	16.6500	-0.05344	
24	Dic 14, 2000	16.7000	0.00300	
25	Dic 07, 2000	17.2600	0.03353	
26	Nov 30, 2000	18.0800	0.04751	
27	Nov 23, 2000	17.8900	0.01620	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El resultado del modelo en Eviews se muestra en el cuadro 3.3.

**Cuadro 3.3 Resultados para el modelo GARCH aplicado**

Equation: ARCH(1) GARCH(1)

Dependent Variable: R  
 Method: ML - ARCH  
 Date: 07/19/01 Time: 17:03  
 Sample: 1/07/1996 3/24/2001  
 Included observations: 325  
 Convergence achieved after 64 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
R(-1)	0.086349	0.079439	1.066895	0.2770
R(-2)	0.071858	0.048492	1.481852	0.1364
R(-3)	-0.004859	0.063809	-0.076147	0.9359
R(-4)	0.045485	0.063022	0.657853	0.5910
R(-5)	-0.057157	0.046851	-1.167637	0.2430

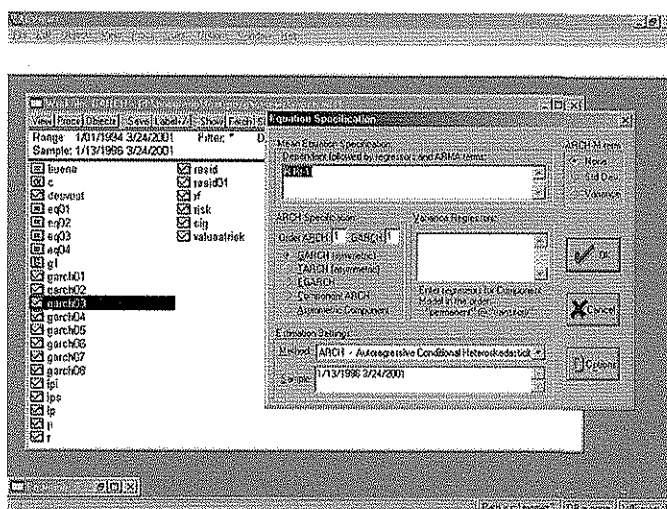
Variance Equation

C	0.002148	0.000417	5.154023	0.0000
ARCH(1)	0.537209	0.051782	10.37235	0.0000
GARCH(1)	0.179075	0.036875	4.85817	0.0045

R-squared: 0.021295    Mean dependent var: 0.000690  
 Adjusted R-squared: -0.000317    S.D. dependent var: 0.081168  
 S.E. of regression: 0.081179    Akaike info criterion: -2.485725  
 Sum squared resid: 2.069024    Schwarz criterion: -2.392585  
 Log likelihood: 411.9304    F-statistic: 0.885325  
 Durbin-Watson stat: 1.902888    Prob(F-statistic): 0.441808

Para este procedimiento, en Eviews se estimó la ecuación de tal manera que se "corriera" contra su variable rezagada, es decir, se estima la ecuación especificando su rezago (r-1), mediante el método ARCH, se especifica la regresión GARCH (1,1), como lo muestra el cuadro 3.4.

**Cuadro 3.4 Especificación del Modelo GARCH(1,1) en Eviews**



El resultado sobre el cuadro 3.3 nos muestra en base a nuestro modelo que:

$$(3.26) \sigma_t^2 = 0.002148 + 0.179075\varepsilon_{t-1}^2 + 0.537209\beta_{t-1}^2$$

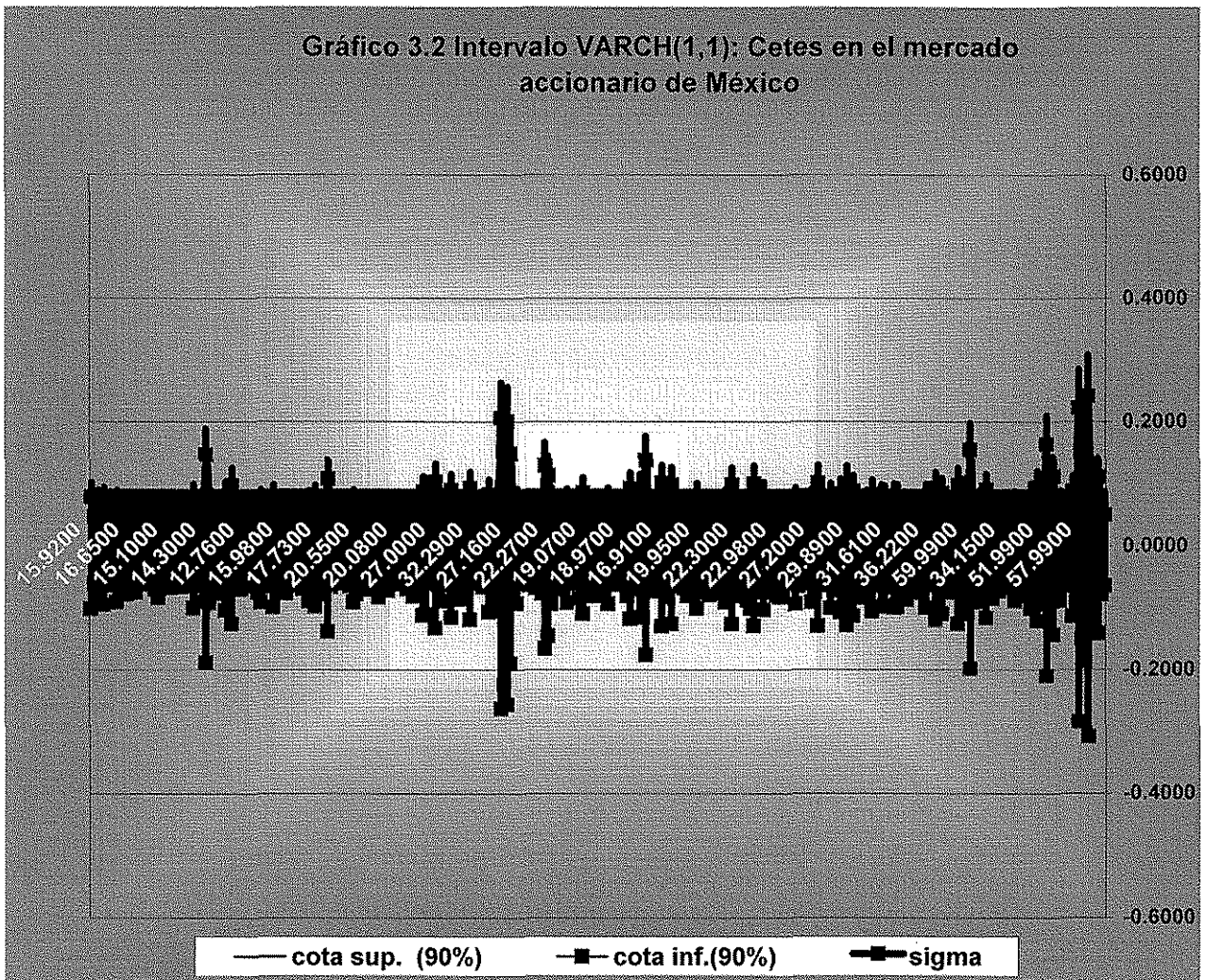
como se puede apreciar, esta ecuación es muy parecida a la ecuación (3.18). De esta manera, ya hay condiciones para generar los intervalos del VaR generados a partir del GARCH y estimar así el proceso para los Cetes. En el gráfico 3.1 se representa el intervalo a un nivel de confianza dado de 90%, en tanto que en cuadro 3.5 se representa la manera sobre la cual se hace la inclusión y simulación de las volatilidades a partir del modelo que ha sido estimado econométricamente.

**Cuadro 3.5. Pruebas para simulación de volatilidades**

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
6	C	0.002148			sigma2		sigma			
7	ARCH(1)	0.537209		0.283716	0.007570951		0.087011	9.40%		
8	GARCH(1)	0.179075		igual a 1-b7-b8	igual a co/d7			igual a RAIZ(E7)		
9										
10	CETE 28 días									
11	15.9200	Retorno	Retorno^2	Sd	Sd2	sigma	cota sup. (90%)	cota inf. (90%)		
12	15.8900	-0.00188	0.00000	0.15350	0.02356	0.3918				
13	15.6900	-0.01259	0.00016	0.00637	0.00004	0.0798	0.1022			
14	16.8300	0.07266	0.00528	0.00224	0.00001	0.0473	0.0606			
15	16.7100	-0.00713	0.00005	0.00498	0.00002	0.0706	0.0904			
16	18.0100	0.07780	0.00605	0.00218	0.00000	0.0467	0.0598	-0.0598		
17	17.8200	-0.01055	0.00011	0.00540	0.00003	0.0735	0.0941	-0.0941		
18	18.2200	0.02245	0.00050	0.00221	0.00000	0.0470	0.0602	-0.0602		
19	18.3900	0.00933	0.00009	0.00242	0.00001	0.0492	0.0630	-0.0630		
20	17.0700	-0.07178	0.00515	0.00220	0.00000	0.0469	0.0600	-0.0600		
21	17.8600	0.04628	0.00214	0.00492	0.00002	0.0701	0.0898	-0.0898		
22	17.5900	-0.01512	0.00023	0.00330	0.00001	0.0575	0.0736	-0.0736		
23	16.6500	-0.05344	0.00286	0.00227	0.00001	0.0477	0.0610	-0.0610		
24	16.7800	0.00390	0.00001	0.00368	0.00001	0.0607	0.0777	-0.0777		
25	17.2600	0.03353	0.00112	0.00216	0.00000	0.0464	0.0594	-0.0594		
26	18.0800	0.04751	0.00226	0.00275	0.00001	0.0525	0.0672	-0.0672		
27	17.8000	-0.01549	0.00024	0.00336	0.00001	0.0580	0.0742	-0.0742		

Las cotas superior e inferior son multiplicadas al nivel de confianza del 95%, i.e, 1.645 y -1.645, respectivamente

Como se puede apreciar, estamos en condiciones de realizar el cálculo de la volatilidad para cada periodo del tiempo, la cual es presentada en el capítulo II de este trabajo. La cola superior del intervalo se genera al multiplicar la desviación estándar que se genera por el GARCH(1,1) por 1.645, en tanto que para obtener la cola inferior se multiplica la desviación estándar por  $-1.645$ , lo cual garantiza que si el modelo está bien estimado, la trayectoria de los retornos diarios de la tasa de los Cetes ( $r$ ) se encuentra en un nivel de confianza del 90% de las veces entre dichos intervalos. El gráfico 3.2 permite observar como se encuentra la volatilidad calculada bajo estos supuestos.



## 6. Conclusiones

Se ha podido observar a lo largo de este trabajo que, más allá del interés econométrico para obtener mediante el VARCH mejores resultados en el cálculo de las volatilidades y obtener un VaR para un activo más confiable, lo más importante se basa en la interpretación adecuada de los resultados para mejorar la elección de carteras y asimismo fijar los límites del riesgo. Un nivel de confianza al 90%, como se mencionó en el capítulo anterior, nos permite ser prudentes en la realización del modelo VARCH y posteriormente pueda ser sometido a pruebas rigurosas como el *Backtesting* o escenarios de simulación extrema que condicionan el análisis del Valor en Riesgo en todos los mercados tanto a nivel nacional como internacionales.

Existen diferentes metodologías para el cálculo de la volatilidad como son los modelos Monte Carlo y EWMA; cada uno tiene diferentes técnicas para el pronóstico de la volatilidad aplicable posteriormente en el VaR, pero en diversos estudios ya mencionados a lo largo de este capítulo han presentado que en su evidencia empírica, para el caso del EWMA, existen problemas con el coeficiente estándar del modelo y provoca sesgo en la conclusión de los datos. Por otra parte, la aplicación del modelo Monte Carlo es más confiable, pero se necesitan realizar pruebas sobre escenarios que requieren de mayor tiempo y datos característicos así como de software especializado para poder tener una práctica que permita dominar la técnica tal como lo permite el Risk Metrics de J. P. Morgan, el cual no es accesible por su alto costos y solamente las instituciones y organizaciones financieras especializadas en la administración de riesgos podrían considerar en la inversión sobre este software.

Ambos modelos basan sus metodologías y desarrollan sus técnicas en función del modelo GARCH(1,1), el cual es el mejor método para obtener una mejor

estimación y pronóstico de la volatilidad sobre un índice accionario o un portafolio de inversión.

En este caso, se utilizaron datos sobre los Certificados de la Tesorería a un plazo de 28 días y se demostró como el GARCH puede realizar una estimación confiable sobre las volatilidades semanales de esta tasa de interés ponderada para su aplicación en México utilizando las técnicas adecuadas. Cabe mencionar algo que es muy importante: la cota de información en México no permite obtener una mejor base de datos que permitiera hacer un seguimiento comparativo sobre las tasas, por ejemplo, a 91 días y a 128 días (ver Anexo A1), debido a que se ha sostenido que el inversionista en México tiene un horizonte solamente de corto plazo y los estimados dejan mucho que desear en comparación con estimados de otros países como Inglaterra, Holanda, Estados Unidos, Suiza, etc., en donde las fuentes de información permiten realizar pronósticos más concisos y seguros para valorar el riesgo sobre acciones, tasas de interés, índices accionarios, etc. Es por esta razón por la cual se hace un análisis sobre los Cetes a partir de 1996 y solamente en estimaciones semanales y no diarias (por falta de información), que permitirían un mejor pronóstico sobre la volatilidad para introducir en el VaR. Por lo anterior es muy difícil que en un país como México obtener información sobre tasas de interés. Los Cetes muestran tasas incompletas (como se puede apreciar en el anexo I de este trabajo), y por ende no son representativas; la caducidad de los Cetes, a lo más, tienen un vencimiento a cinco años (los acercamientos o comparativos con los eurobonos, no sirven de mucho), por lo tanto, realizar una proyección de tasas de interés en México no es solamente una labor complicada, sino hasta incluso es una labor titánica. Otros modelos, como el Back-Scholes, el cual asume que el rendimiento de los activos siguen una distribución normal conociendo la volatilidad, no bastan para realizar una proyección y, como otro tipo de modelos, solo tienen un verdadero impacto en países que tienen estimados correctos sobre sus tasas de interés y sobretodo, solo son aplicables a los mercados financieros como los europeos además de que, al suponer distribución normal, existen problemas debido a que en la realidad los precios fluctúan y

existen cambios que en verdaderamente llegan a ser contrastantes dada la fuerte dependencia que tienen los mercados financieros nacionales con los demás mercados mundiales. Un modelo que podría aproximarse a una estimación mucho más confiable es mediante la metodología trinomial propuesta por Hull<sup>76</sup> en donde, bajo los supuestos establecidos, es un poco más accesible realizar pruebas e identificar si existen fallas en el mismo modelo o en los mercados por ejemplo, pero el verdadero problema radica en la consistencia y veracidad de los datos con los que cuenta México. Quizá, esta sea una de las razones más poderosas por las cuales el Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER) optara por no introducir en el mercado especializado los *futuros* sobre los Cetes, y se considera un rotundo fracaso dadas las causas mencionadas. El tema de las tasas siempre ha sido motivo de polémica, ya que existen ambigüedades para llevar a cabo arbitraje. Un futuro o un forward para tasas de interés, por ejemplo, el Cete a 3 meses, al contrario de otros derivados, son intangibles y siempre se apostará por cuánto será su variación y especular con este tipo de tasas. Resumiendo lo anterior: *en México los instrumentos más demandados son a corto plazo y la demanda de Cetes, por lo tanto, se ve mayormente sesgada.*

El modelo presentado en este trabajo para obtener el Valor en Riesgo mediante el modelo GARCH (VARCH), nos ayuda a entender un procedimiento mucho más verosímil porque el estimado de la volatilidad es mucho más confiable debido al procedimiento que se empleó gracias a las técnicas del GARCH desarrolladas, que son mejores que otros modelos presentados y que, sin duda alguna, siguen siendo recomendadas por mucho autores e investigadores que se especializan en la administración de riesgos. Solamente cabe mencionar que, independiente de la metodología y los resultados que muestren sobre este modelo, no existe realmente en ninguna parte el "modelo perfecto" que estime un pronóstico eficiente para proyectar un modelo que sea cien por ciento confiable o verdadero, motivo por el cual el VaR es solo una técnica que nos permite una mejor

---

<sup>76</sup> Hull, Jonh, "Options, Futures and Other Derivatives", Princeton-Hall, 4<sup>a</sup> ed., Estados Unidos, 2000, pp.201-233 y 388-426.

administración financiera y permita al A.R. tener una toma de decisiones más racional en función de resultados que tengan un aproximado a la realidad coherente y que enfatice de esta manera un control pertinente adecuado de la situación financiera en los organismo e instituciones especializadas en la materia. Por lo anterior es muy importante tener en cuenta que cualquier modelo que tenga como objetivo realizar una administración de riesgos de forma eficaz debe sujetarse a fuertes pruebas de estrés bajo todo tipo de escenarios pesimistas y que finalmente pase las pruebas para poder considerarse como un modelo eficiente.



## BIBLIOGRAFÍA

- ∞ **Andrew J.**, Christian, “*Métodos de evaluación del riesgo para portafolios de inversión*”, serie documentos de trabajo no. 67, Banco Central de Chile, Chile, 2000. Página web: <http://bcentral.cl/Estudios/DTBC/doctrab.htm>.
- ∞ **Angúlo V.**, Germán, “*Administración de Riesgos*”, Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles (AMIB), Bolsa Mexicana de Valores, 2001, mimeo.
- ∞ **Block**, Stanley B., **Hirt**, Hirt, “*Foundations of Financial Management*”, Homewood, Ill.: Irwin, 1998.
- ∞ **Bollerslev**, T., “*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*”, en Journal of Econometrics 31 (1986).
- ∞ -----, **Chou**, Ray Y., **Kroner**, Kenneth F., “*ARCH Modeling in Finance, A Review of the Theory and Empirical Evidence*”, en Journal of Econometrics 52 (1992).
- ∞ **Butler**, Cormac, “*Mastering Value at Risk: A step-by-step guide to understanding and applying VaR*”, Financial Times Market Editions, Inglaterra, 1999.
- ∞ **Castellanos**, Sara G., “*El efecto del “corto” sobre la estructura tasas de interés*”, Documento de Investigación No. 2000-1, Banco de México, Dir. Gral. de Investigación Económica, junio de 2000.
- ∞ **Comisión Nacional Bancaria y de Valores**, “*Circular núm. 1423: disposiciones de carácter prudencial en materia de administración integral de riesgos*”, CNBV, México, 1999.
- ∞ -----, “*Circular núm. 1480: Calificación de cartera crediticia*”, CNBV, México, 2000.
- ∞ **Basle Committee on Banking Supervision**, “*Principles for the Management of Interest Rate Risk*”, Suiza, 1997.
- ∞ **Del Villar**, Rafael, **Backal**, Daniel y **Treviño**, Juan P., “*Experiencia internacional en la resolución de crisis bancarias*”, documentos de investigación de Banxico, México, Banco de México, 1997. [http://banxico.org.mx/public\\_h...veco/docinves/doc9708/doc9708.html](http://banxico.org.mx/public_h...veco/docinves/doc9708/doc9708.html)
- ∞ **De Lara Haro**, Alfonso, “*Medición y control de riesgos financieros*”, edit. Limusa, México, 2001.
- ∞ **Enders**, Walter, “*Applied Econometric Time Series*”, Wiley & Sons Inc., Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics, UK, 1995.
- ∞ **Engle**, Robert. F., “*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation*”, Econometrica 50 (1982).
- ∞ -----, **Rosenberg**, Joshua V., “*GARCH-GAMMA*”, National Bureau of Economic Research, NBER Working Papers, Cambridge, E.U., 1995.

- ∞ **FMI**, "*Perspectivas de la economía mundial*", FMI, E.U.A., 1998.
- ∞ **González-Aréchiga R.-W.**, Bernardo, Venegas, F., Díaz, J., "*Riesgo de tasas de interés e inmunización por duración y convexidad con futuros*", Investigación Económica, núm. 233, México, UNAM, julio-septiembre de 2000.
- ∞ **Grupo de Asesores Financieros**, "*El mercado mexicano de dinero, capitales y productos derivados*", edit. Gpo. León, México, 1999.
- ∞ **Guermat**, Cherif, y **Harris**, Richard D.F., "Robust Conditional Variance Estimation and Value-at-Risk", School business and Economics, University of Exeter, UK, 2001. <http://les1.man.ac.uk/sapcourses/Semstuff/harristxt.pdf>
- ∞ **Gujarati**, Damodar N., "*Econometría*" 3ª edición, México, Mc Graw Hill, 1997.
- ∞ **Hull**, Jonh, "*Options, Futures and Other Derivatives*", Princeton-Hall, 4ª ed., Estados Unidos, 2000.
- ∞ **J. P. Morgan/ Reuters**, "*RiskMetrics Technical Document*", 4ª ed., New York, E.U.: Morgan Bank, 1996.
- ∞ **Jorion**, Philippe, "*Valor en Riesgo*", LIMUSA, serie *Mexder*, México, 1999.
- ∞ **Leskow**, Jacek, "*Quantile and Value at Risk Prediction for time-Series-Result and Open Questions*", conferencia impartida en la Facultad de Economía de la UNAM, México, septiembre de 2001. Página WEB en <http://www.wsb-nlu.edu.pl/~leskow/>.
- ∞ **Kennedy**, Jonh B., **Neville**, Adam M., "*Estadística para Ciencias e Ingeniería*", 1ª edición, ed. Harla, México, 1982.
- ∞ **Leeson**, Nick, "*88888: la cuenta secreta*", edit. Sudamericana, Argentina, 1996.
- ∞ **Márquez Diez-Canedo**, J., López C., Calixto, "*Concentration Risk in Bank Loan Portafolio's: Measurement, Single Obligor Limits, and Capital Adequacy*", Banco de México, septiembre de 1999.
- ∞ **Mina**, Jorge, **Ji Xiao**, Jerry, "*Return to Riskmetrics: The Evolution of a Standard*", Riskmetrics Group, E.U., 2001.
- ∞ **Ortiz C.**, Edgar, "*Ingeniería de los Productos Derivados: Futuros, Opciones y Swaps*", mimeo, México, 2000.
- ∞ -----, "*Despegue al desarrollo, etapas de desarrollo financiero y el financiamiento accionario. Un marco teórico para el cambio de los sistemas y las instituciones financieras*", en: "*Transiciones financieras y TLC*", et. al., Gutiérrez P., Antonio y Garrido N., Celso, coordinadores, edit. Ariel Economía, México, 1994.
- ∞ **Ortiz**, Guillermo, "*El sistema financiero internacional y su presencia en México*", ponencia, México, Banco de México, 1999.
- ∞ **Pindyck**, Robert S., **Rubinfeld**, Daniel L., "*Econometría: modelos y pronósticos*" 4a ed., México, Mc Graw Hill, 2001.

- ∞ **Reyes Z.**, Francisco J. "*Inflación y déficit público: cuantificación del déficit operacional para el caso de México, 1982-1997*", tesis de Licenciatura, UNAM, México, 2000.
- ∞ -----"*Consideraciones acerca de la administración de riesgos en México*", revista *Economía Informa*, núm. 305, Facultad de Economía, UNAM, México, marzo de 2002.
- ∞ **Ross**, Stephen A., **Westerfield**, Randolph W., **Jordan**, Branford D., "*Fundamentos de finanzas corporativas*", 2ª ed, México, Mc Graw Hill.
- ∞ **Sánchez C., Carlos**, "*Valor en riesgo y otras aproximaciones*", Valuación, Análisis y Riesgo, S.C., 2001.
- ∞ **Sánchez V.**, Armando, "*El ahorro privado y la estrategia de modernización financiera en México 1980-1995*", tesis de Maestría, UNAM, México, 2000.
- ∞ **SHCP**, "*Fobaproa, la verdadera historia*", SHCP, México, 1998.
- ∞ **Solís**, Leopoldo, "*Evolución del sistema financiero mexicano: hacia los umbrales del siglo XXI*", Siglo XXI, México, 1997.

## Consultas en Internet

Página Web del diario El Financiero:

<http://www.financiero.com.mx>

Página Web del Banco de México:

<http://www.banxico.org.mx>

Página Web de la SHCP:

<http://www.shcp.gob.mx>

<http://www.quicklink.com>

Página Web de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores:

<http://www.cnbv.gob.mx>

Página Web del Mercado Mexicano de Derivados:

<http://www.mexder.com>

Página Web del Journal of Econometrics:

<http://www.elsevier.nl/locate/econbase>

Página Web del Bank for International Settlement:

<http://www.bis.org/>

Páginas Web dedicadas a la metodología de Valor en Riesgo:

<http://www.jpmorgan.com/RiskManagement/RiskMetrics/RiskMetrics.html>

<http://www.GloriaMundi.org/var/pub.html>

<http://www.erisk.com/iconference.asp>

<http://www.riskpublications.com/risknews/index.htm>

<http://www.risk.net/>

<http://www.contingencyanalysis.com>

<http://www.derivativesstrategy.com/magazine/>

# ANEXOS

# ANEXO 1

## INDICADORES DE LA TASA DE INTERÉS LÍDER EN MÉXICO

CONCEPTO: CETES A PLAZO DE 28 DÍAS

PERIODO: 04/Ene/1996 al 15/mar/2001

CIFRAS: Porcentajes

UNIDADES: Porcentajes

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores (BMV)

FECHA	TASA 28 días
15/Mar/2001	15.9200
08/Mar/2001	15.8900
01/Mar/2001	15.6900
22/Feb/2001	16.8300
15/Feb/2001	16.7100
08/Feb/2001	18.0100
01/Feb/2001	17.8200
25/Ene/2001	18.2200
18/Ene/2001	18.3900
11/Ene/2001	17.0700
04/Ene/2001	17.8600
28/Dic/2000	17.5900
21/Dic/2000	16.6500
14/Dic/2000	16.7000
07/Dic/2000	17.2600
30/Nov/2000	18.0800
23/Nov/2000	17.8000
16/Nov/2000	17.4700
09/Nov/2000	17.3200
01/Nov/2000	17.1200
26/Oct/2000	16.8700
19/Oct/2000	16.2100
12/Oct/2000	15.2000
05/Oct/2000	15.2200
28/Sep/2000	15.1000
21/Sep/2000	15.5000
14/Sep/2000	15.0100
07/Sep/2000	14.6300
31/Ago/2000	15.0100
24/Ago/2000	15.4600
17/Ago/2000	15.6500
10/Ago/2000	15.2200
03/Ago/2000	14.8100
27/Jul/2000	13.5500
20/Jul/2000	13.7100
13/Jul/2000	13.3500
06/Jul/2000	14.3000
29/Jun/2000	17.0100
22/Jun/2000	15.7600
15/Jun/2000	15.3400
08/Jun/2000	14.7000
01/Jun/2000	15.4500
25/May/2000	15.3600
18/May/2000	13.9800
11/May/2000	14.5400
04/May/2000	12.8400

FECHA	TASA 28 días
27/Abr/2000	12.7700
19/Abr/2000	13.2600
13/Abr/2000	12.7600
06/Abr/2000	12.9200
30/Mar/2000	12.8800
23/Mar/2000	13.2100
16/Mar/2000	13.3100
09/Mar/2000	13.9500
02/Mar/2000	14.9600
24/Feb/2000	15.2900
17/Feb/2000	15.2400
10/Feb/2000	15.6900
03/Feb/2000	17.0000
27/Ene/2000	16.7600
20/Ene/2000	15.9800
13/Ene/2000	15.6200
06/Ene/2000	16.4100
30/Dic/1999	16.2500
23/Dic/1999	16.6800
16/Dic/1999	16.4300
09/Dic/1999	16.1400
02/Dic/1999	16.7500
25/Nov/1999	17.3100
18/Nov/1999	16.0900
11/Nov/1999	16.5300
04/Nov/1999	17.8900
28/Oct/1999	17.7300
21/Oct/1999	17.8000
14/Oct/1999	16.8600
07/Oct/1999	19.0900
30/Sep/1999	19.6400
23/Sep/1999	19.7200
15/Sep/1999	19.6500
09/Sep/1999	19.7200
02/Sep/1999	19.8300
26/Ago/1999	19.6800
19/Ago/1999	20.2200
12/Ago/1999	21.6900
05/Ago/1999	20.5500
29/Jul/1999	19.7600
22/Jul/1999	19.4200
15/Jul/1999	19.6600
08/Jul/1999	19.6500
01/Jul/1999	20.4200
24/Jun/1999	20.4800
17/Jun/1999	21.7200

FECHA	TASA 28 días
10/Jun/1999	21.4400
03/Jun/1999	20.6700
27/May/1999	19.8000
20/May/1999	19.7500
13/May/1999	20.0800
06/May/1999	19.9300
29/Abr/1999	19.9300
22/Abr/1999	19.9900
15/Abr/1999	20.7500
08/Abr/1999	20.4700
31/Mar/1999	21.6700
25/Mar/1999	22.3500
18/Mar/1999	22.1700
11/Mar/1999	24.3900
04/Mar/1999	26.7800
25/Feb/1999	26.7100
18/Feb/1999	27.0000
11/Feb/1999	30.3900
04/Feb/1999	30.9200
28/Ene/1999	33.0900
21/Ene/1999	33.4100
14/Ene/1999	32.7100
07/Ene/1999	29.2900
31/Dic/1998	31.2000
24/Dic/1998	31.9200
17/Dic/1998	33.9900
10/Dic/1998	34.9400
03/Dic/1998	36.2300
26/Nov/1998	32.2900
19/Nov/1998	32.0300
12/Nov/1998	32.0000
05/Nov/1998	32.1700
29/Oct/1998	33.1300
22/Oct/1998	33.4200
15/Oct/1998	36.5500
08/Oct/1998	36.7700
01/Oct/1998	34.4500
24/Sep/1998	37.6000
17/Sep/1998	47.8600
10/Sep/1998	36.9400
27/Ago/1998	27.1600
20/Ago/1998	22.0000
13/Ago/1998	21.4900
06/Ago/1998	19.8900
30/Jul/1998	20.0100
23/Jul/1998	19.9900

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANEXO 1 INDICADORES DE LA TASA DE INTERÉS LÍDER EN MÉXICO

CONCEPTO: CETES A PLAZO DE 28 DÍAS

PERIODO: 04/Ene/1996 al 15/Mar/2001

CIFRAS: Porcentajes

UNIDADES: Porcentajes

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores (BMV)

FECHA:	TASA 31 días
16/Jul/1998	19.9200
09/Jul/1998	20.3100
02/Jul/1998	20.1900
25/Jun/1998	19.5000
18/Jun/1998	20.1600
11/Jun/1998	19.1300
04/Jun/1998	22.2700
28/May/1998	19.1500
21/May/1998	17.6900
14/May/1998	17.4100
07/May/1998	17.3800
30/Abr/1998	18.0800
23/Abr/1998	18.1500
16/Abr/1998	19.5000
08/Abr/1998	19.7300
02/Abr/1998	19.7000
26/Mar/1998	19.8500
19/Mar/1998	21.1200
12/Mar/1998	19.0700
05/Mar/1998	18.9500
26/Feb/1998	20.0600
19/Feb/1998	19.0800
12/Feb/1998	18.4300
04/Feb/1998	17.3700
29/Ene/1998	17.3300
22/Ene/1998	17.3700
15/Ene/1998	18.6900
08/Ene/1998	18.4000
31/Dic/1997	18.7500
24/Dic/1997	18.9700
18/Dic/1997	18.9700
11/Dic/1997	19.3300
04/Dic/1997	18.2200
27/Nov/1997	20.1800
19/Nov/1997	20.3500
13/Nov/1997	21.1700
06/Nov/1997	18.9500
30/Oct/1997	20.9400
23/Oct/1997	17.2600
16/Oct/1997	17.7800
09/Oct/1997	16.9800
02/Oct/1997	16.6500
25/Sep/1997	16.9100
18/Sep/1997	18.9700
11/Sep/1997	18.6600
04/Sep/1997	17.5200
28/Ago/1997	19.5800
21/Ago/1997	19.0700

FECHA:	TASA 31 días
14/Ago/1997	18.7100
07/Ago/1997	18.3500
31/Jul/1997	17.7000
24/Jul/1997	18.7200
17/Jul/1997	19.2500
10/Jul/1997	18.3700
03/Jul/1997	19.9500
26/Jun/1997	20.9000
19/Jun/1997	20.0400
12/Jun/1997	20.4300
05/Jun/1997	19.3000
29/May/1997	18.3100
22/May/1997	18.0700
15/May/1997	18.9100
08/May/1997	18.3700
30/Abr/1997	19.7100
24/Abr/1997	20.2300
17/Abr/1997	22.6100
10/Abr/1997	22.3000
03/Abr/1997	21.8600
27/Mar/1997	20.5900
20/Mar/1997	21.7000
13/Mar/1997	23.1700
06/Mar/1997	21.1600
27/Feb/1997	18.5900
20/Feb/1997	19.4600
13/Feb/1997	19.6900
06/Feb/1997	21.4500
30/Ene/1997	21.9100
23/Ene/1997	22.9300
16/Ene/1997	22.9800
09/Ene/1997	24.2400
02/Ene/1997	25.7100
26/Dic/1996	27.2500
19/Dic/1996	27.3700
11/Dic/1996	27.2900
05/Dic/1996	27.0200
28/Nov/1996	29.0800
21/Nov/1996	29.8500
14/Nov/1996	29.8900
07/Nov/1996	29.4500
31/Oct/1996	29.3400
24/Oct/1996	27.2000
17/Oct/1996	25.9000
10/Oct/1996	22.7400
26/Sep/1996	23.2800
19/Sep/1996	23.3800
12/Sep/1996	23.4600

FECHA:	TASA 31 días
05/Sep/1996	25.4700
29/Ago/1996	24.3800
22/Ago/1996	24.3300
15/Ago/1996	26.6300
08/Ago/1996	26.9700
01/Ago/1996	30.2200
25/Jul/1996	29.8900
18/Jul/1996	32.9400
11/Jul/1996	31.9900
04/Jul/1996	30.1900
27/Jun/1996	28.2900
20/Jun/1996	27.6900
13/Jun/1996	28.9800
06/Jun/1996	26.2800
30/May/1996	25.5800
23/May/1996	26.1500
16/May/1996	28.3100
09/May/1996	30.6000
02/May/1996	31.6100
25/Abr/1996	31.8600
18/Abr/1996	34.5500
11/Abr/1996	37.4300
03/Abr/1996	36.9900
28/Mar/1996	38.9400
20/Mar/1996	41.5500
14/Mar/1996	43.0300
07/Mar/1996	42.2700
29/Feb/1996	40.1700
22/Feb/1996	40.5300
15/Feb/1996	39.5700
08/Feb/1996	36.2200
01/Feb/1996	36.4300
25/Ene/1996	37.2300
18/Ene/1996	41.3000
11/Ene/1996	40.7400
04/Ene/1996	44.7000

**ANEXO 2**  
**CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO SOBRE**  
**INDICADORES DE LA TASA DE INTERÉS LÍDER EN MÉXICO**  
**CONCEPTO: CETES A PLAZO DE 28 DÍAS**  
**PERIODO: 05/Ene/1995 al 15/mar/2001**

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores (BMV) y cálculos propios

Nivel de significancia al 90%	monto a invertir (millones de pesos)	Cantidad de cupones comprados
1.2800	\$1,500,000.00	150,000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					$\Delta r$	$\sigma$	$V_0$	VaR	%
FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
15/Mar/2001	15.9200	0.1592	9.9449	150,831	0.07120	0.0476	\$1,500,000.00	\$6,511.70	0.43%
08/Mar/2001	15.8900	0.1589	9.9450	150,829	0.07106	0.0682	\$1,500,000.00	\$9,301.56	0.62%
01/Mar/2001	15.6800	0.1568	9.9457	150,819	0.07017	0.0470	\$1,500,000.00	\$6,333.48	0.42%
22/Feb/2001	16.8300	0.1683	9.9418	150,878	0.07527	0.0706	\$1,500,000.00	\$10,200.42	0.68%
15/Feb/2001	16.7100	0.1671	9.9422	150,872	0.07473	0.0473	\$1,500,000.00	\$6,791.04	0.45%
08/Feb/2001	18.0100	0.1801	9.9377	150,940	0.08054	0.0494	\$1,500,000.00	\$7,635.98	0.51%
01/Feb/2001	17.8200	0.1782	9.9384	150,930	0.07969	0.0472	\$1,500,000.00	\$7,224.11	0.48%
25/Ene/2001	18.2200	0.1822	9.9370	150,951	0.08148	0.0735	\$1,500,000.00	\$11,493.55	0.77%
18/Ene/2001	18.3900	0.1839	9.9364	150,959	0.08224	0.0568	\$1,500,000.00	\$8,976.62	0.60%
11/Ene/2001	17.0700	0.1707	9.9410	150,891	0.07634	0.0480	\$1,500,000.00	\$7,040.65	0.47%
04/Ene/2001	17.8600	0.1786	9.9383	150,932	0.07987	0.0624	\$1,500,000.00	\$9,569.45	0.64%
28/Dic/2000	17.5900	0.1759	9.9392	150,918	0.07866	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,058.66	0.47%
21/Dic/2000	16.6500	0.1665	9.9424	150,869	0.07446	0.0524	\$1,500,000.00	\$7,492.11	0.50%
14/Dic/2000	16.7000	0.1670	9.9422	150,871	0.07468	0.0573	\$1,500,000.00	\$8,219.57	0.55%
07/Dic/2000	17.2600	0.1726	9.9403	150,901	0.07719	0.0481	\$1,500,000.00	\$7,126.27	0.48%
30/Nov/2000	18.0800	0.1808	9.9375	150,943	0.08086	0.0487	\$1,500,000.00	\$7,559.04	0.50%
23/Nov/2000	17.8000	0.1780	9.9365	150,929	0.07960	0.0471	\$1,500,000.00	\$7,200.10	0.48%
16/Nov/2000	17.4700	0.1747	9.9396	150,911	0.07813	0.0475	\$1,500,000.00	\$7,119.14	0.47%
09/Nov/2000	17.3200	0.1732	9.9401	150,904	0.07746	0.0479	\$1,500,000.00	\$7,128.88	0.48%
01/Nov/2000	17.1200	0.1712	9.9408	150,893	0.07656	0.0554	\$1,500,000.00	\$8,149.74	0.54%
26/Oct/2000	16.8700	0.1687	9.9417	150,880	0.07544	0.0675	\$1,500,000.00	\$9,775.84	0.65%
19/Oct/2000	16.2100	0.1621	9.9439	150,846	0.07249	0.0467	\$1,500,000.00	\$6,498.39	0.43%
12/Oct/2000	15.2000	0.1520	9.9474	150,793	0.06798	0.0470	\$1,500,000.00	\$6,139.89	0.41%
05/Oct/2000	15.2200	0.1522	9.9473	150,794	0.06807	0.0504	\$1,500,000.00	\$6,583.36	0.44%
28/Sep/2000	15.1000	0.1510	9.9478	150,788	0.06753	0.0525	\$1,500,000.00	\$6,802.37	0.45%
21/Sep/2000	15.5000	0.1550	9.9464	150,809	0.06932	0.0504	\$1,500,000.00	\$6,740.36	0.45%
14/Sep/2000	15.0100	0.1501	9.9481	150,783	0.06713	0.0502	\$1,500,000.00	\$6,475.12	0.43%
07/Sep/2000	14.6300	0.1463	9.9494	150,763	0.06543	0.0513	\$1,500,000.00	\$6,448.09	0.43%
31/Ago/2000	15.0100	0.1501	9.9481	150,783	0.06713	0.0475	\$1,500,000.00	\$6,125.00	0.41%
24/Ago/2000	15.4600	0.1546	9.9465	150,807	0.06914	0.0511	\$1,500,000.00	\$6,780.07	0.45%
17/Ago/2000	15.6500	0.1565	9.9459	150,817	0.06999	0.0510	\$1,500,000.00	\$6,850.03	0.46%
10/Ago/2000	15.2200	0.1522	9.9473	150,794	0.06807	0.0827	\$1,500,000.00	\$10,801.66	0.72%
03/Ago/2000	14.8100	0.1481	9.9487	150,773	0.06623	0.0475	\$1,500,000.00	\$6,035.28	0.40%
27/Jul/2000	13.5500	0.1355	9.9531	150,707	0.06060	0.0507	\$1,500,000.00	\$5,901.62	0.39%
20/Jul/2000	13.7100	0.1371	9.9525	150,715	0.06131	0.0678	\$1,500,000.00	\$7,981.12	0.53%
13/Jul/2000	13.3500	0.1335	9.9538	150,697	0.05970	0.1259	\$1,500,000.00	\$14,427.35	0.96%
06/Jul/2000	14.3000	0.1430	9.9505	150,746	0.06395	0.0746	\$1,500,000.00	\$9,159.01	0.61%
29/Jun/2000	17.0100	0.1701	9.9412	150,887	0.07607	0.0508	\$1,500,000.00	\$7,423.25	0.49%
22/Jun/2000	15.7600	0.1576	9.9455	150,822	0.07048	0.0566	\$1,500,000.00	\$7,655.02	0.51%
15/Jun/2000	15.3400	0.1534	9.9469	150,800	0.06860	0.0587	\$1,500,000.00	\$7,733.04	0.52%
08/Jun/2000	14.7000	0.1470	9.9491	150,767	0.06574	0.0470	\$1,500,000.00	\$5,928.47	0.40%
01/Jun/2000	15.4500	0.1545	9.9465	150,806	0.06909	0.0862	\$1,500,000.00	\$11,429.39	0.76%
25/May/2000	15.3600	0.1536	9.9469	150,801	0.06869	0.0548	\$1,500,000.00	\$7,223.39	0.48%
18/May/2000	13.9800	0.1398	9.9516	150,729	0.06252	0.1078	\$1,500,000.00	\$12,934.71	0.86%
11/May/2000	14.5400	0.1454	9.9497	150,759	0.06502	0.0469	\$1,500,000.00	\$5,850.08	0.39%
04/May/2000	12.8400	0.1284	9.9555	150,670	0.05742	0.0540	\$1,500,000.00	\$5,951.83	0.40%
27/May/2000	12.7700	0.1277	9.9558	150,666	0.05711	0.0548	\$1,500,000.00	\$6,070.84	0.40%
19/Abr/2000	13.2600	0.1326	9.9541	150,692	0.05930	0.0476	\$1,500,000.00	\$5,414.32	0.36%
13/Abr/2000	12.7600	0.1276	9.9558	150,666	0.05706	0.0467	\$1,500,000.00	\$5,120.61	0.34%
06/Abr/2000	12.9200	0.1292	9.9553	150,674	0.05778	0.0501	\$1,500,000.00	\$5,563.09	0.37%

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					$\Delta I$	$\sigma$	$V_0$	$VaR$	%
FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
30/Mar/2000	12.8800	0.1288	9.9554	150,672	0.05760	0.0470	\$1,500,000.00	\$5,199.44	0.35%
23/Mar/2000	13.2100	0.1321	9.9543	150,689	0.05908	0.0576	\$1,500,000.00	\$6,530.00	0.44%
16/Mar/2000	13.3100	0.1331	9.9539	150,694	0.05952	0.0681	\$1,500,000.00	\$7,777.84	0.52%
09/Mar/2000	13.9500	0.1395	9.9517	150,728	0.06239	0.0493	\$1,500,000.00	\$5,904.00	0.39%
02/Mar/2000	14.9600	0.1496	9.9482	150,781	0.06690	0.0467	\$1,500,000.00	\$6,004.44	0.40%
24/Feb/2000	15.2900	0.1529	9.9471	150,798	0.06838	0.0512	\$1,500,000.00	\$6,727.30	0.45%
17/Feb/2000	15.2400	0.1524	9.9473	150,795	0.06816	0.0733	\$1,500,000.00	\$9,592.91	0.64%
10/Feb/2000	15.6900	0.1569	9.9457	150,819	0.07017	0.0479	\$1,500,000.00	\$6,447.58	0.43%
03/Feb/2000	17.0000	0.1700	9.9412	150,887	0.07603	0.0588	\$1,500,000.00	\$8,587.51	0.57%
27/Ene/2000	16.7600	0.1676	9.9420	150,874	0.07495	0.0497	\$1,500,000.00	\$7,146.18	0.48%
20/Ene/2000	15.9800	0.1598	9.9447	150,834	0.07146	0.0585	\$1,500,000.00	\$8,031.19	0.54%
13/Ene/2000	15.6200	0.1562	9.9460	150,815	0.06985	0.0472	\$1,500,000.00	\$6,335.41	0.42%
06/Ene/2000	16.4100	0.1641	9.9432	150,856	0.07339	0.0504	\$1,500,000.00	\$7,096.49	0.47%
30/Dic/1999	16.2500	0.1625	9.9438	150,848	0.07267	0.0480	\$1,500,000.00	\$6,696.81	0.45%
23/Dic/1999	16.8800	0.1688	9.9423	150,870	0.07460	0.0485	\$1,500,000.00	\$6,947.66	0.46%
16/Dic/1999	16.4300	0.1643	9.9432	150,857	0.07348	0.0538	\$1,500,000.00	\$7,587.93	0.51%
09/Dic/1999	16.1400	0.1614	9.9442	150,842	0.07218	0.0524	\$1,500,000.00	\$7,262.21	0.48%
02/Dic/1999	16.7500	0.1675	9.9421	150,874	0.07491	0.0726	\$1,500,000.00	\$10,443.46	0.70%
25/Nov/1999	17.3100	0.1731	9.9402	150,903	0.07741	0.0506	\$1,500,000.00	\$7,526.30	0.50%
18/Nov/1999	16.0900	0.1609	9.9443	150,839	0.07196	0.0727	\$1,500,000.00	\$10,046.96	0.67%
11/Nov/1999	16.5300	0.1653	9.9428	150,862	0.07392	0.0471	\$1,500,000.00	\$6,691.52	0.45%
04/Nov/1999	17.8900	0.1789	9.9382	150,933	0.08001	0.0468	\$1,500,000.00	\$7,186.91	0.48%
28/Oct/1999	17.7300	0.1773	9.9387	150,925	0.07929	0.0622	\$1,500,000.00	\$9,466.19	0.63%
21/Oct/1999	17.8000	0.1780	9.9385	150,929	0.07960	0.0976	\$1,500,000.00	\$14,913.87	0.99%
14/Oct/1999	16.8600	0.1686	9.9417	150,880	0.07540	0.0510	\$1,500,000.00	\$7,382.91	0.49%
07/Oct/1999	19.0900	0.1909	9.9340	150,996	0.08537	0.0468	\$1,500,000.00	\$7,666.81	0.51%
30/Sep/1999	19.6400	0.1964	9.9321	151,025	0.08783	0.0468	\$1,500,000.00	\$7,884.04	0.53%
23/Sep/1999	19.7200	0.1972	9.9319	151,029	0.08819	0.0468	\$1,500,000.00	\$7,916.08	0.53%
15/Sep/1999	19.6500	0.1965	9.9321	151,025	0.08788	0.0469	\$1,500,000.00	\$7,905.63	0.53%
09/Sep/1999	19.7200	0.1972	9.9319	151,029	0.08819	0.0470	\$1,500,000.00	\$7,960.84	0.53%
02/Sep/1999	19.8300	0.1983	9.9315	151,035	0.08868	0.0507	\$1,500,000.00	\$8,624.38	0.57%
26/Ago/1999	19.6800	0.1968	9.9320	151,027	0.08801	0.0682	\$1,500,000.00	\$11,525.57	0.77%
19/Ago/1999	20.2200	0.2022	9.9302	151,055	0.09043	0.0619	\$1,500,000.00	\$10,752.44	0.72%
12/Ago/1999	21.6900	0.2169	9.9251	151,132	0.09700	0.0561	\$1,500,000.00	\$10,266.94	0.68%
05/Ago/1999	20.5500	0.2055	9.9290	151,072	0.09190	0.0484	\$1,500,000.00	\$8,542.60	0.57%
29/Jul/1999	19.7600	0.1976	9.9317	151,031	0.08837	0.0475	\$1,500,000.00	\$8,064.22	0.54%
22/Jul/1999	19.4200	0.1942	9.9329	151,013	0.08685	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,785.00	0.52%
15/Jul/1999	19.6600	0.1966	9.9321	151,026	0.08792	0.0543	\$1,500,000.00	\$9,159.30	0.61%
08/Jul/1999	19.6500	0.1965	9.9321	151,025	0.08788	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,887.43	0.53%
01/Jul/1999	20.4200	0.2042	9.9295	151,065	0.09132	0.0627	\$1,500,000.00	\$10,995.46	0.73%
24/Jun/1999	20.4800	0.2048	9.9293	151,069	0.09159	0.0477	\$1,500,000.00	\$8,380.69	0.56%
17/Jun/1999	21.7200	0.2172	9.9250	151,133	0.09713	0.0541	\$1,500,000.00	\$10,089.04	0.67%
10/Jun/1999	21.4400	0.2144	9.9260	151,119	0.09588	0.0567	\$1,500,000.00	\$10,442.67	0.70%
03/Jun/1999	20.6700	0.2067	9.9286	151,078	0.09244	0.0467	\$1,500,000.00	\$8,291.30	0.55%
27/May/1999	19.8000	0.1980	9.9316	151,033	0.08855	0.0482	\$1,500,000.00	\$8,196.26	0.55%
20/May/1999	19.7500	0.1975	9.9318	151,030	0.08832	0.0470	\$1,500,000.00	\$7,970.97	0.53%
13/May/1999	20.0800	0.2008	9.9306	151,048	0.08980	0.0467	\$1,500,000.00	\$8,048.07	0.54%
06/May/1999	19.9300	0.1993	9.9312	151,040	0.08913	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,997.99	0.53%
29/Abr/1999	19.9300	0.1993	9.9312	151,040	0.08913	0.0539	\$1,500,000.00	\$9,216.73	0.61%
22/Abr/1999	19.9900	0.1999	9.9309	151,043	0.08940	0.0478	\$1,500,000.00	\$8,198.10	0.55%
15/Abr/1999	20.7500	0.2075	9.9283	151,083	0.09280	0.0619	\$1,500,000.00	\$11,025.32	0.74%
08/Abr/1999	20.4700	0.2047	9.9293	151,068	0.09154	0.0517	\$1,500,000.00	\$9,093.97	0.61%
31/Mar/1999	21.6700	0.2167	9.9252	151,131	0.09691	0.0471	\$1,500,000.00	\$8,769.29	0.58%
25/Mar/1999	22.3500	0.2235	9.9229	151,166	0.09995	0.0815	\$1,500,000.00	\$15,641.52	1.04%
18/Mar/1999	22.1700	0.2217	9.9235	151,157	0.09915	0.0804	\$1,500,000.00	\$15,305.51	1.02%
11/Mar/1999	24.3900	0.2439	9.9159	151,273	0.10908	0.0467	\$1,500,000.00	\$9,783.93	0.65%
04/Mar/1999	26.7800	0.2678	9.9077	151,397	0.11976	0.0475	\$1,500,000.00	\$10,916.50	0.73%
25/Feb/1999	26.7100	0.2671	9.9079	151,394	0.11945	0.0942	\$1,500,000.00	\$21,605.23	1.44%
18/Feb/1999	27.0000	0.2700	9.9070	151,409	0.12075	0.0484	\$1,500,000.00	\$11,213.77	0.75%
11/Feb/1999	30.3900	0.3039	9.8954	151,586	0.13591	0.0670	\$1,500,000.00	\$17,490.78	1.17%
04/Feb/1999	30.9200	0.3092	9.8936	151,613	0.13828	0.0472	\$1,500,000.00	\$12,532.92	0.84%
28/Ene/1999	33.0900	0.3309	9.8862	151,726	0.14798	0.0494	\$1,500,000.00	\$14,035.40	0.94%
21/Ene/1999	33.4100	0.3341	9.8851	151,743	0.14941	0.0976	\$1,500,000.00	\$27,986.06	1.87%
14/Ene/1999	32.7100	0.3271	9.8875	151,707	0.14628	0.0648	\$1,500,000.00	\$18,192.44	1.21%
07/Ene/1999	29.2900	0.2929	9.8891	151,528	0.13099	0.0495	\$1,500,000.00	\$12,460.74	0.83%
31/Dic/1998	31.2000	0.3120	9.8926	151,628	0.13953	0.0646	\$1,500,000.00	\$17,309.62	1.15%



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					$\Delta I$	$\sigma$	$V_0$	$VaR$	%
FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
24/Dic/1998	31.9200	0.3192	9.8902	151,665	0.14275	0.0508	\$1,500,000.00	\$13,914.09	0.93%
17/Dic/1998	33.9900	0.3399	9.8832	151,773	0.15201	0.0536	\$1,500,000.00	\$15,657.79	1.04%
10/Dic/1998	34.9400	0.3494	9.8799	151,823	0.15626	0.1009	\$1,500,000.00	\$30,284.94	2.02%
03/Dic/1998	36.2300	0.3623	9.8755	151,890	0.16203	0.0471	\$1,500,000.00	\$14,638.65	0.98%
26/Nov/1998	32.2900	0.3229	9.8889	151,685	0.14441	0.0467	\$1,500,000.00	\$12,943.27	0.86%
19/Nov/1998	32.0300	0.3203	9.8898	151,671	0.14324	0.0468	\$1,500,000.00	\$12,882.92	0.86%
12/Nov/1998	32.0000	0.3200	9.8899	151,670	0.14311	0.0513	\$1,500,000.00	\$14,092.83	0.94%
05/Nov/1998	32.1700	0.3217	9.8893	151,678	0.14387	0.0472	\$1,500,000.00	\$13,029.78	0.87%
29/Oct/1998	33.1300	0.3313	9.8861	151,729	0.14816	0.0783	\$1,500,000.00	\$22,263.02	1.48%
22/Oct/1998	33.4200	0.3342	9.8851	151,744	0.14946	0.0469	\$1,500,000.00	\$13,462.67	0.90%
15/Oct/1998	36.5500	0.3655	9.8745	151,907	0.16346	0.0680	\$1,500,000.00	\$21,342.53	1.42%
08/Oct/1998	36.7700	0.3677	9.8737	151,918	0.16444	0.0780	\$1,500,000.00	\$24,627.91	1.64%
01/Oct/1998	34.4500	0.3445	9.8816	151,797	0.15407	0.1654	\$1,500,000.00	\$48,913.60	3.26%
24/Sep/1998	37.6000	0.3760	9.8709	151,962	0.16815	0.2238	\$1,500,000.00	\$72,267.51	4.82%
17/Sep/1998	47.8600	0.4786	9.8363	152,497	0.21404	0.2686	\$1,500,000.00	\$110,362.89	7.36%
10/Sep/1998	36.9400	0.3694	9.8731	151,927	0.16520	0.1783	\$1,500,000.00	\$56,543.76	3.77%
27/Ago/1998	27.1600	0.2716	9.9064	151,417	0.12146	0.0499	\$1,500,000.00	\$11,629.23	0.78%
20/Ago/1998	22.0000	0.2200	9.9241	151,148	0.09839	0.0752	\$1,500,000.00	\$14,212.60	0.95%
13/Ago/1998	21.4900	0.2149	9.9258	151,121	0.09811	0.0469	\$1,500,000.00	\$8,651.35	0.58%
06/Ago/1998	19.8900	0.1989	9.9313	151,038	0.08895	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,972.90	0.53%
30/Jul/1998	20.0100	0.2001	9.9309	151,044	0.08949	0.0468	\$1,500,000.00	\$8,032.51	0.54%
23/Jul/1998	19.9900	0.1999	9.9309	151,043	0.08940	0.0488	\$1,500,000.00	\$8,368.85	0.56%
16/Jul/1998	19.9200	0.1992	9.9312	151,039	0.08908	0.0469	\$1,500,000.00	\$8,019.76	0.53%
09/Jul/1998	20.3100	0.2031	9.9299	151,060	0.09083	0.0534	\$1,500,000.00	\$9,314.92	0.62%
02/Jul/1998	20.1900	0.2019	9.9303	151,053	0.09029	0.0525	\$1,500,000.00	\$9,102.99	0.61%
25/Jun/1998	19.5000	0.1950	9.9326	151,017	0.08721	0.0614	\$1,500,000.00	\$10,276.49	0.69%
18/Jun/1998	20.1600	0.2016	9.9304	151,052	0.09016	0.1137	\$1,500,000.00	\$19,677.67	1.31%
11/Jun/1998	19.1300	0.1913	9.9339	150,998	0.08555	0.1283	\$1,500,000.00	\$21,078.23	1.41%
04/Jun/1998	22.2700	0.2227	9.9231	151,162	0.09959	0.0764	\$1,500,000.00	\$14,618.21	0.97%
28/May/1998	19.1500	0.1915	9.9338	150,999	0.08564	0.0481	\$1,500,000.00	\$7,916.66	0.53%
21/May/1998	17.6900	0.1769	9.9388	150,923	0.07911	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,093.94	0.47%
14/May/1998	17.4100	0.1741	9.9398	150,908	0.07786	0.0546	\$1,500,000.00	\$8,168.01	0.54%
07/May/1998	17.3800	0.1738	9.9399	150,907	0.07773	0.0468	\$1,500,000.00	\$6,983.65	0.47%
30/Abr/1998	18.0800	0.1808	9.9375	150,943	0.08086	0.0690	\$1,500,000.00	\$10,708.23	0.71%
23/Abr/1998	18.1500	0.1815	9.9373	150,947	0.08117	0.0475	\$1,500,000.00	\$7,395.58	0.49%
16/Abr/1998	19.5000	0.1950	9.9326	151,017	0.08721	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,817.88	0.52%
08/Abr/1998	19.7300	0.1973	9.9318	151,029	0.08824	0.0470	\$1,500,000.00	\$7,967.22	0.53%
02/Abr/1998	19.7000	0.1970	9.9319	151,028	0.08810	0.0643	\$1,500,000.00	\$10,878.46	0.73%
26/Mar/1998	19.8500	0.1985	9.9314	151,036	0.08877	0.0916	\$1,500,000.00	\$15,618.27	1.04%
19/Mar/1998	21.1200	0.2112	9.9271	151,102	0.09445	0.0469	\$1,500,000.00	\$8,510.04	0.57%
12/Mar/1998	19.0700	0.1907	9.9341	150,995	0.08528	0.0619	\$1,500,000.00	\$10,130.68	0.68%
05/Mar/1998	18.9500	0.1895	9.9345	150,989	0.08475	0.0600	\$1,500,000.00	\$9,761.38	0.65%
26/Feb/1998	20.0600	0.2006	9.9307	151,047	0.08971	0.0534	\$1,500,000.00	\$9,195.92	0.61%
19/Feb/1998	19.0800	0.1908	9.9341	150,995	0.08533	0.0647	\$1,500,000.00	\$10,695.43	0.71%
12/Feb/1998	18.4300	0.1843	9.9363	150,962	0.08242	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,391.61	0.49%
04/Feb/1998	17.3700	0.1737	9.9399	150,906	0.07768	0.0467	\$1,500,000.00	\$6,971.70	0.46%
29/Ene/1998	17.3300	0.1733	9.9401	150,904	0.07750	0.0697	\$1,500,000.00	\$10,376.72	0.69%
22/Ene/1998	17.3700	0.1737	9.9399	150,906	0.07768	0.0481	\$1,500,000.00	\$7,172.48	0.48%
15/Ene/1998	18.6900	0.1869	9.9354	150,975	0.08358	0.0486	\$1,500,000.00	\$7,806.69	0.52%
08/Ene/1998	18.4000	0.1840	9.9364	150,960	0.08229	0.0474	\$1,500,000.00	\$7,496.19	0.50%
31/Dic/1997	18.7500	0.1875	9.9352	150,978	0.08385	0.0467	\$1,500,000.00	\$7,515.26	0.50%
24/Dic/1997	18.9700	0.1897	9.9344	150,990	0.08484	0.0487	\$1,500,000.00	\$7,925.83	0.53%
18/Dic/1997	18.9700	0.1897	9.9344	150,990	0.08484	0.0647	\$1,500,000.00	\$10,536.36	0.70%
11/Dic/1997	19.3300	0.1933	9.9332	151,009	0.08645	0.0852	\$1,500,000.00	\$14,137.03	0.94%
04/Dic/1997	18.2200	0.1822	9.9370	150,951	0.08148	0.0471	\$1,500,000.00	\$7,366.46	0.49%
27/Nov/1997	20.1800	0.2018	9.9303	151,053	0.09025	0.0548	\$1,500,000.00	\$9,492.65	0.63%
19/Nov/1997	20.3500	0.2035	9.9297	151,062	0.09101	0.0978	\$1,500,000.00	\$17,095.09	1.14%
13/Nov/1997	21.1700	0.2117	9.9269	151,105	0.09468	0.0846	\$1,500,000.00	\$15,382.47	1.03%
06/Nov/1997	18.9500	0.1895	9.9345	150,989	0.08475	0.1632	\$1,500,000.00	\$26,557.36	1.77%
30/Oct/1997	20.9400	0.2094	9.9277	151,093	0.09365	0.0514	\$1,500,000.00	\$9,238.74	0.62%
23/Oct/1997	17.2600	0.1726	9.9403	150,901	0.07719	0.0581	\$1,500,000.00	\$8,607.75	0.57%
16/Oct/1997	17.7800	0.1778	9.9385	150,928	0.07951	0.0489	\$1,500,000.00	\$7,464.05	0.50%
09/Oct/1997	16.9800	0.1698	9.9413	150,886	0.07594	0.0481	\$1,500,000.00	\$7,019.35	0.47%
02/Oct/1997	16.6500	0.1665	9.9424	150,869	0.07446	0.0923	\$1,500,000.00	\$13,199.38	0.88%
25/Sep/1997	16.9100	0.1691	9.9415	150,882	0.07562	0.0483	\$1,500,000.00	\$7,008.68	0.47%
18/Sep/1997	18.9700	0.1897	9.9344	150,990	0.08484	0.0668	\$1,500,000.00	\$10,887.39	0.73%

103

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					$\Delta I$	$\sigma$	$V_0$	$VaR$	%
FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la Inversión al final del período	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
11/Sep/1997	18.6600	0.1866	9.9355	150,974	0.08345	0.0902	\$1,500,000.00	\$14,451.35	0.96%
04/Sep/1997	17.5200	0.1752	9.9394	150,914	0.07835	0.0506	\$1,500,000.00	\$7,617.18	0.51%
28/Ago/1997	19.5800	0.1958	9.9324	151,022	0.08756	0.0488	\$1,500,000.00	\$8,198.84	0.55%
21/Ago/1997	19.0700	0.1907	9.9341	150,995	0.08528	0.0489	\$1,500,000.00	\$7,999.33	0.53%
14/Ago/1997	18.7100	0.1871	9.9353	150,976	0.08367	0.0539	\$1,500,000.00	\$8,660.58	0.58%
07/Ago/1997	18.3500	0.1835	9.9366	150,957	0.08206	0.0615	\$1,500,000.00	\$9,682.87	0.65%
31/Jul/1997	17.7000	0.1770	9.9388	150,923	0.07916	0.0509	\$1,500,000.00	\$7,731.51	0.52%
24/Jul/1997	18.7200	0.1872	9.9353	150,977	0.08372	0.0585	\$1,500,000.00	\$9,397.61	0.63%
17/Jul/1997	19.2500	0.1925	9.9335	151,004	0.08609	0.0745	\$1,500,000.00	\$12,319.21	0.82%
10/Jul/1997	18.3700	0.1837	9.9365	150,958	0.08215	0.0574	\$1,500,000.00	\$9,049.41	0.60%
03/Jul/1997	19.9500	0.1995	9.9311	151,041	0.08922	0.0563	\$1,500,000.00	\$9,644.56	0.64%
26/Jun/1997	20.9000	0.2090	9.9278	151,090	0.09347	0.0488	\$1,500,000.00	\$8,749.19	0.58%
19/Jun/1997	20.0400	0.2004	9.9308	151,046	0.08962	0.0634	\$1,500,000.00	\$10,916.79	0.73%
12/Jun/1997	20.4300	0.2043	9.9294	151,066	0.09137	0.0613	\$1,500,000.00	\$10,745.12	0.72%
05/Jun/1997	19.3000	0.1930	9.9333	151,007	0.08631	0.0477	\$1,500,000.00	\$7,903.87	0.53%
29/May/1997	18.3100	0.1831	9.9367	150,955	0.08188	0.0569	\$1,500,000.00	\$8,950.37	0.60%
22/May/1997	18.0700	0.1807	9.9375	150,943	0.08081	0.0514	\$1,500,000.00	\$7,982.34	0.53%
15/May/1997	18.9100	0.1891	9.9347	150,987	0.08457	0.0683	\$1,500,000.00	\$11,091.39	0.74%
08/May/1997	18.3700	0.1837	9.9365	150,958	0.08215	0.0504	\$1,500,000.00	\$7,957.45	0.53%
30/Abr/1997	19.7100	0.1971	9.9319	151,028	0.08815	0.0902	\$1,500,000.00	\$15,270.01	1.02%
24/Abr/1997	20.2300	0.2023	9.9301	151,055	0.09047	0.0478	\$1,500,000.00	\$8,299.72	0.55%
17/Abr/1997	22.6100	0.2261	9.9220	151,180	0.10111	0.0490	\$1,500,000.00	\$9,509.15	0.63%
10/Abr/1997	22.3000	0.2230	9.9230	151,164	0.09973	0.0650	\$1,500,000.00	\$12,449.55	0.83%
03/Abr/1997	21.8600	0.2186	9.9245	151,141	0.09776	0.0599	\$1,500,000.00	\$11,245.12	0.75%
27/Mar/1997	20.5900	0.2059	9.9289	151,074	0.09208	0.0660	\$1,500,000.00	\$11,663.85	0.78%
20/Mar/1997	21.7000	0.2170	9.9251	151,132	0.09705	0.0840	\$1,500,000.00	\$15,656.10	1.04%
13/Mar/1997	23.1700	0.2317	9.9201	151,209	0.10362	0.1116	\$1,500,000.00	\$22,210.69	1.48%
06/Mar/1997	21.1600	0.2116	9.9269	151,104	0.09463	0.0570	\$1,500,000.00	\$10,364.86	0.69%
27/Feb/1997	18.5900	0.1859	9.9358	150,970	0.08314	0.0475	\$1,500,000.00	\$7,583.82	0.51%
20/Feb/1997	19.4600	0.1946	9.9328	151,015	0.08703	0.0762	\$1,500,000.00	\$12,727.13	0.85%
13/Feb/1997	19.6900	0.1969	9.9320	151,027	0.08806	0.0492	\$1,500,000.00	\$8,311.91	0.55%
06/Feb/1997	21.4500	0.2145	9.9259	151,119	0.09593	0.0570	\$1,500,000.00	\$10,489.46	0.70%
30/Ene/1997	21.9100	0.2191	9.9244	151,143	0.09798	0.0467	\$1,500,000.00	\$8,789.62	0.59%
23/Ene/1997	22.9300	0.2293	9.9209	151,196	0.10255	0.0603	\$1,500,000.00	\$11,869.84	0.79%
16/Ene/1997	22.9800	0.2298	9.9207	151,199	0.10277	0.0628	\$1,500,000.00	\$12,384.99	0.83%
09/Ene/1997	24.2400	0.2424	9.9164	151,265	0.10840	0.0624	\$1,500,000.00	\$12,993.69	0.87%
02/Ene/1997	25.7100	0.2571	9.9114	151,341	0.11498	0.0468	\$1,500,000.00	\$10,329.00	0.69%
26/Dic/1996	27.2500	0.2725	9.9061	151,422	0.12187	0.0467	\$1,500,000.00	\$10,933.49	0.73%
19/Dic/1996	27.3700	0.2737	9.9057	151,428	0.12240	0.0473	\$1,500,000.00	\$11,112.57	0.74%
11/Dic/1996	27.2900	0.2729	9.9060	151,424	0.12204	0.0699	\$1,500,000.00	\$16,368.03	1.09%
05/Dic/1996	27.0200	0.2702	9.9069	151,410	0.12084	0.0504	\$1,500,000.00	\$11,685.59	0.78%
28/Nov/1996	29.0800	0.2908	9.8999	151,517	0.13005	0.0467	\$1,500,000.00	\$11,658.09	0.78%
21/Nov/1996	29.8500	0.2985	9.8972	151,557	0.13349	0.0479	\$1,500,000.00	\$12,289.23	0.82%
14/Nov/1996	29.8900	0.2989	9.8971	151,560	0.13367	0.0468	\$1,500,000.00	\$12,012.92	0.80%
07/Nov/1996	29.4500	0.2945	9.8986	151,537	0.13170	0.0742	\$1,500,000.00	\$18,772.03	1.25%
31/Oct/1996	29.3400	0.2934	9.8990	151,531	0.13121	0.0597	\$1,500,000.00	\$15,033.78	1.00%
24/Oct/1996	27.2000	0.2720	9.9063	151,419	0.12164	0.1121	\$1,500,000.00	\$26,184.46	1.75%
17/Oct/1996	25.9000	0.2590	9.9107	151,351	0.11583	0.0497	\$1,500,000.00	\$11,048.89	0.74%
10/Oct/1996	22.7400	0.2274	9.9215	151,186	0.10170	0.0468	\$1,500,000.00	\$9,134.77	0.61%
26/Sep/1996	23.2800	0.2328	9.9197	151,215	0.10411	0.0468	\$1,500,000.00	\$9,353.63	0.62%
19/Sep/1996	23.3800	0.2338	9.9193	151,220	0.10456	0.0744	\$1,500,000.00	\$14,929.88	1.00%
12/Sep/1996	23.4600	0.2346	9.9191	151,224	0.10492	0.0570	\$1,500,000.00	\$11,491.52	0.77%
05/Sep/1996	25.4700	0.2547	9.9122	151,329	0.11391	0.0468	\$1,500,000.00	\$10,227.38	0.68%
29/Ago/1996	24.3800	0.2438	9.9159	151,272	0.10903	0.0787	\$1,500,000.00	\$16,473.62	1.10%
22/Ago/1996	24.3300	0.2433	9.9161	151,269	0.10881	0.0477	\$1,500,000.00	\$9,966.12	0.66%
15/Ago/1996	26.6300	0.2663	9.9082	151,389	0.11909	0.0917	\$1,500,000.00	\$20,959.56	1.40%
08/Ago/1996	26.9700	0.2697	9.9071	151,407	0.12061	0.0475	\$1,500,000.00	\$10,988.66	0.73%
01/Ago/1996	30.2200	0.3022	9.8960	151,577	0.13515	0.0824	\$1,500,000.00	\$21,385.52	1.43%
25/Jul/1996	29.8900	0.2989	9.8971	151,560	0.13367	0.0515	\$1,500,000.00	\$13,225.46	0.88%
18/Jul/1996	32.9400	0.3294	9.8867	151,719	0.14731	0.0640	\$1,500,000.00	\$18,098.28	1.21%
11/Jul/1996	31.9900	0.3199	9.8900	151,669	0.14306	0.0679	\$1,500,000.00	\$18,642.18	1.24%
04/Jul/1996	30.1900	0.3019	9.8961	151,575	0.13501	0.0493	\$1,500,000.00	\$12,785.10	0.85%
27/Jun/1996	28.2900	0.2829	9.9026	151,476	0.12652	0.0571	\$1,500,000.00	\$13,858.59	0.92%
20/Jun/1996	27.6900	0.2769	9.9046	151,445	0.12383	0.0886	\$1,500,000.00	\$21,077.34	1.41%
13/Jun/1996	28.9800	0.2898	9.9002	151,512	0.12960	0.0508	\$1,500,000.00	\$12,644.17	0.84%
06/Jun/1996	26.2800	0.2628	9.9094	151,371	0.11753	0.0494	\$1,500,000.00	\$11,143.18	0.74%

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					$\Delta r$	$\sigma$	$V_0$	$Var$	%
FECHA:	Tasa a 28 días	%	Valor por Cete	Comparativo monto de Cetes a subasta	Desagregación diaria	VOLATILIDAD	Valor de la inversión al final del periodo	VALOR EN RIESGO	Porcentaje de pérdida respecto de la inversión
30/May/1996	25.5800	0.2558	9.9118	151,335	0.11440	0.0729	\$1,500,000.00	\$16,012.88	1.07%
23/May/1996	26.1500	0.2615	9.9099	151,364	0.11695	0.0721	\$1,500,000.00	\$16,180.34	1.08%
16/May/1996	28.3100	0.2831	9.9025	151,477	0.12661	0.0522	\$1,500,000.00	\$12,696.76	0.85%
09/May/1996	30.6000	0.3060	9.8947	151,597	0.13685	0.0471	\$1,500,000.00	\$12,369.47	0.82%
02/May/1996	31.6100	0.3161	9.8912	151,649	0.14136	0.0738	\$1,500,000.00	\$20,027.62	1.34%
25/Abr/1996	31.8600	0.3186	9.8904	151,662	0.14248	0.0732	\$1,500,000.00	\$20,036.61	1.34%
18/Abr/1996	34.5500	0.3455	9.8813	151,803	0.15451	0.0475	\$1,500,000.00	\$14,091.69	0.94%
11/Abr/1996	37.4300	0.3743	9.8715	151,953	0.16739	0.0594	\$1,500,000.00	\$19,096.65	1.27%
03/Abr/1996	36.9900	0.3699	9.8730	151,930	0.16542	0.0656	\$1,500,000.00	\$20,833.49	1.39%
28/Mar/1996	38.9400	0.3894	9.8664	152,032	0.17414	0.0531	\$1,500,000.00	\$17,741.48	1.18%
20/Mar/1996	41.5500	0.4155	9.8575	152,168	0.18582	0.0485	\$1,500,000.00	\$17,310.69	1.15%
14/Mar/1996	43.0300	0.4303	9.8525	152,245	0.19244	0.0604	\$1,500,000.00	\$22,320.19	1.49%
07/Mar/1996	42.2700	0.4227	9.8551	152,205	0.18904	0.0471	\$1,500,000.00	\$17,107.07	1.14%
29/Feb/1996	40.1700	0.4017	9.8622	152,096	0.17965	0.0500	\$1,500,000.00	\$17,255.33	1.15%
22/Feb/1996	40.5300	0.4053	9.8610	152,115	0.18126	0.0824	\$1,500,000.00	\$28,659.17	1.91%
15/Feb/1996	39.5700	0.3957	9.8642	152,065	0.17696	0.0469	\$1,500,000.00	\$15,925.34	1.06%
08/Feb/1996	36.2200	0.3622	9.8756	151,890	0.16198	0.0494	\$1,500,000.00	\$15,349.80	1.02%
01/Feb/1996	36.4300	0.3643	9.8749	151,901	0.16292	0.0860	\$1,500,000.00	\$26,916.64	1.79%
25/Ene/1996	37.2300	0.3723	9.8722	151,942	0.16650	0.0478	\$1,500,000.00	\$15,287.05	1.02%
18/Ene/1996	41.3000	0.4130	9.8584	152,155	0.18470	0.0800	\$1,500,000.00	\$28,376.02	1.89%
11/Ene/1996	40.7400	0.4074	9.8603	152,126	0.18219	0.0572	\$1,500,000.00	\$20,013.56	1.33%

## ANEXO 3

### CÁLCULO DE LA DURACIÓN Y CONVEXIDAD PARA LOS CETES EN MÉXICO

**CONCEPTO: CETES A PLAZO DE 28 DÍAS**

PERIODO: 05/Ene/1995 al 15/mar/2001

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores (BMV) y cálculos propios

Días de madurez (Duración de Macaulay)	Precio del cupón
0.0778	10

	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
15/Mar/2001	0.0712	2.0008	0.0773	0.01197	\$10.0000	\$9.9449
08/Mar/2001	0.0711	2.0055	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9450
01/Mar/2001	0.0702	1.9695	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9457
22/Feb/2001	0.0753	2.0031	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9418
15/Feb/2001	0.0747	1.9675	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9422
08/Feb/2001	0.0805	2.0046	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9377
01/Feb/2001	0.0797	1.9904	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9384
25/Ene/2001	0.0815	1.9960	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9370
18/Ene/2001	0.0822	2.0323	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9364
11/Ene/2001	0.0763	1.9804	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9410
04/Ene/2001	0.0799	2.0066	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9383
28/Dic/2000	0.0787	2.0239	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9392
21/Dic/2000	0.0745	1.9987	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9424
14/Dic/2000	0.0747	1.9857	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9422
07/Dic/2000	0.0772	1.9798	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9403
30/Nov/2000	0.0809	2.0068	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9375
23/Nov/2000	0.0796	2.0081	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9385
16/Nov/2000	0.0781	2.0037	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9396
09/Nov/2000	0.0775	2.0050	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9401
01/Nov/2000	0.0766	2.0064	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9408
26/Oct/2000	0.0754	2.0173	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9417
19/Oct/2000	0.0725	2.0279	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9439
12/Oct/2000	0.0680	1.9994	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9474
05/Oct/2000	0.0681	2.0034	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9473
28/Sep/2000	0.0675	1.9886	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9478
21/Sep/2000	0.0693	2.0140	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9464
14/Sep/2000	0.0671	2.0111	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9481
07/Sep/2000	0.0654	1.9889	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9494
31/Ago/2000	0.0671	1.9872	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9481
24/Ago/2000	0.0691	1.9947	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9465
17/Ago/2000	0.0700	2.0121	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9459
10/Ago/2000	0.0681	2.0119	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9473
03/Ago/2000	0.0662	2.0386	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9487
27/Jul/2000	0.0606	1.9949	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9531
20/Jul/2000	0.0613	2.0116	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9525
13/Jul/2000	0.0597	1.9701	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9538
06/Jul/2000	0.0640	1.9246	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9505
29/Jun/2000	0.0761	2.0331	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9412

	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de Interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
22/Jun/2000	0.0705	2.0117	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9455
15/Jun/2000	0.0686	2.0185	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9469
08/Jun/2000	0.0657	1.9784	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9491
01/Jun/2000	0.0691	2.0025	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9465
25/May/2000	0.0687	2.0409	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9469
18/May/2000	0.0625	1.9829	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9516
11/May/2000	0.0650	2.0540	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9497
04/May/2000	0.0574	2.0024	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9555
27/Abr/2000	0.0571	1.9836	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9558
19/Abr/2000	0.0593	2.0167	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9541
13/Abr/2000	0.0571	1.9946	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9558
06/Abr/2000	0.0578	2.0013	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9553
30/Mar/2000	0.0576	1.9890	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9554
23/Mar/2000	0.0591	1.9967	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9543
16/Mar/2000	0.0595	1.9796	0.0774	0.01199	\$10.0000	\$9.9539
09/Mar/2000	0.0624	1.9696	0.0774	0.01198	\$10.0000	\$9.9517
02/Mar/2000	0.0669	1.9905	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9482
24/Feb/2000	0.0684	2.0014	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9471
17/Feb/2000	0.0682	1.9874	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9473
10/Feb/2000	0.0702	1.9652	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9457
03/Feb/2000	0.0760	2.0062	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9412
27/Ene/2000	0.0750	2.0207	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9420
20/Ene/2000	0.0715	2.0099	0.0773	0.01197	\$10.0000	\$9.9447
13/Ene/2000	0.0699	1.9786	0.0774	0.01197	\$10.0000	\$9.9460
06/Ene/2000	0.0734	2.0043	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9432
30/Dic/1999	0.0727	1.9887	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9438
23/Dic/1999	0.0746	2.0066	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9423
16/Dic/1999	0.0735	2.0077	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9432
09/Dic/1999	0.0722	1.9839	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9442
02/Dic/1999	0.0749	1.9857	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9421
25/Nov/1999	0.0774	2.0317	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9402
18/Nov/1999	0.0720	1.9883	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9443
11/Nov/1999	0.0739	1.9657	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9428
04/Nov/1999	0.0800	2.0039	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9382
28/Oct/1999	0.0793	1.9983	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9387
21/Oct/1999	0.0796	2.0236	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9385
14/Oct/1999	0.0754	1.9461	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9417
07/Oct/1999	0.0854	1.9877	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9340
30/Sep/1999	0.0878	1.9982	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9321
23/Sep/1999	0.0882	2.0015	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9319
15/Sep/1999	0.0879	1.9985	0.0772	0.01194	\$10.0000	\$9.9321
09/Sep/1999	0.0882	1.9976	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9319
02/Sep/1999	0.0887	2.0033	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9315
26/Ago/1999	0.0880	1.9882	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9320
19/Ago/1999	0.0904	1.9695	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9302
12/Ago/1999	0.0970	2.0234	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9251
05/Ago/1999	0.0919	2.0170	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9290
29/Jul/1999	0.0884	2.0075	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9317
22/Jul/1999	0.0868	1.9947	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9329

	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de Interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
15/Jul/1999	0.0879	2.0002	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9321
08/Jul/1999	0.0879	1.9833	0.0772	0.01194	\$10.0000	\$9.9321
01/Jul/1999	0.0913	1.9987	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9295
24/Jun/1999	0.0916	1.9745	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9293
17/Jun/1999	0.0971	2.0056	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9250
10/Jun/1999	0.0959	2.0159	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9260
03/Jun/1999	0.0924	2.0187	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9286
27/May/1999	0.0885	2.0011	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9316
20/May/1999	0.0883	1.9928	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9318
13/May/1999	0.0898	2.0033	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9306
06/May/1999	0.0891	2.0000	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9312
29/Abr/1999	0.0891	1.9987	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9312
22/Abr/1999	0.0894	1.9838	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9309
15/Abr/1999	0.0928	2.0059	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9283
08/Abr/1999	0.0915	1.9753	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9293
31/Mar/1999	0.0969	1.9866	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9252
25/Mar/1999	0.1000	2.0035	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9229
18/Mar/1999	0.0991	1.9586	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9235
11/Mar/1999	0.1091	1.9594	0.0771	0.01190	\$10.0000	\$9.9159
04/Mar/1999	0.1198	2.0011	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9077
25/Feb/1999	0.1195	1.9953	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9079
18/Feb/1999	0.1207	1.9486	0.0771	0.01187	\$10.0000	\$9.9070
11/Feb/1999	0.1359	1.9925	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8954
04/Feb/1999	0.1383	1.9705	0.0770	0.01184	\$10.0000	\$9.8936
28/Ene/1999	0.1480	1.9958	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8862
21/Ene/1999	0.1494	2.0092	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8851
14/Ene/1999	0.1463	2.0480	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8875
07/Ene/1999	0.1310	1.9726	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.8991
31/Dic/1998	0.1395	1.9901	0.0769	0.01184	\$10.0000	\$9.8926
24/Dic/1998	0.1428	1.9727	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8902
17/Dic/1998	0.1520	1.9880	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8832
10/Dic/1998	0.1563	1.9843	0.0768	0.01181	\$10.0000	\$9.8799
03/Dic/1998	0.1620	2.0500	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8755
26/Nov/1998	0.1444	2.0035	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8889
19/Nov/1998	0.1432	2.0004	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8898
12/Nov/1998	0.1431	1.9977	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8899
05/Nov/1998	0.1439	1.9872	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8893
29/Oct/1998	0.1482	1.9962	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8861
22/Oct/1998	0.1495	1.9611	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8851
15/Oct/1998	0.1635	1.9974	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8745
08/Oct/1998	0.1644	2.0283	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8737
01/Oct/1998	0.1541	1.9620	0.0769	0.01181	\$10.0000	\$9.8816
24/Sep/1998	0.1682	1.8952	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8709
17/Sep/1998	0.2140	2.1125	0.0765	0.01171	\$10.0000	\$9.8363
10/Sep/1998	0.1652	2.1336	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8731
27/Ago/1998	0.1215	2.0915	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9064
20/Ago/1998	0.0984	2.0102	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9241
13/Ago/1998	0.0961	2.0336	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9258
06/Ago/1998	0.0890	1.9974	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9313

	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
30/Jul/1998	0.0895	2.0004	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9309
23/Jul/1998	0.0894	2.0015	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9309
16/Jul/1998	0.0891	1.9916	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9312
09/Jul/1998	0.0908	2.0026	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9299
02/Jul/1998	0.0903	2.0151	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9303
25/Jun/1998	0.0872	1.9855	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9326
18/Jun/1998	0.0902	2.0228	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9304
11/Jun/1998	0.0856	1.9340	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9339
04/Jun/1998	0.0996	2.0656	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9231
28/May/1998	0.0856	2.0344	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9338
21/May/1998	0.0791	2.0069	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9388
14/May/1998	0.0779	2.0007	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9398
07/May/1998	0.0777	1.9829	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9399
30/Abr/1998	0.0809	1.9983	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9375
23/Abr/1998	0.0812	1.9688	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9373
16/Abr/1998	0.0872	1.9949	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9326
08/Abr/1998	0.0882	2.0007	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9318
02/Abr/1998	0.0881	1.9967	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9319
26/Mar/1998	0.0888	1.9731	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9314
19/Mar/1998	0.0945	2.0443	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9271
12/Mar/1998	0.0853	2.0027	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9341
05/Mar/1998	0.0847	1.9753	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9345
26/Feb/1998	0.0897	2.0218	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9307
19/Feb/1998	0.0853	2.0151	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9341
12/Feb/1998	0.0824	2.0257	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9363
04/Feb/1998	0.0777	2.0010	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9399
29/Ene/1998	0.0775	1.9990	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9401
22/Ene/1998	0.0777	1.9682	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9399
15/Ene/1998	0.0836	2.0068	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9354
08/Ene/1998	0.0823	1.9918	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9364
31/Dic/1997	0.0839	1.9949	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9352
24/Dic/1997	0.0848	2.0000	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9344
18/Dic/1997	0.0848	1.9918	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9344
11/Dic/1997	0.0864	2.0257	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9332
04/Dic/1997	0.0815	1.9556	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9370
27/Nov/1997	0.0902	1.9964	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9303
19/Nov/1997	0.0910	1.9828	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9297
13/Nov/1997	0.0947	2.0481	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9269
06/Nov/1997	0.0847	1.9566	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9345
30/Oct/1997	0.0936	2.0839	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9277
23/Oct/1997	0.0772	1.9871	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9403
16/Oct/1997	0.0795	2.0200	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9385
09/Oct/1997	0.0759	2.0085	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9413
02/Oct/1997	0.0745	1.9933	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9424
25/Sep/1997	0.0756	1.9501	0.0773	0.01196	\$10.0000	\$9.9415
18/Sep/1997	0.0848	2.0072	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9344
11/Sep/1997	0.0835	2.0274	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9355
04/Sep/1997	0.0784	1.9517	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9394
28/Ago/1997	0.0876	2.0115	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9324

	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
21/Ago/1997	0.0853	2.0083	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9341
14/Ago/1997	0.0837	2.0084	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9353
07/Ago/1997	0.0821	2.0157	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9366
31/Jul/1997	0.0792	1.9757	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9388
24/Jul/1997	0.0837	1.9879	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9353
17/Jul/1997	0.0861	2.0203	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9335
10/Jul/1997	0.0822	1.9642	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9365
03/Jul/1997	0.0892	1.9798	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9311
26/Jun/1997	0.0935	2.0182	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9278
19/Jun/1997	0.0896	1.9916	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9308
12/Jun/1997	0.0914	2.0247	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9294
05/Jun/1997	0.0863	2.0229	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9333
29/May/1997	0.0819	2.0057	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9367
22/May/1997	0.0808	1.9803	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9375
15/May/1997	0.0846	2.0126	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9347
08/May/1997	0.0822	1.9694	0.0773	0.01195	\$10.0000	\$9.9365
30/Abr/1997	0.0881	1.9887	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9319
24/Abr/1997	0.0905	1.9517	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9301
17/Abr/1997	0.1011	2.0060	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9220
10/Abr/1997	0.0997	2.0087	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9230
03/Abr/1997	0.0978	2.0260	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9245
27/Mar/1997	0.0921	1.9772	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9289
20/Mar/1997	0.0970	1.9715	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9251
13/Mar/1997	0.1036	2.0394	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9201
06/Mar/1997	0.0946	2.0562	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9269
27/Feb/1997	0.0831	1.9801	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9358
20/Feb/1997	0.0870	1.9949	0.0773	0.01194	\$10.0000	\$9.9328
13/Feb/1997	0.0881	1.9628	0.0772	0.01193	\$10.0000	\$9.9320
06/Feb/1997	0.0959	1.9908	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9259
30/Ene/1997	0.0980	1.9802	0.0772	0.01192	\$10.0000	\$9.9244
23/Ene/1997	0.1025	1.9991	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9209
16/Ene/1997	0.1028	1.9768	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9207
09/Ene/1997	0.1084	1.9744	0.0771	0.01190	\$10.0000	\$9.9164
02/Ene/1997	0.1150	1.9747	0.0771	0.01189	\$10.0000	\$9.9114
26/Dic/1996	0.1219	1.9981	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9061
19/Dic/1996	0.1224	2.0013	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9057
11/Dic/1996	0.1220	2.0043	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9060
05/Dic/1996	0.1208	1.9681	0.0771	0.01187	\$10.0000	\$9.9069
28/Nov/1996	0.1300	1.9887	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.8999
21/Nov/1996	0.1335	1.9994	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8972
14/Nov/1996	0.1337	2.0064	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8971
07/Nov/1996	0.1317	2.0016	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8986
31/Oct/1996	0.1312	2.0329	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.8990
24/Oct/1996	0.1216	2.0213	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9063
17/Oct/1996	0.1158	2.0565	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9107
10/Oct/1996	0.1017	1.9898	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9215
26/Sep/1996	0.1041	1.9981	0.0772	0.01191	\$10.0000	\$9.9197
19/Sep/1996	0.1046	1.9985	0.0772	0.01190	\$10.0000	\$9.9193
12/Sep/1996	0.1049	1.9643	0.0771	0.01190	\$10.0000	\$9.9191



	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
05/Sep/1996	0.1139	2.0190	0.0771	0.01189	\$10.0000	\$9.9122
29/Ago/1996	0.1090	2.0009	0.0771	0.01190	\$10.0000	\$9.9159
22/Ago/1996	0.1088	1.9608	0.0771	0.01190	\$10.0000	\$9.9161
15/Ago/1996	0.1191	1.9945	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9082
08/Ago/1996	0.1206	1.9506	0.0771	0.01187	\$10.0000	\$9.9071
01/Ago/1996	0.1351	2.0048	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8960
25/Jul/1996	0.1337	1.9578	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8971
18/Jul/1996	0.1473	2.0127	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8867
11/Jul/1996	0.1431	2.0252	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8900
04/Jul/1996	0.1350	2.0282	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8961
27/Jun/1996	0.1265	2.0093	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.9026
20/Jun/1996	0.1238	1.9802	0.0770	0.01187	\$10.0000	\$9.9046
13/Jun/1996	0.1296	2.0425	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.9002
06/Jun/1996	0.1175	2.0117	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9094
30/May/1996	0.1144	1.9904	0.0771	0.01189	\$10.0000	\$9.9118
23/May/1996	0.1169	1.9655	0.0771	0.01188	\$10.0000	\$9.9099
16/May/1996	0.1266	1.9662	0.0770	0.01186	\$10.0000	\$9.9025
09/May/1996	0.1368	1.9859	0.0770	0.01185	\$10.0000	\$9.8947
02/May/1996	0.1414	1.9966	0.0769	0.01184	\$10.0000	\$9.8912
25/Abr/1996	0.1425	1.9648	0.0769	0.01184	\$10.0000	\$9.8904
18/Abr/1996	0.1545	1.9652	0.0769	0.01181	\$10.0000	\$9.8813
11/Abr/1996	0.1674	2.0051	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8715
03/Abr/1996	0.1654	1.9777	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8730
28/Mar/1996	0.1741	1.9718	0.0767	0.01178	\$10.0000	\$9.8664
20/Mar/1996	0.1858	1.9848	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8575
14/Mar/1996	0.1924	2.0077	0.0766	0.01174	\$10.0000	\$9.8525
07/Mar/1996	0.1890	2.0221	0.0767	0.01175	\$10.0000	\$9.8551
29/Feb/1996	0.1796	1.9961	0.0767	0.01177	\$10.0000	\$9.8622
22/Feb/1996	0.1813	2.0104	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8610
15/Feb/1996	0.1770	2.0384	0.0767	0.01177	\$10.0000	\$9.8642
08/Feb/1996	0.1620	1.9975	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8756
01/Feb/1996	0.1629	1.9906	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8749
25/Ene/1996	0.1665	1.9549	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8722
18/Ene/1996	0.1847	2.0059	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8584
11/Ene/1996	0.1822	1.9597	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8603
04/Ene/1996	0.1999	1.9800	0.0766	0.01173	\$10.0000	\$9.8469
28/Dic/1995	0.2093	1.9793	0.0765	0.01171	\$10.0000	\$9.8398
21/Dic/1995	0.2195	1.9893	0.0765	0.01170	\$10.0000	\$9.8321
14/Dic/1995	0.2250	2.0181	0.0764	0.01169	\$10.0000	\$9.8280
07/Dic/1995	0.2158	1.9520	0.0765	0.01170	\$10.0000	\$9.8349
30/Nov/1995	0.2410	1.9933	0.0763	0.01166	\$10.0000	\$9.8160
23/Nov/1995	0.2448	1.9602	0.0763	0.01165	\$10.0000	\$9.8132
16/Nov/1995	0.2683	2.0438	0.0762	0.01161	\$10.0000	\$9.7956
09/Nov/1995	0.2426	2.0971	0.0763	0.01165	\$10.0000	\$9.8148
01/Nov/1995	0.1940	2.0116	0.0766	0.01174	\$10.0000	\$9.8514
26/Oct/1995	0.1889	2.0026	0.0767	0.01175	\$10.0000	\$9.8552
19/Oct/1995	0.1877	2.0324	0.0767	0.01175	\$10.0000	\$9.8561
11/Oct/1995	0.1742	2.0108	0.0767	0.01178	\$10.0000	\$9.8663
05/Oct/1995	0.1699	2.0487	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8695



	1	2	3	4	5	6
Periodo	Tasa de interés	Rendimiento esperado	Duración modificada	Convexidad	Precio del bono (vencimiento)	Factor de descuento (precio del bono)
28/Sep/1995	0.1519	2.0264	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8832
21/Sep/1995	0.1430	1.9733	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8900
14/Sep/1995	0.1521	2.0013	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8831
07/Sep/1995	0.1516	1.9812	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8835
31/Ago/1995	0.1583	2.0156	0.0768	0.01181	\$10.0000	\$9.8784
24/Ago/1995	0.1527	1.9918	0.0769	0.01182	\$10.0000	\$9.8826
17/Ago/1995	0.1556	1.9944	0.0768	0.01181	\$10.0000	\$9.8804
10/Ago/1995	0.1576	1.9898	0.0768	0.01181	\$10.0000	\$9.8789
03/Ago/1995	0.1614	1.9709	0.0768	0.01180	\$10.0000	\$9.8760
27/Jul/1995	0.1726	1.9769	0.0767	0.01178	\$10.0000	\$9.8675
20/Jul/1995	0.1820	1.9764	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8604
13/Jul/1995	0.1922	2.0151	0.0766	0.01175	\$10.0000	\$9.8527
06/Jul/1995	0.1856	2.0079	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8577
29/Jun/1995	0.1822	1.9642	0.0767	0.01176	\$10.0000	\$9.8602
22/Jun/1995	0.1979	1.9738	0.0766	0.01173	\$10.0000	\$9.8484
15/Jun/1995	0.2102	1.9541	0.0765	0.01171	\$10.0000	\$9.8391
08/Jun/1995	0.2336	2.0021	0.0764	0.01167	\$10.0000	\$9.8215
01/Jun/1995	0.2325	2.0347	0.0764	0.01167	\$10.0000	\$9.8224
25/May/1995	0.2147	1.9159	0.0765	0.01170	\$10.0000	\$9.8358
18/May/1995	0.2605	1.9802	0.0762	0.01162	\$10.0000	\$9.8014
11/May/1995	0.2727	1.9436	0.0762	0.01160	\$10.0000	\$9.7923
04/May/1995	0.3105	1.9873	0.0759	0.01153	\$10.0000	\$9.7642
27/Abr/1995	0.3198	1.9706	0.0759	0.01152	\$10.0000	\$9.7573
20/Abr/1995	0.3421	2.0000	0.0758	0.01148	\$10.0000	\$9.7408
12/Abr/1995	0.3421	2.0115	0.0758	0.01148	\$10.0000	\$9.7408
06/Abr/1995	0.3332	1.9971	0.0758	0.01150	\$10.0000	\$9.7474
30/Mar/1995	0.3354	1.9578	0.0758	0.01149	\$10.0000	\$9.7458
23/Mar/1995	0.3696	2.0014	0.0756	0.01143	\$10.0000	\$9.7205
16/Mar/1995	0.3684	2.1525	0.0756	0.01143	\$10.0000	\$9.7214
09/Mar/1995	0.2593	2.0670	0.0762	0.01163	\$10.0000	\$9.8023
02/Mar/1995	0.2223	1.9255	0.0765	0.01169	\$10.0000	\$9.8301
23/Feb/1995	0.2639	2.1688	0.0762	0.01162	\$10.0000	\$9.7989
16/Feb/1995	0.1789	2.0555	0.0767	0.01177	\$10.0000	\$9.8628
09/Feb/1995	0.1574	2.0337	0.0768	0.01181	\$10.0000	\$9.8790
02/Feb/1995	0.1457	1.9445	0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8880
26/Ene/1995	0.1655	1.9773	0.0768	0.01179	\$10.0000	\$9.8729
19/Ene/1995	0.1744	1.9890	0.0767	0.01178	\$10.0000	\$9.8662
12/Ene/1995	0.1789	2.0835	0.0767	0.01177	\$10.0000	\$9.8628
05/Ene/1995	0.1476		0.0769	0.01183	\$10.0000	\$9.8865

112