

00681  
3  
2



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CONTADURIA Y  
ADMINISTRACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



LA EFICIENCIA DEL MODELO DE EVALUACION DE PRECIOS  
DE ARBITRAJE (APT): EL CASO MEXICANO

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN ADMINISTRACION

ORGANIZACION  
PRESENTA

GREGORIO HERRERA SANTIAGO

ASESOR: DR. PABLO CESAR RODRIGUEZ MENDOZA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

ENERO 2000

275410



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN  
OFICIO: PPCA/EG/2000  
ASUNTO: Envío oficio de nombramiento de jurado de Doctorado

ING. LEOPOLDO SILVA GUTIERREZ  
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
DE ESTA UNIVERSIDAD  
Presente.

ATN.: BIOL. FRANCISCO JAVIER INCERA UGALDE  
JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACION DEL POSGRADO

Me permito hacer de su conocimiento, que el alumno GREGORIO HERRERA SANTIAGO, presentará Examen de Grado dentro del plan del doctorado en Administración (Organizaciones), toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo y su tesis, por lo que el Dr. Alejandro Purón Mier y Terán, Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

DRA. BEATRIZ CASTELAN GARCIA	PRESIDENTE
DR. FRANCISCO BALLINA RIOS	VOCAL
DR. RAUL CONDE HERNANDEZ	VOCAL
DR. HECTOR SALAS HARMS	VOCAL
DR. PABLO CESAR RODRIGUEZ MENDOZA	SECRETARIO
DR. RUBEN ISRAEL SHIFFMAN KATZ	SUPLENTE
DR. ABDOLREZA RASHNAVADY NODJOURI	SUPLENTE

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 21 de febrero del 2000.  
EL COORDINADOR DEL PROGRAMA

  
DR. ALEJANDRO PURÓN MIER Y TERÁN



## **Agradecimientos**

**A mis padres:**  
Por darme todo  
cuanto soy.

**A mi esposa e hijas:**  
Por todo su apoyo y  
comprensión en el  
logro de esta meta.

**A mis maestros:**  
Por compartir sus conocimientos  
experiencias conmigo.

**A quienes han extendido su mano  
generosa sin buscar recompensa.**

# i Índice

I INDICE .....	2
II ABSTRACT .....	5
III RESUMEN .....	6
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1.1 <i>Objetivos de la investigación</i> .....	12
1.1.2 <i>Preguntas de investigación</i> .....	13
1.1.3 <i>Justificación</i> .....	14
1.1.4 <i>Viabilidad del proyecto</i> .....	18
<b>2 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 MODELO DE FIJACIÓN DE PRECIOS DE LOS ACTIVOS DE CAPITAL (CAPM) .....	19
2.1.1 <i>Derivación del modelo de fijación de precios de los activos de capital (CAPM)</i> .....	19
2.1.2 <i>Una prueba del modelo de equilibrio de activos financieros</i> .....	25
2.1.3 <i>Validez y papel del modelo de equilibrio de activos financieros</i> .....	32
2.1.4 <i>Contrastación del modelo de equilibrio de activos financieros</i> .....	33
2.1.5 <i>Hipótesis de partida del modelo de equilibrio de activos financieros</i> .....	36
2.2 LOS MERCADOS EFICIENTES Y EL MODELO DE FIJACIÓN DE PRECIOS DE LOS ACTIVOS DE CAPITAL (CAPM) .....	37
2.2.1 <i>Forma débil de eficiencia</i> .....	39
2.2.2 <i>Forma semifuerte de eficiencia</i> .....	39
2.2.3 <i>Forma fuerte de eficiencia</i> .....	40
2.2.4 <i>La conexión entre el CAPM y la hipótesis de los mercados eficientes</i> .....	42
2.3 MODELOS DE FACTOR .....	44
2.3.1 <i>Modelos de factor para estimar la volatilidad de los rendimientos</i> .....	46
2.3.1.1 <i>Modelo de un sólo factor</i> .....	46
2.3.1.2 <i>La fórmula simplificada para la varianza del portafolio en el modelo de un sólo factor</i> .....	50
2.4 MODELOS MULTIFACTOR .....	55
2.4.1 <i>Derivación del modelo de fijación de precios de arbitraje (APT)</i> .....	57
2.5 EVIDENCIA EMPÍRICA .....	65
2.6 COMPARACIÓN DEL CAPM Y DEL APT .....	70
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA QUE INDUCEN DIFERENCIALES EN LOS RENDIMIENTOS ESPERADOS .....	73
2.7.1 <i>Riesgo</i> .....	73
2.7.2 <i>Liquidez</i> .....	74
2.7.3 <i>Precio</i> .....	74
2.7.4 <i>Crecimiento potencial</i> .....	75
2.7.5 <i>Factores técnicos</i> .....	75
2.7.6 <i>Rezagos</i> .....	76
2.8 MODELOS AUTOREGRESIVOS Y DE REZAGOS DISTRIBUIDOS .....	77
2.8.1 <i>Estimación de Modelos de Rezagos Distribuidos</i> .....	78
2.8.1.1 <i>Estimación ad hoc de modelos de rezagos distribuidos</i> .....	79
2.8.1.2 <i>El enfoque de Koyck para modelos de rezagos distribuidos</i> .....	81
2.8.1.3 <i>Enfoque de Almon en los modelos de rezagos distribuidos: Rezago polinomial de Almon</i> .....	84
2.8.1.3.1 <i>Ventajas del modelo de Almon</i> .....	86
2.8.1.3.2 <i>Desventajas del modelo</i> .....	87
2.9 REGRESIÓN MÚLTIPLE (RM) Y CORRELACIÓN .....	88
2.9.1 <i>El análisis de regresión múltiple</i> .....	88
2.9.1.1 <i>Interpretación de la ecuación de regresión múltiple</i> .....	89
2.9.1.2 <i>Métodos de regresión lineal</i> .....	90
2.9.1.2.1 <i>Pruebas de significancia de los estimadores</i> .....	91
2.9.1.3 <i>Supuestos del modelo de regresión lineal</i> .....	92

2.9.1.3.1	Supuesto 1: El valor esperado condicional del error es cero.	92
2.9.1.3.2	Supuesto 2: No existe correlación entre los errores. (No autocorrelación)	93
2.9.1.3.3	Supuesto 3: 1.a varianza del término de error es constante (Homocedasticidad)	95
2.9.1.3.4	Supuesto 4: No existe correlación entre el error y la variable explicatoria.	96
2.9.1.3.5	Supuesto 5: No existe correlación entre las X <sub>i</sub> (Multicolinealidad)	97
2.9.1.4	Regresión múltiple por etapas	98
2.9.1.4.1	El Método de selección hacia adelante	99
2.9.1.4.2	El Método de eliminación hacia atrás	100
2.9.1.5	El Modelo que predice mejor	101
2.9.2	<i>El análisis de correlación múltiple.</i>	104
2.9.2.1	El Coeficiente de determinación múltiple	105
2.9.2.2	Pruebas de significancia de los estimadores	107
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>108</b>
3.1	DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACION	108
3.2	FÓRMULACION DE LAS HIPÓTESIS	109
3.2.1	<i>Establecimiento de las hipótesis</i>	109
3.3	IDENTIFICACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	109
3.4	DIAGRAMA DE RELACIÓN CAUSAL	111
3.5	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	112
3.5.1	<i>Validez interna y externa</i>	113
3.5.1.1	Validez interna	113
3.5.1.2	Validez Externa	115
3.6	SELECCION DE LA MUESTRA	117
3.7	RECOLECCION DE LOS DATOS	119
3.7.1	<i>El Proceso de Recolección de datos</i>	119
3.7.2	<i>Requisitos que debe cubrir un instrumento de medición</i>	119
3.7.2.1	La validez	120
3.7.2.1.1	Evidencia relacionada con el contenido	120
3.7.2.1.2	Evidencia relacionada con el criterio	120
3.7.2.1.3	Evidencia relacionada con el constructo	121
3.7.2.2	Cálculo de la validez	122
3.7.2.2.1	Cálculo de la validez de contenido	122
3.7.2.2.2	Cálculo de la validez de criterio	122
3.7.2.2.3	Cálculo de la validez de constructo	122
3.7.2.3	La confiabilidad	123
3.7.2.3.1	Medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest)	123
3.7.2.3.2	Método de formas alternativas o paralelas	124
3.7.2.3.3	Método de mitades partidas ( <i>split-halves</i> )	124
3.7.2.3.4	Coefficiente alfa de Cronbach	124
3.7.2.3.5	Coefficiente KR-20	125
3.7.3	<i>Datos</i>	126
3.7.3	<i>Escala de medición</i>	129
3.7.4	<i>Instrumentos e indicadores</i>	131
3.8	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	132
3.8.1	<i>Selección de pruebas estadísticas</i>	132
3.8.2	<i>Procesamiento de datos</i>	134
3.8.2.1	Análisis de correlación y regresión	134
3.8.2.1.1	Modelo con datos originales	134
3.8.2.2	Modelo con un período de rezago	140
3.8.2.3	Modelo con dos períodos y tres períodos de rezago	141
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>142</b>
4.1	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	142
4.1.1	<i>Prueba de hipótesis para el coeficiente de correlación poblacional</i>	144
4.2	ANÁLISIS DE REGRESIÓN	145
4.2.1	<i>Prueba de hipótesis de significancia de los estimadores (<math>\beta</math>)</i>	146
4.2.2	<i>Prueba de hipótesis de significancia de los modelos de regresión</i>	149

4.2.3 Comprobación de la validez de los supuestos de la regresión .....	152
4.2.3.1 El valor esperado condicional del error es cero. (Supuesto 1) .....	152
4.2.3.2 La covarianza de los errores es cero (Supuesto 2) .....	152
4.2.3.3 La varianza del término de error permanece constante. (Supuesto 3) .....	157
4.2.3.4 No hay correlación entre el error y las variables explicatoria (Supuesto 4) .....	159
4.2.3.5 No existe correlación entre las variables explicatorias X, (Supuesto 5) (Multicolinealidad) .....	160
4.2.4. Predicción .....	163
4.2.4.1 Prueba de significancia de la diferencia de medias .....	173
4.2.4.1.1 Prueba de hipótesis para la diferencia de medias .....	173
<b>5 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>178</b>
5.1 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	178
5.2 CONCLUSIONES GENERALES .....	185
<b>ANEXOS.....</b>	<b>187</b>
A1.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS CORRIDAS DE REGRESION .....	187
A2.- TABLAS ESTADÍSTICAS.....	187
A3.- GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	187
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>188</b>

## ***ii Abstract***

In this research a multifactor model was developed in order to test the Arbitrage Pricing Theory (APT) in the Mexican financial markets.

The test consisted in analyzing the daily and monthly behavior of macroeconomic factors for a six year period. With the analysis, it was determined that relevant factors such as Mexican Stock Exchange Index, differences between long and short range interest rates, oil prices and the gross national product were to be included in the model in order to predict the security returns in the Mexican Stock Exchange.

The study starts describing a theoretical framework used to define the problem. Ten factors (independent variables) were included in the initial multifactor model. After that, a multicorrelation statistical analysis was developed in order to remove those highly correlated factors.

The multiple regression model (multifactorial model) was used to estimate the security returns, nevertheless the model efficiency could not be tested.

On the other hand it was found that both the Arbitrage Pricing Model (APT) and the Capital Asset Pricing Model (CAPM) overvalue the security returns. Also, it could be tested that the differences between average returns computed with APT and CAPM were significantly different.

### ***iii Resumen***

En la investigación se desarrolla un modelo multifactorial para probar la eficiencia del modelo de valuación de precios de arbitraje (APT) en el mercado financiero mexicano. La prueba consistió en analizar el comportamiento mensual de los factores macroeconómicos durante un período de seis años e identificar y seleccionar aquellos que son relevantes para formar parte del modelo utilizado para estimar los rendimientos de 35 emisoras que integran el índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

El estudio inicia con la descripción general del marco teórico que sirve de referencia para enmarcar y delimitar el problema. Con base en los antecedentes, se proponen diez factores macroeconómicos para integrar el modelo multifactorial y posteriormente se desarrollan las pruebas estadísticas para seleccionar los factores, estadísticamente relevantes, que se incluyeron en el modelo.

El modelo general multifactorial quedó integrado por los factores: 1) Índice de precios y cotizaciones, 2) *Diferencias de Tasas*, 3) *Precios del Petróleo* y 4) *Producto Interno Bruto*. De la aplicación del modelo multifactorial se desprendió que el rendimiento de 33 de las 35 emisoras tan sólo lo explica el IPyC, del cual no se encontró suficiente evidencia empírica para aplicarse en el contexto mexicano.

No obstante, se pudo demostrar que el APT sobrevalúa el rendimiento de las emisoras y que comparado con el método fijación de precios de los activos de capital (CAPM), éste

último tiende a sobrevalorarlo con mayor intensidad. Asimismo, pudo demostrarse que los rendimientos de las emisoras son estadísticamente diferentes si se calculan ya sea utilizando el APT o con el CAPM.

## 1 Introducción

Durante el ejercicio de la profesión y la práctica de la docencia, en el área de las finanzas, se han tenido que utilizar conceptos y modelos financieros, tales como el modelo de valuación de activos de capital (CAPM), el costo de oportunidad, la tasa interna de rendimiento (TIR) y el costo promedio ponderado de capital (WACC) para calcular el riesgo y rendimiento de activos financieros que sirvan de base para tomar decisiones sobre alternativas de inversión, financiamiento y también para estimar el valor de las empresas. Si bien han sido definidos teóricamente y probados, se han tenido que aceptar porque son de uso común generalizado, con pleno conocimiento de que presentan debilidades técnicas que provocan desviaciones en los resultados esperados, o que funcionan bajo supuestos irreales en los mercados financieros.

No obstante lo anterior, se considera totalmente factible aplicar, con éxito, un modelo de valuación para el contexto mexicano y probar sus bondades, como el que se propone en la presente investigación: Modelo de Valuación de Precios de Arbitraje.

El Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM), fue utilizado por primera vez por Sharpe<sup>1</sup> en 1964, para medir la rentabilidad de un activo financiero en función de los rendimientos promedios del mercado. Este modelo se ha cuestionado a lo largo del tiempo, sin embargo, no ha logrado ser desplazado.

La crítica principal que se le hace al modelo, es que para estimar los rendimientos de un valor, sólo se toma como referencia un factor que es el rendimiento promedio del portafolio del mercado.

Desde la publicación de la investigación del CAPM el tema ha sido muy controvertido, hasta el punto de que cientos de investigadores se han dado a la tarea de demostrar las fallas del modelo, pero no han sido capaces de sustituirlo. Una de las propuestas que se han presentado para encontrar el rendimiento de un valor ha sido la Teoría de Precios de Arbitraje, por sus siglas en inglés (APT), siendo su promotor inicial Ross<sup>2</sup>, quien asevera que en la medida de que se consideren otros factores macroeconómicos en el modelo para estimar los rendimientos, el resultado será más robusto y se eliminará gran cantidad de riesgo en la estimación.

El problema que no ha sido resuelto es la identificación universal de los factores que integran el modelo.

Messuti, Alvarez y Graffi<sup>3</sup> opinan que si el APT no supera una determinada prueba empírica podría deberse simplemente a la incorrecta elección del conjunto de factores y no necesariamente a que el modelo sea inadecuado.

Es por ello que la estructura de esta investigación se integró de la siguiente forma: en el capítulo 1 se plantea el problema, describiendo los objetivos y las preguntas de investigación. Asimismo, se desarrollan la justificación y viabilidad del proyecto. En el

capítulo 2 se presenta el marco teórico ubicando en primer término la sustentación del modelo CAPM y los supuestos que subyacen en él, debido a que es el que dio origen a todas las demás postulaciones científicas sobre el mismo tema; enseguida, se describen los modelos multifactor, el cuál incluye al APT y sus evidencias empíricas. Finalmente, en este apartado se presenta la teoría estadística relacionada con el análisis de correlación y regresión.

En el capítulo 3 se detalla la metodología utilizada en la investigación e incluye: la definición del tipo de investigación; la formulación de las hipótesis; el diseño de la investigación; las etapas estadísticas que van desde la selección de la muestra, recolección de datos, hasta el procesamiento y el análisis de la información.

En el capítulo 4 se presentan los resultados generados con los modelos estadísticos y se hace la validación de las pruebas e hipótesis estadísticas.

Por último en el capítulo 5 se escriben las conclusiones de la investigación y de la tesis, así como las recomendaciones pertinentes.

Con la finalidad de facilitar la lectura y comprensión de la tesis, se enumeraron todas las ecuaciones utilizadas a lo largo del documento y en los anexos se incluyen los cuadros estadísticos que resumen los resultados de los procedimientos estadísticos, la base de datos, las tablas estadísticas y un glosario de los términos más comunes las ecuaciones

## ***1.1 Planteamiento del problema***

En esta investigación se plantea el reto de indagar si el modelo de valuación de precios de arbitraje se aplica en el contexto mexicano, para estimar los rendimientos de los activos financieros y contrastar los resultados con los que se obtendrían a través del modelo de valuación de activos de capital. Asimismo se busca identificar y cuantificar las diferencias entre los resultados que arroja cada método con la finalidad de obtener información para la toma de decisiones en materia de financiamiento e inversión de las empresas.

## **1.1.1 Objetivos de la investigación**

- 1.1.1.1 Demostrar que el modelo de Valuación de Precios de Arbitraje (APT) es aplicable en el contexto mexicano con mayor eficiencia que el Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM).
- 1.1.1.2 Cuantificar el tamaño de la diferencia, si la hubiera, entre los resultados que arroja el Modelo de Teoría de Precios de Arbitraje (APT) y el Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM), cuando se desea estimar el rendimiento de un activo financiero.
- 1.1.1.3 Conocer cuál es el impacto financiero de las diferencias entre los modelos, si las hubiera, para las empresas de cualquier sector de la producción que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV)
- 1.1.1.4 Identificar cuáles indicadores macroeconómicos, incorporados al modelo de Teoría de Precios de Arbitraje, determinan con mayor precisión los rendimientos de un activo financiero o de un portafolio de valores en México.

## **1.1.2 Preguntas de investigación**

**1.1.2.1** ¿Habrán diferencias en las 35 empresas que integran el Índice de Precios y Cotizaciones (IPyC) de la Bolsa Mexicana de Valores en cuanto al rendimiento de los activos financieros, si se calculan utilizando la Teoría de Precios de Arbitraje (APT) y/o el Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM)?

**1.1.2.2** ¿En cuanto es significativa la diferencia entre los rendimientos, en caso de que la hubiera?

**1.1.2.3** ¿Cómo impacta a las 35 empresas que forman el IPyC de la BMV la utilización del modelo APT?

**1.1.2.4** ¿Cuáles variables macroeconómicas determinan con mayor precisión el rendimiento de los activos financieros de las 35 empresas que integran el IPyC de la BMV?

### 1.1.3 Justificación

Todos los agentes económicos que participan en las actividades de una comunidad, o un país, requieren inevitablemente, de recursos para el desarrollo de su actividad. El origen de los recursos puede provenir de los propietarios, socios, o de una reinversión de las utilidades o bien, de la aportación de terceros, de acreedores, etc., que buscan colocar parte de sus recursos excedentes en opciones de inversión que generen rendimientos atractivos.

Las entidades demandantes de recursos, generalmente, tienen proyectos de desarrollo que les ayudarán a lograr sus objetivos estratégicos o tácticos, por tal razón, una evaluación racional y objetiva de la tasa de descuento o rendimiento a utilizar les dará información para la toma de decisiones, ya sea en la adquisición, sustitución o venta de activos.

Durante el proceso de selección de alternativas de inversión se requiere hacer un planteamiento del beneficio esperado sobre la inversión, para lo cual es indispensable contar con una tasa de rendimiento o de descuento, que satisfaga las expectativas de los inversionistas. Es muy común escuchar y leer en la bibliografía sobre estos temas que, una buena aproximación a la tasa de referencia es el costo promedio ponderado de capital actual del negocio; otro instrumento mencionado con relativa frecuencia es el costo de oportunidad de la inversión; hay quienes sugieren que se debería utilizar como referencia el rendimiento del mercado; otros más proponen una tasa neta de rendimiento que

garantice el patrimonio de los inversionistas y que además cubra las contingencias macroeconómicas.

Una vez que se ha definido la tasa de rendimiento para valuar la inversión, ésta se convertirá, en algunos casos, en un elemento para descontar los flujos futuros que generará la inversión; en otras ocasiones se utilizará para comparar las opciones de rentabilidad que le ofrece el mercado contra el beneficio que le generará la inversión.

Por otro lado, la entidad económica también debe de identificar las alternativas de financiamiento y seleccionar aquellas que le ofrezcan mejores condiciones tales como: tasa de interés, plazo, costos relacionados con la comisión por la apertura de contratos, costos de colocación, etc., elementos que en su conjunto integran el costo de financiamiento de cada alternativa. Sin embargo, debido a que los recursos provienen de múltiples fuentes externas se debe seleccionar el portafolio de fuentes que minimice el costo total.

Además, los propietarios del capital quienes promovieron la actividad económica buscan generar mayor valor económico para su negocio y consecuentemente obtener mayor valor sobre su inversión. Requieren también fijar políticas adecuadas sobre dividendos y reinversión de utilidades; en este proceso juega un papel muy importante el costo de oportunidad de cada alternativa.

La estructura financiera de las empresas también se ve influida por los costos de las fuentes de financiamiento y por el impacto que tiene el apalancamiento en los múltiplos financieros. Los costos de financiamiento y las tasas de rentabilidad esperadas por los accionistas juegan un papel preponderante en la definición de la estructura.

Es por lo anterior, que el costo promedio ponderado de capital (WACC), es otra alternativa para la toma de decisiones financieras y este indicador es el resultado de la proporción de recursos propios y externos y sus relativos costos.

Dentro del contexto señalado anteriormente, el modelo de valuación de activos de capital (CAPM) ha servido como base para determinar la tasa de rendimiento que sirve de referencia para la toma de decisiones. Como se explicó también, el modelo ha sido severamente cuestionado por considerar un sólo factor en el cálculo. Una de las alternativas al modelo de un sólo factor, es el modelo de valuación de la teoría de precios de arbitraje (APT), el cual considera varios factores macroeconómicos para explicar el rendimiento de los valores.

Con la construcción del modelo de precios de arbitraje para el mercado mexicano se medirá el efecto de las desviaciones económicas de los modelos tradicionales, así como su impacto en los diferentes sectores de la producción. Está implícita la identificación de factores determinantes que influyen en las variaciones de los rendimientos de las empresas.

Una vez conocida la subvaluación o sobrevaluación del modelo APT con relación al CAPM, se podrá estimar, con mayor precisión, la volatilidad de los rendimientos debida al modelo que se utiliza, así como asignar la probabilidad de generar resultados en el tiempo y valuarlos con mayor objetividad.

Desde el punto de vista teórico, a la fecha, ha quedado pendiente la generalización de los factores que se deben incluirse en el modelo multifactorial, ya que la mayoría de los investigadores que han abordado este tema han tratado de ajustar el modelo con las variables macroeconómicas locales respectivas. Por consiguiente, esta investigación se enfocó a la búsqueda de esas variables significativas que respalden la evidencia empírica encontrada en otros países.

#### **1.1.4 Viabilidad del proyecto**

El Proyecto se realizó tomando como base la información sobre los rendimientos de las empresas que se utilizan para calcular el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores y debido a que la información de esas empresas, es del dominio público, no existe restricción alguna para consultar las fuentes de información. Además, la información económica relacionada con los factores, también es de carácter público, lo cual permitió su acceso. Así mismo, existe una gran cantidad de documentos que soportan la teoría así como evidencias empíricas que hacen factible la documentación del apoyo teórico.

## 2 Marco Teórico

Debido a que la Teoría de Precios de Arbitraje fue propuesta como consecuencia de las aplicaciones y críticas del Modelo de Fijación de Precios de los activos de capital, este capítulo se estructura siguiendo la evolución histórica de los modelos y se complementa, cuando es necesario, con otras teorías y estudios relevantes para la presente investigación.

### ***2.1 Modelo de fijación de precios de los activos de capital (CAPM)***

#### **2.1.1 Derivación del modelo de fijación de precios de los activos de capital (CAPM)<sup>4</sup>**

El CAPM se desarrolla en un mundo hipotético, donde se hacen los siguientes supuestos acerca de los inversionistas y del conjunto de oportunidades de la cartera:

1. Los inversionistas son individuos que tienen aversión por el riesgo y que maximizan la *utilidad esperada de su riqueza de fin de período*.
2. Los inversionistas son tomadores de precios y tienen expectativas homogéneas acerca de los rendimientos de activos que tienen una distribución normal conjunta.
3. Existe un activo libre de riesgo tal, que los inversionistas pueden pedir en préstamo o prestar montos ilimitados a la tasa libre de riesgo.
4. Las cantidades de todos los activos riesgosos son fijas. Además, todos los activos son negociables y perfectamente divisibles.

5. Los mercados de activos están libres de fricciones, la información no tiene costo alguno y está al alcance de todos los inversionistas.
6. No existen imperfecciones de mercado como impuestos, leyes o restricciones sobre ventas en corto.

Aunque todos estos supuestos son prácticamente irrealistas, casi la totalidad se han aceptado sin cambiar las propiedades importantes del CAPM.

Sabemos que si existe un equilibrio, los precios de todos los activos deben ajustarse hasta que todos sean sostenidos por los inversionistas. No puede haber una demanda en exceso. En otras palabras, los precios deben establecerse de modo que la oferta de todos los activos sea igual a la demanda por obtenerlos.

Así en equilibrio, la cartera de mercado se formará de todos los activos mantenidos en proporción con el peso de su valor con:

$$w_i = \frac{\text{Valor de mercado del activo individual "i"}}{\text{Valor de mercado de todos los activos}} \quad \text{ecuación (1)}$$

Una cartera que consista de "a" %, invertido en el activo riesgoso "i" y (1-a)% en la cartera de mercado, tendrá la siguiente media y desviación estándar:

$$E(R_p) = aE(R_i) + (1 - a)E(R_M) \quad \text{ecuación (2)}$$

$$\sigma(R_p) = [a^2 \sigma_i^2 + 2a(1 - a)\sigma_{iM} + (1 - a)^2 \sigma_M^2]^{1/2} \quad \text{ecuación (3)}$$

Es importante señalar que la cartera de mercado ya contiene el activo "i", mantenido de acuerdo con el peso de su valor en el mercado. El cambio en la media y en la desviación estándar con respecto al porcentaje de la cartera, "a", invertido en el activo "i" se determina tomando las derivadas parciales de las ecuaciones con respecto a "a":

$$\delta E(R_p) = E(R_i) - E(R_M) \quad \text{ecuación (4)}$$

$$\delta \sigma(R_p) = \frac{1}{2} \left[ \sigma(R_p) = [a^2 \sigma_i^2 + 2a(1-a)\sigma_{iM} + (1-a)^2 \sigma_M^2]^{-1/2} \times \right. \\ \left. [2a\sigma_i^2 + 2\sigma_{iM} - 4a\sigma_{iM} - 2\sigma_M^2 + 2a\sigma_M^2] \right] \quad \text{ecuación (5)}$$

El elemento que nos permite usar los hechos anteriores para determinar un precio del mercado en equilibrio para el riesgo, es que, en equilibrio, la cartera de mercado ya tiene el peso,  $w_i$ , por ciento, invertido en el activo riesgoso "i". Por consiguiente, el porcentaje "a" en las ecuaciones anteriores puede interpretarse como la demanda en exceso de un activo individual riesgoso. Pero sabemos que en equilibrio, la demanda en exceso para cualquier activo debe de ser cero (es decir,  $a = 0$  en equilibrio). Los precios se ajustarán hasta que todos los activos sean mantenidos de acuerdo con el valor de mercado de sus pesos. Por consiguiente, podemos evaluar las ecuaciones 4 y 5 donde la demanda en exceso, "a", es igual a cero. El resultado será la relación de fijación del precio en equilibrio:

$$\left. \frac{\delta E(R_p)}{\delta a} \right|_{a=0} = E(R_i) - E(R_M)$$

$$\left. \frac{\delta \sigma(R_p)}{\delta a} \right|_{a=0} = \frac{1}{2} [\sigma_{iM}^2]^{-1/2} [-2\sigma_{iM}^2 + 2\sigma_{iM}^2] = \frac{\sigma_{iM} - \sigma_M^2}{\sigma_M}$$

La pendiente de la intercompensación riesgo - rendimiento, evaluada en el punto M, en equilibrio de mercado es:

$$\frac{\delta E(R_i) / \delta \alpha}{\delta \sigma(R_i) / \delta \alpha} \Big|_{\alpha=1} = \frac{E(R_i) - E(R_M)}{(\sigma_M^2 - \sigma_i^2) / \sigma_M} \quad \text{ecuación (6)}$$

El indicio final consiste en darse cuenta de que la pendiente del conjunto de oportunidad 'IMI' en la gráfica 1, en el punto M, debe ser igual a la pendiente de la línea recta del mercado de capitales (CML).

La línea de mercado de capitales es también una descripción del mismo equilibrio de mercado.

$$\text{Pendiente del CML} = \frac{E(R_M) - R_f}{\sigma_M} \quad \text{ecuación (7)}$$

Las ecuaciones 6 y 7 son diferentes, aunque también constituyen definiciones equivalentes de la pendiente de las líneas tangentes al conjunto de oportunidad 'IMI' en el punto M.

Al igualarlas, tenemos:

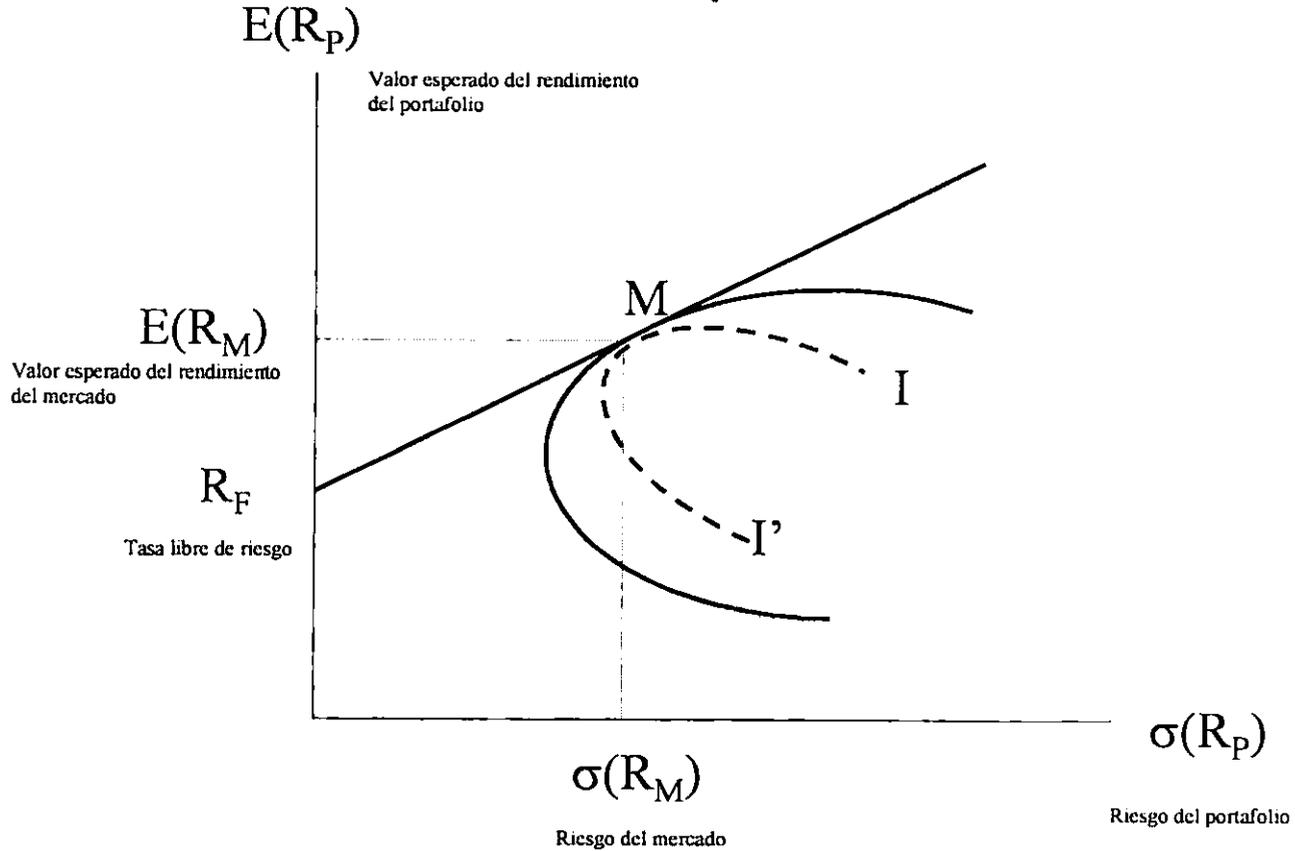
$$\frac{E(R_M) - R_f}{\sigma_M} = \frac{E(R_i) - E(R_M)}{(\sigma_M^2 - \sigma_i^2) / \sigma_M}$$

y si despejamos E(Ri) de la siguiente manera, se obtiene el modelo de fijación de precios de los activos de capital:

$$E(R_i) = R_f + [E(R_M) - R_f] \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2} \quad \text{ecuación (8 = CAPM)}$$

Rendimiento esperado = Tasa libre de riesgo + Prima de riesgo de mercado x Beta

Gráfica # 1: Conjunto de oportunidades proporcionadas por el activo riesgoso e ineficaz "I" y la cartera del mercado "M"



Esta es la tasa de rendimiento en equilibrio requerida sobre cualquier activo y es igual a la tasa libre de riesgo ( $R_F$ ) más una prima de riesgo [ $E(R_M - R_F)$ ], la cual es una función de la covarianza (o sensibilidad) del  $i$ -ésimo activo respecto de las variaciones en los índices de la cartera de mercado (Beta).

## 2.1.2 Una prueba del modelo de equilibrio de activos financieros<sup>5</sup>

Brealey & Myers hacen una recomendación para todos aquellos que están interesados en la integración de portafolios de inversión y sugieren la revisión de cuatro principios básicos para la selección de carteras:

1. Los inversionistas prefieren una rentabilidad esperada alta y una desviación típica baja. Las carteras de acciones ordinarias que ofrecen la rentabilidad esperada más alta para una desviación típica dada, son conocidas como carteras eficientes.
2. Si quiere conocer el impacto marginal de una acción sobre el riesgo de una cartera, no debe evaluar el riesgo de la acción de forma aislada, sino su contribución al riesgo de la cartera. Esta contribución depende de la sensibilidad de las acciones a las variaciones en el valor de cartera.
3. La sensibilidad de una cartera a las variaciones en el valor de la cartera de mercado es conocida como beta. Beta, por tanto, mide la contribución marginal de una acción al riesgo de la cartera de mercado.
4. Si los inversionistas pueden endeudarse y prestar al tipo de interés libre de riesgo, deberían mantener siempre una combinación de la inversión libre de riesgo y de una cartera determinada de acciones ordinarias. La composición de esta cartera de acciones depende únicamente de las expectativas de los inversionistas respecto a las perspectivas de cada acción y no de su actitud ante el riesgo. Si no existiese

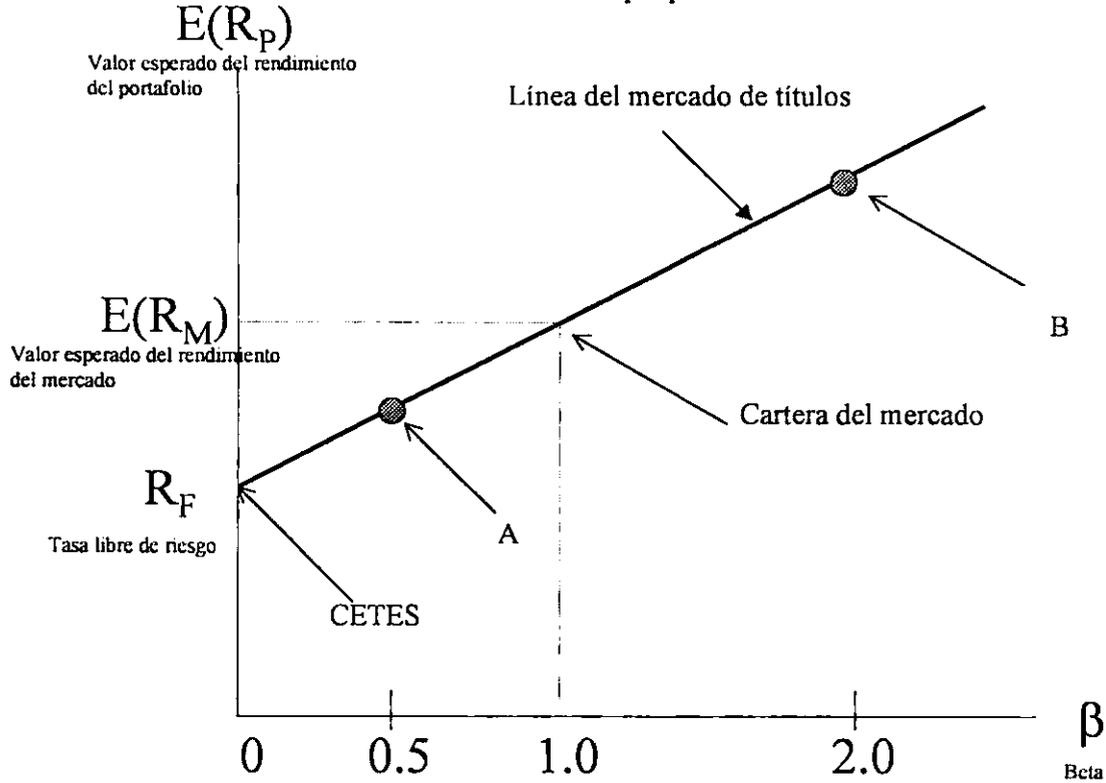
información confidencial todos los inversionistas deberían tener la misma cartera de acciones. en otras palabras, deberían tener la cartera de mercado.

Si todo el mundo tiene una cartera del mercado, y si la beta mide la contribución de cada título al riesgo del mercado, no es una sorpresa que la prima por riesgo demandada por los inversionistas sea proporcional a beta.

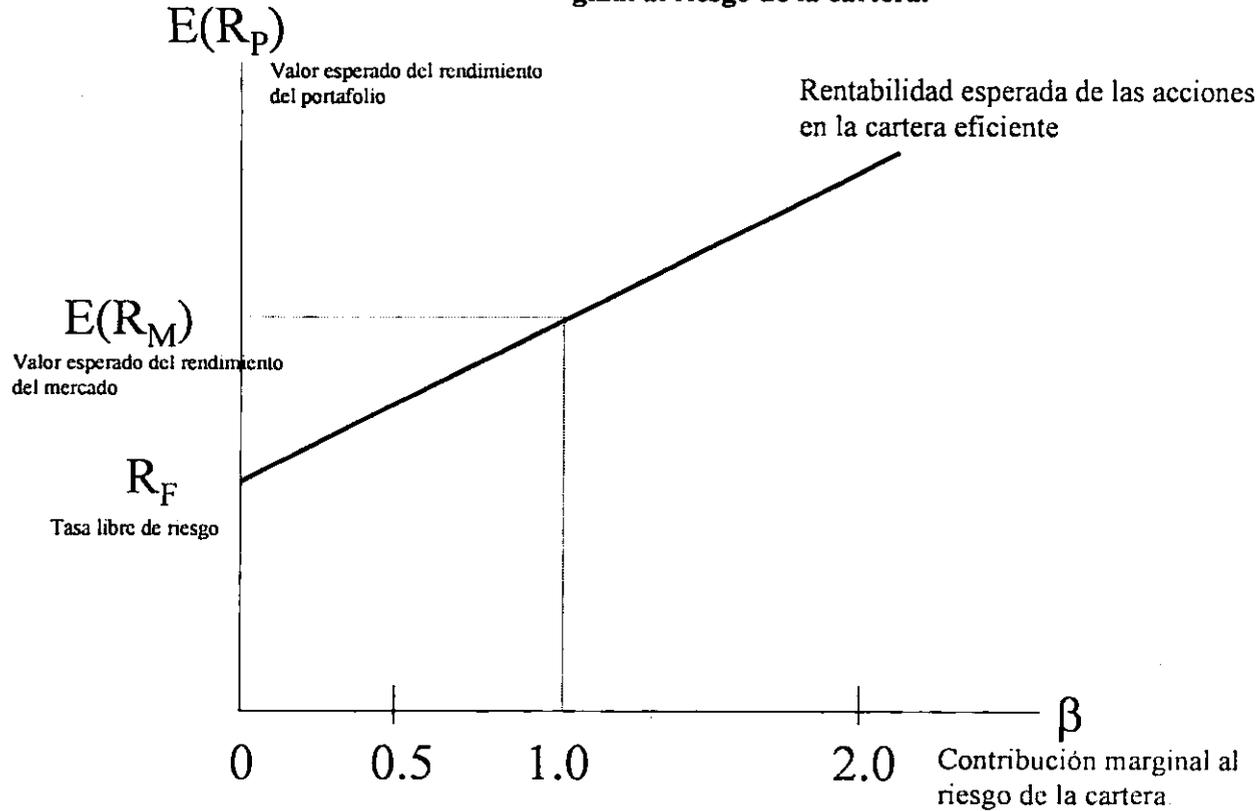
Las primas por riesgo siempre reflejan la contribución al riesgo de la cartera. Por ejemplo, al construir una cartera, algunas acciones añadirán riesgo a la cartera y, por tanto, únicamente se comprará si aumenta también la rentabilidad esperada. Con otras acciones se reducirá el riesgo de la cartera y se estará, por tanto, dispuesto a adquirirlas aunque reduzcan también la rentabilidad esperada de la cartera. Si la cartera elegida es eficiente, cada una de sus inversiones deberá significar lo mismo. Así, si una acción tiene un efecto marginal sobre el riesgo de la cartera mayor que otra, tendrá que tener también una rentabilidad esperada proporcionalmente mayor. Esto significa que si se representa gráficamente la rentabilidad esperada de cada acción frente a su contribución marginal al riesgo de su cartera eficiente, descubriría que las acciones se sitúan sobre una línea recta, como en la gráfica 2.

Esta es siempre la conclusión: si una cartera es eficiente, ha de existir una relación lineal entre la rentabilidad esperada de cada acción y su contribución marginal al riesgo de la cartera. Lo inverso es cierto también: si no existe una relación lineal, la cartera no es eficiente.

Gráfica # 2 El CAPM establece que la prima esperada de riesgo para cada inversión es proporcional a su beta.



**Gráfica # 3 Si la cartera es eficiente, cada acción debería estar sobre la línea recta enlazando la rentabilidad esperada de la acción con su contribución marginal al riesgo de la cartera.**

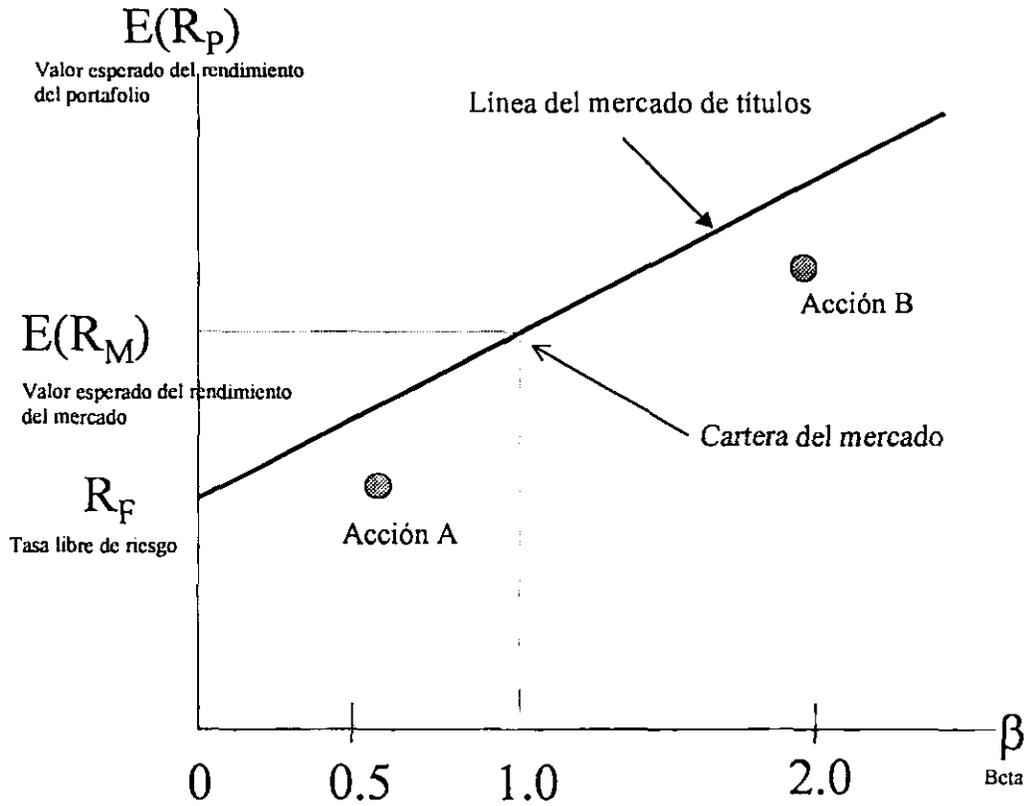


Ahora puede ver que las gráficas 2 y 3 son idénticas si la cartera eficiente en la gráfica 3 es la cartera de mercado. (la beta de un título mide su contribución marginal al riesgo de la cartera de mercado). Por tanto, en el modelo de equilibrio de activos financieros subyace la hipótesis de que la cartera de mercado es eficiente. Como ya hemos visto, esto será así si cada inversionista tiene la misma información y dispone de las mismas oportunidades que todos los demás. En estas circunstancias, cada inversionista debería tener la misma cartera que los demás, en otras palabras, todos los inversionistas invertirían en la cartera de mercado.

¿Qué ocurriría con un título que no siguiese la línea del mercado?

La acción A en la gráfica 4, ¿Se compraría? Esperamos que no; si se quisiera una inversión con una beta de 0.5, podría conseguir una rentabilidad esperada mayor invirtiendo la mitad del capital en instrumentos que ofrezcan tasas libres de riesgo y la otra mitad en la cartera del mercado. Si todo el mundo comparte las mismas expectativas para la acción, el precio de A tendrá que bajar hasta que la rentabilidad esperada iguale a lo que puede conseguir en cualquier otra parte.

Gráfica # 4 En equilibrio, ninguna acción puede estar bajo la línea de mercado



¿Qué sucede con la acción B de la gráfica 4?, ¿Tendrá alta rentabilidad?; por supuesto que no es así, dado que sólo se conseguiría una rentabilidad esperada mayor por la misma beta, endeudándose 50 centavos de cada peso del capital e invirtiendo en la cartera del mercado. De nuevo, si todo el mundo está de acuerdo con su valoración, el precio de la acción B no se podrá mantener, tendrá que bajar hasta que la rentabilidad esperada de B sea igual a la rentabilidad esperada de la combinación de endeudarse e invertir en la cartera de mercado.

Se ha demostrado teóricamente que un inversionista puede obtener siempre una prima por riesgo esperado de  $\beta (r_m - r_f)$  manteniendo una mezcla de cartera de mercado y un préstamo libre de riesgo. Así, en los mercados eficientes nadie mantiene una acción que ofrece una prima por riesgo esperado menor que  $\beta (r_m - r_f)$ . Pero ¿qué pasa con la otra probabilidad? ¿Hay acciones que ofrecen una prima por riesgo esperada mayor?. En otras palabras, hay algunas que están encima de la línea de mercado en la gráfica 4. Si tomamos todas las acciones juntas, tenemos la cartera de mercado. Por tanto, sabemos que las acciones en promedio están en la línea. Ya que ninguna acción está bajo la línea, *tampoco puede haber ninguna que esté encima* de la misma. Así, todas y cada una de las acciones *deben estar en la línea de mercado* y ofrecer una prima por riesgo esperada de:

$$r - r_f = \beta(r_m - r_f) \quad \text{ecuación (9)}$$

### 2.1.3 Validez y papel del modelo de equilibrio de activos financieros<sup>6</sup>

Cualquier modelo económico es una representación simplificada de la realidad. Necesitamos simplificar con el fin de interpretar qué es lo que ocurre a nuestro alrededor. Pero también necesitamos saber qué confianza podemos tener en nuestro modelo.

Comencemos con algunas cuestiones sobre las que existe un amplio acuerdo. En primer lugar, poca gente pone en duda la idea de que los inversionistas exigen cierta rentabilidad extra por asumir riesgo. Esta es la razón por la que las acciones ordinarias proporcionan por término medio una rentabilidad más elevada que los Certificados de la Tesorería o que las letras del Tesoro de los Estados Unidos. ¿Quién desearía invertir en acciones ordinarias arriesgadas si ofrecieran únicamente la misma rentabilidad esperada que los CETES?

En segundo lugar, parece que a los inversionistas les preocupa fundamentalmente aquellos riesgos que no pueden eliminarse vía diversificación. Si no fuera así, podríamos deducir que los precios de las acciones deberían aumentar siempre que dos empresas se fusionasen para diluir sus riesgos. Y deduciríamos también que las sociedades de inversión que invierten en acciones de otras empresas debieran ser más valoradas que las acciones que tienen en cartera. Pero no se observa ninguno de estos fenómenos. Las fusiones de diversificación no incrementan los precios de las acciones y las sociedades de inversión no están valoradas más alto que las acciones que poseen.

El modelo de equilibrio de activos financieros integra estas ideas de forma sencilla. Esta es la razón por la que muchos directivos financieros consideran que dicho modelo es la herramienta más conveniente a la hora de justificarse ante la resbaladiza noción de riesgo. Y es también la razón por la que los economistas utilizan a menudo el modelo de equilibrio de activos financieros para demostrar las ideas importantes en el campo de las finanzas aún cuando haya otros caminos para justificar estas ideas.

Pero lo anterior no significa que el modelo de equilibrio de activos financieros sea dogma de fe. Observaremos posteriormente que tiene varias características insatisfactorias y veremos algunas teorías alternativas. Hasta el presente no han sido probadas, lo suficiente, las teorías alternativas ni si van a tener éxito; o si los nuevos modelos de riesgo y rentabilidad sean mejores.

#### **2.1.4 Contrastación del modelo de equilibrio de activos financieros**

*El último contraste de cualquier modelo estriba en si explica o no los hechos.* Desafortunadamente se presentan dos problemas a la hora de contrastar el modelo de equilibrio de activos financieros. Primero, el relativo a las rentabilidades esperadas, ya que únicamente podemos observar rentabilidades reales. Las rentabilidades de la acción reflejan expectativas, pero también incluyen muchas perturbaciones: un cúmulo de sorpresas que lleva a algunas acciones a desviaciones típicas de 30 o 40 por ciento al año.

Segundo, la cartera de mercado debería de incluir todas las inversiones con riesgo, incluidas acciones, obligaciones, mercancías, inmuebles, incluso capital humano. La mayoría de los índices de mercado contienen únicamente una muestra de las acciones ordinarias<sup>7</sup>.

Ningún estudio ha abordado adecuadamente el segundo problema. Sin embargo, un trabajo de Fama y MacBeth<sup>8</sup> soslaya los principales errores que se cometen al tener que trabajar con rentabilidades reales en lugar de esperadas.

Fama y MacBeth agruparon todas las acciones de la Bolsa de Nueva York en 20 carteras. Luego representaron gráficamente la beta estimada de cada cartera por período de cinco años, entre 1935 y 1968 y la rentabilidad media de la cartera para el período de los siguientes cinco años. Los resultados arrojaron que la beta estimada de cada cartera es suficientemente indicativa para los inversionistas acerca de su rentabilidad futura.

Si el modelo de equilibrio de activos financieros es correcto, los inversionistas no deberían esperar que alguna de estas carteras proporcionase mejores o peores resultados que una combinación comparable de CETES o letras del tesoro Norteamericano con la cartera del mercado. Por tanto, la rentabilidad esperada de cada cartera, dada la rentabilidad del mercado, debería encontrarse sobre las líneas de mercado de cada portafolio.

Se pudo observar que los rendimientos reales de las carteras de Fama y MacBeth se colocaron aproximadamente a lo largo de estas líneas, pero es interesante conocer por qué las carteras no se colocan exactamente sobre las líneas. ¿Es esto debido a que el modelo de equilibrio de activos financieros es sólo una aproximación a los mercados reales? ¿O es porque los contrastes no son apropiados? (Fama y MacBeth trabajan con rentabilidades reales, mientras que el modelo de equilibrio de activos financieros está basado en expectativas; además, Fama y MacBeth no incluían todos los activos riesgosos en su índice de mercado).

Las betas calculadas utilizando un índice del mercado de acciones parecen sugerir algo sobre la rentabilidad esperada, pero no se puede estar seguro de lo que se encontraría si se calculan las betas utilizando la cartera completa del mercado con todos los activos riesgosos.

*Hay otros caminos para comprobar el modelo de equilibrio de activos financieros. Si se considera que el modelo es equivalente a decir que la cartera del mercado es eficiente. Las carteras eficientes ofrecen una rentabilidad esperada mayor para sus riesgos. Esto no significa que siempre suministrarán a sabiendas la mayor rentabilidad, pero al menos alerta si alguna pérdida podría deberse tan sólo a la mala suerte. Esto da lugar a que los índices de las acciones ordinarias del mercado no sean carteras eficientes.*

El modelo de equilibrio de activos financieros también predice que la beta sólo es la razón por la que la rentabilidad esperada difiere. Pero se tienen algunas evidencias de que la rentabilidad media de las acciones de pequeñas empresas ha sido sustancialmente mayor que la predicha por el modelo de equilibrio de activos financieros.

### 2.1.5 Hipótesis de partida del modelo de equilibrio de activos financieros<sup>9</sup>

Al introducir el modelo de equilibrio de activos financieros se asumen una serie de hipótesis que no se han discutido suficientemente. Por ejemplo, se partió del supuesto de que la inversión en Certificados de la Tesorería (CETES) están libres de riesgo. Es verdad que hay una pequeña probabilidad de insolvencia con estos instrumentos, pero éstas no garantizan una rentabilidad real. Siempre está presente el riesgo de inflación.

Otro supuesto fue que los inversionistas pueden tomar prestado dinero al mismo tipo de interés al que pueden prestar. Generalmente los tipos de interés sobre el endeudamiento son mayores que los de préstamo.

Esto hace que muchos de los supuestos no sean relevantes y que con un ligero cambio, sea posible modificar el modelo de equilibrio de activos financieros para incluirlos. El supuesto realmente importante que subyace en el modelo, es la hipótesis de que los inversionistas están satisfechos con invertir su dinero en un número limitado de carteras básicas.

Con estas modificaciones del CAPM la rentabilidad esperada todavía depende del riesgo del mercado, pero la definición del riesgo del mercado depende de la naturaleza de las carteras básicas. En la práctica ninguno de estos modelos alternativos de equilibrio de capital financiero es tan usado como la versión original.

## **2.2 Los Mercados eficientes y el modelo de fijación de precios de los activos de capital (CAPM)<sup>10</sup>**

La hipótesis de los mercados eficientes es una de las ideas fundamentales en las finanzas. Desafortunadamente, el calificativo "eficiente" resulta engañoso debido a que parece implicar que un mercado es eficiente, del mismo modo que una máquina cualquiera pudiera serlo. Dada esta posible confusión se debe hablar de *mercados que son operacionalmente eficientes* y *mercados que son informativamente eficientes*.

Un *mercado es operacionalmente eficiente* si trabaja de modo fluido, con demoras limitadas. Por ejemplo, si se puede transmitir rápidamente las órdenes provenientes de todas partes del mundo con pocas posibilidades de errores en la comunicación y si esas órdenes se pueden ejecutar y confirmar con rapidez.

Sin embargo, *un mercado puede ser operacionalmente eficiente sin ser informativamente eficiente*. En este tipo de mercado los pedidos se manejarían con gran fluidez, pero los precios del mercado se ajustarían despacio a la nueva información. Para los fines de esta tesis, el concepto básico de eficiencia es la eficiencia informativa, y el estudio de la eficiencia se relaciona sólo con ella. Teniendo en mente esta restricción, se puede definir un mercado informativamente eficiente como:

*"Un mercado es eficiente con relación a la información disponible si en todo momento los precios del mercado reflejan por completo toda esa información"*<sup>11</sup>

En la definición anterior, la frase “reflejan por completo” es de suma importancia ya que si los precios del mercado realmente reflejan por completo la información disponible, ello significa que los precios ya se han ajustado totalmente a los niveles congruentes con la nueva información.

Si el mercado es eficiente con relación a cierta información, esto también implica que esa información no se puede usar para seguir una estrategia de negocios para “ganarle al mercado”, debido a que si los precios ya se han ajustado por completo para reflejar la información determinada disponible, entonces no hay posibilidad de utilizarla en forma ventajosa en la negociación; es decir, cualquier parte de esa información ya estaría reflejada en los precios del mercado.

En su artículo clásico Eugene Fama distingue tres formas de eficiencia de los mercados<sup>12</sup>.

- 1.- Forma débil de eficiencia
- 2.- Forma semifuerte de eficiencia
- 3.- Forma fuerte de eficiencia

Cada una de estas tres versiones de eficiencia es diferente, debido a que cada una afirma que el mercado es eficiente con relación a un conjunto distinto de información disponible.

Incluye además, las noticias de los medios masivos de comunicación. Puesto que la hipótesis de la eficiencia semifuerte especifica que los precios del mercado reflejan toda la información pública disponible, esto incluye también toda la información del mercado.

La eficiencia de un mercado es semifuerte si los precios en ese mercado, en todo momento, reflejan por completo toda la información pública. La información pública incluye todos los informes publicados, ya sea en los diarios, en la prensa financiera o en las publicaciones y boletines del gobierno.

### **2.2.2 Forma semifuerte de eficiencia.**

*Un mercado es eficientemente débil si sus precios reflejan por completo la información disponible que incluye toda la información histórica del mercado. La información incluye la historia completa de los precios del mercado, cifras de volumen, la cantidad de posiciones en descubierta existentes y otra información similar. En este tipo de mercado, toda esta información no es útil para dirigir una estrategia de negociación. El análisis de este tipo de información se conoce como el análisis técnico, por lo que si el mercado es débil en términos de eficiencia, el análisis técnico no tiene validez, al menos desde el punto de vista de tratar de ganar dinero.*

### **2.2.1. Forma débil de eficiencia.**

### 2.2.3 Forma fuerte de eficiencia.

*Un mercado es fuerte eficientemente si sus precios reflejan por completo toda información: la del mercado, la pública, así como la privada.* La información privada es la información que proporcionan los funcionarios del gobierno o personal interno de una empresa y que aún no se ha hecho pública. Por ejemplo, los miembros del gabinete económico deciden la política económica, fiscal y monetaria del país. Este tipo de información o decisiones no se revelan de inmediato al público. Hasta que se haga un anuncio oficial, los miembros del gabinete tienen “información privilegiada”.

La versión de la forma fuerte de la hipótesis del mercado eficiente, implica que ésta información privilegiada ya está reflejada en los precios de las acciones. La consecuencia más importante de esta afirmación, si es cierta, es que este tipo de información no se podría utilizar para generar utilidad de una negociación que “le gane al mercado”. Como lo indica el nombre, la afirmación de la forma fuerte de eficiencia es realmente muy fuerte.



## 2.2.4 La conexión entre el CAPM y la hipótesis de los mercados eficientes.

Existe una relación íntima entre el CAPM y la hipótesis de los mercados eficientes<sup>12</sup>.

Fundamentalmente, el CAPM especifica la norma del mercado para la realización entre el riesgo y el rendimiento esperado y las pruebas de la hipótesis de los mercados eficientes buscan situaciones en las que se viole la relación señalada.

Como un ejemplo, si algunas acciones se negocian por igual en las Bolsas de Valores de México y Nueva York y suponiendo que por el momento no existen costos de operación y ambas bolsas están abiertas durante la mayor parte de la jornada bursátil. En el caso particular de que una acción de TV AZTECA se estuviera negociando en \$ 105 en México y en \$ 100 en Nueva York.

Ante esta situación, un corredor puede comprar en forma simultánea la acción en la Bolsa de Nueva York y venderla en México sin riesgo alguno y sin capital. La operación no tendría riesgos debido a que ambas operaciones se realizarían en forma simultánea y no se requeriría capital debido a que las dos operaciones quedarían terminadas en el mismo momento. El resultado sería una utilidad de \$ 5 por acción en una operación que no tuvo riesgo alguno y que no requirió de capital. Este tipo de operación se conoce como una *Operación de Arbitraje*.

Kolb<sup>14</sup> se pregunta ¿ Podría existir alguna oportunidad de realizar operaciones de arbitraje de acuerdo al CAPM?. La respuesta la apoya en la línea característica del mercado. Una inversión sin riesgos debería de ganar la tasa libre de riesgo: sin embargo, la tasa libre de riesgo es para inversiones a lo largo de un período de tiempo. Por lo anterior, de acuerdo al CAPM no deberían de existir las oportunidades de arbitraje.

La existencia de oportunidades de arbitraje significaría que hay oportunidades rentables no explotadas en el mercado. En un sentido más estricto, la presencia de oportunidades de arbitraje quiere decir que hay dinero en el suelo y nadie lo quiere levantar.

### **2.3 Modelos de factor<sup>15</sup>**

Para calcular el conjunto eficiente se necesita estimar el rendimiento esperado y la covarianza entre los valores disponibles en la población. Una manera de obtener estas estimaciones es tomar muestras de rendimientos pasados. Por ejemplo, la tasa mensual de rendimiento puede ser estimada por el promedio mensual de una serie de rendimientos pasados. La covarianza entre dos valores puede estimarse a través de la covarianza muestral, sobre la misma serie mensual de rendimientos.

Aunque esta es la manera más común de obtener estos estimadores, se tienen algunos problemas. La media muestral de los rendimientos de las acciones son inestables e irrealistas como estimadores de la verdadera tasa de rendimiento. Con la finalidad de reducir el error muestral, el estimador muestral también requiere de una serie histórica grande de rendimientos. Desafortunadamente, entre más lejano sea el horizonte de tiempo que se tome como referencia, hacia atrás, los rendimientos de las acciones no reflejarán las características actuales de la empresa. Por ejemplo, la empresa pudo haberse fusionado recientemente o haber cambiado significativamente su estructura de capital adicionando más deuda. Dado lo anterior, la empresa hoy tiene un carácter significativamente diferente de su pasado. Es muy probable que la serie de rendimientos futuros sea significativamente diferente a la de su pasado.

En adición, la fórmula de la varianza del portafolio bajo el enfoque de Markowitz, utiliza la matriz de covarianza de los rendimientos de las acciones consideradas en la población. Cuando la población es grande la matriz también será muy grande, y el número de cálculos requeridos puede convertirse en un problema con algunas complicaciones.

Para proveer mejores estimaciones de covarianzas y rendimientos esperados y reducir la complejidad del cálculo en la estimación de la volatilidad del portafolio, se pueden emplear los modelos de factor.

Los factores de covarianza son variables (tasa de inflación, el crecimiento del PIB, etc.) los cuales inducen al precio de las acciones (y a las tasas de rendimiento de las acciones) a subir y bajar de período en período. Diversas acciones responden a movimientos en los factores de covarianza de diferente manera. Las variaciones en las respuestas finalmente determinan el diferencial en las covarianzas de los rendimientos entre diversas acciones.

Los factores de rendimiento esperados son características de la empresa (tamaño de la empresa, liquidez, etc.), los cuales pueden ser de utilidad en la explicación (y finalmente en la predicción) de porqué sistemáticamente algunas empresas generan mayores rendimientos, en promedio, que otras.

## 2.3.1 Modelos de factor para estimar la volatilidad de los rendimientos.

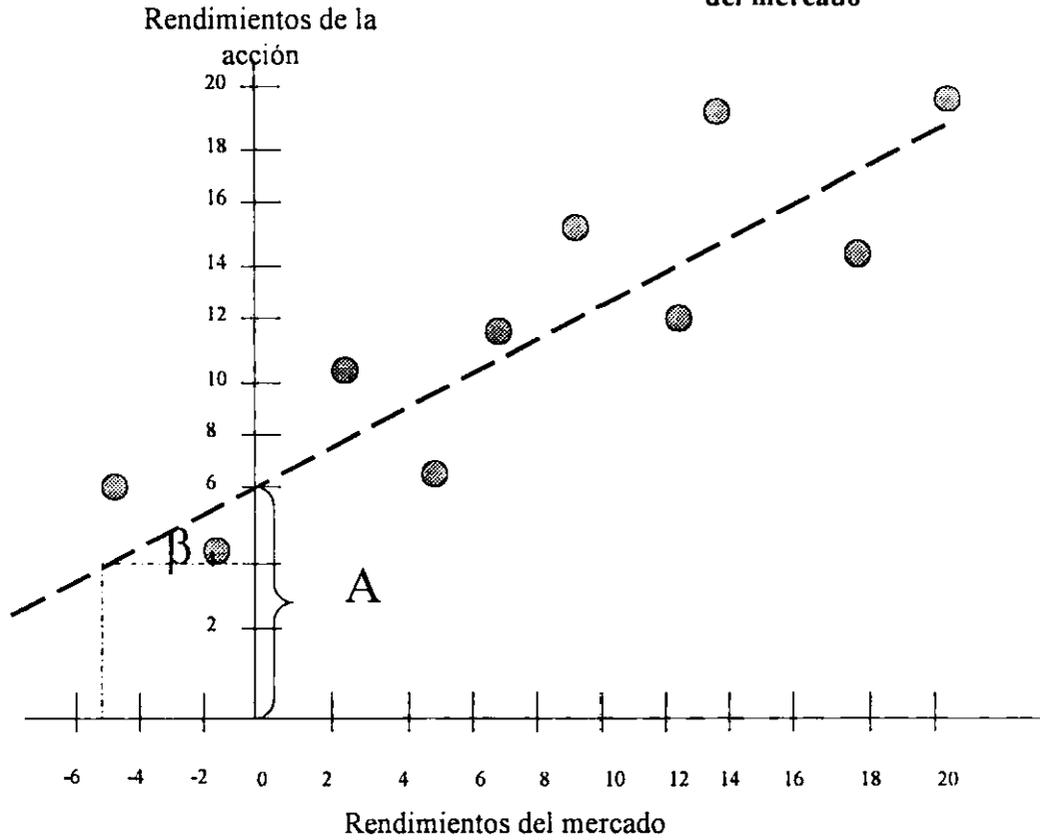
### 2.3.1.1 Modelo de un sólo factor<sup>16</sup>.

En esencia, el modelo de un sólo factor supone que los rendimientos de un valor están correlacionados por únicamente una razón. Cada valor se supone que responde, en algunos casos más y en otros menos, al efecto de un sólo factor, el cual normalmente es el portafolio del mercado.

Cuando el portafolio del mercado tiene un movimiento significativo hacia arriba, casi todas las acciones suben con él. El precio de unas acciones sube más que el de otras, pero a medida que observamos el movimiento del precio de las acciones en el tiempo, se supone que la variabilidad en el portafolio del mercado cuenta por todos los comovimientos que vemos entre las acciones. Esto es, de hecho, el supuesto del modelo de un sólo factor: *El modelo supone que todos los números en la matriz de covarianza pueden ser contados por la razón de que todas las acciones están respondiendo al efecto de esta única fuerza común.*

Para definir con mayor precisión el supuesto de un sólo factor, considere la gráfica # 6 donde se relacionan los rendimientos sobre una acción seleccionada arbitrariamente con los rendimientos del portafolio del mercado. La línea punteada que atraviesa la gráfica es la línea que mejor ajusta (minimizando la suma de las desviaciones al cuadrado de cada observación con respecto a la línea), o hace una estimación de la línea característica de las

Gráfica # 6 Relación entre los rendimientos de una acción y los rendimientos del mercado



acciones. El intercepto de la línea característica está dado por  $\Lambda$ , y la pendiente por el factor beta,  $\beta$ .

La tasa de rendimiento de la acción en cualquier mes puede ser escrita como :

$$r_t = \Lambda + \beta r_{M,t} + \varepsilon_t, \quad \text{ecuación (10)}$$

donde  $r_t$  es la tasa de rendimiento de un valor o portafolio ,  $r_{M,t}$  es la tasa de rendimiento del portafolio del mercado y  $\varepsilon_t$  son los residuales.

El modelo de un sólo factor supone implícitamente que dos tipos de eventos producen, período a período, la variabilidad de los rendimientos de las acciones. El primer tipo de eventos se definirán como *macroeventos*. Como ejemplos se pueden citar, un cambio inesperado en la tasa de inflación, un cambio en la tasa de descuento de los CETES, o una variación en la tasa líder del mercado. En cualquier caso, *los macroeventos son generales en su impacto, afectan a casi todas las empresas en un grado u otro y pueden tener un efecto sobre el nivel general de precios de las acciones*. Ellos producen un cambio en la tasa de rendimiento del portafolio del mercado e inducen cambios en las tasas de rendimiento de los valores individuales.

Un segundo tipo de eventos que producen variabilidad en el rendimiento de un valor, en el modelo de un sólo factor, es de naturaleza micro. Los *microeventos* tienen un *impacto sobre las empresas individuales pero no generalizan su impacto en otras empresas*.

Como ejemplos de ellos, se tienen el descubrimiento de un nuevo producto o la ocasional obsolescencia de uno existente. Se pueden incluir también una huelga, un incendio o la muerte de una persona clave en la empresa. Estos eventos afectan a una empresa en lo particular. Se supone que estos no tienen impacto sobre otras empresas y que no tienen efecto sobre el valor del portafolio de mercado o sobre su tasa de rendimiento.

Los microeventos afectan la tasa de rendimiento sobre un valor individual. Ellos provocan que el rendimiento de una acción sea mayor o menor que lo normal, dada la tasa de rendimiento producida por el portafolio del mercado en un periodo. *Los microeventos, por lo tanto se presume, son la causa aparente de los residuales o desviaciones en la línea característica.*

Otros tipos de eventos han sido considerados por el modelo. Uno podría ser referido como un *Evento Industrial*, a un evento que tiene un impacto generalizado sobre muchas de las empresas en una industria determinada, *pero no tiene un impacto significativo sobre la economía general o sobre el valor del portafolio del mercado.* Los eventos de esta naturaleza también pueden, conceptualmente, causar la aparición de un residual, pero el modelo de un sólo factor supone que los residuales siempre son causados por los microeventos.

El escenario anterior es consistente con el supuesto de que los residuales o términos de shock para diferentes empresas no tienen correlación con otro.

Dado el supuesto del modelo de un sólo factor, podemos reescribir la fórmula de covarianza entre dos valores cualquiera, J y K como lo señala Haugen:

$$\text{Cov}(r_j, r_k) = \beta_j \beta_k \sigma^2(r_M) \quad \text{ecuación (11)}$$

El lado derecho de esta ecuación es el producto de tres términos. El tercero, es la varianza de la tasa de rendimiento del mercado, que especifica la magnitud de los movimientos del mercado o la fuerza de su impacto; los primeros dos son los factores beta para los dos valores, que especifican el grado en el cual cada uno de los valores responde al impacto.

### 2.3.1.2 La fórmula simplificada para la varianza del portafolio en el modelo de un sólo factor.

Sobre las bases de los supuestos y condiciones anteriores, podemos derivar una fórmula alternativa para la varianza de un portafolio que es mucho menos demandante en términos de tiempo para la estimación y el cálculo. Empezamos por notar que después de pasar una línea que mejor ajusta a través de los puntos que representan pares de rendimientos entre valores o rendimientos de portafolio y rendimientos de mercado, como en la gráfica # 6, siempre podemos dividir la varianza de los rendimientos de un portafolio en dos partes:

$$\sigma^2(r) = \beta^2 \sigma^2(r_M) + \sigma^2(\varepsilon) \quad \text{ecuación (12)}$$

Varianza total = Riesgo sistemático + Varianza residual (Riesgo no S)  
 = Varianza explicada + Varianza no explicada

El primer término sobre el lado derecho de la ecuación #12 es llamado el riesgo sistemático de la inversión. Bajo los supuestos del modelo de un sólo factor, *explica la parte de la varianza del valor que no puede ser diversificado*. Esta parte de la varianza es asociada con la varianza de un portafolio bien diversificado de varias acciones. El segundo término es llamado varianza del residual o riesgo no sistemático. *Representa la parte de la varianza de un valor que desaparece si diversificamos*. Esto se debe principalmente porque la varianza del residual o la varianza de un portafolio es menor que el promedio ponderado de las varianzas de los valores en el portafolio.

Podemos ver en la ecuación anterior, que la variabilidad en los rendimientos es calculada por dos elementos: *el riesgo sistemático* calculado para una parte de la variabilidad total. Esta parte resulta cuando los movimientos del mercado atraen el valor a lo largo de su línea característica. Note que el riesgo sistemático, por si mismo, es producto de dos términos. El primer término involucra *la beta del valor* la cual indica el grado con el cual el valor responde a las alzas y bajas del mercado. El segundo término es la *varianza del mercado* el cual nos indica el grado en que el mercado está empujando hacia arriba o hacia abajo. La segunda parte de la varianza de un valor es *la varianza del residual o riesgo no sistemático*. Esta cuantifica la parte de la variabilidad debida a las desviaciones desde la línea característica.

Por lo tanto, cuando pensamos en la variación total de los rendimientos de un valor bajo el modelo de un sólo factor, parte de esto, se debe a los movimientos del valor a lo largo

de su línea característica y parte es debido a las desviaciones de la línea característica y cada valor.

La ecuación de la varianza total sirve tanto para un valor individual como para un portafolio de la siguiente manera:

$$\sigma^2(r_p) = \beta_p^2 \sigma^2(r_{i,t}) + \sigma^2(\varepsilon_p) \text{ ecuación (13)}$$

En este punto, se requieren ecuaciones para el factor beta y para la varianza residual de un portafolio, como funciones de las características de los valores que incorporamos en el portafolio, para posteriormente sustituirlos por la beta y la varianza residual del portafolio y obtener una expresión alternativa más simple para obtener la varianza del portafolio y utilizarla para encontrar el conjunto con mínima varianza.

El factor beta para un portafolio de M valores, es un promedio ponderado simple de las betas de las acciones en el portafolio, donde los pesos son cantidades relativas del monto invertido en cada valor.

$$\beta_p = \sum_{j=1}^M x_j \beta_j \quad \text{ecuación (14)}$$

La fórmula para la varianza de los residuales de un portafolio contempla cuál es la varianza de los residuales de un portafolio y utilizando el mismo procedimiento previo para determinar la varianza de los rendimientos del portafolio en el modelo de Markowitz, se emplea la matriz de covarianza para los residuales de varias acciones.

Para un portafolio de tres valores, la matriz podría describirse como sigue:

	Valor	A $x_A$	B $x_B$	C $x_C$
$x_A$	A	$\left[ \overline{\sigma^2(\varepsilon_A)} \right]$	$\text{Cov}(\varepsilon_B, \varepsilon_A)$	$\text{Cov}(\varepsilon_C, \varepsilon_A)$
$x_B$	B	$\text{Cov}(\varepsilon_A, \varepsilon_B)$	$\left[ \overline{\sigma^2(\varepsilon_B)} \right]$	$\text{Cov}(\varepsilon_B, \varepsilon_C)$
$x_C$	C	$\text{Cov}(\varepsilon_C, \varepsilon_A)$	$\text{Cov}(\varepsilon_B, \varepsilon_C)$	$\left[ \overline{\sigma^2(\varepsilon_C)} \right]$

La covarianza entre los residuales de cualesquiera dos valores se supone que es igual a cero. Dado este supuesto, todas las covarianzas en la matriz que están fuera de la diagonal principal son iguales a cero. Lo anterior significa que para calcular las varianzas de los residuales de un portafolio, se necesita conocer únicamente la diagonal principal de la matriz, y tomar cada varianza de los residuales de los valores y multiplicarlos por la ponderación del portafolio que se señala en la parte superior de cada columna y de nuevo por la ponderación del portafolio que se señala en el lado izquierdo del renglón.

Ya que ambas ponderaciones son iguales tanto para la ponderación del portafolio como la ponderación de cada valor, se puede escribir la siguiente relación:

$$\sigma^2(\varepsilon_p) = \sum_{i=1}^M x_i^2 \sigma^2(\varepsilon_i) \quad \text{ecuación (15)}$$

La expresión anterior se describe de la siguiente manera:

Varianza de los residuales del portafolio = promedio ponderado de la suma de las varianzas de los residuales multiplicados por los pesos de cada valor en el portafolio elevado al cuadrado.

Por lo tanto, la varianza de los residuales de un portafolio es también el promedio ponderado de las varianzas de los residuales de los valores en el portafolio.

Dado el supuesto de ausencia de correlación entre los residuales de los valores, la varianza de los residuales de un portafolio empieza a desaparecer en la medida que el número de valores en el portafolio se incrementa.

## 2.4 Modelos Multifactor<sup>17</sup>.

En el modelo de un sólo factor, generalmente, se atribuyen las covarianzas entre los rendimientos de las acciones al índice del mercado. En un modelo multifactor, se asocian las covarianzas a dos o más factores, incluyendo el del mercado. Por ejemplo, suponemos que las acciones tienden a moverse conjuntamente hacia arriba o hacia abajo porque están respondiendo simultáneamente a dos factores. Esos factores son movimientos en la tasa de rendimiento de un portafolio en el mercado y entre otros, el movimiento en el crecimiento general de la economía dado por la tasa de crecimiento del producto interno bruto. La tasa de rendimiento para cualquier acción J en cualquier período "t" esta dado por

$$r_{j,t} = A_j + \beta_{M,j} r_{M,t} + \beta_{g,j} g_t + \varepsilon_{j,t} \quad \text{ecuación (16)}$$

donde:  $\beta_{M,j}$  es la beta del mercado, la cual mide, como ya lo señalamos, la respuesta de las acciones a los cambios en la tasa de rendimiento del mercado. El término  $g_t$  es la tasa de crecimiento inesperada del PIB en cualquier período dado y  $\beta_{g,j}$  mide la respuesta de las acciones a los cambios inesperados de la tasa de crecimiento del PIB. Se dice cambios inesperados porque es probable que el precio de las acciones sean afectadas únicamente por cambios en la producción industrial no anticipada por los inversionistas y descontadas en el precio de las acciones; finalmente,  $\varepsilon_{j,t}$  representa los residuales del modelo.

Justo como en el contexto del modelo de un sólo factor, la beta es estimada relacionando los rendimientos de las acciones con el rendimiento del índice del mercado durante un número previo de periodos, de tal manera *que en un modelo multifactor, las betas pueden ser estimadas relacionando los rendimientos de las acciones tanto con los rendimientos del mercado como con el crecimiento inesperado de la tasa de crecimiento del PIB.*

Una forma de calcular valores para las últimas series, es tomar la diferencia entre las tasas de crecimiento actual en el PIB y la tasa de crecimiento promedio pronosticada por algún organismo calificado o bien elaborar nuestro pronóstico particular.

En el contexto del modelo de un sólo factor, buscamos una línea que mejor ajuste a los datos. Si el plano es dibujado para minimizar la suma de las desviaciones al cuadrado, los residuales o las desviaciones verticales del plano no estarán correlacionadas con ambos factores.

Como en el modelo de un sólo factor, la varianza del portafolio puede ser separada en la suma del riesgo sistemático y la varianza de los residuales. *El riesgo sistemático, sin embargo, es ahora más complejo. Estará relacionado con las varianzas y covarianzas de las fuentes de este riesgo - los factores - y las sensibilidades del portafolio a los movimientos en los factores - las betas de los factores.*

## 2.4.1 Derivación del modelo de fijación de precios de arbitraje. (APT)<sup>18</sup>

El modelo de fijación de precios de arbitraje, primeramente formulado por Ross (1976), es un método más general de fijación de precio de los activos de capital, porque permite que muchos factores puedan usarse para explicar los rendimientos de los activos. Además, utiliza menor número de supuestos que el CAPM.

La teoría de fijación de los precios de arbitraje (APT) empieza suponiendo que la tasa de rendimiento sobre cualquier valor es una función lineal de K factores, como se muestra a continuación.

$$\tilde{R}_i = E(\tilde{R}_i) + b_{i,1}\tilde{F}_1 + \dots + b_{i,k}\tilde{F}_k + \tilde{\varepsilon}_i \quad \text{ecuación (17)}$$

donde:

- $\tilde{R}_i$  = Tasa estocástica de rendimiento sobre el i-ésimo activo
- $E(\tilde{R}_i)$  = La tasa esperada de rendimiento sobre el i-ésimo activo
- $b_{i,k}$  = La sensibilidad de los rendimientos del i-ésimo activo respecto al k-ésimo factor.
- $\tilde{F}_k$  = El k-ésimo factor con media de cero, común a los rendimientos de todos los activos tomados en consideración.
- $\tilde{\varepsilon}_i$  = Un término aleatorio de ruido con media cero para el i-ésimo activo

El APT se deriva bajo los supuestos usuales de mercados de capitales perfectamente competitivos y libres de fricción. Además, se supone que los individuos tienen creencias homogéneas en relación con el hecho de que los rendimientos aleatorios para el conjunto de activos que están siendo considerados, están gobernados por el modelo lineal de factor k dado en la ecuación 17. La teoría requiere que el número de activos sometidos a

consideración, “n”, sea mucho más grande que el número de factores, “K”, y que el término de ruido,  $\varepsilon_i$ , sea el componente de riesgo no sistemático para el i-ésimo activo.

La característica más importante del APT es razonable y lógica. *En equilibrio, todas las carteras que puedan seleccionarse entre el conjunto de activos considerados y que satisfacen todas las condiciones de no usar riqueza y no tener riesgo, no deben ganar rendimiento alguno en promedio.* Estas carteras se denominan *carteras de arbitraje*. Para ver la forma en que deben construirse, sea  $w_i$  el cambio en el monto invertido en el i-ésimo activo como un porcentaje del total de la riqueza invertida por un individuo. Para formar una cartera de arbitraje que no requiera cambio en la riqueza, el curso de acción general sería vender algunos activos y usar los fondos resultantes para comprar otros. Las carteras de este tipo se llaman *autofinanciables*. Matemáticamente, el cambio de cero en la riqueza se escribe como:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 0. \quad \text{ecuación (18)}$$

Si existe un número “n” de activos en la cartera de arbitraje, entonces el rendimiento adicional de cartera ganado es:

$$\tilde{R}_p = \sum_{i=1}^n w_i \tilde{R}_i \quad \text{ecuación (19)}$$

$$\sum_i w_i E(\tilde{R}_i) + \sum_i w_i b_{i1} \tilde{F}_1 + \dots + \sum_i w_i b_{iK} \tilde{F}_K + \sum_i w_i \tilde{\varepsilon}_i$$

Con objeto de obtener una cartera de arbitraje libre de riesgo, es necesario eliminar el riesgo diversificable (*no sistemático*) y el no diversificable (*sistemático*). Esto puede hacerse si se satisfacen tres condiciones: 1) seleccionar cambios porcentuales en las razones de inversión,  $w_i$ , que sean pequeños; 2) diversificar varios activos y 3) elegir cambios,  $w_i$ , de modo que para cada factor,  $k$ , la suma ponderada de los componentes de riesgo sistemático,  $b_k$ , sea de cero. Matemáticamente, estas condiciones son:

$w_i = 1/n$ ,  $n$  elegido para ser un número grande.

$$\sum_i w_i b_{ik} = 0 \text{ para cada factor.} \quad \text{ecuación (19.1)}$$

Debido a que los términos de error,  $\tilde{\epsilon}_i$ , son independientes, la ley de los grandes números garantiza que un promedio ponderado de muchos de ellos, se aproximará a cero en el límite a medida que “ $n$ ” se vuelva más grande. En otras palabras, una diversificación libre de costo elimina el último término (el riesgo no sistemático) en la ecuación 19. Por consiguiente la ecuación quedaría como:

$$\tilde{R}_p = \sum_i w_i E(\tilde{R}_i) + \sum_i w_i b_{i1} \tilde{F}_1 + \dots + \sum_i w_i b_{ik} \tilde{F}_k \quad \text{ecuación (20)}$$

A primera vista, el rendimiento sobre nuestra cartera parece ser una variable aleatoria, pero hemos elegido el promedio ponderado de los componentes de riesgo sistemático, de modo que cada factor sea igual a cero ( $\sum_i w_i b_{ik} = 0$ ). Esto elimina todo el riesgo sistemático. Podría decirse que hemos seleccionado una cartera de arbitraje con una beta de cero en cada factor. En consecuencia, el rendimiento sobre nuestra cartera de arbitraje

se vuelve una constante. La correcta elección de los pesos elimina toda incertidumbre, de modo que  $R_p$  no sea una variable aleatoria. Por consiguiente la ecuación 20 se convierte en:

$$\bar{R}_p = \sum_i w_i E(\bar{R}_i) \quad \text{ecuación (20.1)}$$

Recuérdese que la cartera de arbitraje, así construida, no tiene riesgo (de ningún tipo) y no requiere de nueva riqueza. Si el rendimiento sobre la cartera de arbitraje no fuese de cero, entonces sería posible alcanzar una tasa infinita de rendimiento sin requerimientos de capital y sin riesgo. Tal oportunidad no sería posible si el mercado ha de estar en equilibrio. De hecho, si el árbitro individual está en equilibrio (y por consiguiente contento con su cartera actual), entonces el rendimiento sobre cualquiera y sobre todas las carteras de arbitraje debe ser cero. En otras palabras,

$$\bar{R}_p = \sum_i w_i E(\bar{R}_i) = 0 \quad \text{ecuación (21)}$$

Las ecuaciones 18, 19.1 y 21 son en realidad expresiones en álgebra lineal. Cualquier vector ortogonal con el vector constante, es decir

$$\left( \sum_i w_i \right) \bullet 1 = 0 \quad (18)$$

y para cada uno de los vectores de coeficiente, es decir,

$$\sum_i w_i b_{ik} = 0 \quad \text{para cada } k \quad (19.1)$$

debe también ser ortogonal al vector de los rendimientos esperados, es decir,

$$\sum_i w_i E(\bar{R}_i) = 0 \quad (21)$$

Una consecuencia algebraica de esta expresión, es que el vector de rendimientos esperado debe ser una combinación lineal del vector constante y de los vectores de coeficiente.

Algebraicamente, debe existir un conjunto de  $k + 1$  coeficientes,  $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$  de modo que

$$E(\bar{R}_i) = \lambda_0 + \lambda_1 b_{i1} + \dots + \lambda_k b_{ik} \quad \text{ecuación (22)}$$

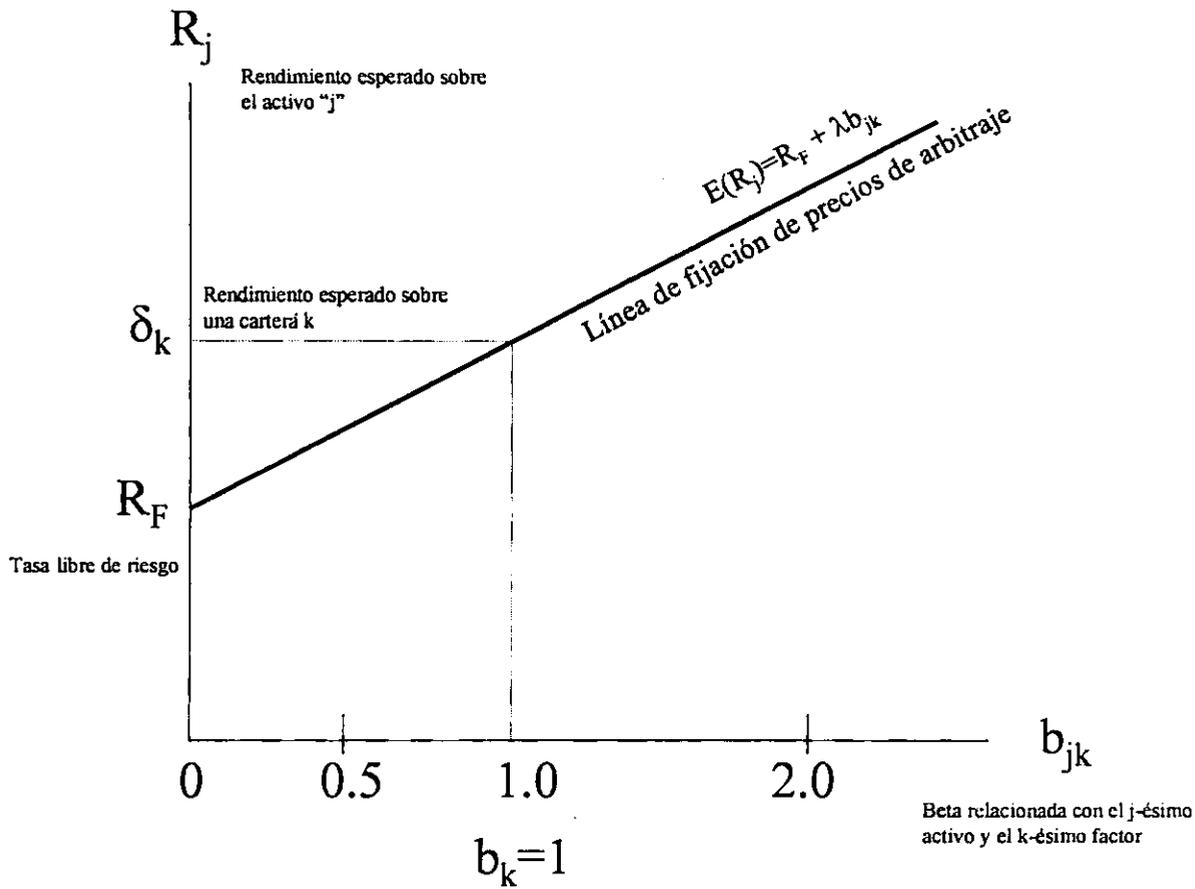
Las  $b_{ik}$  representan las “sensibilidades” de los rendimientos sobre el  $i$ -ésimo valor para el  $k$ -ésimo factor. Si existe un activo libre de riesgo con una tasa de rendimiento libre de riesgo,  $R_F$ , entonces  $b_{0k} = 0$  y  $R_F = \lambda_0$

Por consiguiente, la ecuación 22 puede escribirse en “rendimientos excesivos provenientes de” como

$$E(R_i) - R_F = \lambda_1 b_{i1} + \dots + \lambda_k b_{ik} \quad (23)$$

La gráfica # 7 ilustra la relación de fijación de precios de arbitraje (ecuación 23) suponiendo que sólo existe un único factor estocástico,  $k$ . En equilibrio, todos los activos deben caer sobre la línea de fijación de precios de arbitraje. Una interpretación natural para  $\lambda_k$  es que representa la prima de riesgo (es decir, el precio del riesgo), en equilibrio, para el  $k$ -ésimo factor.

Gráfica # 7 Línea de fijación de precios de arbitraje



Debido a que la relación de fijación de precios de arbitraje es lineal, se puede usar la definición de intercepto de la pendiente de la línea recta para volver a escribir la ecuación 23 como:

$$E(R_i) = R_f + [\delta_k - R_f]b_{ik}$$

donde: delta k es el rendimiento esperado sobre una cartera con sensibilidad de unidad con respecto del k-ésimo factor y una sensibilidad de cero respecto de todos los demás factores. Por consiguiente, la prima de riesgo lambda k, es igual a la diferencia entre: 1) la expectativa de una cartera que tiene una respuesta de unidad para el k-ésimo factor y una respuesta de cero para los demás factores, y 2) la tasa libre de riesgo  $R_f$ .

En general, la teoría de precios de arbitraje puede definirse como:

$$E(R_i) = R_f + [\delta_1 - R_f]b_{i1} + \dots + [\delta_k - R_f]b_{ik} \quad \text{ecuación (24)}$$

Si la ecuación anterior se interpreta como una ecuación de regresión lineal ( suponiendo que los vectores de los rendimientos tienen una distribución normal conjunta y que los factores han sido linealmente transformados para que sus vectores transformados sean ortogonales), entonces los coeficientes,  $b_{ik}$ , se definen exactamente en la misma forma que beta en el modelo de fijación de precios de activos de capital, es decir,

$$b_{ik} = \frac{COV(\tilde{R}_i, \delta_k)}{VAR(\delta_k)} \quad \text{ecuación (24.1)}$$

donde:

$Cov(\bar{R}_i, \delta_k)$  = la covarianza entre los rendimientos del i-ésimo activo y la transformación lineal del k-ésimo factor.

$VAR(\delta_k)$  = la varianza de la transformación lineal del k-ésimo factor.

*Por consiguiente, el CAPM es visto como un caso especial del APT* (donde los rendimientos de los activos se suponen conjuntamente normales) y por lo cual se puede concluir que la teoría de fijación de precios de arbitraje es mucho más robusta que el modelo de fijación de los precios de los activos de capital por las siguientes razones :

1. El APT no hace supuestos de la distribución empírica de los rendimientos de los activos.
2. El APT no hace supuestos fuertes acerca de las funciones de utilidad de los individuos (por lo menos no tan fuertes como la afición y la aversión por el riesgo).
3. El APT permite que los rendimientos de equilibrio de los activos dependan de muchos factores, y no tan sólo de uno más (beta).
4. El APT proporciona una afirmación de la fijación relativa de los precios de cualquier subconjunto de activos; por consiguiente, no se necesita medir la totalidad del universo de activos para probar la teoría.
5. No existe tarea especial para la cartera de mercado en el APT, mientras que el CAPM requiere que la cartera de mercado sea eficiente.
6. El APT puede ampliarse con facilidad a un marco conceptual de múltiples períodos.

## 2.5 Evidencia Empírica

Una de las interrogantes que los investigadores se formulan al abordar este tema es: ¿Cuál es el beneficio que se obtiene al utilizar el APT en lugar del CAPM?

Roll y Ross<sup>19</sup> desarrollaron un estudio y afirmaron que el APT proporciona mejores resultados para estimar el costo del capital contable en la industria eléctrica. En este mismo sentido, también D. Bower, R. Bower y Logue<sup>20</sup> aplicaron el método APT, para estimar los rendimientos de las acciones del sector eléctrico y corroboraron el hallazgo que Roll y Ross habían hecho un año antes.

En 1983 Chen, Roll, y Ross<sup>21</sup> presentaron el caso de estudio “Las fuerzas económicas y el Mercado de Valores” en la Universidad de California en Los Angeles (UCLA), en el cual contrastaban el CAPM y el APT, encontrando que existen al menos tres o cuatro factores macroeconómicos básicos que explican el comportamiento de los precios en las acciones. Unos meses antes, el mismo Chen<sup>22</sup> había conducido una investigación a través de la cual encontró la influencia determinante de algunos factores macroeconómicos que explicaban la relación anterior.

En 1997, un estudio sobre la robustez de la Teoría de Precios de Arbitraje en la Bolsa de Valores de Inglaterra realizado por Andrew Clare; Richard Priestley y Stephen Thomas<sup>23</sup> compararon el método de Fama y MacBeth y un método alternativo de un paso, incluyendo los Errores en las Variables del problema (EIV) y se obtuvo como conclusión

Los resultados mostraron que el riesgo de tipo de cambio tiene un efecto cruzado sobre los rendimientos de activos internacionales. Las acciones comunes con correlación negativa con cambios en la tasa de cambio también muestran altas tasas de rendimiento para los portafolios Ingleses.

En 1995, Hsing Fang y Juan C.H. Loo<sup>25</sup> utilizaron la Teoría de Precios de Arbitraje para conocer los efectos del riesgo del tipo de cambio sobre los rendimientos de las acciones en 20 portafolios de Estados Unidos, Canadá e Inglaterra. Se utilizó un modelo integrado por tres factores: a) Los rendimientos de los mercados mundiales, b) los rendimientos del mercado nacional y c) los movimientos en el tipo de cambio.

pero no detalla cuales son esos factores.

Por su parte Massoud Mousavian<sup>24</sup> en 1997 encontró que el APT puede ser utilizada en muchas circunstancias donde el CAPM se aplica. Ello permite a los inversionistas concentrarse sobre un numero reducido de factores significativos que le permiten determinar los rendimientos en la mayoría de los activos, y es particularmente útil en la medición del comportamiento de los portafolios. El modelo de APT supone que todos los inversionistas y corredores están prevenidos de las influencias sistemáticas, las cuales afectan los rendimientos de las acciones y de los instrumentos del mercado de dinero.

que el APT es sensible a ambos estimadores. También se concluyó que el modelo empírico de APT utilizado para la Bolsa de Valores citada.

En 1996 la Teoría de Precios de Arbitraje fue utilizada por George Koutoulas y Lawrence Kryzanowski<sup>26</sup> para investigar cómo la variación en el tiempo de la prima por riesgo y los rendimientos esperados de las acciones puede ser afectada por las volatilidades condicionales de los factores macroeconómicos que siguen una especificación autorregresiva. El estudio también examina las volatilidades cambiantes de esos factores para determinar si tiene efecto sobre la estacionalidad de enero y los efectos sobre las pequeñas empresas. El estudio se realizó en todas las acciones negociadas en la Bolsa de Valores de Toronto entre enero de 1961 y marzo de 1988. Encontraron que los factores macroeconómicos que tienen variación en el tiempo y prima por riesgo al precio fueron: 1) El Índice Canadiense de los diez indicadores líderes; 2) El Índice Norteamericano compuesto de los diez indicadores líderes; 3) El rezago del Volumen de la Producción Industrial; 4) El tipo de cambio y 5) El factor residual del mercado.

Por su parte en 1995 Kevin L. Reffett<sup>27</sup> en su artículo "*Arbitrage Pricing and Stochastic Inflation Tax in a Multisector Monetary Economy*", expone los resultados de la aplicación del modelo de la Teoría de Precios de Arbitraje de Equilibrio. El modelo da peso a la covarianza entre el incremento de impuestos, que distorsionan los rendimientos de equilibrio y el proceso de fuerzas fundamentales (factores fundamentales de la economía) en el establecimiento de riesgos de precios de equilibrio.

Los resultados del modelo mostraron que cuando hay equilibrio, los riesgos de precios identificados con ciertos parámetros tales como las innovaciones tecnológicas, están en función de los siguientes periodos de incremento de impuesto. Por lo tanto, las

expectativas de políticas monetarias son vistas para influenciar el nivel actual de riesgo al premio asociado con las innovaciones tecnológicas.

En 1995 se desarrolló un estudio sobre la relación en los rendimientos de valores y los factores económicos en la Gran Bretaña<sup>28</sup> utilizando el análisis canónico<sup>1</sup>. Los factores estructurales de la economía Inglesa utilizados en este estudio son aquellos que representan: 1) El mercado accionario, 2) La oferta monetaria, 3) La producción industrial, 4) El desempleo y 5) El comercio internacional. En adición a estas variables macroeconómicas, también se consideraron variables que se supone que influyen ya sea en los flujos futuros de efectivo o sobre la tasa de descuento ajustada al riesgo, ambas variables son críticas cuando el precio de las acciones se calcula utilizando el valor presente de los flujos futuros descontados. Una de las aclaraciones que hacen los autores, es que la inclusión de las variables macroeconómicas se debió a la disponibilidad de los datos. Así mismo señalan que una de las dificultades que presenta el estudio empírico del modelo APT, es que no ofrece ningún elemento teórico o empírico para identificar la naturaleza de los factores económicos.

Otros autores tales como Kryzanowski, Lalancette y Chau To<sup>29</sup> señalaron en 1994 que la Teoría de Precios de Arbitraje es una alternativa viable al modelo de CAPM si se utiliza

---

<sup>1</sup> Análisis Canónico es una técnica estadística multivariada lineal para derivar una combinación lineal de cada uno de los conjuntos de variables en que se correlacionan entre dos combinaciones lineales a maximizar. Los pares de tales combinaciones lineales pueden derivarse: Variados Canónicos y son equivalentes a los del análisis de componentes principales, con la excepción de que los criterios para su selección han sido alterados.

La información producida por el análisis canónico de correlación son los VARIANZAS canónicas y las CORRELACIONES canónicas entre ellos

conjuntamente con un factor residual del mercado (RMF) y demuestran que el APT es una técnica de aproximación que puede subvaluar valores dados un conjunto finito de activos en la economía y que tal error puede ser subsanado con el uso del factor residual del mercado

---

La correlación entre cada par de varianzas canónicas elevadas al cuadrado es el EIGENVALUE (Componente Principal) y representa la cantidad de varianza en un variado canónico debido al otro variado canónico.

## **2.6 Comparación del CAPM y del APT**

Como el modelo de equilibrio de activos financieros, la teoría de la valoración por arbitraje insiste en que la rentabilidad esperada depende del riesgo procedente de hechos que influyen en toda la economía y no está afectada por el riesgo único. Puede pensarse en los factores de la valoración por arbitraje como representación de carteras especiales de acciones que tienden a estar sujetas a influencias comunes. Si la prima por riesgo en estas carteras, es proporcional a las betas del mercado, entonces la teoría de valoración por arbitraje y el modelo de equilibrio de activos financieros darán la misma respuesta. En cualquier otro caso no la darán.

¿Cómo fundir las dos teorías? La valoración por arbitraje tiene características atractivas, por ejemplo, la cartera de mercado que juega un papel central en el modelo de equilibrio de activos financieros, no es una característica en la teoría de valoración por arbitraje. Sí, no debemos preocuparnos por el problema de medir la cartera del mercado y en principio, podemos probar la teoría de la valoración por arbitraje incluso si tenemos datos de una sola muestra de activos riesgosos.

Desgraciadamente se gana algo pero también se pierde. La teoría de la valoración por arbitraje no nos dice cuales son los factores subyacentes, a diferencia del modelo de equilibrio de activos financieros, que agrupa todos los riesgos macroeconómicos en un único factor bien definido, la rentabilidad de la cartera del mercado.

La teoría de la valoración por arbitraje proporcionará un buen pretexto a las rentabilidades esperadas, sólo si podemos: 1) identificar un límite razonable de factores macroeconómicos, 2) medir la prima por riesgo esperada en cada uno de los factores y 3) medir la sensibilidad de cada acción a esos factores.

Chen, Roll y Ross<sup>30</sup> en 1983 han argumentado que hay cuatro principales influencias que afectan los precios de las acciones. Estos son los cambios no previstos en:

- El nivel de actividad industrial
- La tasa de inflación
- La dispersión entre las tasas de intereses a largo y corto plazo
- La dispersión entre los réditos de las obligaciones de empresa de bajo y alto riesgo.

Otros, como P.J. Dhrymes, I. Friend y N.N. Gultekin<sup>31</sup> en 1984, no están seguros de que esta lista sea tan sencilla: afirman que cuantas más acciones se observan, más factores hay que tener en cuenta.

Aunque es difícil estimar la sensibilidad del factor y las primas por riesgo, algunas empresas están empezando a usar la teoría de la valoración por arbitraje para estimar el costo de capital en situaciones prácticas. Por supuesto, dos personas que usen la teoría, no es probable que estén de acuerdo con los factores o que propongan las mismas cifras. Sin embargo, The Alcar Group Inc., utilizó cinco factores para construir el modelo de APT y contrastarlo con el CAPM: 1) Inflación a corto plazo, 2) Inflación a largo plazo, 3) Dispersión del tipo de interés, 4) Riesgo de no pago y 5) La actividad industrial.

En el estudio se demostró que las rentabilidades estimadas, para varios grupos de empresas, utilizando ambos modelos son consistentes.

Entre los principales hallazgos se observó que industrias diferentes son afectadas por factores diferentes. Alguno de esos efectos fueron mayores de lo que se esperaba. También cabría la posibilidad de que las empresas fuesen insensibles a cambios en la diferencia de interés entre obligaciones de alto y bajo riesgo. Por supuesto, hay también algunas conocidas influencias más difíciles de explicar. Por ejemplo, no hay una explicación convincente del porqué las empresas químicas parecen estar tan afectadas por fluctuaciones en la inflación o por qué las empresas eléctricas no lo están.

## **2.7 Características de la empresa que inducen diferenciales en los rendimientos esperados<sup>32</sup>.**

### **2.7.1 Riesgo**

Las diferencias en el riesgo de las acciones son importantes para los inversionistas.

Más adelante se expondrán modelos teóricos ampliamente aceptados, que definen la naturaleza del riesgo y predicen la relación entre el riesgo y el rendimiento futuro esperado. Mientras tanto, es importante entender esos modelos en virtud de su amplio uso entre los inversionistas durante el proceso de construcción de un modelo, para proveer mejores pronósticos sobre los rendimientos futuros y posiblemente contar con una lista depurada de medidas de riesgo.

Estas pueden incluir la sensibilidad a los rendimientos del mercado (beta del mercado), la sensibilidad a otras variables macroeconómicas (beta del PIB), volatilidad simple (desviación estándar) de los rendimientos, la cantidad relativa de deuda en la estructura financiera de una empresa, la variación de las utilidades por acción de una empresa y así sucesivamente.

### **2.7.2 Liquidez.**

Las diferencias en la liquidez de las acciones, también son potencialmente importantes. Cuando se redefinen los portafolios, los negociadores deberán comprar a precios de demanda y deberán vender a precios de oferta. La diferencia entre oferta y demanda sirve como parte del costo de negociación. El impacto esperado en la negociación sobre el precio de una acción es también importante. Esto es, si se quiere *comprar un número considerable de acciones*, se tendrá que elevar el precio por arriba del precio de la demanda con la *finalidad de obtener el número de acciones que se quieren*.

*Las acciones en forma individual se caracterizan por un alto diferencial en la liquidez. Para conservar las tasas de rendimiento, costos de negociación netos, y la compensación entre los diferentes grados de liquidez de las acciones, éstas deberán ser tasas de rendimiento brutas que reflejen el costo de negociación. Los factores que determinan la liquidez relativa de una acción son, entre otros, el precio por acción, el volumen diario de acciones negociadas, la diferencia entre el precio de oferta y demanda como porcentaje del precio, y la cantidad de propiedad institucional.*

### **2.7.3 Precio**

Los factores relacionados con el precio, indican la magnitud relativa del precio del mercado actual en relación con el flujo disponible para los accionistas. Entre estos

factores encontramos la razón del precio actual a factores tales como utilidades por acción, flujo de caja por acción, dividendos por acción, valor en libros por acción y así sucesivamente.

#### **2.7.4 Crecimiento potencial**

Los factores relativos al crecimiento potencial indican, la probabilidad de un mayor crecimiento en el futuro que el promedio del flujo de las acciones. Se incluyen utilidades netas a capital contable, la razón de utilidad de operación a activos totales, utilidad de operación a ventas totales, ventas totales a activos totales, y tasas pasadas de crecimiento en varias medidas de flujo de caja. Dada la magnitud de los factores que reflejan cambios en los precios, a mayor crecimiento potencial para el flujo de caja, mayor tasa de rendimiento futura esperada. Por lo tanto, podríamos esperar que los pagos por un factor de crecimiento potencial sean colectivamente positivos.

#### **2.7.5 Factores técnicos.**

*Los factores técnicos describen la historia de las tasas de rendimiento para la acción. Investigaciones recientes indican la existencia de al menos tres relaciones separadas entre la naturaleza de los rendimientos históricos pasados y los rendimientos futuros esperados de una acción. Primero, parece ser que en el corto plazo (1 mes) hay tendencias reversibles en los rendimientos. Si el precio de una acción creció significativamente el mes pasado, habrá una tendencia hacia la baja del precio de esa acción en el próximo mes*

(Jegadeesh, 1990). Este retroceso en el corto plazo puede ser causado por la presión del precio inducida por los inversionistas intentando vender o comprar, rápidamente, grandes cantidades de una acción, puede ubicar el precio de la acción por debajo de su valor justo.

Segundo, hay inercia en el comportamiento de los rendimientos de las acciones a plazos intermedios (6 a 12 meses), con acciones que muestran una tendencia a repetir su comportamiento sobre los 6 o 12 meses previos en los próximos 6 meses. Esto se debe a que la tendencia del mercado reacciona a reportes de alzas o bajas en los rendimientos inusuales de las empresas. Un reporte de utilidades trimestral bueno o malo, tiende a ser seguido por uno o dos más. Fallando en el reconocimiento de esto, el mercado reacciona al primer reporte y enseguida completa su reacción hasta los dos trimestres siguientes. (Jegadeesh and Titman 1993)<sup>33</sup>

#### **2.7.6 Rezagos.**

Finalmente, hay comportamientos reversibles a largo plazo (3 a 5 años) en los rendimientos de las acciones. Esto puede deberse al hecho de que el mercado sobre reacciona a una cadena de reportes positivos o negativos sobre las utilidades. Considerando que la cadena continuará en el futuro por un periodo largo de tiempo, los inversionistas consideran que el precio de las acciones podrá ir hacia arriba o hacia abajo. Consistente con nuestro planteamiento, dado que ciertas fuerzas competitivas afectan el

comportamiento del mercado, las acciones que crecieron o que disminuyeron en precio en el pasado, tienden a revertir su comportamiento en el futuro.

## 2.8 Modelos autoregresivos y de rezagos distribuidos<sup>34</sup>

Cuando en el análisis de regresión de series de tiempo el modelo incluye no sólo los valores actuales de las variables explicatorias ( X's) sino también sus valores rezagados, se dice que tenemos un modelo de rezagos distribuidos. Pero si el modelo incluye uno o más valores rezagados de la variable dependiente, entre las variables explicatorias, se está ante un modelo autoregresivo. Así:

---

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + u_t \quad \text{ecuación (25)}$$

representa un modelo de rezagos distribuidos, mientras que:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma Y_{t-1} + u_t \quad \text{ecuación (26)}$$

es un ejemplo de modelo autoregresivo.

En el análisis económico la dependencia de la variable Y con respecto a otras variables X suele no ser instantánea. Con frecuencia Y responde a X después de cierto tiempo; este lapso recibe el nombre de rezago o retraso.

### 2.8.1 Estimación de Modelos de Rezagos Distribuidos

Teniendo en cuenta que estos modelos son de gran importancia en la economía, debemos preguntarnos cómo pueden estimarse. Supongamos que tenemos el siguiente modelo de rezagos distribuidos en una sola variable explicatoria:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + u_t \quad \text{ecuación (27)}$$

donde no se ha definido la longitud del rezago, es decir, hasta dónde pretendemos retroceder en el pasado. Los modelos de este tipo reciben el nombre de modelos (de rezagos) infinitos, mientras que los del tipo

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_k X_{t-k} + u_t \quad \text{ecuación (28)}$$

se llaman modelos (de rezagos) finitos por cuanto la longitud o tamaño del rezago  $k$  está plenamente especificado.

Para estimar los  $\alpha$ 's y los  $\beta$ 's de la ecuación (28) se pueden adoptar dos aproximaciones: La primera a través de la *Estimación ad hoc* y la segunda, *Restricciones a priori sobre los  $\beta$ 's* suponiendo que siguen un patrón sistemático.

2.8.1.1 Estimación *ad hoc* de modelos de rezagos distribuidos.

Como se supone que la variable explicatoria  $X_t$  no es estocástica, (o al menos que no está correlacionada con el término de perturbación  $u_t$ ), también se puede decir lo mismo de  $X_{t-1}$ ,  $X_{t-2}$ , etc. De este modo, en principio, el método de mínimos cuadrados (MC) puede aplicarse a la expresión 27, como lo han hecho Alt<sup>35</sup> y Tinbergen<sup>36</sup>. Estos autores sugieren que para estimar la ecuación 27 se puede proceder en forma secuencial, es decir, primero haciendo la regresión de  $Y_t$  contra  $X_t$ ; luego de  $Y_t$  contra  $X_t$  y  $X_{t-1}$ ; luego de  $Y_t$  contra  $X_t$ ,  $X_{t-1}$  y  $X_{t-2}$ , y así sucesivamente.

Este procedimiento secuencial se interrumpe cuando los coeficientes de regresión de las variables rezagadas comienzan a volverse no significativos estadísticamente o cuando el coeficiente de una de las variables por lo menos cambia de signo, de positivo a negativo o viceversa. Teniendo como referencia el precepto anterior, Alt corrió la regresión del consumo de "fuel-oil",  $Y$ , contra los nuevos pedidos del producto,  $X$ , utilizando cifras trimestrales para el período 1930-1939, obteniendo los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 Y_t &= 8.37 + 0.171X_t \\
 Y_t &= 8.27 + 0.111X_t + 0.064X_{t-1} \\
 Y_t &= 8.27 + 0.109X_t + 0.071X_{t-1} - 0.055X_{t-2} \\
 Y_t &= 8.32 + 0.108X_t + 0.063X_{t-1} + 0.022X_{t-2} - 0.020X_{t-3}
 \end{aligned}$$

Alt escogió la segunda regresión como la "mejor" debido a que en las últimas dos, el signo de  $X_{t-2}$  no es estable y a que en la última ecuación el signo de  $X_{t-3}$  es negativo, lo cual es difícil de interpretar económicamente.

Aunque en principio la estimación *ad hoc* parece clara y sencilla, adolece sin embargo, de algunas complicaciones, tales como las siguientes:

1. No existe guía *a priori* para determinar el tamaño o longitud máxima del rezago.
2. A medida que se estiman rezagos sucesivos, van quedando menos grados de libertad, debilitando un poco las inferencias estadísticas que de allí se desprenden, máxime para poder estimar rezagos muy grandes.
3. Lo más importante, en las series de tiempo, es que los valores sucesivos (rezagos) tienden a estar altamente correlacionados, por lo que las estimaciones serían ineficientes por la multicolinealidad<sup>2</sup>; es decir, los errores estándar tienden a ser grandes en comparación con los coeficientes estimados.

Por consiguiente, con base en los *t*'s automáticamente calculados, es posible que exista una tendencia errónea a declarar que los coeficientes rezagados no son estadísticamente significativos. Pero esta falta de significancia puede deberse a la multicolinealidad (ver pág. 91) y no al hecho de que los coeficientes no sean significativos en sí mismos.

---

<sup>2</sup> Algunas de las variables independientes (VI) están intercorrelacionadas que afectan el análisis de regresión en:

- 1) Que si al menos una (VI) no es función lineal de la VD no pueden determinarse los coeficientes de la ecuación y si la colinealidad es entre .8 y 1.0 no es posible invertir la matriz de correlación de las VI.
- 2) Los estimadores de los coeficientes de regresión de muestra a muestra fluctuarán marcadamente.
- 3) Si la regresión múltiple se utiliza para evaluar la importancia relativa de las VI, entonces un efecto de multicolinealidad ... los efectos. Los expertos sugieren en tales casos crear una variable compuesta cuya escala se forma con las variables altamente correlacionadas y una nueva escala de la variable en la ecuación de regresión en lugar de sus componentes. Otro camino es usar una de las variables altamente

### 2.8.1.2 El enfoque de Koyck para modelos de rezagos distribuidos<sup>37</sup>

Koyck ha propuesto un método ingenioso para estimar modelos de rezagos distribuidos.

Supongamos que empezamos con el modelo de rezagos infinitos distribuidos ecuación (27), que todas las  $\beta$ 's tienen el mismo signo y que decaen geométricamente de la siguiente manera:

$$\beta_k = \beta_0 \lambda^k \quad k = 0, 1, \dots \quad \text{ecuación (29)}$$

donde:  $\lambda$  es tal que  $0 < \lambda < 1$  y se conoce como la tasa de deslizamiento o decaimiento del rezago distribuido y donde  $1 - \lambda$  se conoce como la velocidad de ajuste.

Lo que se postula en la ecuación (29) es que cada coeficiente sucesivo  $\beta$  es numéricamente menor que el  $\beta$  que le precede (esto se reduce de  $\lambda < 1$  lo cual implica que a medida que se retrocede hacia el pasado, el efecto del rezago sobre  $Y$  se torna progresivamente menor, lo que es un supuesto aceptable). Después de todo, se espera que los datos actuales y los que han ocurrido recientemente afecten con mayor fuerza a la variable de estudio, que los datos obtenidos mucho tiempo atrás.

Koyck al asignar sólo valores no negativos a  $\lambda$ , impide que las  $\beta$ 's cambien de signo y al suponer que  $\lambda < 1$  les da menor importancia a las  $\beta$ 's distantes que a las actuales. Además,

---

correlacionadas para representar la dimensión común, pero conlleva un problema de especificación del modelo

el esquema de Koyck asegura que la suma de las  $\beta$ 's, que da el multiplicador de largo plazo, es una cantidad finita, esto es:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \beta_k = \beta_0 \left( \frac{1}{1-\lambda} \right) \quad \text{ecuación (30)}$$

Como resultado de la ecuación (29) el modelo de rezago infinito (27) puede escribirse:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_0 \lambda X_{t-1} + \beta_0 \lambda^2 X_{t-2} + \dots + u_t \quad \text{ecuación (31)}$$

en estas condiciones, el modelo no puede todavía estimarse, pues queda una gran cantidad (literalmente infinita) de parámetros por estimar y además el parámetro  $\lambda$  se presenta en forma no lineal: en términos estrictos, el método de regresión lineal (en los parámetros) no puede aplicarse a dicho modelo. Koyck sin embargo, sugiere una buena salida que consiste en rezagar la ecuación (31) en un periodo para obtener:

$$Y_{t-1} = \alpha + \beta_0 X_{t-1} + \beta_0 \lambda X_{t-2} + \beta_0 \lambda^2 X_{t-3} + \dots + u_{t-1} \quad \text{ecuación (32)}$$

Multiplicando luego (32) por  $\lambda$  obtiene:

$$\lambda Y_{t-1} = \lambda \alpha + \lambda \beta_0 X_{t-1} + \beta_0 \lambda^2 X_{t-2} + \beta_0 \lambda^3 X_{t-3} + \dots + \lambda u_{t-1} \quad \text{ecuación (33)}$$

Restando (33) de (31), se llega a:

$$Y_t - \lambda Y_{t-1} = \alpha(1-\lambda) + \beta_0 X_t + (u_t - \lambda u_{t-1}) \quad \text{ecuación (34)}$$

que reordenando da:

$$Y_t = \alpha(1-\lambda) + \beta_0 X_t + \lambda Y_{t-1} + u_t \quad \text{ecuación (35)}$$

$$\text{donde: } u_t = (u_t - \lambda u_{t-1})$$

El procedimiento que acabamos de describir se conoce como transformación de Koyck.

Al comparar las ecuaciones (35) y (27) se observa la simplificación que logró Koyck, ya que si antes se tenía que estimar  $\alpha$  y un número infinito de  $\beta$ 's, ahora tan sólo hay que estimar tres incógnitas:  $\alpha$ ,  $\beta_0$  y  $\lambda$ , y no habrá multicolinealidad. En cierto modo la multicolinealidad se resuelve reemplazando  $X_{t-1}$ ,  $X_{t-2}$ ,... por un sólo término  $Y_{t-1}$ .

Se comentan a continuación algunas de las transformaciones de Koyck.

1. En un modelo de rezagos distribuidos y terminamos con un modelo autoregresivo por cuanto  $Y_{t-1}$  aparece como una de las variables explicatorias. Esto muestra cómo puede “convertirse” un modelo de rezagos distribuidos en un modelo autoregresivo.
2. Es probable que la aparición de  $Y_{t-1}$  traiga algunas complicaciones estadísticas. Efectivamente,  $Y_{t-1}$  al igual que  $Y_t$  es estocástica, lo que significa que tenemos una variable explicatoria estocástica. Recordemos que hemos predicado la teoría de los mínimos cuadrados bajo el supuesto de que las variables explicatorias no son estocásticas, o que de serlo están distribuidas independientemente del término de perturbación estocástico.
3. En el modelo original (27) el término de perturbación era  $U_t$ , mientras que en el modelo transformado es  $u_t = (U_t - \lambda u_{t-1})$ . Por otra parte, las propiedades estadísticas de  $U_t$  dependen de lo que se suponga respecto de las propiedades estadísticas de  $U_t$  ya que, como se mostrará más adelante, si las  $U$ 's originales no están serialmente correlacionadas, la  $U$ 's sí lo estarán. Por lo tanto, es posible que se tenga que

enfrentar el problema de la correlación serial y el problema de la inclusión de una variable explicatoria estocástica  $Y_{t-1}$

### 2.8.1.3 Enfoque de Almon en los modelos de rezagos distribuidos: Rezago polinomial de Almon<sup>38</sup>

De acuerdo con el modelo de rezagos distribuidos finitos considerado anteriormente, la ecuación (28), puede escribirse en forma más condensada así:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^k \beta_i X_{t-i} + u_t \quad \text{ecuación (36)}$$

De acuerdo con un teorema matemático, conocido como el Teorema de Weierstrass, Almon supone que  $\beta_i$  puede ser aproximado por un polinomio de un grado apropiado en “i” que es la longitud del rezago.

$$Y_t = \alpha + a_0 Z_{0t} + a_1 Z_{1t} + a_2 Z_{2t} + u_t \quad \text{ecuación (37)}$$

Según el esquema de Almon, se corre una regresión de Y contra las variables Z y no contra las variables originales X. Las estimaciones de  $\alpha$  y  $a_i$  obtenidas de este modo, poseerán las propiedades estadísticas deseables a condición de que el término de perturbación estocástica “u” satisfaga los supuestos del modelo clásico de regresión lineal. En este aspecto, la técnica de Almon ofrece algunas ventajas sobre la de Koyck

porque como hemos visto, esta última tiene serios problemas de estimación por la presencia de una variable explicatoria estocástica  $Y_{t-1}$  y por la probabilidad de su correlación con el término de perturbación.

Una vez estimados los  $\alpha$ 's a partir de la ecuación (37), las  $\beta$ 's originales pueden estimarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_0 &= \alpha_0 \\ \hat{\beta}_1 &= \alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 \\ \hat{\beta}_2 &= \alpha_0 + 2\alpha_1 + 4\alpha_2 \\ \hat{\beta}_3 &= \alpha_0 + 3\alpha_1 + 9\alpha_2 \\ \hat{\beta}_k &= \alpha_0 + k\alpha_1 + k^2\alpha_2\end{aligned}\quad \text{ecuaciones (38)}$$

Antes de aplicar la técnica de Almon, es indispensable solucionar los siguientes problemas de tipo práctico:

1. El tamaño máximo del rezago,  $k$ , debe especificarse de antemano. Este constituye el punto más débil de la técnica de Almon, puesto que el investigador debe decidir sobre dicho tamaño. En la práctica se espera que  $k$  sea razonablemente pequeño. Entonces, en una regresión que incorpora datos trimestrales para un período de 10 años, uno puede desear un rezago máximo de 8 ó 10 trimestres. Sin embargo, si tenemos cifras anuales para 10 años, uno puede desear un rezago no mayor de 2 ó 3 años. En cualquier circunstancia, obligatoriamente debe decidirse el valor máximo de  $K$ .

2. Habiendo especificado  $K$ , debemos definir luego el grado “ $m$ ” del polinomio. Generalmente, dicho grado debe ser por lo menos mayor en una unidad que el número de puntos de inflexión de la curva. Sin embargo, *a priori* no se sabe el número de puntos de inflexión, razón por la cual la selección del grado “ $m$ ” puede ser subjetiva. La teoría debe sugerir una forma particular en algunos casos; por otra parte, se espera que un polinomio de bajo grado (digamos  $m = 2$  ó  $3$ ) dé en la práctica buenos resultados.

#### 2.8.1.3.1 Ventajas del modelo de Almon

*Primero*, proporciona un método flexible para incorporar una gran variedad de estructuras de rezagos. La técnica de Koyck, por otro lado, es bastante rígida, pues supone que los  $\beta$ 's decaen geoméricamente.

*Segundo*, al contrario del procedimiento de Koyck, con el método de Almon no tenemos que preocuparnos por la presencia de la variable dependiente rezagada, como una de las variables explicatorias, ni de los problemas que conlleva desde el punto de vista de la estimación.

*Finalmente*, si es posible ajustar un polinomio de grado suficientemente bajo, el número de coeficientes estimados (las  $a$ 's) son considerablemente menores que su número original (las  $\beta$ 's).

### 2.8.1.3.2. Desventajas del modelo

*Primero*, el grado del polinomio al igual que el valor máximo del rezago es a la larga, una decisión subjetiva.

*Segundo*, por las razones antes anotadas, las variables  $Z$  probablemente tengan multicolinealidad; es decir, las  $a$ 's estimadas pueden presentar errores estándar grandes (relativamente al tamaño de sus coeficientes) y por ende, con base en la prueba "t", uno o más coeficientes no significativos. Esto no quiere decir necesariamente que uno o más de los coeficientes originales de  $\beta$  sean también no significativos.

## 2.9 Regresión múltiple (RM) y correlación

### 2.9.1 El análisis de regresión múltiple<sup>39</sup>

El análisis de regresión múltiple es una técnica en la que se utilizan diversas variables independientes para estimar el valor de una variable dependiente desconocida; por lo tanto, cada una de estas variables de predicción explica parte de la variación total de la variable dependiente. Gujarati<sup>40</sup> ofrece una interpretación del análisis de regresión en los siguientes términos: “el análisis de regresión trata de la dependencia de una variable, *variable dependiente*, en una o más variables, *las variables explicatorias*, con el objeto de estimar o predecir la media o valor promedio (poblacional) de la primera con base en los valores conocidos o fijados (en muestras repetidas) de las segundas”.

Las técnicas de RM son extensiones sencillas de las de regresión simple. Consideremos el caso de que una variable dependiente,  $Y$ , se relaciona en forma lineal a dos variables independientes,  $X_1$  y  $X_2$ . La ecuación de regresión múltiple estimada para este supuesto se denotaría de la siguiente manera:

$$\hat{Y} = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad (39)$$

donde:  $\hat{Y}$  es la variable dependiente,  $X_2$  y  $X_3$  las variables explicatorias, “ $u$ ” el término de error estocástico. c “ $i$ ”, es la  $i$ -ésima observación.

Yule<sup>41</sup> propone una forma más expresiva:

$$Y_i = \beta_{1.23} + \beta_{12.3}X_{2i} + \beta_{13.2}X_{3i} + u_i \quad (40)$$

En la que los subíndices de los coeficientes se interpretan como sigue: el subíndice 1 denota la variable dependiente Y; 2 denota la variable explicatoria  $X_2$  y 3 significa la variable explicatoria  $X_3$ .  $\beta_{1.23}$  en la ecuación es el intercepto, el cual nos da la media o efecto promedio en Y de todas las variables excluidas del modelo. Otra manera de interpretarlo sería que es el valor medio de Y cuando  $X_2$  y  $X_3$  son iguales a cero. Los coeficientes  $\beta_{12.3}$  y  $\beta_{13.2}$  se llaman *coeficientes de regresión parcial*.

Como se observa, cada variable lleva dos subíndices: el primero se refiere a la variable y el segundo al número de la observación, advirtiendo que convencionalmente 1 siempre se refiere a la variable dependiente Y. Así por ejemplo  $X_{24}$  significa la cuarta observación de la variable  $X_2$ . Ahora bien, cada parámetro lleva tres subíndices. Los que aparecen a la izquierda del punto se llaman subíndices primarios y los que van a la derecha se llaman subíndices secundarios. El primero de los subíndices primarios denota la variable dependiente Y, y el segundo indica la variable a la cual corresponde  $\beta$

### 2.9.1.1 Interpretación de la ecuación de regresión múltiple.<sup>42</sup>

De los supuestos del modelo de regresión clásico, se deduce que, tomando el valor condicional esperado de Y a ambos lados de la ecuación de regresión obtendremos:

$$E(Y_i|X_2, X_3) = \beta_{1.23} + \beta_{12.3}X_{2i} + \beta_{13.2}X_{3i} \quad \text{ecuación (41)}$$

Es decir, la ecuación anterior nos da la media condicional o valor esperado de  $Y$  condicionado por los valores fijos o dados de  $X_2$  y  $X_3$ . Por lo tanto, el análisis de regresión múltiple es un análisis de regresión condicional; condicional en los valores fijos de las variables explicatorias y lo que se obtiene es el promedio o valor medio de  $Y$  para los valores fijos de las variables  $X$ .

Los coeficientes de regresión parcial se pueden interpretar de la siguiente manera:  $\beta_{12,3}$  mide el cambio en el valor medio de  $Y$ ,  $E(Y|X_2, X_3)$ , por cambio de una unidad en  $X_2$ , manteniéndose  $X_3$  constante. En otras palabras, nos da la pendiente de  $E(Y|X_2, X_3)$  con respecto a  $X_2$ , manteniéndose  $X_3$  constante.

### *2.9.1.2 Métodos de regresión lineal.*

Existen varios métodos para construir la función de regresión muestral, pero en lo que concierne al análisis de regresión, el método más utilizado es el método de Mínimos Cuadrados propuesto por Carl Friedrich Gauss. Hanke y Reitsch<sup>43</sup> proponen una definición operacional de la siguiente manera: “Este método busca encontrar la línea que mejor ajuste a un conjunto de puntos dados  $X$ - $Y$  y que minimiza la suma de las distancias al cuadrado de los puntos a la línea de regresión”.

Los estimadores que se obtengan bajo el método de mínimos cuadrados se les conoce bajo el nombre de “Estimadores de mínimos cuadrados” por derivarse de ese principio tienen las siguientes características<sup>44</sup>:

1.- Están expresados únicamente en términos de cantidades observables (v.g., muestra).

2.- Son estimadores puntuales; es decir, que dada la muestra, cada estimador proporcionará un solo (punto) valor del parámetro poblacional relevante.

#### 2.9.1.2.1 Pruebas de significancia de los estimadores

Los estimadores de mínimos cuadrados, aún cuando sean fórmulas establecidas que no cambian, los valores estimados de los parámetros serán diferentes si aplicamos a estas fórmulas diferentes datos; en otras palabras, dependerán de los valores de la muestra.

El procedimiento por el cuál se verifica si los estimadores son confiables se conoce como prueba de hipótesis de los estimadores. Esta prueba consiste en establecer una conjetura acerca del verdadero valor poblacional del parámetro que se está tratando de estimar a fin de corroborarla o desmentirla.

El uso de pruebas de significancia en el análisis de regresión es sumamente importante, ya que nos dan una herramienta para decidir si incluye o no cierta variable explicatoria en nuestro modelo y proporciona una idea más completa acerca de la confiabilidad general del modelo.

### 2.9.1.3 Supuestos del modelo de regresión lineal.

Gauss condiciona a cumplir los siguientes supuestos para que los estimadores de mínimos cuadrados sean óptimos:

2.9.1.3.1 Supuesto 1: El valor esperado condicional del error es cero.

$$E(u_i|X_i) = 0$$

Este supuesto indica que el modelo está bien especificado; es decir, que las variables que se incluyen en el modelo son relevantes.

En caso de violación del supuesto, se dice que estamos en presencia de *errores de especificación*; las causas de esos errores son entre otras: a) El modelo está construido por variables independientes no relevantes, o bien la influencia se explica por otra variable independiente incluida, y b) El uso de un modelo de regresión cuya forma funcional no sea la adecuada.

Las consecuencias del rompimiento de este supuesto son graves. Simplemente serán sesgados y toda nuestra inferencia o predicción basada en él será errónea en principio.

Para evitar el rompimiento del supuesto, se recomienda realizar las pruebas de significancia para cada variable independiente; realizar un análisis gráfico de las observaciones de la muestra y en función de éste adoptar la forma funcional del modelo.

2.9.1.3.2 Supuesto 2: No existe correlación entre los errores. (No autocorrelación)

$$\text{Cov}(u_i, u_j) = 0 \quad i \neq j \quad \text{o también:}$$

$$E(u_i, u_j) = 0$$

El supuesto de no autocorrelación se refiere a que la covarianza entre los términos de error es nula. Esto es lo mismo que suponer que su correlación es cero.

El problema de autocorrelación indica que la variable que afectó al valor de la variable dependiente de una observación en particular tiene influencia sobre el término de error en otra observación de la variable dependiente.

Las consecuencias de la autocorrelación son tales que, aún cuando los estimadores siguen siendo insesgados, ya no son de mínima varianza y por consiguiente las pruebas de significancia ya no son confiables.

Existen varios métodos para detectar la autocorrelación pero los más comunes son el método gráfico, que consiste en graficar los residuales  $u_i$  ya sea con la variable dependiente y/o con cada una de las variables explicatorias y el método de Durbin-Watson<sup>45</sup> en caso de que la variable explicatoria sea el tiempo.

$$d = \frac{\sum_{t=1}^{t=N} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{t=N} e_t^2} \quad \text{o también}$$

$$d = 2 \left( 1 - \frac{\sum_{t=1}^{t=N} e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^{t=N} e_t^2} \right) \quad \text{ecuación (42)}$$

El estadístico de Durbin-Watson puede expresarse también como:

$$d = 2(1 - \hat{\rho}) \quad \text{ecuación (43)}$$

donde:  $\hat{\rho} = \left( \frac{\sum e_i e_{i-1}}{\sum e_i^2} \right)$  coeficiente de correlación serial de primer orden.

La forma más sencilla de remediar el problema de la autocorrelación es a través de la transformación de datos originales mediante lo que se conoce como el "método de la ecuación diferenciada general (Cochran Orcutt)<sup>46</sup>".

$$(Y_i - \rho Y_{i-1}) = \beta_0(1 - \rho) + \beta_1 X_i - \rho \beta_1 X_{i-1} + (u_i - \rho u_{i-1}) \quad \text{ecuación (44)}$$

La ecuación anterior sugiere que para eliminar la autocorrelación hay que correr una nueva regresión con los datos originales transformados. La transformación consiste en quitarle (aumentarle) a la observación de cada una de las variables,  $\rho$  veces la observación anterior.

Es importante señalar algunas de las debilidades de esta prueba:

- La prueba de Durbin-Watson sólo puede detectar autocorrelación entre errores consecutivos.
- La prueba puede ser no conclusiva.
- Se deben utilizar muestras mayores a 15 observaciones.
- Si no existe intercepto, la prueba no tiene validez.
- Si el modelo es autoregresivo, tampoco es válida.

2.9.1.3.3 Supuesto 3: La varianza del término de error es constante.  
(Homocedasticidad)

$$\text{Var}(u_i | X_i) = \sigma^2$$

El supuesto establece que la varianza del término de error permanece constante; es decir hay homocedasticidad en los errores. Cuando la varianza señalada no permanece constante, entonces se dice que se está en presencia de heteroscedasticidad (dispersión desigual); es decir, la varianza del error se incrementa conforme los valores de la variable independiente aumentan.

Cuando en un modelo de regresión se rompe este supuesto, las consecuencias son similares a las de la autocorrelación, o sea que los estimadores de los parámetros no son de mínima varianza y por lo tanto las pruebas de significancia no son confiables.

Existen varios métodos para detectar la presencia de heteroscedasticidad en un modelo de regresión: a) El método gráfico, que consiste en graficar los residuales (valor absoluto) contra los valores respectivos ya sea de la variable dependiente o cualquiera de las variables explicatorias, y b) La prueba de Spearman<sup>3</sup>. Esta prueba se reduce a averiguar si el coeficiente de correlación de Spearman (que mide el grado de asociación entre las posiciones relativas de las variables) es significativo o no. Para efectuar esta prueba, se obtienen los residuales de la regresión corriendo los datos originales, se "califican" los valores absolutos de éstos junto con los de la variable que parece ser la que trae los

<sup>3</sup> El Coeficiente de correlación de Kendall se utiliza para calcular un índice de asociación en datos categóricos con mediciones ordinales y es más eficiente que el Coeficiente de correlación de Spearman cuando los datos contienen un número de rangos empatados.

problemas de heteroscedasticidad en el modelo; una vez calificados se obtienen las diferencias en las calificaciones y a partir de estas se determina el coeficiente de correlación de Spearman mediante la siguiente fórmula:

$$r_s = 1 - 6 \left( \frac{\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \right) \quad \text{o} \quad r_s = 1 - \left( \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \right) \quad \text{ecuación (45)}$$

finalmente, se lleva a cabo la prueba de significancia, con una o dos colas, de éste coeficiente de correlación mediante el siguiente estadístico:

$$t = r_s \frac{n-2}{1-r_s^2} \quad \text{o} \quad t = r_s \frac{N-2}{1-r_s^2} \quad (46)$$

Para remediar la heteroscedasticidad se deben de transformar los datos originales, de tal manera que los datos transformados no presenten el mismo problema.

**2.9.1.3.4 Supuesto 4: No existe correlación entre el error y la variable explicatoria.**

**Cov (u<sub>i</sub>, X<sub>i</sub>) = 0 también:**

**E(u<sub>i</sub>, X<sub>i</sub>) = 0**

Este supuesto indica que no existe relación entre la variable dependiente X<sub>i</sub> y el término de error u<sub>i</sub>. La razón por la cual se hace este supuesto es porque que la influencia que tiene la variable independiente y el término de error sobre la variable dependiente, es de

índole diferente y si éstas están relacionadas, no podremos aislar cada una de las influencias.

Este supuesto se cumple automáticamente si se considera a la variable independiente como *no estocástica* y el primer supuesto de la regresión, también se cumple.

El rompimiento de este supuesto hace que el procedimiento de mínimos cuadrados no ofrezca resultados confiables.

El problema puede corregirse por medio del uso de variables dicótomas. (instrumentales)

2.9.1.3.5 Supuesto 5: No existe correlación entre las  $X_i$  (Multicolinealidad)

$$\text{Cov}(X_i, X_j) = 0 \quad i \neq j \quad \text{también:}$$

$$E(X_i, X_j) = 0$$

El problema de multicolinealidad se presenta cuando las variables independientes se encuentran relacionadas entre sí.

Las consecuencias de la presencia de multicolinealidad son menos graves que cuando existe autocorrelación y/o heteroscedasticidad. Bajo la presencia de multicolinealidad, los estimadores de mínimos cuadrados siguen siendo insesgados y de mínima varianza, pero nada nos asegura que ésta última sea pequeña y mientras más relacionadas estén las

variables independientes entre sí, mayor serán los valores estimados de las varianzas de los parámetros.

En caso de multicolinealidad perfecta, es decir, que el coeficiente de correlación entre dos variables independientes sea +1 ó -1 los estimadores de mínimos cuadrados son indeterminados. Pero este caso es trivial, ya que se soluciona eliminando alguna de las dos variables que están perfectamente correlacionadas.

Cuando la multicolinealidad no es perfecta, es peligroso eliminar alguna de las variables, ya que si la que se elimina es relevante, o que debe estar incluida en el modelo explícitamente, al eliminarla podríamos caer en un problema de especificación de modelo con consecuencias mas graves.

Para eliminar la multicolinealidad, se puede recurrir al modelo de primeras diferencias, el cual adopta la siguiente forma:

$$\Delta Y_1 = \beta_1 \Delta X_{i1} + \beta_2 \Delta X_{i2} + \dots + \beta_k \Delta X_{ik} \quad \text{ecuación (48)}$$

#### 2.9.1.4 Regresión múltiple por etapas<sup>47</sup>

Hoy en día, las computadoras han hecho posible la selección del mejor modelo de RLM al efectuar un complicado procedimiento que se denomina regresión múltiple por etapas, y como el mismo nombre indica, desarrolla una ecuación de regresión en pasos cuidadosamente delineados. Existen dos versiones de la regresión múltiple por etapas, el *método de selección hacia adelante* y el *método de eliminación hacia atrás*.

#### 2.9.1.4.1 El Método de selección hacia adelante.

El método de selección hacia adelante empieza sin variables X independientes, en un modelo diseñado para explicar el comportamiento de la variable dependiente "Y" y luego agrega una X a la vez. En cada paso sucesivo, se selecciona una variable explicativa para incluirse en el análisis de una lista de variables potenciales, porque contiene la mayor disminución en la variación en Y no explicada hasta aquí. La variable recién agregada tiene el coeficiente de determinación parcial más alto y, por lo tanto, promete hacer la mayor contribución marginal para explicar Y.

En la primera etapa, la computadora efectúa regresiones simples en forma separada para cada una de diversas variables independientes, escoge la más prometedora (la que produzca la suma de los cuadrados de regresión más alta y, por lo tanto, menor suma de cuadrados del error), e imprime sólo estos resultados.

En la segunda etapa, la computadora efectúa regresiones múltiples en forma separada para cada combinación de la variable independiente seleccionada en la primera etapa con una de las variables independientes restantes. Una vez más, se escoge la combinación que reduce al máximo la variación de Y no explicada.

Este proceso continúa hasta que todas las variables independientes potenciales se hayan incluido en el análisis, o hasta que otras reducciones en la variación no explicada de Y resulten imposibles. En esta forma, los interesados pueden determinar cuál, entre una

larga lista de variables independientes potenciales, contiene la mejor explicación del comportamiento de alguna variable dependiente.

#### 2.9 1.4.2 El Método de eliminación hacia atrás

El método de eliminación hacia atrás empieza por incluir todas las variables X independientes potenciales en un modelo de regresión y luego elimina una X a la vez.

En el paso 1 se estima una ecuación de regresión múltiple que contiene todas las variables independientes bajo consideración. En cada paso sucesivo se elimina del análisis una variable explicativa porque su coeficiente tiene ese valor t, entre todos los insignificantes, que es el más cercano a cero. El coeficiente de la variable eliminada, por lo tanto tiene ese valor p, entre todos los que rebasen un nivel de significancia designado, que es el mayor.

Luego se estima otra ecuación de regresión con las variables independientes restantes y una vez más ocurre el proceso de eliminación. Este proceso continúa hasta que las demás variables independientes restantes, en el análisis, tengan coeficientes que sean significativamente diferentes de cero. (Nota: no se puede depender de los métodos hacia delante y hacia atrás para producir el mismo resultado final)

### 2.9.1.5 El Modelo que predice mejor<sup>48</sup>

Los diversos métodos de regresión por etapas pueden darle el mejor modelo de regresión de acuerdo a algunos criterios. Se pueden encontrar varios criterios en la que en todos ellos las variables explicatorias, o independientes, son significativas, dependiendo del procedimiento de selección de las variables utilizado.

Si el objetivo es determinar cuáles variables independientes son eficientes en la descripción de una relación en el ambiente, el investigador probablemente podrá seleccionar, de entre varios modelos, aquel que se adapta mejor al marco teórico del problema. Por otro lado, si el investigador quiere utilizar una ecuación de regresión para hacer estimaciones basadas en valores futuros observados de  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , entonces la pregunta de cuál modelo utilizar, todavía permanece.

Se pudiera pensar que el modelo (el que contiene todas las variables explicatorias significativas) que tiene el mayor coeficiente de determinación múltiple  $r_{y,x}^2$  es el mejor, sin embargo, este no es el caso. El problema es que  $b_1, b_2, \dots, b_k$  y por lo tanto  $r_{y,x}^2$  son datos muy dependientes porque con el criterio de mínimos cuadrados se encontró la línea que mejor se ajusta a esos datos. Una muestra diferente dará otros valores para los coeficientes de regresión y para el coeficiente de determinación múltiple.

Si cualquiera de los coeficientes de regresión múltiple tiene errores estándar grandes, entonces se podría esperar que sus valores cambiaran de muestra en muestra. Se está

todavía  $100(1-\alpha)\%$  seguros de que los estimadores son significativos, pero no confiamos completamente en nuestras estimaciones. La ecuación de regresión obtenida de un conjunto de datos puede hacer predicciones pobres cuando se aplica a un conjunto nuevo de datos.

Maddala<sup>49</sup> presenta varias pruebas para verificación de diagnóstico, selección de modelo y prueba de especificación. Para la selección de modelos, sugiere analizar *los Residuos Predictivos*. Supongamos que se toma una muestra de "n" observaciones y se estima la ecuación de regresión con (n-1) observaciones a un tiempo, omitiendo una de ellas, y después se utiliza esta ecuación estimada para predecir el valor de "ŷ" de la observación omitida. Se denotará el error de predicción mediante  $u_i^* = y_i - \hat{y}(i)$ , donde  $u_i^*$  = residuos predictivos.

La expresión  $\hat{y}(i)$  significa una predicción de  $y_i$  en una ecuación de regresión que se estima con todas las observaciones excepto la i-ésima. Esto contrasta con  $\hat{y}_i$ , que es el valor predictivo  $y_i$  de una ecuación de regresión que se estima utilizando todas las observaciones.

Existe una relación simple entre los residuos de mínimos cuadrados  $\hat{u}_i^*$ . Es decir:

$$\hat{u}_i^* = \frac{\hat{u}_i}{1 - h_{ii}}$$

donde  $h_{ii}$  = i-ésimo término diagonal (ponderador) de la matriz sombrero<sup>50</sup>  $\sum \frac{x_i^2}{\sum x_i^2}$

Como  $V(\hat{a}_i) = (1 - h_{ii})\sigma^2$ , tenemos que  $V(\hat{a}_i^*) = \frac{\sigma^2}{1 - h_{ii}}$

donde:  $V(\hat{a}_i)$  = Varianza de los residuos.

Entonces, los residuos predictivos también son heterocedásticos.

Aunque los residuos predictivos tienen propiedades similares a los de mínimos cuadrados, algunos estadísticos los consideran más útiles que estos últimos en problemas que suponen elegir entre diferentes modelos de regresión<sup>51</sup>. El criterio que utilizan es el de la *Suma de Cuadrados de Residuos Predictivos* (PRESS), que se define como:

$$\sum (\hat{a}_i^*)^2 \quad \text{ecuación (49)}$$

Mary Sue Younger<sup>52</sup> define al método PRESS como:

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{\delta_i}{Q_i} \right)^2, \text{ donde } \delta_i = Y_i - \hat{Y}_i \text{ son los residuales ordinarios}$$

utilizando todas las n observaciones, asociadas con la i-ésima observación y el j-ésimo modelo. Por su lado  $Q_i$  se refiere a la amplitud del intervalo de confianza sobre el valor medio de Y en el punto  $x_i = (X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki})$ , por lo tanto la expresión algebraica quedaría como sigue:

$$Q_i = 1 - \left[ \frac{w_i / 2}{t_{\alpha/2, g} s_{xy}} \right]^2 \quad \text{ecuación (50)}$$

donde:

$w_i$  = amplitud del intervalo de confianza en el punto  $X_i$

$t_{\alpha/2}$  = Nivel de significancia, con prueba de t de student, dos colas

$s_{xy}$  = Covarianza entre las variables xy.

### 2.9.2 El análisis de correlación múltiple<sup>53</sup>

*El análisis de Correlación Múltiple.* El resultado de este análisis mide la intensidad total de la asociación entre todas las variables consideradas en el modelo.

El concepto de correlación puede abarcar desde un análisis que trata una variable independiente hasta uno que trate con varias de ellas. La finalidad es, otra vez, calcular un sólo valor que, en este caso, haya de describir la intensidad total de asociación entre una variable dependiente y dos o más independientes. Para distinguir entre los coeficientes de correlación simple y múltiple, se utilizan letras mayúsculas para los coeficientes de correlación múltiple.

Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio<sup>54</sup> definen el Coeficiente de Correlación de Pearson “ $r$ ” como “una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalo o de razón”.

Algunas de las propiedades de “ $r$ ” son:

- 1) Puede ser positivo o negativo, dependiendo del signo del numerador el cual mide la covarianza entre variables.

- 2) Sus límites son  $-1$  y  $+1$ , o sea,  $-1 \leq r \leq 1$ . Cuando la correlación tiende a  $-1$  se dice que la asociación entre las variables es negativa y la magnitud se intensifica a medida que su valor tiende a  $-1$ . Por el contrario, cuando el valor de la correlación tiende a  $+1$ , se dice que la asociación es positiva. Cuando la correlación es cero, no existe asociación entre las variables.
- 3) Es simétrico por naturaleza,  $r_{xy} = r_{yx}$
- 4) Si  $X$  y  $Y$  son estadísticamente independientes ( su función de probabilidad conjunta es igual al producto de sus funciones de probabilidad marginal), su coeficiente de correlación es cero, pero si  $r = 0$ , esto no implica necesariamente que las variables sean independientes.
- 5) Es una medida de asociación lineal.
- 6) No implica causa - efecto entre las variables.

### 2.9.2.1 El Coeficiente de determinación múltiple<sup>55</sup>.

El coeficiente muestral de determinación múltiple se denota por  $R^2$  y es igual a la proporción de la variación total en los valores de la variable dependiente “Y”, que es

explicada por la regresión múltiple de Y con  $X_1, X_2, X_n$ . Este coeficiente describe, por lo tanto, lo bien que el plano de regresión ajusta a los datos; su definición se expresa:

$$R^2 = \frac{\text{variación\_explicada}}{\text{variación\_total}} = \frac{RSS}{TotalSS} = \frac{\sum(\hat{Y} - Y)^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \quad \text{ecuación (51)}$$

En donde Y es el valor observado de la variable dependiente (siendo  $\bar{Y}$  su media), en tanto que  $\hat{Y}$  es el valor estimado de Y.

$R^2$  puede tomar valores entre cero y uno. Cuanto más cerca  $R^2$  esté de cero, más malo será el ajuste del plano de regresión a los datos; cuanto más cerca esté de uno mejor será el ajuste.

El coeficiente muestral de correlación múltiple se denota por R y es igual a la raíz cuadrada de  $R^2$ ; su signo se considera siempre positivo.

$$R = \frac{\text{variación\_explicada}}{\text{variación\_total}} = \frac{RSS}{TotalSS} \quad \text{ecuación (52)}$$

### 2.9.2.2 Pruebas de significancia de los estimadores

Los estimadores de mínimos cuadrados, aún cuando sean fórmulas establecidas que no cambian, los valores estimados de los parámetros serán diferentes si aplicamos a estas fórmulas diferentes datos; en otras palabras, dependerán de los valores de la muestra.

El procedimiento por el cuál verificamos si los estimadores son confiables se conoce como prueba de hipótesis de los estimadores. Esta prueba consiste en establecer una conjetura acerca del verdadero valor poblacional del parámetro que estamos tratando de estimar a fin de corroborarla o desmentirla.

El uso de pruebas de significancia en el análisis de regresión es sumamente importante, ya que nos dan una herramienta para decidir si incluimos o no cierta variable explicatoria en el modelo y nos proporciona una idea más completa acerca de la confiabilidad general del modelo.

## 3 Método

### 3.1 Definición del tipo de investigación

Kerlinger<sup>56</sup> Define la investigación no experimental como “una indagación empírica y sistemática en la cual el científico no tiene un control directo sobre las variables independientes porque sus manifestaciones ya han ocurrido o porque son inherentemente no manipulables. Las inferencias acerca de las relaciones entre variables se hacen, sin una intervención directa, a partir de la variación concomitante de las variables dependientes e independientes”.

Por sus características y propósitos, esta investigación se inicia, según Sampieri, Collado y Lucio<sup>57</sup>, en la clasificación de **Investigación Explicativa** ya que existen más de dos teorías que tratan de explicar la variación de la rentabilidad y los riesgos de un activo o conjunto de activos financieros en función de uno o más factores macroeconómicos.

Además, en el diagrama de relación causal, apartado 3.3, se precisa la relación que guardan los factores mencionados entre sí y entre las variables explicadas, por lo que parcialmente se puede concebir también como una **Investigación Correlacional**.

## **3.2 *Fórmula de las hipótesis***

### **3.2.1 Establecimiento de las hipótesis**

Hipótesis 1: El modelo de APT es más eficiente que el CAPM para estimar el rendimiento de los activos financieros en México.

Hipótesis 2: No existe diferencia significativa entre los rendimientos de las emisoras obtenidos a través del modelo APT y los del CAPM.

Hipótesis 3: El Modelo APT sobrevalúa el rendimiento en relación con el CAPM.

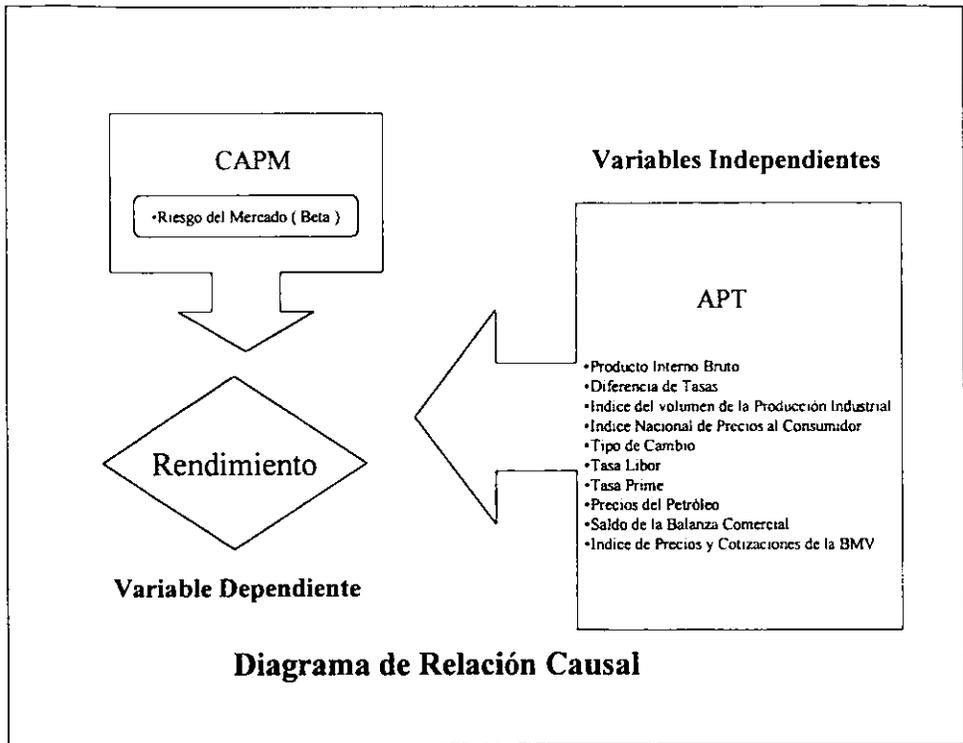
Hipótesis 4: Los indicadores macroeconómicos (Variables Independientes) propuestos para incluirse en el modelo de APT, explican el rendimiento de un activo financiero.

## **3.3 *Identificación y conceptualización de las variables***

En esta investigación se emplearán diez variables: Una variable dependiente y once variables independientes en escala numérica en su clasificación de razón y se definen conceptual y operacionalmente de la siguiente manera:

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Símbolo
Rendimiento de la i-ésima empresa que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores	Ganancia o utilidad que produce una inversión en activos financieros.	Esta variable se obtendrá como resultado de la aplicación tanto del CAPM y del modelo de APT.	$Y_1$
Producto Interno Bruto (PIB)	Es el valor a precios de mercado de los bienes y servicios finales que produce un país en un año.	El valor se tomará de las publicaciones oficiales y las que se publican en el SFM.	$X_1$
Diferencia de Tasas entre CEDES 90 días y CETES 28 días (DIFTASAS)	El Diferencial entre las tasas de rendimiento, que se obtienen al invertir en los valores comparados.	El valor se calculará restando la tasa de CETES a la de CEDES	$X_2$
Índice del Volumen de la Producción Industrial (IVBI)	Tasa que mide la variación del Volumen de la Producción Industrial	El valor se obtendrá de las publicaciones oficiales del Banco de México o del INEGI.	$X_3$
Índice Nacional de Precios al Consumidor Mensual (INPC)	Tasa que mide la variación porcentual del índice de precios al consumidor entre dos fecha determinadas.	El valor se obtendrá de las publicaciones oficiales del Banco de México o del SFM.	$X_4$
Tipo de Cambio Peso/USA Dólar (TCAMBIO)	Es el precio de la moneda extranjera expresada en moneda local, para cubrir obligaciones en divisas.	Idem. Anterior.	$X_5$
Tasa Libor (LIBOR)	Tasa de interés preferencial que ofrecen los bancos comerciales Int.	Idem. Anterior.	$X_6$
Tasa Prime (PRIME)	Tasa de interés preferencial que ofrecen los bancos comerciales de U.S.A.	Idem. Anterior	$X_7$
Precio Petróleo (PREPETR)	Precios Promedio Mensual por Barril de Petróleo Mezcla Mexicana en USD	Idem Anterior	$X_8$
Saldo de la Balanza Comercial (BALCOM)	Diferencia entre el importe total de exportaciones e importaciones.	Idem. Anterior	$X_9$
Índice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Rendimiento mensual del IPyC de la BMV.	El valor se tomará de las publicaciones oficiales y las que se publican en el SFM	$X_{10}$
Riesgo del Mercado (Beta)	Mide la sensibilidad de los rendimientos de una acción en relación con los rendimientos del mercado.	El valor se calculará dividiendo la covarianza de la emisora y el IPyC entre la varianza del IPyC.	

### 3.4 Diagrama de relación causal



### 3.5 Diseño de la investigación<sup>58</sup>

El proyecto se ubica conceptualmente como un diseño "No Experimental" de tipo Longitudinal y de Tendencia ( tipo 7 según Campbell y Stanley: Series Cronológicas ) que utiliza principalmente la observación *expost-facto*.

Y<sub>1</sub>   Y<sub>2</sub>   Y<sub>3</sub>   X   Y<sub>4</sub>   Y<sub>5</sub>   Y<sub>6</sub>

Al utilizar este diseño estamos conscientes de sus limitaciones entre las que se encuentran:

1) La incapacidad para manipular variables independientes, 2) La falta de poder para aleatorizar y 3) el riesgo de una interpretación inadecuada.

Se utilizarán tanto los registros del Índice de Precios y Cotizaciones IPyC de la BMV para obtener los rendimientos de las emisoras que lo conforman, desde su incorporación al índice a la fecha que contempla la investigación; así como los datos de los diferentes indicadores macroeconómicos que publican tanto el Banco de México, otras instituciones financieras y el INEGI con los cuales se buscará identificar, inicialmente, el grado de asociación entre los factores macroeconómicos (variables independientes) y su capacidad para estimar el valor del rendimiento de los valores que integran el IPyC (variable dependiente)

### 3.5.1 Validez interna y externa<sup>59</sup>

#### 3.5.1.1 Validez interna

Campbell y Stanley llaman *validez interna* a la validez mínima e imprescindible, sin la cual es imposible interpretar el modelo y se preguntan ¿Introducirían, en realidad, una diferencia los tratamientos empíricos en este caso concreto?. Sampieri et al<sup>60</sup> dicen que la validez interna se refiere a “cuanta confianza tenemos en que los resultados del experimento sea posible interpretarlos y éstos sean válidos”. Por su parte la validez externa plantea el interrogante de la posibilidad de generalización: ¿A que poblaciones, situaciones, variables de tratamiento y variables de medición puede generalizarse este efecto?.

Continúan diciendo los mismos autores, que ambos criterios son importantes, aunque con frecuencia se contrapongan, en el sentido de que ciertos aspectos que favorecen a uno de ellos perjudican al otro.

Debido a que ésta investigación no es de tipo experimental, los criterios de validez interna y externa no tienen mucha relevancia ya que no se manipula el experimento.

Con relación a la **validez interna**, presentaremos ocho clases distintas de variables externas que, de no controlárselas en diseño experimental, podrían generar efectos que se confundirían con el del estímulo experimental.

- 1) *Historia*, los acontecimientos específicos ocurridos entre la primera y la segunda medición, además de la variable experimental.
- 2) *Maduración*, procesos internos de los participantes, que operan como resultado del mero paso del tiempo (no son peculiares de los acontecimientos en cuestión) y que incluyen el aumento de la edad, el hambre, el cansancio y similares.
- 3) *Administración de tests*, el influjo que la administración de un test ejerce sobre los resultados de otro posterior.
- 4) *Instrumentación*, los cambios en los instrumentos de medición o en los observadores o calificadores participantes que pueden producir variaciones en las mediciones que se obtengan.
- 5) *Regresión estadística*, opera allí donde se han seleccionado los grupos sobre la base de sus puntajes extremos.
- 6) Sesgos resultantes de una *selección* diferencial de participantes para los grupos de comparación.
- 7) *Mortalidad experimental*, o diferencia en la pérdida de participantes de los grupos de comparación.

8) *Interacción entre la selección y la maduración*, etc., en algunos de los diseños cuasi experimentales de grupo múltiple, como en el modelo 10, se confunde con el efecto de la variable experimental ( es decir, que podría tomarse por él ).

### 3.5.1.2. Validez Externa

“La validez externa se refiere a qué tan generalizables son los resultados de un experimento a situaciones no experimentales y a otros sujetos o poblaciones”<sup>61</sup>

Los factores que amenazan la **validez externa o representatividad** son:

9) *Efecto reactivo o de interacción de las pruebas*, cuando un *pretest* podría aumentar o disminuir la sensibilidad o la calidad de la reacción del participante a la variable experimental, haciendo que los resultados obtenidos para una población con *pretest* no fueran representativos de los efectos de la variable experimental para el conjunto sin *pretest*, del cual se seleccionaron los participantes experimentales.

10) *Los efectos de interacción de los sesgos de selección y la variable experimental*.

11) *Efectos reactivos de los dispositivos experimentales*, que impedirían hacer extensivo el efecto de la variable experimental a las personas expuestas a ella en una situación no experimental.

12) *Interferencias de los tratamientos múltiples*, que pueden producirse cuando se apliquen tratamientos múltiples a los mismos participantes, pues suelen persistir los efectos de tratamientos anteriores. (Este es un problema particular de los diseños de un sólo grupo de tipo 8 ó 9)

13) *Imposibilidad de replicar los tratamientos*. Cuando los tratamientos son tan complejos que no pueden replicarse en situaciones no experimentales, es difícil generalizar a éstas. Sampieri et al continúan diciendo que para lograr una mayor validez externa, es conveniente *tener grupos lo mas parecidos posible a la mayoría de las personas a quienes se desea generalizar y repetir el experimento varias veces con diferentes grupos*. (hasta donde el presupuesto y los costos de tiempo lo permitan)

También, *tratar de que el contexto experimental sea lo más similar posible al contexto que se pretende generalizar*. (Cursivas señaladas por los autores)

### 3.6 Selección de la muestra

El estudio se realizó tomando como base las 35 empresas que integran la muestra para el cálculo del IPyC de la Bolsa Mexicana de Valores. Sin embargo, para garantizar la validez externa, no se consideran aquellas emisoras que se incorporaron a la muestra después de enero de 1994, las cuales se relacionan a continuación en la Tabla # 1:

**Tabla # 1 Relación de emisoras no consideradas en el estudio**

Clave Pizarra	Serie	Nombre de la Emisora
Cie	B	Corporación Interamericana de Entretenimiento, S.A.
Cintra	A	Cintra, S.A.
Elektra	Cpo	Grupo Elektra, S.A. de C.V.
Gcorvi	UBL	Grupo Corvi, S.A.
Gmexico	B	Grupo México S.A.
Gmodelo	C	Grupo Modelo S.A. de C.V.
Hylsamx	Bcp	Hylsamex, S.A.

**Tabla # 2 Empresas<sup>62</sup> que integraban el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores al 31 de diciembre de 1997.**

<b>Clave Pizarra</b>	<b>Serie</b>	<b>Nombre de la Emisora</b>
Ahmsa	*	Altos Hornos de México S.A.
Alfa	A	Alfa, S.A.
Apasco	*	Apasco S.A.
Banacci	B	Grupo Financiero Banamex, S.A.
Bbypro	B	Grupo Financiero BBV-Probursa, S.A.
Cemex	B	Cemex, S.A.
Cemex	Cpo	Cemex, S.A.
Cie	B	Corporación Interamericana de Entretenimiento, S.A.
Cifra	C	Cifra, S.A. de C.V.
Cifra	V	Cifra, S.A. de C.V.
Cintra	A	Cintra, S.A.
Comerci	UBC	Controladora Comercial Mexicana, S.A.
Desc	B	Desc S.A. de C.V.
Elektra	Cpo	Grupo Elektra, S.A. de C.V.
Femsa	B	Fomento Económico Mexicano, S.A. de C.V.
Carso	A1	Grupo Carso, S.A. de C.V.
Gcc	B	Grupo Cementos Chihuahua, S.A. de C.V.
Gcorvi	UBL	Grupo Corvi, S.A.
Gfb	A	Grupo Financiero Bancomer, S.A. de C.V.
Gfb	B	Grupo Financiero Bancomer, S.A. de C.V.
Gnorte	B	Grupo Financiero Banorte, S.A. de C.V.
Gmexico	B	Grupo México S.A.
Gmodelo	C	Grupo Modelo S.A. de C.V.
Hylsamx	Bcp	Hylsamex, S.A.
Ica	*	Empresas ICA Sociedad Controladora, S.A. de C.V.
Kimber	A	Kimberly-Clark de México, S.A. de C.V.
Maseca	B	Grupo Industrial MASECA, S.A. de C.V.
Moderna	A	Empresas La Moderna S.A. de C.V.
Soriana	B	Organización Soriana, S.A. de C.V.
Tamsa	*	Tubos de Acero México, S.A.
Telecom	A1	Grupo Carso Global Telecom, S.A.
Telmex	L	Teléfonos de México, S.A. de C.V.
Tlevisa	Cpo	Grupo Televisa S.A.
Tribasa	*	Grupo Tribasa, S.A. de C.V.
Vitro	*	Vitro S.A. de C.V.

### **3.7 Recolección de los datos**

#### **3.7.1 El Proceso de Recolección de datos**

Según Sampieri et al<sup>63</sup> la recolección de datos implica tres actividades estrechamente vinculadas entre sí: a) seleccionar un instrumento de medición; b) aplicar ese instrumento de medición y c) codificación de los datos.

Los autores señalan a Stevens (1951) quién define el término medir como “asignar números a objetos y eventos de acuerdo con reglas”. También definen la medición como “*el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos*”.

#### **3.7.2 Requisitos que debe cubrir un instrumento de medición<sup>64</sup>**

Toda medición o instrumento de recolección de los datos debe reunir dos requisitos esenciales: *confiabilidad* y *validez*.

La *validez*, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.

### 3.7.2.1 La validez

La *validez* es un concepto del cual pueden tenerse diferentes tipos de evidencia: 1. *Evidencia relacionada con el contenido*, 2. *Evidencia relacionada con el criterio* y 3. *Evidencia relacionada con el constructo*.

#### 3.7.2.1.1 Evidencia relacionada con el contenido

La *validez de contenido* se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. Es el grado en que la medición representa al concepto medido. (Bohrstedt, 1976)

En la investigación se consideraron todos los registros existentes de las variables dependientes e independientes incluidas. Para las variables dependientes se registraron los valores mensuales de cada una desde enero de 1992 hasta diciembre de 1997.

#### 3.7.2.1.2 Evidencia relacionada con el criterio

La *validez de criterio* establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo.

En las definiciones conceptuales de cada variable se describió la definición universal para cada una de ellas.

### 3.7.2.1.3 Evidencia relacionada con el constructo

La *validez de constructo* es probablemente la más importante sobre todo desde una perspectiva científica y se refiere al grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones de acuerdo con hipótesis derivadas teóricamente y que conciernen a los conceptos (o constructos) que están siendo medidos. Un *constructo* es una variable medida y que tiene lugar dentro de una teoría o esquema teórico.

Esta investigación se fundamentó en el marco teórico que han generado otros investigadores y que buscan generalizar la aplicación del modelo de valuación de precios de arbitraje para estimar el rendimiento de los activos financieros.

La *validez de constructo* incluye tres etapas:

1. Se establece y especifica la relación teórica entre los conceptos (sobre la base de un marco teórico)
2. Se correlacionan ambos conceptos y se analiza cuidadosamente la correlación.
3. Se interpreta la evidencia empírica de acuerdo con el nivel en que clarifica la validez de constructo de una medición particular.

La validez de un instrumento de medición se evalúa sobre la base de tres tipos de evidencia.

**Validez total = validez de contenido + validez de criterio + validez de constructo**

### 3.7.2.2. Cálculo de la validez

#### 3.7.2.2.1 Cálculo de la validez de contenido

Resulta complejo obtener la validez de contenido. Primero, es necesario revisar como ha sido utilizada la variable por otros investigadores. Con base en dicha revisión elaborar un universo de ítems posibles para medir la variable y sus dimensiones. Posteriormente, se consulta con investigadores familiarizados con la variable para ver si el universo es exhaustivo. Se seleccionan las variables bajo cuidadosa evaluación. Y si la variable está compuesta por diversas dimensiones o facetas, se extrae una muestra probabilística de los ítems, ya sea al azar o estratificada. (cada dimensión constituiría un estrato) Se administran los ítems, se correlacionan las puntuaciones de los ítems entre sí (debe haber correlaciones altas, especialmente entre los ítems que miden una misma dimensión) y se hacen estimaciones estadísticas para ver si la muestra es representativa.

#### 3.7.2.2.2 Cálculo de la validez de criterio

Es más sencilla de estimar, lo único que hace el investigador es correlacionar su medición con el criterio, y este coeficiente se toma como coeficiente de validez. (Bohrnstedt, 1976)

#### 3.7.2.2.3 Cálculo de la validez de constructo

Este tipo de validez suele determinarse mediante un procedimiento denominado “*análisis de factores*”.

### 3.7.2.3 La confiabilidad

La *confiabilidad* de un instrumento de medición se refiere al grado en sus aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados.

Existen diversos procedimientos para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición. Todos utilizan fórmulas que producen coeficientes de confiabilidad. Estos coeficientes pueden oscilar entre 0 y 1. Un coeficiente de 0 significa nula confiabilidad y 1 representa un máximo de confiabilidad (confiabilidad total).

Los procedimientos más utilizados para determinar la confiabilidad mediante coeficiente son:

#### 3.7.2.3.1 Medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest)

En este procedimiento un mismo instrumento de medición (o ítems o indicadores)<sup>4</sup> es aplicado dos o más veces a un mismo grupo de personas, después de cierto periodo. Si la correlación entre los resultados de las diferentes aplicaciones es altamente positiva, el instrumento se considera confiable.

---

<sup>4</sup> Un ítem es la unidad mínima que compone a una medición; es un reactivo que estimula una respuesta en un sujeto.

### 3.7.2.3.2 Método de formas alternativas o paralelas

En este procedimiento no se administra el mismo instrumento de medición, sino dos o más versiones equivalentes de éste. Las versiones son similares en contenido, instrucciones duración y otras características. El instrumento es confiable si la correlación entre los resultados de ambas administraciones es significativamente positiva. Los patrones de respuesta deben variar poco entre las aplicaciones.

### 3.7.2.3.3 Método de mitades partidas (*split-halves*)

A diferencia de los métodos anteriores, éste requiere sólo una aplicación de la medición.. Específicamente, el conjunto total de ítems o componentes es dividido en dos mitades y las puntuaciones o resultados de ambas son comparados. Si el instrumento es confiable, las puntuaciones de ambas mitades deben estar fuertemente correlacionadas. *La confiabilidad varía de acuerdo con el número de ítems que incluya el instrumento de medición.*

### 3.7.2.3.4 Coeficiente alfa de Cronbach

Este coeficiente requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1.

Existen dos procedimientos para calcular el coeficiente alfa:

1. Sobre la base de la varianza de los ítems, aplicando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{(N-1)} \left[ \frac{1 - \sum S^2(Y_i)}{S^2 X} \right]$$

donde: N = Número de ítems de la escala.

$\sum S^2(Y_i)$  = Sumatoria de las varianzas de los ítems.

$S^2 X$  = Varianza de toda la escala

2. Sobre la base de la matriz de correlación de los ítems, aplicando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{Np}{1 + p(N-1)}$$

donde: N = Número ítems en la escala y  $p$  el promedio de las correlaciones entre ítems.

### 3.7.2.3.5 Coeficiente KR-20

Kuder y Richardson (1937) desarrollaron un coeficiente para estimar la confiabilidad de un instrumento de medición estructurado a partir de datos nominales; es decir, si las respuestas a los ítems de la escala, en lugar de ser numéricas con varias opciones de respuesta son dicótomas, es decir, con únicamente dos posibles repuestas ( Sí - No,

acierto - error, positivo - negativo, etc.) el coeficiente alfa de Cronbach daría el mismo valor que el coeficiente KR20.

Este coeficiente se obtiene con la siguiente fórmula:

$$r_{11} = \left( \frac{K}{K-1} \right) \left( \frac{VAR - \sum pq}{VAR} \right)$$

donde:  $r_{11}$  = coeficiente de confiabilidad KR20

K = número de ítems de la escala

p = proporción de respuestas que corresponden a una de las dos categorías

q = 1-p

### 3.7.3 Datos

Los datos utilizados en esta investigación se obtuvieron a partir de varias fuentes secundarias de información entre las que destacan la Bolsa Mexicana de valores, el Grupo financiero Banamex Accival, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Las series históricas de los rendimientos de las emisoras que integran el IPyC de la Bolsa Mexicana de valores se obtuvieron de la revista "EL MERCADO" que edita el Departamento de Análisis del Grupo Financiero BANAMEX-ACCIVAL<sup>65</sup> y contemplan información mensual a partir del mes de enero de 1992 hasta el mes de diciembre de 1997. (Anexo # 2.) Para las emisoras que se incorporaron al índice antes de enero del 94,

pero después de enero de 1992, se calcularon los rendimientos promedio y se sustituyeron por los *Missing Values* correspondientes.

También se utilizó información diaria de las emisoras para observar si el comportamiento de la variable dependiente se modificaba al utilizar esta frecuencia de datos. La serie diaria se tomó de la base de datos de la Casa de Bolsa Bancomer, S.A.

Por su parte, la información sobre los factores macroeconómicos considerados como las variables explicatorias, se obtuvieron de las siguientes fuentes: Internet, SHCP, INEGI<sup>66</sup>, Banco de México y de la publicación “EL MERCADO”, señalada en el párrafo anterior y abarca también el mismo período de tiempo.

Para realizar el análisis de la información diaria se estimaron las cifras de los factores macroeconómicos utilizando la tasa de crecimiento promedio diaria, dada por la siguiente ecuación:

$$TC = n \cdot \left( \frac{\overline{D_a}}{D_b} \right) - 1$$

La información se capturó en la plantilla de datos del programa SPSS™ V. 8.0<sup>67</sup>, edición 1998 y se guardó en archivos denominados: Tesis Versión final.sav; Tesis Versión final\_1r.sav; Tesis Versión final\_2r.sav; Tesis Versión final\_3r.sav.

En el Archivo “**Tesis versión final .sav**” se guardaron los datos de 1992 a 1998 de los 10 factores macroeconómicos que se consideraron como variables independientes y los datos de las 35 empresas que integraron el IPyC al 31 de diciembre de 1997.

En el Archivo “**Tesis versión final\_1r.sav**” se guardaron los datos de 1992 a 1998 de los 10 factores macroeconómicos que se consideraron como variables independientes, rezagados 1 mes, es decir, la serie inició en el mes de Febrero de 1992 así como los datos de las 35 empresas que integraron el IPyC al 31 de diciembre de 1997.

En el Archivo “**Tesis versión final\_2r.sav**” se guardaron los datos de 1992 a 1998 de los 10 factores macroeconómicos que se consideraron como variables independientes, rezagados 2 meses es decir, la serie inició en el mes de Marzo de 1992 así como los datos de las 35 empresas que integraron el IPyC al 31 de diciembre de 1997.

Y finalmente, en el Archivo “**Tesis versión final\_3r.sav**” se guardaron los datos de 1992 a 1997 de los 10 factores macroeconómicos que se consideraron como variables independientes, rezagados 3 meses es decir, la serie inició en el mes de abril de 1992 así como los datos de las 35 empresas que integraron el IPyC al 31 de diciembre de 1997.

### 3.7.3 Escalas de medición

La definición de la medición que utiliza Stevens<sup>68</sup> es: “la asignación de valores numéricos a objetos o eventos de acuerdo con reglas” y expresa de manera sucinta la naturaleza básica de la medición.

Existen cuatro niveles generales de medición: nominal, ordinal, de intervalo y de razón. Estos cuatro niveles conducen a cuatro tipos de escalas. Las reglas utilizadas para asignar valores numéricos a objetos definen el tipo de escala y el nivel de medición:

*Medición Nominal.* Es considerado como el nivel más bajo de medición. Los números asignados a los objetos son valores numéricos sin un significado numeral no pueden ser ordenados o añadidos, es decir, son etiquetas muy similares a las letras que se usan para designar conjuntos.

*Medición Ordinal.* Requiere que los objetos de un conjunto dado puedan tener un rango y ser ordenados con base en alguna característica o propiedad definida de manera operacional. Debe satisfacerse el llamado postulado de transitividad: si **a** es mayor que **b**, y **b** es mayor que **c**, entonces **a** es mayor que **c**.

Los números ordinales indican un orden de rango y nada más. Los números no indican cantidades absolutas, ni tampoco indican que los intervalos entre los números son iguales.

Las escalas de orden de rango no son escalas con intervalos iguales ni tienen puntos absolutos de cero.

*Medición de Intervalo* o escalas de intervalos iguales, poseen las características de escalas nominales y ordinales, en especial el orden de rango. Además, las distancias numéricamente iguales en las escalas de intervalo representan distancias iguales en la propiedad que se está midiendo.

*Medición de Razón* además de poseer las características de las escalas nominales, ordinales y de intervalo, tiene un cero absoluto o natural que tiene significado empírico. Si una medición es cero en una escala de razón, entonces existe una base para decir que algún objeto no tiene ninguna de las propiedades que se están midiendo.

Todas las variables que se utilizaron en este proyecto son cuantitativas. Se utilizará la *escala numérica* en su clasificación *de razón o escalas proporcionales*: es una escala continua que incluye al cero y que sus valores pueden ser expresados en porcentaje, volumen, pesos, etc.

### 3.7.4 Instrumentos e indicadores

El diccionario Webster's<sup>69</sup> define la palabra indicador como a) algo que indica; b) Un organismo o comunidad ecológica asociada estrictamente con condiciones ambientales particulares de tal manera que su presencia es indicativo de la existencia de esas condiciones; y c) Cualesquiera de un grupo de valores estadísticos ( por ejemplo, nivel de empleo ) que considerados en forma conjunta dan un indicador del nivel de la economía. En esta investigación, por conveniencia, utilizaremos la última definición.

El problema básico se fundamenta alrededor del modelo de valuación de precios de arbitraje, por lo que se busca identificar los factores macroeconómicos significativos que expliquen el comportamiento de los rendimientos de cualquier activo financiero.

Los indicadores que se construyeron y se utilizaron en el análisis estadístico para la validación y comprobación de las hipótesis fueron:

$r$  = Tasa de rendimiento estimada

$\sigma^2$  = Varianza de los rendimientos

$\sigma$  = Desviación estándar de los rendimientos

$\sigma_{rM}$  = Covarianza de los rendimientos del activo financiero y del mercado

$\rho$  = Coeficiente de correlación de orden cero y parciales

$R^2$  = Coeficiente de determinación simple y múltiple

$\beta_i$  = Riesgo del mercado, o pendiente del factor "i"

### 3.8 Procesamiento y análisis de los datos

#### 3.8.1 Selección de pruebas estadísticas

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron técnicas de análisis multivariado para identificar la asociación y dependencia entre las variables del estudio, tales como el análisis de correlación, regresión múltiple y regresión con rezagos; el análisis de varianza y covarianza múltiple para calcular el riesgo sistemático y no sistemático de las empresas, así como para probar la significancia del modelo y de cada una de las variables que lo integran.

La tasa de rendimiento estimada “ $r$ ,” calculada con el CAPM, se determinó de acuerdo a la ecuación (8):

$$E(R_i) = R_f + [E(R_M) - R_f] \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2}$$

y para obtener la tasa de rendimiento de acuerdo al APT, se utilizó la ecuación (17)

$$\tilde{R}_i = E(\tilde{R}_i) + b_{i1}\tilde{F}_1 + \dots + b_{ik}\tilde{F}_k + \tilde{\varepsilon}_i$$

Para identificar la posible asociación entre los factores, y con ello depurar las variables explicatorias (dependientes) se realizó primeramente el análisis de correlación pareada utilizando el estadístico “ $r_{xy}$ ”

$$r = \frac{SC_{xy}}{SC_x SC_y} \quad \text{ecuación (53)}$$

Para identificar los modelos multifactor se utilizó el análisis de regresión múltiple, representado por la ecuación (40):

$$Y_i = \beta_{1.23} + \beta_{12.3}X_{2i} + \beta_{13.2}X_{3i} + u_i$$

Para probar la validez del modelo y de cada una de las variables y parámetros incluidos, se desarrollaron pruebas de significancia general a través de la prueba “F”

$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / [n - (k + 1)]} \quad \text{ecuación (54)}$$

y particulares para cada variable sobre los coeficientes individuales de regresión parcial apoyados en la prueba “t”.

$$t = \frac{\theta}{\sigma_\theta} \quad \text{ecuación (55)}$$

Para probar la independencia estadística de los resultados obtenidos a través del CAPM y del APT, se utilizó la prueba “z” para “Diferencia de Medias”.

$$z = \frac{(x_1 - x_2) - D_0}{\sigma_{(x_1 - x_2)}} \quad \text{ecuación (56)}$$

Para el cálculo de cada parámetro beta, se utilizó tanto el criterio media varianza como la regresión lineal simple entre los rendimientos del mercado y de la emisora.

$$\beta = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x^2} \quad \text{ecuación (57), o bien}$$

$$y = \alpha + \beta x \quad \text{ecuación (58)}$$

### 3.8.2 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos se utilizará el paquete estadístico SPSS<sup>70</sup>, versión 8.0, para Windows y se aplicaron las siguientes rutinas:

- *Descriptive Statistics*
- *Bivariate and Partial Correlations*
- *Analysis of Variance*
- *Simple and Multiple Linear Regression*
- *Multiple Linear Regression ( Backward Elimination Method )*
- *Paires Samples Statistics*
- *Factor Analysis*

Las bases de datos se diseñaron y establecieron en Excel para Windows 97, Versión 7<sup>71</sup>.

#### 3.8.2.1 Análisis de correlación y regresión

##### 3.8.2.1.1 Modelo con datos originales

Con la finalidad de evitar la multicolinealidad se aplicó la prueba de correlación bivariada entre todas las variables que se incluyen en la investigación considerando una significancia del 99% en la prueba. El objetivo principal de esta prueba es eliminar del modelo de regresión todas aquellas variables que estén correlacionadas (Problema de Multicolinealidad), haciéndolo eficiente y simplificando con ello el modelo. Los resultados se presentan en la Tabla # 3 siguiente:

**Tabla # 3 Análisis de Correlación entre los Factores Macroeconómicos**

Correlations

		Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Indice del Volumen de la Producción Industrial	Diferencia de Tasas CEDES 91 y CETES 28	Indice Nacional de Precios al Consumidor	Tasa de cambio Peso/Dolar
Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Pearson Correlation	1.000	.523**	-.238*	.058	.475**
	Sig. (2-tailed)		.000	.044	.626	.000
	N	72	72	72	72	72
Indice del Volumen de la Producción Industrial	Pearson Correlation	.523**	1.000	-.027	-.272*	.512**
	Sig. (2-tailed)	.000		.819	.021	.000
	N	72	72	72	72	72
Diferencia de Tasas CEDES 91 y CETES 28	Pearson Correlation	-.238*	-.027	1.000	-.709**	-.621**
	Sig. (2-tailed)	.044	.819		.000	.000
	N	72	72	72	72	
Indice Nacional de Precios al Consumidor	Pearson Correlation	.058	-.272*	-.709**	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.626	.021	.000		
	N	72	72	72	72	
Tasa de cambio Peso/Dolar	Pearson Correlation	.475**	.512**	-.621**	.463**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	72	72	72	72	72
Tasa Prime	Pearson Correlation	.375**	.298*	-.752**	.592**	.851**
	Sig. (2-tailed)	.001	.011	.000	.000	.000
	N	72	72	72	72	72
Precios de Petróleo	Pearson Correlation	.165	.112	-.239*	.249*	.417**
	Sig. (2-tailed)	.166	.351	.043	.035	.000
	N	72	72	72	72	72
Variación de la Balanza Comercial (%)	Pearson Correlation	.289*	.096	-.742**	.697**	.866**
	Sig. (2-tailed)	.014	.421	.000	.000	.000
	N	72	72	72	72	72
Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Pearson Correlation	.008	.044	-.037	.043	.083
	Sig. (2-tailed)	.945	.713	.755	.720	.491
	N	72	72	72	72	72

**Tabla # 3 Análisis de Correlación entre los Factores Macroeconómicos**

**Correlations**

		Tasa Prime	Precios de Petróleo	Variación de la Balanza Comercial (%)	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV
Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Pearson Correlation	.375**	.165	.289*	.008
	Sig. (2-tailed)	.001	.166	.014	.945
	N	72	72	72	72
Indice del Volumen de la Producción Industrial	Pearson Correlation	.298*	.112	.096	.044
	Sig. (2-tailed)	.011	.351	.421	.713
	N	72	72	72	72
Diferencia de Tasas CEDES 91 y CETES 28	Pearson Correlation	-.752**	-.239*	-.742**	-.037
	Sig. (2-tailed)	.000	.043	.000	.755
	N	72	72	72	72
Indice Nacional de Precios al Consumidor	Pearson Correlation	.592**	.249*	.697**	.043
	Sig. (2-tailed)	.000	.035	.000	.720
	N	72	72	72	72
Tasa de cambio Peso/Dolar	Pearson Correlation	.851**	.417**	.866**	.083
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.491
	N	72	72	72	72
Tasa Prime	Pearson Correlation	1.000	.336**	.829**	.032
	Sig. (2-tailed)	.	.004	.000	.787
	N	72	72	72	72
Precios de Petróleo	Pearson Correlation	.336**	1.000	.440**	.046
	Sig. (2-tailed)	.004	.	.000	.700
	N	72	72	72	72
Variación de la Balanza Comercial (%)	Pearson Correlation	.829**	.440**	1.000	.064
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.591
	N	72	72	72	72
Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Pearson Correlation	.032	.046	.064	1.000
	Sig. (2-tailed)	.787	.700	.591	.
	N	72	72	72	72

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Como resultado de este primer proceso se eliminaron las siguientes variables:

- Tasa LIBOR
- Índice Nacional de Precios al Consumidor
- Tasa de cambio peso/dólar
- Tasa Prime
- Índice de variación de la Balanza Comercial
- Índice del Volumen de la Producción Industrial

Para garantizar los resultados, se volvió a correr el análisis de correlación con las variables definitivas del modelo y los datos se presentan en la tabla # 4.

Por lo que el modelo de regresión para datos sin rezago, Modelo #1 quedó integrado por las variables independientes que a continuación se relacionan:

- Índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores ( $x_1$ )
- Diftasas ( $x_2$ )
- Precios del Petróleo ( $x_3$ )
- Producto Interno Bruto ( $x_4$ )

**Tabla # 4 Resultados del Análisis de Correlación entre los Factores Macroeconómicos Definitivos**

**Correlations**

		Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Diferencia de Tasas CEDES 91 y CETES 28	Precios de Petróleo	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV
Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Pearson Correlation	1.000	-.238*	.165	.008
	Sig. (2-tailed)	.	.044	.166	.945
	N	72	72	72	72
Diferencia de Tasas CEDES 91 y CETES 28	Pearson Correlation	-.238*	1.000	-.239*	-.037
	Sig. (2-tailed)	.044	.	.043	.755
	N	72	72	72	72
Precios de Petróleo	Pearson Correlation	.165	-.239*	1.000	.046
	Sig. (2-tailed)	.166	.043	.	.700
	N	72	72	72	72
Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Pearson Correlation	.008	-.037	.046	1.000
	Sig. (2-tailed)	.945	.755	.700	.
	N	72	72	72	72

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

de acuerdo a la notación de Yule, el primer modelo multifactor representado por la siguiente ecuación:

$$f_i = \beta_{1\ 1234} + \beta_{11\ 234}x_{1i} + \beta_{12\ 134}x_{2i} + \beta_{13\ 124}x_{3i} + \beta_{14\ 123}x_{4i} \text{ ecuación (59)}$$

donde la variable  $y_i$  representa la  $i$ -ésima emisora que conforma el índice de precios y cotizaciones (variables dependientes) y la  $\beta_{1\ 1234}$  el intercepto del área con la ordenada al origen cuando todas las variables independientes del modelo tienen un valor de cero; por su parte las  $\beta_{11\ 234}$ ,  $\beta_{12\ 134}$ ,  $\beta_{13\ 124}$  y  $\beta_{14\ 123}$  representan la razón de cambio (pendiente) de la variable independiente por cada unidad que se modifique la variable dependiente, permaneciendo constantes las restantes; finalmente, las variables independientes  $x_j$  representan cada uno de los factores macroeconómicos significantes en el modelo.

Los resultados de este modelo se guardaron en archivos de SPSS tipo: *Viewer document* (\*.spo). Para consultarlos, el símbolo \* deberá de sustituirse por "sr1" que corresponde a la primera corrida normal (sin rezagos) entre los factores y la primera emisora (Ahmsa); el nombre del archivo para leer los resultados de la segunda emisora es "sr2.spo" (Alfa) y así sucesivamente hasta "sr35.spo" para la emisora 35 (Vidro). En el anexo 4 cuadro # 1 Resumen de los Principales Estimadores de los Coeficientes de Regresión se incluyó una síntesis de los datos y en mismo anexo, cuadro # 2 se presenta en forma resumida los Principales Estimadores del Modelo de Regresión por emisora.

Con la finalidad de identificar si los factores macroeconómicos (variables independientes) afectan extemporáneamente el valor de las emisoras (variables dependientes) se presentan varios modelos de regresión múltiple con rezago finito, tomando como base el modelo propuesto por Alt y Tinberger.

En la investigación que realizó el Dr. José Ma. Hernández Marco<sup>72</sup> identificó que el mercado de valores mexicano responde con mayor eficiencia a un rezago de 3 meses, lo cual significa que la eficiencia, en nuestro mercado, se presenta en la forma “Débil”.

Tomando como referencia lo anterior, a continuación se presentan los resultados obtenidos para la información con 1, 2 y 3 meses de rezago respectivamente.

### 3.8.2.2 Modelo con un período de rezago

Al igual que el modelo anterior, desarrollado con los datos originales, se realizó la prueba de regresión, pero ahora rezagando un período la información en todas las variables independientes (factores), permaneciendo constantes los datos de las emisoras (variables dependientes), según el modelo matemático # 2 siguiente:

$$y_t = \beta_{1,1234} + \beta_{11,234}x_{1,t-1} + \beta_{12,134}x_{2,t-1} + \beta_{13,124}x_{3,t-1} + \beta_{14,123}x_{3,t-1} \quad \text{ecuación (60)}$$

y el resumen de los resultados, también se muestra en los cuadros # 1 y 2 citados.

Los resultados de este modelo se guardaron en archivos de SPSS tipo: *Viewer document* (\*.Spo). Para consultarlos, la extensión \*. deberá de sustituirse por “r1” que corresponde a la primera corrida entre los factores y la primera emisora (Apasco), con un mes de rezago.

Para simplificar, a continuación se presentan los modelos con dos y tres periodos de rezago exclusivamente.

### 3.8.2.3 Modelo con dos periodos y tres periodos de rezago.

De manera análoga que los modelos anteriores, el modelo resultante está formado por las siguientes variables macroeconómicas:

- Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores ( $x_1$ )
- Diferencia de Tasas ( $x_2$ )
- Precios del Petróleo ( $x_3$ )
- Producto Interno Bruto ( $x_4$ )

Las siguientes ecuaciones describen los modelos matemáticos # 3 y 4 (ecuaciones 61 y 62 respectivamente) para correr la regresión con dos y tres periodos de rezago y los resultados también se incluyeron en los cuadros # 1 y 2 del anexo 1.

$$\hat{y}_t = \beta_{1,1234} + \beta_{11,234}x_{1,t-2} + \beta_{12,134}x_{2,t-2} + \beta_{13,124}x_{3,t-2} + \beta_{14,123}x_{4,t-2} \text{ ecuación (61)}$$

$$\hat{y}_t = \beta_{1,1234} + \beta_{11,234}x_{1,t-3} + \beta_{12,134}x_{2,t-3} + \beta_{13,124}x_{3,t-3} + \beta_{14,123}x_{4,t-3} \text{ ecuación (62)}$$

## 4 Resultados

### 4.1 Análisis de correlación

Con la finalidad de identificar los indicadores macroeconómicos (factores) a incluir en el Modelo de Teoría de Precios de Arbitraje, que determinan con mayor precisión los rendimientos de las acciones o de un portafolio de valores en el Mercado de Valores Mexicano, primeramente se realizó el Análisis de Correlación Bivariada con un nivel de significancia del 95% y dos colas, entre los 10 factores macroeconómicos considerados en este estudio.

El resultado del análisis arrojó que ocho de las doce variables independientes presentaron problemas de **Multicolinealidad**, una correlación significativa entre los factores involucrados; es decir, cuando uno de los factores aumenta otro también aumenta; igualmente, cuando uno de los factores disminuye el otro también lo hace. Estos resultados revelan que al incluir factores correlacionados en el modelo se está trabajando con un modelo ineficiente, ya que incluyendo tan sólo una de las variables que se encuentran correlacionadas se obtienen los efectos de las siete variables restantes, sin necesidad de incluirlas a todas en el modelo.

En la tabla siguiente se muestran las 8 variables que presentaron correlación significativa para un nivel de confianza del 95%.

Tabla # 5.- Coeficientes de Correlación de los Factores Correlacionados.

Variable	INPC	Tasas de Cambio	Tasa Prime	Var. de la Bal.Com.	IVPI	Tasa LIBOR
INPC		Media	Media	Considera	Débil -	Media
Tasa de C	.463		Considera	Muy F	Media	Considera
T Prime	.592	.851		Considera	Débil	Muy F
Var. B. C.	.697	.866	.829		Débil	Considera
IVPI	-.272	.512	.298	.096		Media
LIBOR	.494	.742	.912	.703	.338	

Los factores que mostraron correlación muy fuerte fueron: Tasa de Cambio y la Variación de la Balanza Comercial; Tasa Prime y Tasa LIBOR;

El bloque de factores que presentaron correlación considerable fue: INPC y Variación de la Balanza Comercial; La Tasa de Cambio y la Tasa PRIME; Tasa de Cambio y la Tasa LIBOR; Tasa PRIME y Variación de la Balanza Comercial; y Variación de la Balanza Comercial y la Tasa LIBOR;

Las demás combinaciones de factores presentaron correlación es sus formas media y débil.

Por consiguiente, *al eliminar esas variables del modelo también se eliminó el problema de multicolinealidad.*

#### 4.1.1 Prueba de hipótesis para el coeficiente de correlación poblacional

1.- Hipótesis Nula:  $H_0: \rho = 0$

2.- Hipótesis Alternativa:  $H_a: \rho \neq 0$

3.- Estadístico de Prueba:  $t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$

4.- Región de Rechazo:  $-t_{\alpha/2} > t > t_{\alpha/2}$  ó bien  $p(-1.96 > t > 1.96) = 0.05$

El valor Crítico de Tablas “ $\alpha$ ” = .025 para dos colas, es 1.99 para el rango entre 60 y 120 grados de libertad (ver anexo # 2, tablas estadísticas), y en la tabla # 3 se observa que para cada variable existe un renglón “Sig. (2-tailed)”. Si el valor es menor a 0.05, se interpreta como que el coeficiente de correlación es significativo. (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error) Por consiguiente se rechazarán todas las variables que presenten un valor menor a 0.05 en el renglón citado “Sig. (2-tailed)”.

Las variables no correlacionadas presentadas en la tabla # 4 fueron las que se tomaron como base en el modelo de regresión múltiple.

## **4.2 Análisis de regresión**

Después de haber efectuado el análisis de correlación, ahora se desarrollará el análisis de los resultados de la regresión. Como ya se mencionó se corrió una regresión múltiple para cada emisora, la cual se definió como la variable dependiente y los cuatro factores no correlacionados entre sí anotados como variables independientes. Los resultados de las corridas de regresión se presentaron en el cuadro # 1 del anexo 1 y contiene la siguiente información:

1. Los Coeficientes ( $\beta_i$ ) para cada emisora. Los espacios que aparecen en blanco indican que el factor respectivo no fue significativo en el modelo de regresión.
2. El Error Estándar para el coeficiente beta.
3. El Estadístico de Prueba "t" para cada coeficiente.
4. El Nivel de Significancia, que indica la probabilidad de que el coeficiente de la variable sea significativo o no, con los grados de libertad correspondientes.

En esta etapa se obtuvo como resultado, para cada modelo de regresión y emisora, las variables independientes significativas de acuerdo con el siguiente planteamiento de hipótesis:

#### 4.2.1 Prueba de hipótesis de significancia de los estimadores ( $\beta$ )

Esta prueba es de gran importancia ya que si aceptamos la insignificancia de la pendiente ( $\beta$ ), quiere decir que no existe dependencia de Y sobre X; en otras palabras, la variable explicatoria X, no tiene poder explicativo sobre Y, por lo cual no debe estar incluida en el modelo.

1.- Hipótesis Nula:  $H_0: \beta_1 = 0$

2.- Hipótesis Alternativa:  $H_a: \beta_1 \neq 0$

3.- Estadístico de Prueba.  $t = \frac{\hat{\beta}_1}{\sigma_{\hat{\beta}_1}}$

4.- Región de Rechazo: Si  $|t| \geq t_{\alpha, g.l.}$ , rechazar  $H_0$ , por lo que el valor del parámetro es significativo; también se puede utilizar  $p(t > t_{\alpha=0.05, 70 g.l.}) < 0.05$ .

Al aplicar esta prueba encontramos, para cada emisora, el tipo de regresión y los coeficientes significativos de cada factor que contiene el modelo. Los resultados se presentaron en la sección de coeficientes de la tabla # 6 (Resumen de Modelos principales modelos de Regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras). El modelo se seleccionó en función del coeficiente de determinación que reveló cada tipo de regresión; es decir, para cada emisora se seleccionó el modelo que arrojó un  $R^2$  mayor.

Tabla # 6 Resumen de los principales Modelos de Regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras clasificadas en función del Coeficiente de Determinación.

Emisora	Tipo de R	Factor						Modelo					
		IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	Significancia	R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.
Tamsa *	Rezago 1		-0.00629			0.003	-2.27	0.026	0.357	0.14	2.532	5.469	0.006
	Rezago 1				4.388E-07	0	1.804	0.076		0.14			
Bbvpro b	Normal	0.795				0.228	3.495	0.001	0.383	0.147	2.024	12.212	0.001
Ahmsa	Rezago 2	0.381				0.2004	1.863	0.067	0.408	0.166	1.644	6.585	0.002
	Rezago 2		-0.01212			0.004	-3.077	0.003		0.166			
Soriana B	Rezago 1	0.431				0.149	2.887	0.005	0.42	0.176	2.487	7.174	0.002
	Rezago 1				5.45E-07	0	2.44	0.017		0.176			
GFB A	Rezago 1	0.887				0.224	3.956	0	0.491	0.241	2.522	10.14	0
	Rezago 1		0.007664			0.004	-1.961	0.054		0.241			
GFB B	Datos diario			0.01326		0.006	2.057	0.044	0.539	<b>0.29</b>	1.449	592.83	0
Moderna A	Datos diario	0.685				0.028	24.579	0	0.54	<b>0.291</b>	1.798	308.295	0
	Datos diario				-2.89E-08	0	-3.258	0.001		<b>0.291</b>			
Desc b	Datos diario	0.827				0.033	25.106	0	0.544	<b>0.296</b>	1.551	630.329	0
Alfa	Datos diario	0.671				0.025	27.359	0	0.578	<b>0.334</b>	1.914	375.88	0
	Datos diario				1.638E-08	0	2.099	0.036		<b>0.334</b>			
Comerci ubc	Datos diario	0.952				0.034	28.032	0	0.586	<b>0.344</b>	1.765	785.784	0
Ica *	Normal	0.986				0.18	6.68	0	0.621	0.377	2.447	44.622	0
Gcarso A1	Datos diario	0.865				0.028	30.66	0	0.621	<b>0.385</b>	1.472	940.019	0
Cemex Cpo	Datos diario	0.997				0.032	31.542	0	0.64	<b>0.409</b>	1.472	994.905	0
Tlevisa Cpo	Datos diario	1				0.028	35.463	0	0.675	<b>0.456</b>	1.568	1257.55	0
Vitro	Datos diario	1.077				0.03	36.036	0	0.681	<b>0.464</b>	1.958	650.369	0
	Datos diario				1.775E-08	0	1.865	0.062		<b>0.464</b>			
Kimber A	Datos diario	0.855				0.023	36.8	0	0.689	<b>0.474</b>	1.775	1354.255	0
Apasco	Datos diario	1.122				0.03	37.388	0	0.694	<b>0.482</b>	2.214	1397.826	0
Banacci	Normal	1.245				0.163	7.643	0	0.71	0.504	2.346	23.327	0
	Normal		-0.005348			0.003	-1.806	0.075		0.504			
	Normal				-7.48E-07	0	-3.1	0.003		0.504			
Cifra C	Datos diario	0.995				0.024	41.716	0	0.733	<b>0.537</b>	1.689	1740.221	0
Cifra V	Datos diario	1.032				0.023	44.105	0	0.751	<b>0.564</b>	1.623	1945.24	0
Femsa b	Datos diario	1.364				0.3	44.87	0	0.757	<b>0.573</b>	2.076	1007.301	0
	Datos diario		-0.000199			0	-1.838	0.066		<b>0.573</b>			
Cemex b	Datos diario	1.299				0.024	53.864	0	0.812	<b>0.659</b>	1.376	2901.32	0
Telmex L	Datos diario	0.891				0.016	54.984	0	0.817	<b>0.668</b>	1.8	3023.228	0
Telecom A1	Normal	1.241				0.079	15.681	0	0.881	0.776	1.769	245.908	0

En la tabla # 6 anterior, también se observó, que 17 de los modelos presentaron un  $R^2$  menor al 50%; es decir, el modelo de regresión sólo explica, según el caso, ese porcentaje de las variaciones en los rendimientos de la emisora.

Los factores macroeconómicos que se incluyeron en los modelos con un  $R^2$  menor al 50% fueron, según su importancia: El IPyC que se observó en 15 de los 17 modelos: en 9 ocasiones individualmente, en otras dos participó conjuntamente con la Diftasas y finalmente las otras cuatro con PIB; el PIB por su parte, participó individualmente en 1 de los modelos acompañado con el factor Diftasas (Tamsa).

Otro grupo de 4 emisoras, mostró un coeficiente de determinación entre el 50 y 60%, pero ahora el IPyC estuvo presente en todos los modelos. En dos fue el único factor y en *forma conjunta participo con la Diferencia de Tasas en los modelos para Banacci y Femsa "B"*.

En un tercer bloque de tres emisoras: Cemex B, Telemex L y Telecom A1 se encontró que el coeficiente de determinación osciló entre el 65.9 y el 77.6%, siendo el IPyC el único factor que explica el comportamiento de los tres modelos.

En forma resumida se puede concluir que en 14 de los 24 modelos el IPyC apareció como único factor explicativo de los rendimientos de las emisoras y el Precio del Petróleo fue el único factor que explico a GFB "B". Esto es, el 62.5% de los modelos de regresión son unifactoriales, presentando como factor explicativo al Índice de Precios y Cotizaciones.

En los nueve modelos restantes, se tuvieron modelos multifactoriales compuestos por el IPyC y la Diftasas en tres ocasiones; El IPyC y el PIB en 4 modelos; IPyC, Diftasas y el PIB en una ocasión y la Diftasas y Precios del Petróleo en otra. Por consiguiente se puede concluir que el IPyC es contundente en la explicación de los rendimientos de las emisoras y que además 33.3% de las ocasiones participa conjuntamente con otro factor y tan sólo el 4.16% de las ocasiones no los explica.

La única emisora que el IPyC no explica su rendimiento es Tamsa.

Las emisoras que el IPyC explica su rendimiento en forma conjunta con otro factor son: Ahmsa, Alfa, Femsa B, Moderna A, Soriana B, Gfb A, Gcarso A1 y Banacci B y Vitro.

#### **4.2.2 Prueba de hipótesis de significancia de los modelos de regresión**

William Mendenhall<sup>73</sup> asevera que “ Si el modelo aporta información para predecir “Y” por lo menos uno de los parámetros del modelo  $\beta_i$  será diferente de cero. Tomando como base lo anterior se establecen los elementos de la prueba de hipótesis respectiva.

1.- Hipótesis Nula:  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$

2.- Hipótesis Alterna:  $H_a$ : al menos una de las  $\beta_i \neq 0$

3.- Estadístico de Prueba: 
$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / [n - (k + 1)]}$$

donde: k = al número de estimadores en el modelo de regresión;

n = Número de observaciones

4.- Región de Rechazo: Si  $F \geq F_{\alpha=0.05, 1, 70}$ , rechazar  $H_0$ , por lo que el valor de al menos uno de los parámetros difiere de cero; es decir, hay evidencia para decir que el modelo aporta información para la predicción de “y”. También se puede utilizar  $p(F > F_{\alpha=0.05, 2, 70}) < 0.05$

En la tabla # 7, Resumen de los Modelos de Regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras, se presentan, para cada tipo de regresión y emisora, los siguientes estimadores: El Coeficiente de Correlación R, el Coeficiente de Determinación  $R^2$ , el Estadístico Durwin-Watson “d”, el Estadístico F y el valor del nivel de significación observado (valor p) para la prueba, Prob.> F

Con esa información se seleccionó el mejor de los modelos, tomando como base el Coeficiente de Determinación.

En el apartado relacionado con el modelo, se puede observar en la columna titulada “F” donde se anotan los valores para el estadístico de prueba F que el menor valor es 5.469 y corresponde a la emisora Tamsa. Si el valor crítico de F con  $\alpha = .05$  y dos grados de libertad en el numerador y 70 en el denominador es aproximadamente 3.10, (ver Tabla 4 del Anexo 2 Punto de corte de la distribución) se concluye que *todos los modelos utilizados son significativos*. Es decir el modelo construido para cada emisora aporta información para predecir sus rendimientos.

**Tabla # 7 Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras.**

Emisora	Tipo de R	Modelo				
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.
Ahmsa	Rezago 2	0.408	0.166	1.644	6.585	0.002
	Rezago 2		0.166			
Alfa	Datos diario	0.578	<b>0.334</b>	1.914	375.88	0
	Datos diario		<b>0.334</b>			
Apasco	Datos diario	0.694	<b>0.482</b>	2.214	1397.826	0
Banacci	Normal	0.71	0.504	2.346	23.327	0
	Normal		0.504			
	Normal		0.504			
Bbvpro b	Normal	0.383	0.147	2.024	12.212	0.001
Cemex b	Datos diario	0.812	<b>0.659</b>	1.376	2901.32	0
Cemex Cpo	Datos diario	0.64	<b>0.409</b>	1.472	994.905	0
Cifra C	Datos diario	0.733	<b>0.537</b>	1.689	1740.221	0
Cifra V	Datos diario	0.751	<b>0.564</b>	1.623	1945.24	0
Comerci ubc	Datos diario	0.586	<b>0.344</b>	1.765	785.784	0
Desc b	Datos diario	0.544	<b>0.296</b>	1.551	630.329	0
Femsa b	Datos diario	0.757	<b>0.573</b>	2.076	1007.301	0
	Datos diario		<b>0.573</b>			
Gcarso A1	Datos diario	0.621	<b>0.385</b>	1.472	940.019	0
GFB A	Rezago 1	0.491	0.241	2.522	10.14	0
	Rezago 1		0.241			
GFB B	Datos diario	0.539	<b>0.29</b>	1.449	592.83	0
Ica *	Normal	0.621	0.377	2.447	44.622	0
Kimber A	Datos diario	0.689	<b>0.474</b>	1.775	1354.255	0
Moderna A	Datos diario	0.54	<b>0.291</b>	1.798	308.295	0
	Datos diario		<b>0.291</b>			
Soriana B	Rezago 1	0.42	0.176	2.487	7.174	0.002
	Rezago 1		0.176			
Tamsa *	Rezago 1	0.357	0.14	2.532	5.469	0.006
	Rezago 1		0.14			
Telecom A1	Normal	0.881	0.776	1.769	245.908	0
Telmex L	Datos diario	0.817	<b>0.669</b>	1.8	3023.228	0
Tlevisa Cpo	Datos diario	0.675	<b>0.456</b>	1.568	1257.55	0
Vitro	Datos diario	0.681	<b>0.464</b>	1.958	650.369	0
	Datos diario		<b>0.464</b>			

## 4.2.3 Comprobación de la validez de los supuestos de la regresión

### 4.2.3.1 El valor esperado condicional del error es cero. (Supuesto 1)

Al aplicar las pruebas de significancia para cada variable, en el apartado 10.2.1 de ésta tesis, encontramos que todos los coeficientes **de los estimadores del modelo de regresión fueron significativos**, lo cual nos lleva a concluir que las variables incluidas en el modelo son relevantes; es decir, **el modelo está bien especificado**.

### 4.2.3.2 La covarianza de los errores es cero (Supuesto 2)

Para probar este supuesto que se conocido comúnmente como: “No hay autocorrelación entre los errores”, se aplicó la siguiente prueba estadística:

1.- Hipótesis Nula:  $H_0: E(u_i) = 0$

2.- Hipótesis Alternativa:  $H_a: E(u_i) \neq 0$

3.- Estadístico de Prueba: 
$$d = 2 \left( 1 - \frac{\sum e_i e_{i-1}}{\sum e_i^2} \right)$$

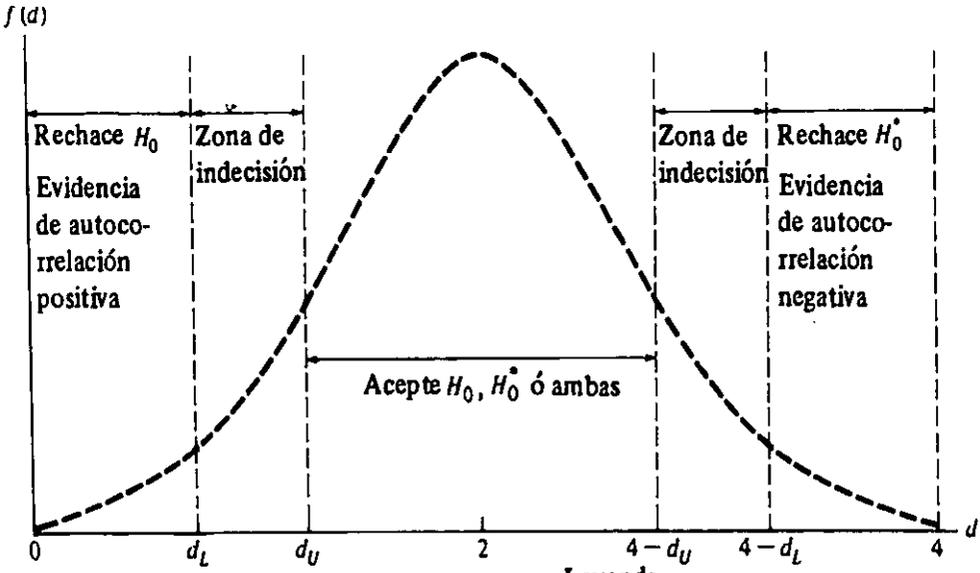
4.- Región de Rechazo: Si “d” cae en la regiones II ( $d < 1.4$ ) y III ( $d > 2.6$ ) existe evidencia que hay autocorrelación positiva y negativa respectivamente; si el valor de “d” se ubica en las regiones IV ( $1.40 < d < 1.52$ ) y ( $2.48 < d < 2.6$ ) los resultados de la prueba son inconclusas y finalmente, si el valor del estadístico Durbin-Watson se observa en la

región I ( $1.52 < d < 2.48$ ) es muy poco probable que exista autocorrelación, por lo que se rechaza la hipótesis nula; es decir, no existe autocorrelación. Ver gráfica # 8

*De los 35 modelos, tan sólo dos mostraron problemas de autocorrelación negativa; los modelos para Cifra V, con un valor de "d" = 2.6111 y Telmex L con "d" = 2.7610.*

Para subsanar el problema se transformaron los datos de acuerdo al modelo de Ecuación Diferenciada General de Cochran Orcutt y la información completa se puede observar en las tablas # 8 y 9 respectivamente.

Gráfica # 8 Distribución de la variable aleatoria "d"



Leyenda

$H_0$ : No autocorrelación positiva.

$H_0^*$ : No autocorrelación negativa.

**Tabla # 8 Resultados del Análisis de Regresión para:  
Cifra V  
Datos Transformados**

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Cifra V Transformada

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.025 <sup>a</sup>	.001	-.014	.1271707	2.338

a. Predictors: (Constant), Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV

b. Dependent Variable: Cifra V Transformada

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.846E-04	1	6.846E-04	.042	.838 <sup>a</sup>
	Residual	1.132	70	1.617E-02		
	Total	1.133	71			

a. Predictors: (Constant), Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV

b. Dependent Variable: Cifra V Transformada

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.520E-02	.015		2.273	.026
	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	-3.516E-02	.171	-.025	-.206	.838

a. Dependent Variable: Cifra V Transformada

**Tabla # 9 Resultados del Análisis de Regresión para:  
Telmex L  
Datos Transformados**

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Telmex transformada

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.013 <sup>a</sup>	.000	-.014	.1684970	1.880

a. Predictors: (Constant), Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV

b. Dependent Variable: Telmex transformada

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.353E-04	1	3.353E-04	.012	.914 <sup>a</sup>
	Residual	1.987	70	2.839E-02		
	Total	1.988	71			

a. Predictors: (Constant), Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV

b. Dependent Variable: Telmex transformada

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.318E-02	.021		2.104	.039
	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	-2.461E-02	.226	-.013	-.109	.914

a. Dependent Variable: Telmex transformada

**Casewise Diagnostics<sup>a</sup>**

Case Number	Std. Residual	Telmex transformada
1	5.250	.92478

a. Dependent Variable: Telmex transformada

A continuación se presentan los nuevos resultados del estadístico Durbin-Watson para las emisoras en las que se detectó autocorrelación:

Cifra V "d" = 2.338

Telmex L "d" = 1.880

Con esos resultados se comprueba que los valores para "d" caen en la región I, por lo que se eliminó la autocorrelación detectada en las emisoras.

#### 4.2.3.3 La varianza del término de error permanece constante. (Supuesto 3)

Para descartar la presencia de heteroscedasticidad en el modelo de regresión sea aplicó la Prueba de Spearman bajo la siguiente hipótesis:

1. Hipótesis Nula.  $H_0: r_s = 0$
2. Hipótesis Alterna.  $H_a: r_s \neq 0$
3. Estadístico de Prueba.  $t = \frac{r_s \cdot n-2}{\sqrt{1-r_s^2}}$
4. Región de Rechazo. Si  $|t| > t_{\alpha/2, n-4}$  o bien,  $p(|t| > t_{\alpha/2=0.25, 68 \text{ g.l.}}) < .05$  se rechaza  $H_0$  y por lo tanto existen sospechas de presencia de heteroscedasticidad en el modelo.

Se corrió el Análisis no Paramétrico de Correlación de Spearman para el conjunto de variables independientes  $x_i$  con el paquete SPSS y los resultados se presentan en la tabla # 10 Resultados del Análisis de Correlación de Spearman

**Tabla # 10 Resultados del Análisis de Correlación de Spearman**

**Correlations**

			Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Precios de Petróleo	DIFTASAT
Spearman's rho	Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV	Correlation Coefficient	1.000	-.022	.009	.156
		Sig. (2-tailed)		.852	.942	.193
		N	72	72	72	71
	Producto Interno Bruto (000,000 pesos)	Correlation Coefficient	-.022	1.000	.104	.000
		Sig. (2-tailed)	.852		.385	.998
		N	72	72	72	71
	Precios de Petróleo	Correlation Coefficient	.009	.104	1.000	-.168
		Sig. (2-tailed)	.942	.385		.161
		N	72	72	72	71
	DIFTASAT	Correlation Coefficient	.156	.000	-.168	1.000
		Sig. (2-tailed)	.193	.998	.161	
		N	71	71	71	71

El valor Crítico de Tablas  $t$ , con  $\alpha/2 = .025$  y 70 gl. para dos colas, es 1.66 (ver anexo # 2 tablas estadísticas). Asimismo, en la tabla # 10 anterior observamos que para cada variable existe un renglón “Sig. (2-tailed)”. Si el valor es menor a 0.025, se interpreta como que el coeficiente de correlación de Spearman es significativo (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error). Por consiguiente se rechazarán todas las variables que presenten un valor menor a 0.025 en el renglón citado “Sig. (2-tailed)”.

Utilizando el último criterio,  $p(|t| > t_{\alpha/2=0.025, 68 \text{ gl.}}) < .05$  se verificó que en la tabla # 10, renglón “Sig. (2-tailed)” no existieran, para cada variable, valores menores a .025. Como podrá observarse, el menor valor encontrado es .161 y pertenece a la variables Precios del Petróleo – Diftasas. Por lo tanto, se concluye que el modelo es Homocedástico.

#### 4.2.3.4 No hay correlación entre el error y las variables explicatoria (Supuesto 4)

El supuesto parte de la premisa de que la influencia que tienen las variables independientes y los residuales sobre la variable dependiente es de índole diferente; por consiguiente, si se detecta correlación entre ellos no se puede aislar cada una de las influencias. Gujarati<sup>74</sup> establece que el supuesto 4 se cumple automáticamente si la variable “ $x$ ” no es aleatoria, (la mayor parte de las teorías establecen que en los modelos de regresión, las variables explicatorias son no estocásticas) y el primer supuesto del modelo también se cumple.

En este sentido, en la sección 10.2.1 se demostró que todas las variables del modelo fueron significativas, por lo que apoyados en lo asentado por Gujarati, la validez de este supuesto se cumple automáticamente.

#### *4.2.3.5 No existe correlación entre las variables explicatorias $X_i$ (Supuesto 5) (Multicolinealidad).*

Este supuesto relacionado con la multicolinealidad, fue tratado en la sección 9.2.1.1. Análisis de Correlación y Regresión y se concluyó que no existía, cuando se hizo el análisis de correlación de las variables explicatorias.

Una vez que se han demostrado tanto la significancia de los estimadores como la validez de los modelos de regresión se presenta la tabla #11 “Resumen de los modelos de regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras, clasificados en función del tipo de regresión y emisora”.

En la tabla referida se puede observar que 20 de las 24 emisoras obtuvieron el modelo de regresión con los datos normales; es decir, sin rezagar la información. Lo anterior refleja que el mercado incorpora, de inmediato, todos los fenómenos ambientales que influyen en el precio de las acciones. Es importante señalar que en 16 de los 20 modelos que se construyeron, la información diaria contribuyó a la obtención de un coeficiente de determinación superior al obtenido en los modelos que utilizaron la información mensual.

**Tabla # 11 Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión que mejor explican las variaciones de los rendimientos de las emisoras, clasificados en función del tipo de regresión y emisora**

Emisora	Tipo de R	Factor							Modelo				
		Coeficientes							R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.
		IPyC	Diffusas	Precios Pcd	PIB	E. Estándar	"t"	Significancia					
Alfa	Datos diario	0.671				0.025	27.359	0	0.578	<b>0.334</b>	1.914	375.88	0
	Datos diario				1.638E-08	0	2.099	0.036		<b>0.334</b>			
Apasco	Datos diario	1.122				0.03	37.388	0	0.694	<b>0.482</b>	2.214	1397.826	0
Cemex b	Datos diario	1.299				0.024	53.864	0	0.812	<b>0.659</b>	1.376	2901.32	0
Cemex Cpo	Datos diario	0.997				0.032	31.542	0	0.64	<b>0.409</b>	1.472	994.905	0
Cifra C	Datos diario	0.995				0.024	41.716	0	0.733	<b>0.537</b>	1.689	1740.221	0
Cifra V	Datos diario	1.032				0.023	44.105	0	0.751	<b>0.564</b>	1.623	1945.24	0
Comerci ubc	Datos diario	0.952				0.034	28.032	0	0.586	<b>0.344</b>	1.765	785.784	0
Desc b	Datos diario	0.827				0.033	25.106	0	0.544	<b>0.296</b>	1.551	630.329	0
Femsa b	Datos diario	1.364				0.3	44.87	0	0.757	<b>0.573</b>	2.076	1007.301	0
	Datos diario		-0.000199			0	-1.838	0.066		<b>0.573</b>			
Gcarso A1	Datos diario	0.865				0.028	30.66	0	0.621	<b>0.385</b>	1.472	940.019	0
GFB B	Datos diario			0.01326		0.006	2.057	0.044	0.539	<b>0.29</b>	1.449	592.83	0
Kimber A	Datos diario	0.855				0.023	36.8	0	0.689	<b>0.474</b>	1.775	1354.255	0
Moderna A	Datos diario	0.685				0.028	24.579	0	0.54	<b>0.291</b>	1.798	308.295	0
	Datos diario				-2.89E-08	0	-3.258	0.001		<b>0.291</b>			
Telex L	Datos diario	0.891				0.016	54.984	0	0.817	<b>0.668</b>	1.8	3023.228	0
Tlevisa Cpo	Datos diario	1				0.028	35.463	0	0.675	<b>0.456</b>	1.568	1257.55	0
Vitro	Datos diario	1.077				0.03	36.036	0	0.681	<b>0.464</b>	1.958	650.369	0
	Datos diario				1.775E-08	0	1.865	0.062		<b>0.464</b>			
Banacci	Normal	1.245				0.163	7.643	0	0.71	0.504	2.346	23.327	0
	Normal		-0.005348			0.003	-1.806	0.075		0.504			
	Normal				-7.48E-07	0	-3.1	0.003		0.504			
Bbvpro b	Normal	0.795				0.228	3.495	0.001	0.383	0.147	2.024	12.212	0.001
Ica *	Normal	0.986				0.18	6.68	0	0.621	0.377	2.447	44.622	0
Telecom A1	Normal	1.241				0.079	15.681	0	0.881	0.776	1.769	245.908	0
GFB A	Rezago 1	0.887				0.224	3.956	0	0.491	0.241	2.522	10.14	0
	Rezago 1		0.007664			0.004	-1.961	0.054		0.241			
Soriana B	Rezago 1	0.431				0.149	2.887	0.005	0.42	0.176	2.487	7.174	0.002
	Rezago 1				5.45E-07	0	2.44	0.017		0.176			
Tamsa *	Rezago 1		-0.00629			0.003	-2.27	0.026	0.357	0.14	2.532	5.469	0.006
	Rezago 1				4.388E-07	0	1.804	0.076		0.14			
Ahmsa	Rezago 2	0.381				0.2004	1.863	0.067	0.408	0.166	1.644	6.585	0.002
	Rezago 2		-0.01212			0.004	-3.077	0.003		0.166			

De las regresiones con rezago se puede advertir que 3 emisoras responden con un mes de rezago: Gfb "A"; Soriana "B" y Tamsa\*. Por la diversidad de actividades sociales de las emisoras, no se puede establecer un patrón de comportamiento sobre ellas; se considera que es casual el rezago de estas emisoras.

Por otro lado, sólo Ahmsa reacciona con 2 meses de rezago; se establece que la industria del acero es un sector medianamente sensible a los movimientos macroeconómicos y que los inversionistas observan su comportamiento durante un bimestre para tomar decisiones sobre esos activos.

Finalmente y como complemento, con tres meses de rezago participaron GMéxico e Hylsamex. Este resultado revela que la actividad minera y siderúrgica todavía son más lentas en la incorporación de resultados económicos, políticos y sociales a los precios de sus acciones, ya que la reacción de estas emisoras se muestra después de un trimestre de operaciones. Es importante señalar que ambas emisoras no cotizaban en bolsa en diciembre de 1994, por lo que únicamente se señalan para efectos descriptivos.

#### **4.2.4. Predicción**

Una vez aplicadas las pruebas de significancia de cada uno de los estimadores y de los modelos, se realizaron las estimaciones puntuales para cada emisora “ $Y_i$ ” y los resultados se presentan en los cuadros #3 y #3a del anexo 1 “ Rendimientos Reales y Teóricos al mes de enero de 1998, utilizando el APT ”, para datos mensuales y diarios respectivamente.

El cuadro referido se divide en dos secciones: en la primera, se hace el cálculo del rendimiento para cada emisora utilizando el Modelo de APT y en la segunda sección se presenta el rendimiento observado de las emisoras, al mes de enero y se contrasta con el rendimiento estimado.

##### **Análisis con datos mensuales.**

En términos generales se observó que en la estimación puntual el APT sobrevalúa en el 89 por ciento, los rendimientos de las emisoras y tan solo en el 11% se observó una subvaluación. Ver gráfica #9. Para facilitar su análisis, tales diferencias se ordenan de menor a mayor. Ver Tabla # 12.

Los rangos de subvaluación oscilan entre el  $-21.03\%$  y el  $-4.90\%$ . Por el contrario, la sobrevaluación se ubica en cifras que van desde casi el  $1\%$  hasta el  $45.63\%$ .

Lo anterior refleja la poca confiabilidad del uso del Método APT para estimar los rendimientos de las emisoras que conforman el IPyC de la Bolsa Mexicana de Valores.

Por su parte, los rendimientos calculados a través de CAPM revelan que, sin excepción, éste método sobrevalúa los rendimientos de las emisoras. Ver gráfica # 10.

La sobrevaluación está dentro del rango de .053 hasta .495. Al igual que los resultados obtenidos con el APT, son también poco confiables. Ver Tabla # 13

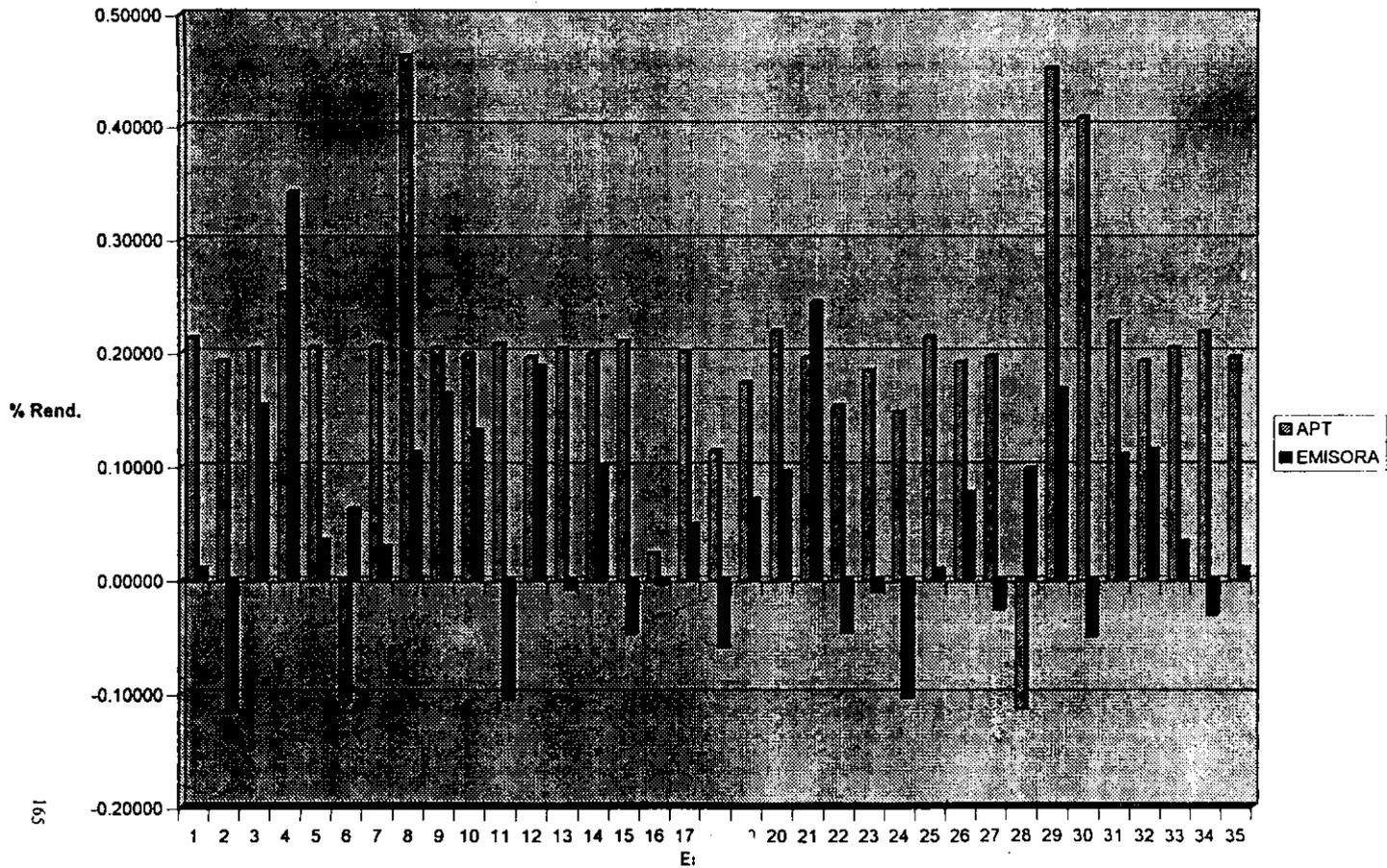
### **Análisis con datos diarios**

En términos generales se observó que en la estimación puntual el APT sobrevalúa en el 100 por ciento, los rendimientos de las emisoras. Ver gráfica #9a. Para facilitar su análisis, tales diferencias se ordenan de menor a mayor. Ver Tabla # 12a.

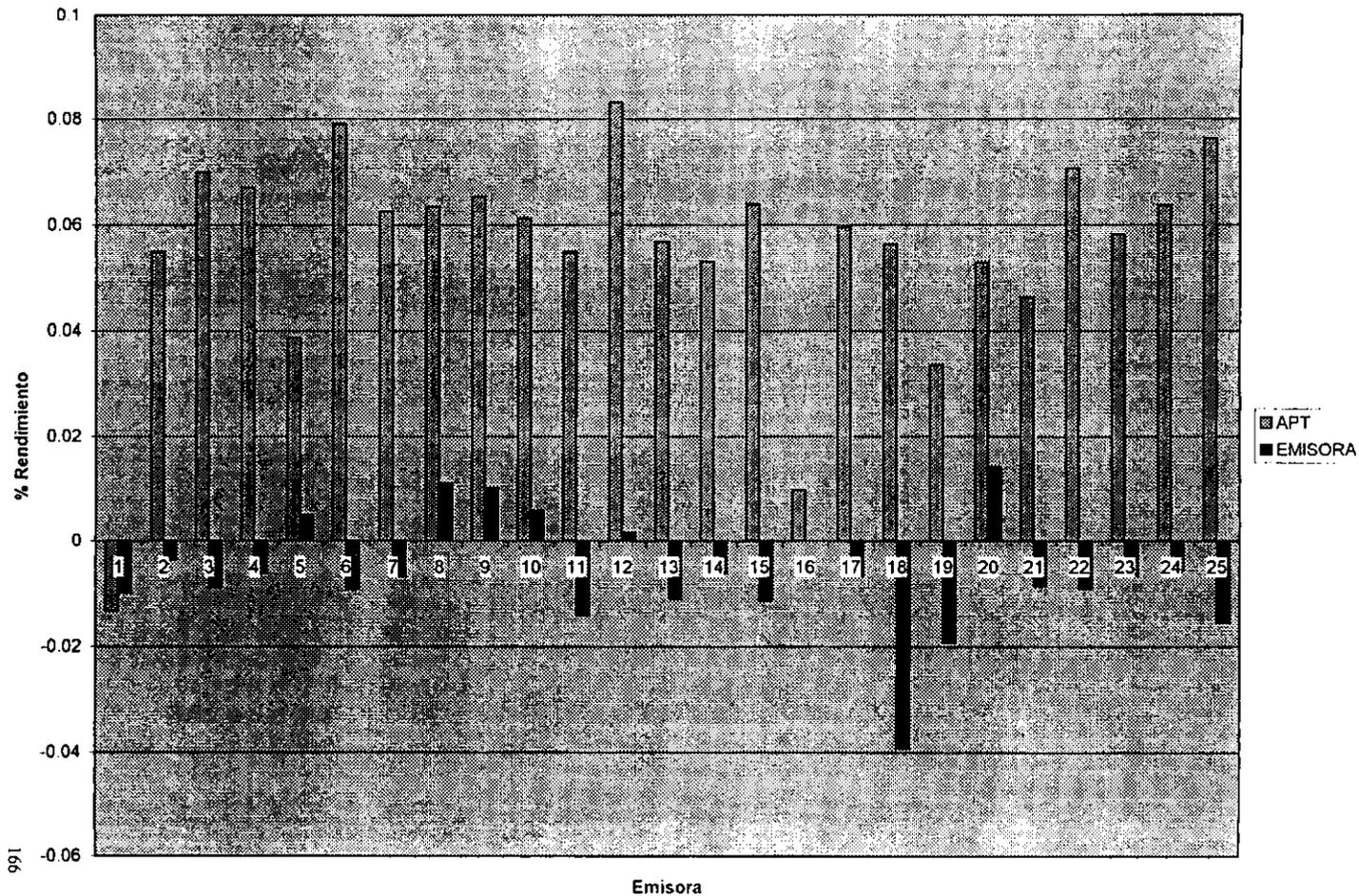
Los rangos de sobrevaluación oscilan entre  $-0.3\%$  y el  $9.55\%$ . Los resultados reflejan que con información diaria, se refuerza la conclusión de que el modelo APT es poco confiable para estimar los rendimientos de las emisoras.

Por su parte, los rendimientos calculados a través de CAPM revelan también que, sin excepción, éste método sobrevalúa los rendimientos de las emisoras. Ver gráfica # 10a. La sobrevaluación que refleja el CAPM, está dentro del rango de  $.56\%$  hasta  $6.28\%$ . Al igual que los resultados obtenidos con el APT, son también poco confiables. Ver Tabla # 13a.

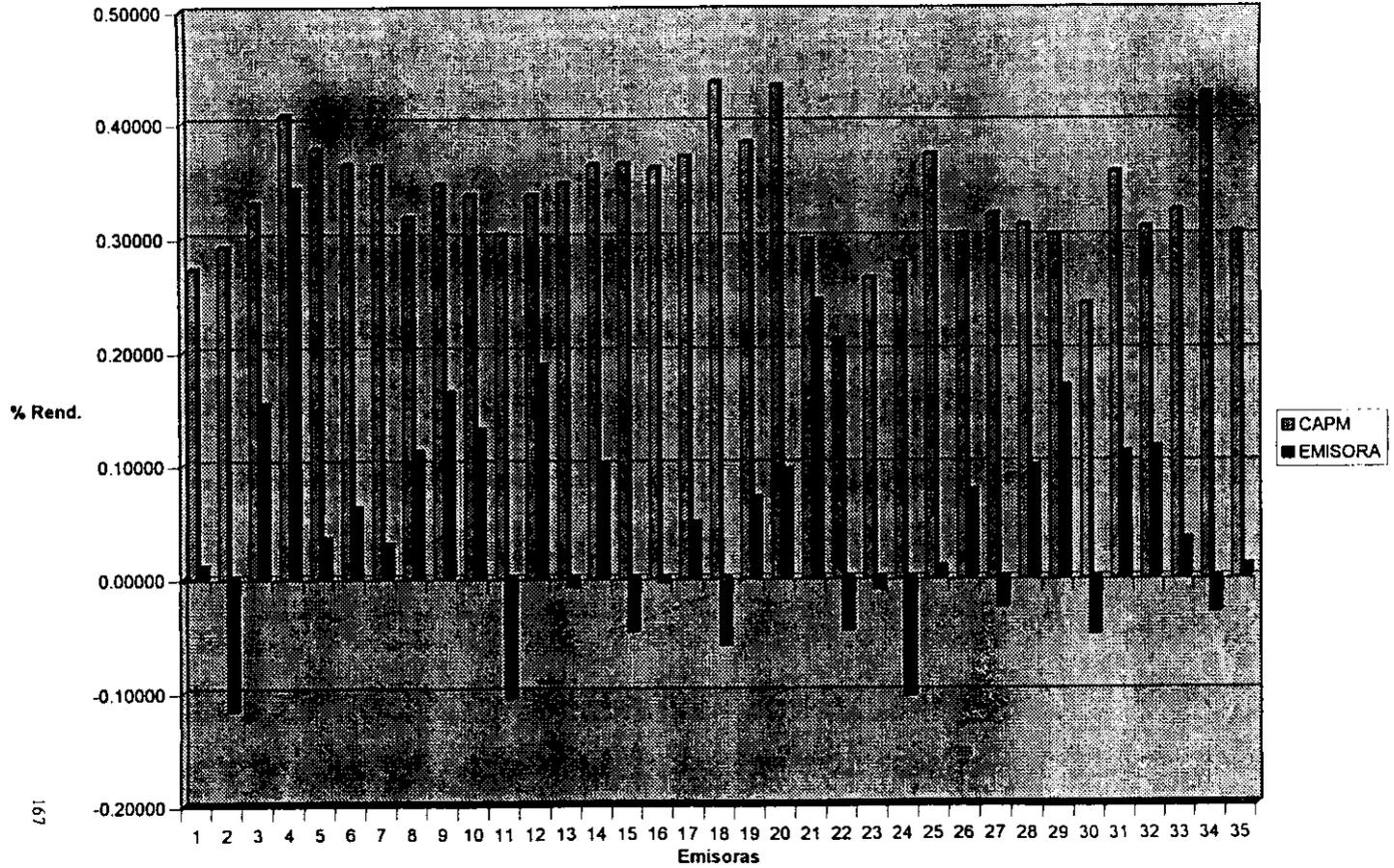
Gráfica # 9 Rendimientos Reales y Estimados al mes de enero de 1998, utilizando el Modelo de APT



Gráfica # 9a Rendimientos DIARIOS reales y estimados al mes de enero de 1998, utilizando el Modelo de APT



Gráfica # 10. Rendimientos Reales y Estimados al mes de enero de 1998, utilizando el Modelo CAPM



Gráfica # 10a Rendimientos DIARIOS Reales y Estimados al mes de enero de 1998, utilizando el CAPM

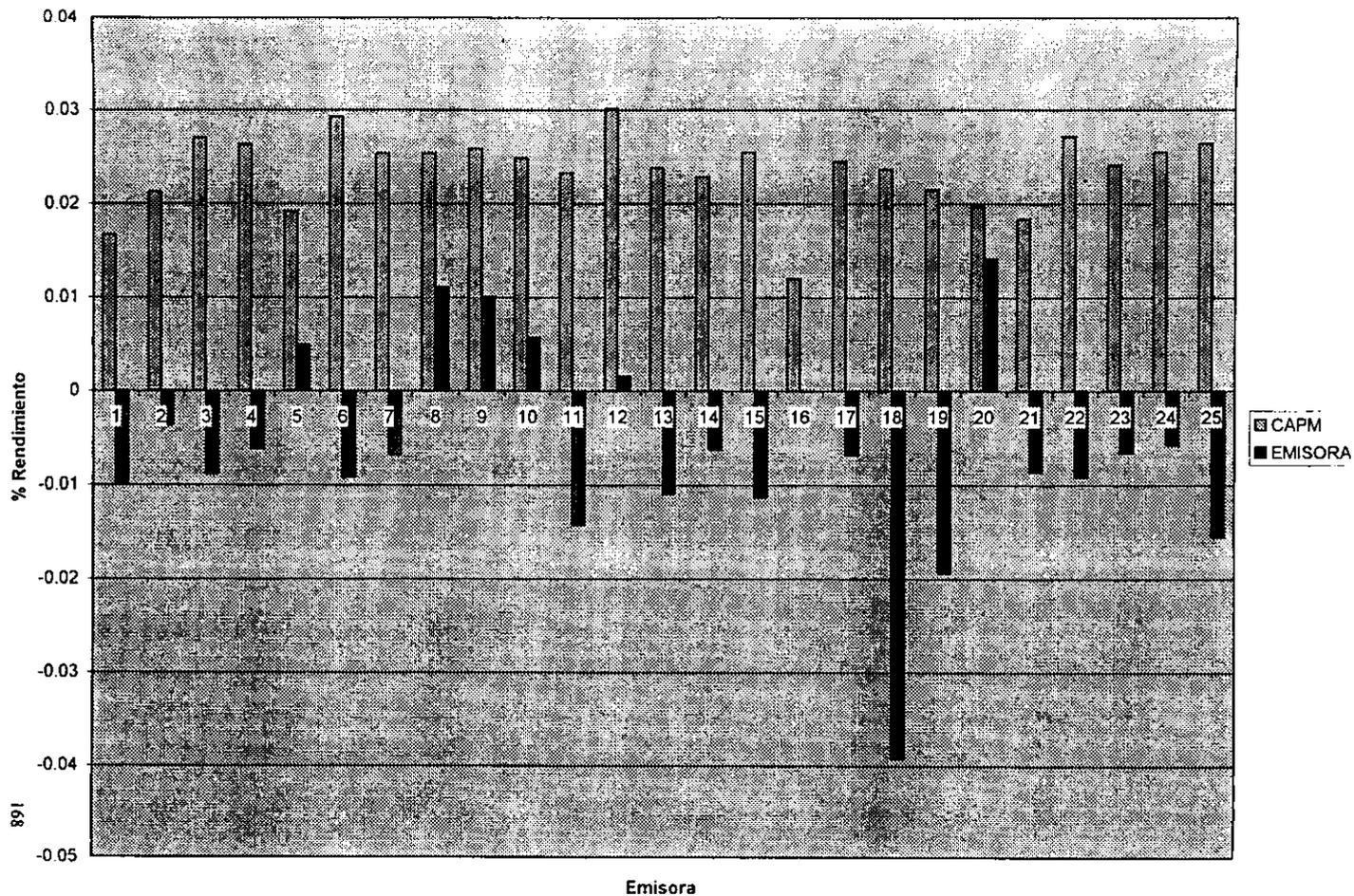


Tabla # 12 Diferencias entre los rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998, utilizando el APT

Emisora	Diferencias
MODERNA	-0.21034
CEMEX	-0.16987
BANACCI	-0.08948
GFNORTE	-0.04903
COMERCI	0.00777
GCARSO	0.02674
CIFRA	0.04033
APASCO	0.04942
CIFRA	0.06722
TELMEX	0.07836
ELEKTRA	0.09834
GFB	0.10287
KIMBER	0.11458
TELECOM	0.11699
GFB	0.12398
GCC	0.15162
BBVPRO	0.16955
TLEVISA	0.17044
GCORVI	0.17210
CEMEX	0.17582
VITRO	0.18542
GMODELO	0.19364
GMEXICO	0.19884
AHMSA	0.20276
ICA	0.20469
DESC	0.21098
MASECA	0.22194
TRIBASA	0.24836
HYSAMX	0.25067
FEMSA	0.25726
SORIANA	0.28278
ALFA	0.30861
CINTRA	0.31301
CIE	0.35032
TAMSA	0.45626

Tabla # 12a Diferencias entre los Rendimientos DIARIOS reales y teóricos al 2 de enero de 1998, utilizando el APT

Emisora	APT
Ahmsa	-0.0032174
Gfnorte B	0.0096852
Bbvpro	0.0337722
Soriana B	0.0388099
Cifrac	0.0524273
Modernaa	0.0529871
Tamsa	0.0549253
Cifrav	0.0553137
Comerciu	0.0555795
Alfa	0.0585718
GfbA	0.0594250
Telmexl	0.0647694
Ica *	0.0663172
GcarsoA1	0.0678967
Descb	0.0691762
CemexCpo	0.0693525
Tlevisa	0.0694608
Banaccib	0.0732582
GfbB	0.0753428
Apasco	0.0788826
Telecom	0.0797633
Femsab	0.0816463
Cemexb	0.0882617
Vitro	0.0917583
Kimbera	0.0955776

Tabla # 13 Diferencias entre los rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998,utilizando el CAPM

Emisora	Diferencias
GFNORTE	0.05318
BANACCI	0.06439
SORIANA	0.13361
COMERCI	0.14906
CIFRA	0.17359
APASCO	0.17593
TELMEX	0.19393
CIE	0.20524
MODERNA	0.21220
CIFRA	0.21514
KIMBER	0.22684
TELECOM	0.24548
GMEXICO	0.25600
AHMSA	0.26179
ELEKTRA	0.26208
GMODELO	0.27406
TLEVISA	0.28862
TAMSA	0.29056
VITRO	0.29359
CEMEX	0.30030
GFB	0.31195
GCC	0.32096
CEMEX	0.33355
GFB	0.33717
BBVPRO	0.34159
MASECA	0.34489
DESC	0.35402
ICA	0.36208
GCARSO	0.36383
HYLSAMX	0.38069
CINTRA	0.40778
ALFA	0.40789
FEMSA	0.41081
TRIBASA	0.45534
GCORVI	0.49496

Tabla # 13a Diferencias entre los Rendimientos DIARIOS reales y teóricos al 2 de enero de 1998, utilizando el CAPM

Emisora	CAPM
Soriana B	0.0056587
Gfnorte B	0.0119800
Bbypro	0.0142921
Cifrac	0.0143503
Cifrav	0.0158206
Comerciu	0.0191523
Alfa	0.0249228
Ahmsa	0.0267434
Tamsa	0.0270545
Femsab	0.0285372
GfbA	0.0290790
Telmexl	0.0306710
Tlevisa	0.0311982
Ica *	0.0312234
CemexCpo	0.0322227
Banaccib	0.0325091
GcarsoA1	0.0347956
Apasco	0.0359432
Telecom	0.0363251
GfbB	0.0369267
Descb	0.0375344
Cemexb	0.0385467
Modernaa	0.0408245
Vitro	0.0419130
Kimbera	0.0628641

#### 4.2.4.1 Prueba de significancia de la diferencia de medias

Con la finalidad de establecer si la diferencia entre los rendimientos calculados a través del Modelo APT y el CAPM se considera significativa, se aplicó la prueba de significancia para medias muestrales, tomando como base la siguiente metodología:

##### 4.2.4.1.1 Prueba de hipótesis para la diferencia de medias

Hipótesis Nula:  $H_0: (\mu_1 - \mu_2) - D = 0$ , o su equivalente:  $(\mu_1 - \mu_2) = 0$ , cuando  $D = 0$

Hipótesis Alterna  $H_a: (\mu_1 - \mu_2) - D \neq 0$ , o su equivalente:  $(\mu_1 - \mu_2) \neq 0$ , cuando  $D = 0$

Estadístico de Prueba:  $t = \frac{(x_1 - x_2)}{\sigma_{(x_1 - x_2)}}$

Región de Rechazo: Rechazar  $H_0$ , si  $t > t_{\alpha/2, g}$

En la Tablas #14 y #14a se presentan los resultados de las pruebas estadísticas para determinar la significancia de los promedios de los rendimientos. En el cuadro *Paired Samples Test*, columna "t" se observan los valores de -6.39 y -9.203 para datos mensuales y diarios respectivamente, que comparado con los valores de "t" críticos 1.69 y 1.71 para una alfa igual a .025 con 34 y 24 grados de libertad respectivamente (ver anexo #2 tablas estadísticas), se rechaza la hipótesis nula y se establece que "*Hay diferencias significativas entre los rendimientos teóricos de las emisoras calculados con los métodos de APT y CAPM*".

**Tabla # 14 Resultados de la Prueba de Significancia para la Diferencia de Medias**

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Rendimientos APT	.1950836	35	.1106217	1.870E-02
Rendimientos CAPM	.3342033	35	5.148E-02	8.703E-03

**Paired Samples Correlations**

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Rendimientos APT & Rendimientos CAPM	35	-.149	.392

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	Rendimientos APT - Rendimientos CAPM	-.1391196	.1287969	2.177E-02	-.1833629	-.949E-02	-6.390

**Paired Samples Test**

		df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Rendimientos APT - Rendimientos CAPM	34	.000

**Tabla # 14a Resultados de la Prueba de Significancia para la Diferencia de Medias (datos diarios)**

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 CAPM	2.358E-02	25	4.028E-03	8.056E-04
APT	5.553E-02	25	2.083E-02	4.166E-03

**Paired Samples Correlations**

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 CAPM & APT	25	.887	.000

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	CAPM - APT	-3.19E-02	1.736E-02	3.471E-03	-3.91E-02	-2.48E-02	-9.203

**Paired Samples Test**

		df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	CAPM - APT	24	.000

De lo anterior se concluye que los rendimientos estimados por cualquiera de los métodos comparados en esta sección y con datos mensuales o diarios, son significativamente diferentes desde el punto de vista estadístico, por lo que el usuario deberá de tomar en consideración que las diferencias entre los modelos de valuación no son aleatorias.

Con la información de la tabla anterior, se identificó que el rendimiento promedio, estimado con el modelo de precios de arbitraje, para la cartera de emisoras que conforman el índice de precios y cotizaciones fue de 19.5%, con un error estándar muestral de .0187. Por su parte, el resultado obtenido, para la misma cartera, a través del modelo de valuación de activos de capital fue de 33.42%, con un error estándar muestral de .0087.

Como se puede apreciar, la diferencia media de los rendimientos tomando como base el par APT- CAPM, es de  $-0.13.91$  y puede oscilar, con un 95% de confianza, dentro del intervalo de  $-0.1834$  a  $-0.0949$

Por lo que se refiere al riesgo, en esta investigación se encontró que el modelo de APT, aplicado en México para estimar el rendimiento de las emisoras que integran el IPyC, es más riesgoso que el obtenido con el CAPM. El señalamiento se hace en virtud de que el error estándar muestral, para la media, obtenido para el primero fue de 0.0187; en tanto que a través del CAPM se obtuvo un error estándar muestral de 0.0087.

Aunado a lo anterior, es importante señalar que al utilizar el modelo de APT el riesgo sistemático también se incrementa, como consecuencia de una varianza mayor en los

rendimientos, ya que si se parte de la fórmula simplificada para la varianza de un portafolio en el modelo de un solo factor (ecuación 12)  $\sigma^2(r) = \beta^2 \sigma^2(r_M) + \sigma^2(\varepsilon)$ , se encuentra que el riesgo total se divide en dos partes: el riesgo sistemático, producto de dos términos, la beta y la varianza del mercado; y la varianza de los residuales.

Por consiguiente, si una empresa se encuentra ante la disyuntiva de seleccionar uno de los dos métodos para determinar una tasa de descuento o de rendimiento, deberá considerar el efecto señalado en los párrafos previos y seleccionar aquél que le arroje mayor beneficio, en función de la circunstancia particular de cada una.

## **5 Conclusiones y sugerencias**

Las conclusiones de este trabajo serán presentadas en tres apartados. En el primero, se describirán las correspondientes a la investigación sobre el modelo de APT, en el segundo las relacionadas con las hipótesis y por último, se detallarán las conclusiones generales relacionadas con la teoría financiera.

### ***5.1 Conclusiones de la Investigación***

Las conclusiones sobre la investigación se presentarán siguiendo un esquema que vincule a los objetivos, preguntas de la investigación y a las hipótesis, con los hallazgos y logros obtenidos.

*Objetivo 1.1.1.1:* Demostrar que el modelo de Valuación de Precios de Arbitraje (APT) se aplica en el contexto mexicano con mayor eficiencia que el Modelo de Valuación de Activos de Capital. (CAPM)

*Hallazgos:* Para alcanzar el primer objetivo de la investigación se calcularon, utilizando modelos de regresión múltiple, las estimaciones puntuales de los rendimientos para cada emisora y se compararon con los rendimientos reales al mes de enero de 1998, reportados por las emisoras. Con datos mensuales se encontró que el modelo de APT sobrevalúa, en el 89% de las ocasiones, el rendimiento de los valores; mientras que el 11% restante

presentó un resultado subvaloratorio. La sobrevaluación va desde el 1% hasta el 45.63%. Hay que resaltar que la subvaluación osciló entre el -21.03% y el -4.90% y se presentó equitativamente en emisoras del sector financiero y comercial.

Al utilizar la información diaria se observó que la sobrevaluación se presentó en el 100% de las emisoras; es decir, se hace más evidente que el APT, utilizando datos diarios, sobrevalúa las estimaciones puntuales de los rendimientos en relación con los rendimientos reales -0.0032 hasta 0.09557.

Por su parte, las estimaciones obtenidas a través del CAPM, con datos mensuales, revelaron una sobrevaluación para todas las emisoras, ubicando el rango entre 5.31% y 49.49%. Sin embargo, con información diaria las diferencias entre los rendimientos reales y estimados se ubicó entre el .56% y el 6.28%. Como puede observarse la información diaria tiende a eliminar las variaciones entre las estimaciones y los rendimientos reales de una manera muy evidente.

Por lo anterior se concluye que el análisis de los rendimientos de las emisoras es más eficiente cuando se utiliza información diaria que cuando se usan datos mensuales; Asimismo, se puede apreciar la poca confiabilidad de la aplicación de ambos métodos, en los mercados financieros mexicanos.

*Logros:* Con la información utilizada fue posible demostrar que el APT se aplica con mayor eficiencia que el modelo CAPM en el contexto mexicano, no obstante que ambos presentan deficiencias para estimar los rendimientos de los activos financieros.

*Objetivo 1.1.1.2:* Cuantificar el tamaño de la diferencia, si la hubiera, entre los resultados que arroja el Modelo de Precios de Arbitraje y el Modelo de Valuación de Activos de Capital, cuando se desea estimar el rendimiento de un activo financiero.

*Hallazgos:* La prueba de significancia de diferencia de medias aplicada a los rendimientos teóricos, obtenidos a través de los modelos de APT y CAPM, indicó que existe diferencia significativa entre ambos rendimientos; es decir, las variaciones observadas no son aleatorias y se deben al tipo de método utilizado. Cuando se utilizó información mensual, el tamaño de la diferencia fue de  $-13.91\%$  pudiendo oscilar en un intervalo que va desde el  $-18.3\%$  hasta el  $-9.49\%$ , con lo que se ratifica que el APT subvalúa el cálculo de los rendimientos con respecto al CAPM.

Con la información diaria, la diferencia continúa siendo significativa y el tamaño de la diferencia se reduce contundentemente al ubicarse en  $-3.19\%$  y puede establecerse un rango entre el  $-3.91\%$  y el  $-2.48\%$

*Logros:* A lo largo de esta investigación pudo demostrarse que sí hay diferencia entre los rendimientos estimados, según el método empleado y la frecuencia de la información; también fue posible establecer, en magnitud, el tamaño de la diferencia. Con ello, se cubre en su totalidad el segundo objetivo; Igualmente se encontró evidencia suficiente

para rechazar la hipótesis 2, es decir, si existe diferencia significativa entre los rendimientos de las emisoras estimados con los métodos APT y CAPM.

También se confirmó la hipótesis 3 relativa con el supuesto de que el APT subvalúa el rendimiento en relación con el CAPM. Es importante señalar que cuando se realizó el análisis con la información diaria no se encuentra evidencia suficiente para aceptar la hipótesis 3, por lo que también se rechaza bajo estas condiciones.

*Objetivo 1.1.3:* Conocer cuál es el impacto financiero de las diferencias, si las hubiera, para las empresas de cualquier sector de la producción que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores.

*Hallazgos:* La diferencia en el rendimiento promedio muestral calculado tomando como base el APT fue de 13.91% para datos mensuales y de 3.19% para datos diarios. Si consideramos que un inversionista individual o institucional desea encontrar una tasa de referencia para evaluar su inversión y aplica cualquiera de los métodos señalados, puede ubicarse en cualquiera las dos situaciones siguientes:

Primera: Si se desea evaluar una inversión y se utiliza el APT para calcular la tasa de descuento, entonces el valor presente de los flujos futuros que generará la inversión estará subvaluado y corre el riesgo de tomar la decisión de realizar la inversión cuando la tasa tiene un sobrevalor de casi 14 puntos. Lo anterior representa un castigo al descontar los

flujos a una tasa mayor, con lo cual podría rechazar una oportunidad de inversión rentable.

Segunda: Si la tasa de rendimiento estimada, con las características anteriores, se aplica en la determinación del valor de los activos sustantivos de una empresa, se estaría subvaluando el valor de éstos, con la consecuencia de tomar una decisión errónea, si se desean vender los bienes o tomar como referencia el precio de los activos para realizar cualquier transacción.

El efecto de sobrevaluación y subvaluación se reduce al utilizar la información diaria.

Como podrá observarse, el uso de una tasa de referencia con las características de sobrevaluación de una tasa real, representa un riesgo latente para el tomador de decisiones que desconoce la precisión de la estimación.

*Logros:* Con la información presentada en este apartado, se advierte el peligro de tomar una decisión equivocada y se cuantifica la diferencia de sobrevaluación de la tasa de rendimiento en 14 puntos con relación al rendimiento real de las emisoras, si utiliza información mensual y de un poco más del 3% si se utiliza información diaria.

*Objetivo 1.1.1.4:* Identificar cuales indicadores macroeconómicos, incorporados al modelo de Teoría de Precios de Arbitraje, determinan con precisión los rendimientos de un activo financiero o de un portafolio de valores en México.

*Hallazgos* : Se desarrollo la propuesta inicial de diez variables macroeconómicas a considerar en el modelo multifactorial; se procesó la información histórica a partir de enero de 1992 hasta diciembre de 1997 y se aplicaron técnicas estadísticas multivariadas, tales como el análisis de correlación y regresión, así como con el análisis de varianza. Como resultado se encontró que seis de ellas presentaban problemas de correlación y sólo cuatro tuvieron las características estadísticamente ideales para continuar su estudio.

A continuación se relacionan dichas variables:

- Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.
- Diferencia de Tasas entre CEDES 91 días y CETES 28 días.
- Precios del Petróleo y
- Producto Interno Bruto.

Por otro lado, las seis variables que se eliminaron por presentar correlación significativa entre ellas fueron:

- Índice Nacional de Precios al Consumidor.
- Tasa de Cambio Peso/Dólar.
- Tasa PRIME.
- Variación del Saldo de la Balanza Comercial.
- Índice del Volumen de la Producción Industrial y
- Tasa LIBOR.

El primer modelo multifactor de regresión se construyó con las cuatro variables no correlacionadas y se representó como se indica en la ecuación 59. Bajo el supuesto de que el mercado mexicano no es eficiente, en su forma fuerte, se desarrollaron modelos de

regresión, adicionales, con rezagos de 1 a 3 meses, para observar si las emisoras (variables dependientes) reaccionaban extemporáneamente al efecto de los factores.

Apoyados con los modelos de regresión normales y rezagados, se obtuvieron los principales estimadores de los coeficientes para cada factor, así como los estimadores de los modelos de regresión. Tanto para los estimadores como para los modelos, se aplicaron las pruebas de hipótesis de significancia y una vez comprobada su validez estadística, se seleccionaron aquellos que mejor explicaban las variaciones de los rendimientos de las emisoras.

No obstante que se probó la validez estadística de los modelos de regresión, se encontró que en sólo 17 de las 24 ecuaciones, el modelo explicaba menos del 50% de las variaciones de los rendimientos. Asimismo se observó que 4 modelos explicaron las variaciones entre el 50y 60%; finalmente los modelos para Cemex, Telmex y Telecom explicaron el 66. 67 y 78% respectivamente.

También se encontró que el IPyC es el factor que mostró mayor influencia en los modelos de regresión, por lo que se concluye que los modelos multifactoriales no son funcionales el mercado mexicano, concluyendo que el IPyC es el factor representativo del mercado de valores en México.

*Logros* : Como se pudo observar, con la identificación previa de factores macroeconómicos se satisfizo el cuarto objetivo planteado y se probó también la cuarta hipótesis de trabajo. Sin embargo, por los bajos coeficientes de determinación y la amplia dispersión de las variaciones, no se pudo concluir que en México, el modelo de APT determina con precisión los rendimientos de un activo financiero.

## **5.2 Conclusiones generales**

De acuerdo con los resultados mostrados en las secciones anteriores se observó que el modelo de APT es poco confiable, ya que con datos mensuales y diarios se observó una sobrevaluación en el rendimiento real de las emisoras del 89% y 100% respectivamente y un rango en las diferencias entre los rendimientos reales y teóricos de las emisoras que va desde el -21.03% hasta el 45.62% y aunque presenta mayores bondades que el CAPM, dado que este último modelo sobrevaluó al 100% los rendimientos y generó diferencias entre los rendimientos reales y teóricos con un rango de 5.31% al 49.49%, no se pudo generalizar un modelo multifactorial único aplicable en el Mercado Mexicano de Valores, a partir de las variables macroeconómicas utilizadas: IPyC, Diferencia de tasas, Precios del petróleo y Producto Interno Bruto.

El 62.5% de los modelos de regresión, significativos generados en esta investigación fueron unifactoriales y se construyeron exclusivamente con el IPyC el 58% y otro modelo unifactorial se integró con el Precio del Petróleo y tuvo un peso ponderado con 4.5%.

También Andrew Clare, Richard Priestley y Stephen Thomas en 1997, en su estudio sobre la robustez de la teoría de precios de arbitraje en la Bolsa de Valores de Inglaterra, concluyeron que el modelo empírico de APT, no era válido para estimar los rendimientos de las acciones en la Bolsa de Valores de Inglaterra. En el estudio utilizaron información diaria entre el período de enero de 1978 a diciembre de 1990, para construir 56

portafolios, de 15 emisoras cada uno (aproximadamente 201,600 observaciones), sin incluir la información sobre 18 variables macroeconómicas.

Por el contrario, en 1983 Chen, Roll y Ross con información diaria sobre los rendimientos de las acciones que cotizan en el NYSE y AMEX, durante el período del 3 de julio de 1962 al 31 de diciembre de 1972, en el caso de estudio “Las Fuerzas Económicas y el Mercado de Valores” presentado en la UCLA, probaron que al menos tres o cuatro factores macroeconómicos básicos (Índice de la Producción Industrial, Cambios en la prima de riesgo, Cambios en la curva de rendimiento e Inflación no anticipada) sí explican el comportamiento del precio de las acciones. En tal estudio se incluyeron 1260 emisoras divididas alfabéticamente en grupos de 30. (aproximadamente 3,024,000 observaciones)

De los párrafos anteriores se desprende que a medida que las investigaciones contemplan mayor número de observaciones o mayor cantidad de emisoras, es posible conformar el modelo APT y aplicarlo con eficiencia para estimar los rendimientos teóricos de las emisoras.

Por los resultados presentados previamente, se concluye que en México el modelo de Teoría de Precios de Arbitraje utilizado con información histórica, mensual (2,520 datos) y diaria (50,400 datos), desde enero de 1992 hasta diciembre de 1997 de las 35 emisoras que integran el IPyC, no es eficiente en la determinación de los rendimientos de activos financieros.

## Bibliografía

- <sup>1</sup> Sharp, William F. " *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk.* " *Journal of Finance*, Vol. 19 (1964), pp. 425-442
- <sup>2</sup> Ross, Stephen A., 1976 *The Arbitrage theory of capital asset pricing.* *Journal of Financial Economics* 14, 327 - 348
- <sup>3</sup> Messuti, Alvarez y Graffi, *Selección de Inversiones, introducción a la teoría de la cartera*, Ediciones Macchi, Buenos Aires, Argentina, 1992. Pág. 554
- <sup>4</sup> Copeland Thomas & Weston J. Fred, *Financial Theory and Corporate Policy*, second edition, Addison-Wesley Publishing Co. Inc. U.S.A. pags. 186-190.
- <sup>5</sup> Brealey & Myers *Principios de Finanzas Corporativas, cuarta edición*, McGraw-Hill, Madrid, España. Págs. 193 y 194.
- <sup>6</sup> *Ibid* 5, pags. 195 y 196
- <sup>7</sup> R. Roll: " A Critique of the Asset Pricing Theory's Test; part 1: On Past and Potential Testability of the Theory" *Journal of Financial Economics*, 4: 129-176 ( marzo, 1977 ).
- <sup>8</sup> Eugene F. Fama, "*Efficient Capital Markets: A review of Theory and empirical Work*" *Modern Developments in Investment Management*, Praeger Publishers, 1972. Pags. 109-171
- <sup>9</sup> *Ibid* 5, pag. 198
- <sup>10</sup> Robert W. Kolb, *Inversiones*, Primera edición, Grupo Noriega editores, México, D.F., 1993. Pag. 520
- <sup>11</sup> *Ibid* 10 pág. 521
- <sup>12</sup> Eugene F. Fama, "*Efficient Capital Markets: A review of Theory and empirical Work*" *Modern Developments in Investment Management*, Praeger Publishers, 1972. Pags. 109-171
- <sup>13</sup> *Ibid* 10. Pags. 525
- <sup>14</sup> *Ibid* 10, Pag. 526
- <sup>15</sup> Robert A. Haugen, *Modern Investment Theory*, fourth edition, Prentice Hall, New Jersey U.S.A., 1997, pags. 152
- <sup>16</sup> *Ibid* 15 Pags. 153-155
- <sup>17</sup> *Ibid.* 15, pags. 165-167
- <sup>18</sup> Weston J. Fred & Weston J. Fred, *Finanzas en Administración*, Vol. 1 octava edición ( tercera edición en español ), McGraw-Hill, México, 1988. Págs. 487-491
- <sup>19</sup> Roll, R. & Ross, S., "A critical reexamination of de empirica evidence on the Arbitrage Pricing Theory: A Replay," *Journal of Finance*, (June 1984), pags. 347-350.
- <sup>20</sup> D. Bower, R. Bower y Logue " Arbitrage Pricing Theory and Utility Stock Returns," *Journal of Finance*, (September 1984), pags. 1041 - 1054.
- <sup>21</sup> Chen N. F., Roll, R. & Ross S., " Economic Forces and the Stock Market: Testing de APT and Alternative Asset Pricing Theories," UCLA, Working Paper, # 20-83, December 1983.
- <sup>22</sup> Chen, Nai-Fu, " Some Empirical Test of the Theory of Arbitrage Pricing," *Journal of Finance*,
- <sup>23</sup> Andrew Clare, Richard Priestley, Stephen Thomas, The robustness of the APT to alternative estimators. (Arbitrage Pricing Theory), *Journal of Business Finance and Accounting* June 1997 y v24 n5 p645 (11)
- <sup>24</sup> Massoud Mussavian, An APT alternative to assessing risk. (arbitrage pricing theory) (*Mastering Finance*, part 3), *The Financial Times* May 27, 1997 pFTS10(2)
- <sup>25</sup> Hsing Fang, Jean C.H. Loo, Foreign exchange risk and common stock returns: a note on international evidence, *Journal of Business Finance and Accounting* April 1996 v23 n3 p473 (8)
- <sup>26</sup> George Koutoulas, Lawrence Kryzanowski, Macrofactor conditional volatilities, time-varying risk premia and stock return behavior, *The Financial Review* Feb 1996 v31 n1 p169 (27)
- <sup>27</sup> Kevin L. Reffett, Arbitrage pricing and the stochastic inflation tax in a multisector monetary economy. *Journal of Economic Dynamics & Control* April 1995 v19 n3 p569 (29)
- <sup>28</sup> Arnold C.S. Cheng, The UK stock market and economic factors: a new approach. (Special Issue on Finance and Market Based Accounting Research). *Journal of Business Finance and Accounting* Jan 1995 v22 n1 p129 (14)
- <sup>29</sup> Lawrence Kryzanowski, Simon Lalancette, Minh Chau To, Some tests of APT mispricing using mimicking portfolios. (Arbitrage Pricing Theory). *The Financial Review* May 1994 v29 n2 p153 (40)

- <sup>30</sup> Chen, R. Roll y S.A. Ross: Economic Forces and the Stock Market, *Journal of Finance*, 59, 383-403. (Julio de 1983)
- <sup>31</sup> P.J. Dhrymes, I. Friend y N.N. Gultekin, A Critical Reexamination of the Empirical Evidence on the Arbitrage Pricing Theory, *Journal of Finance*, 39: 323-346 ( Junio, 1984 ).
- <sup>32</sup> *Ibid.* 18, pags.176-178
- <sup>33</sup> Jegadeesh, N. & Titman, S. Returns to buying winners and selling losers: Implications for Stock Market efficiency, *Journal of Finance* (march, 1993)
- <sup>34</sup> Gujarati Damodar *Econometria básica*, primera edición en español, McGraw-Hill, México 1981, pags. 251-259.
- <sup>35</sup> F.F. Alt, *Distributed Lags, Econometrica*, vol. 10, pags. 113-128, 1942
- <sup>36</sup> J. Timbergen, *Long-Term foreign trade Elasticities*, *Metroeconomía*, vol 1, pags. 174-185, 1949
- <sup>37</sup> L.M. Koyck, *Distributed Lags and investment analysis*, North-Holland Co. Amsterdam, 1954
- <sup>38</sup> Shirley Almon, *The Distributed Lag between Capital Appropriations and Expenditures*, *Econometrica*, vol. 33 pags. 178-196, enero 1965.
- <sup>39</sup> Heinz Kohler, *Estadística para negocios y economía*, primera edición en español, CECSA, México, 1996, pag. 589
- <sup>40</sup> Gujarati Damodar *Econometria básica*, tercera edición en español, McGraw-Hill, México 1995, pag.4
- <sup>41</sup> G.U. Yule, "On the Theory of correlation for any number of variable, treated by a new system of notation", *Proceedings of Royal Society, A*, Vol. 79, 1907, pags. 182-193
- <sup>42</sup> Gujarati Damodar *Econometria básica*, tercera edición en español, McGraw-Hill, México 1995, pag.94
- <sup>43</sup> John E. Hanke & Arthur G. Reitsch, *Pronósticos en los negocios*, quinta edición, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1996. Pág. 205.
- <sup>44</sup> Gujarati Damodar *Econometria básica*, tercera edición en español, McGraw-Hill, México 1995, pag.35
- <sup>45</sup> J. Durbin y G.S. Watson, *Testing for Serial Correlation in Least-Squares Regression*, *Biometrika*, vol. 39, pags. 159-177, 1951.
- <sup>46</sup> Gujarati Damodar *Econometria*, tercera edición en español, McGraw-Hill, Santa Fe de Bogotá, Col. 1999, págs. 422-423
- <sup>47</sup> Heinz Kohler, *Estadística para negocios y economía*, primera edición en español, CECSA, México, 1996, pags. 619-643.
- <sup>48</sup> Younger Mary sue, *Handbook for Linear regression*, Duxbury Press, Massachusetts, USA, 1979, págs. 480-493
- <sup>49</sup> Maddala, G.S., *Introducción a la Econometria*, segunda edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1996, págs. 548-549.
- <sup>50</sup> *Ibid.* 49 pag. 555
- <sup>51</sup> R.L. Anderson, D.M. Allen y F. Cady, Selection of predictor Variables in Multiple Linear Regression, Bancroft Edition, *Statistical Papers in Honor of George W. Snedecor* ( Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1972.)
- <sup>52</sup> Younger Mary sue, *Handbook for Linear regression*, Duxbury Press, Massachusetts, USA, 1979, pag. 484.
- <sup>53</sup> *Ibidem* pag. 589
- <sup>54</sup> Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Primera edición, McGraw-Hill Interamericana de México, S.A., de C.V., México D.F., 1991. Pags. 383
- <sup>55</sup> Heinz Kohler, *Estadística para negocios y economía*, primera edición en español, CECSA, México, 1996, pags. 604-609.
- <sup>56</sup> Kerlinger Fred N., *Investigación del comportamiento*, Tercera edición (segunda edición en español), McGraw-Hill, México, 1994, pag. 394.
- <sup>57</sup> Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Primera edición, McGraw-Hill Interamericana de México, S.A., de C.V., México D.F., 1991. Pág. 68
- <sup>58</sup> Campbell Donald & Stanley Julian, *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*, Amorrortu editores, Primera edición en castellano, 1973, tercera reimpresión, Argentina, 1982. Pág.: 76.

- <sup>99</sup> Campbell Donald & Stanley Julian, Diseños experimentales y cuasexperimentales en la investigación social, Amortortu editores, Primera edición en castellano, 1973, tercera reimpresión, Argentina, 1982. Págs.: 16-18.
- <sup>60</sup> Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, Segunda edición, McGraw-Hill Interamericana de México, S.A., de C.V., México D.F., 1998, Pág. 118.
- <sup>61</sup> Ibid 60 pág. 165.
- <sup>62</sup> Bolsa Mexicana de Valores, Información Bursátil, Enero de 1998. Pág. 1
- <sup>63</sup> Ibid 60 pág. 234
- <sup>64</sup> Ibid 60 Págs. 235-244
- <sup>65</sup> Grupo Financiero BANAMEX-ACCIVAL, El Mercado, Revista Junio 1992-1998, México. Págs. Div.
- <sup>66</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estadísticas Económicas INEGI, diciembre de 1997. Págs. 2-3
- <sup>67</sup> SPSS base 8.0, Application Guide, SPSS, Inc, Chicago Illinois, 1998.
- <sup>68</sup> Stevens S., "Mathematics, Measurement, and Psychophysics", In S. Stevens, de. Handbook of Experimental Psychology, New York, 1951, pag. 1
- <sup>69</sup> Webster's Dictionary, Ninth New Collegiate Dictionary, Merriam-Webster Inc, Publishers, Springfield, Mass. USA, 1997, pág. 613
- <sup>70</sup> SPSS Base 8.0, Application Guide, SPSS, Inc, Chicago Illinois, 1998.
- <sup>71</sup> Microsoft, Office 1997, Excel para Windows, versión 7.
- <sup>72</sup> José María Hernández Marco, El poder predictivo de las Betas en el mercado de valores mexicano. Revista Contaduría y Administración Num. 143, Julio - Agosto, 1986, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, Págs. 58-59
- <sup>73</sup> Mendenhall William, Estadística para Administradores, Segunda Edición en Español, Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., México, 1990, Pág. 501
- <sup>74</sup> Gujarati Damodar *Econometría básica*, tercera edición en español, McGraw-Hill, México 1995, pág.32

## **Anexos**

***A1.- Resumen de los resultados de las corridas de regresión***

***A2.- Tablas estadísticas***

***A3.- Glosario de términos***

# **ANEXO 1**

## Resumen de las corridas de regresión

**Tabla # 1a Resumen de los principales estimadores de los Coeficientes de Regresión por Emisora**

Emisora	Tipo de R	Factor						
		Coeficientes						
		IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	Significancia
	Normal	0.441				0.127	3.476	0.001
	Rezago 1		-0.006353			0.004	-1.668	0.1
Ahmsa	Rezago 2	0.381				0.2004	1.863	0.067
			-0.01212			0.004	-3.077	0.003
	Rezago 3	-0.702				0.212	-3.316	0.001
	Datos diario	0.313				0.04	7.888	0
					-8.62E-08	0	-2.647	0.008
	Normal	0.561				0.138	4.053	0
	Rezago 1	0.298				0.15	1.992	0.05
					4.079E-07	0	1.823	0.073
Alfa	Rezago 2				5.03E-07	0	2.19	0.032
	Rezago 3	-0.277				0.149	-1.858	0.068
					6.948E-07	0	3.111	0.003
	Datos diario	0.671				0.025	27.359	0
					1.638E-08	0	2.099	0.036
	Normal	0.769				0.125	6.134	0
	Rezago 1	0.33				0.154	2.14	0.036
Apasco	Rezago 2	0	0	0				
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Rezago 3	1.122				0.03	37.388	0
	Normal	1.245				0.163	7.643	0
			-0.005348			0.003	-1.806	0.075
					-7.48E-07	0	-3.1	0.003
Banacci	Rezago 1	0.453				0.221	2.022	0.047
	Rezago 2		-0.007396			0.004	-1.946	0.056
	Rezago 3		-0.007458			0.004	-1.955	0.055
	Datos diario	1.065				0.033	32.337	0
	Normal	0.795				0.228	3.495	0.001
	Rezago 1	0.488				0.246	1.984	0.051
Bbvpro	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.509				0.048	10.557	0
	Normal	0.946				0.138	6.861	0
	Rezago 1	0.668				0.157	4.246	0
Cemex B	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	1.299				0.024	53.864	0
	Normal	0.818				0.139	5.827	0
	Rezago 1	0.624				0.155	4.141	0
Cemex Cpo	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.997				0.032	31.542	0

Tabla # 1a Resumen de los principales estimadores de los Coeficientes de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Factor						Significancia
		Coeficientes						
		IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	
Cie	Normal	0	0	0	0			
	Rezago 1		-0.06365			0.024	-2.611	0.016
	Rezago 2	0.932		0.03185		0.009	3.581	0.002
	Rezago 3	0	0	0	0	0.532	1.751	0.094
Cifra C	Normal	0.781				0.143	5.476	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.995				0.024	41.716	0
Cifra V	Normal	0.671				0.136	4.938	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	1.032				0.023	44.105	0
Cintra A	Normal	0.144				0.077	1.859	0.067
	Rezago 1	0	0	0.003844	0	0.002	1.897	0.062
	Rezago 2	0.863				0.343	2.512	0.023
	Rezago 3				3.445E-06	0	2.289	0.036
Comerci B	Normal	0.617				0.147	4.189	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.952				0.034	28.032	0
Desc B	Normal	0.776				0.16	4.847	0
	Rezago 1	0.513				0.177	2.81	0.05
	Rezago 2		-0.006932			0.003	-2.141	0.036
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.827				0.033	25.106	0
Elektra Cpo	Normal	0.691				0.15	4.637	0
	Rezago 1	0.776				0.277	2.8	0.008
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3		-0.009158			0.005	-1.987	0.054
	Datos diario	0.481		0.01361	0	0	0.043	11.261
			0.0003373			0	2.049	0.41

Tabla # 1a Resumen de los principales estimadores de los Coeficientes de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Factor						
		Coeficientes						
		IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	Significancia
	Normal	0.907				0.135	6.72	0
	Rezago 1	0.296				0.166	1.783	0.079
				0.008363		0.004	2.106	0.039
Femsa B	Rezago 2		-0.005533			0.003	-1.872	0.066
	Rezago 3	-0.34				0.165	-2.055	0.044
				0.01107		0.004	2.616	0.011
	Datos diario	1.364				0.3	44.87	0
			-0.000199			0	-1.838	0.066
	Normal	0.854				0.133	6.436	0
					-3.79E-07	0	-1.921	0.059
Gcarso A1	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.865				0.028	30.66	0
	Normal	0.722				0.173	4.178	0
	Rezago 1	0.417				0.191	2.183	0.033
Gcc B	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Normal	0.297				0.108	2.754	0.007
	Rezago 1	-0.998				0.493	-2.005	0.061
Gcorvi UBL	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Normal	0.972				0.208	4.683	0
	Rezago 1	0.887				0.224	3.956	0
			0.007664			0.004	-1.961	0.054
Gfb A	Rezago 2			0.01212		0.006	1.944	0.056
	Rezago 3		-0.008716			0.004	-2.071	0.042
				0.01198		0.006	1.926	0.059
	Datos diario	0.793				0.04	19.647	0
	Normal	1.078				0.214	5.041	0
	Rezago 1	0.734				0.254	2.883	0.005
Gfb B	Rezago 2		-0.008034			0.004	-1.806	0.075
	Rezago 3		-1.006			0.006	2.057	0.044
				0.01326		0.006	2.057	0.044
	Datos diario			0.01326		0.006	2.057	0.044
	Normal	0.617				0.149	4.417	0
	Rezago 1	0.459				0.198	2.32	0.024
Gfnorte B	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3			0.01015		0.004	2.346	0.022

Tabla # 1a Resumen de los principales estimadores de los Coeficientes de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Factor						
		IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	Significancia
Gmexico B	Normal	0	0	0	0			
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	-0.215				0.113	-1.897	0.062
Gmodelo C	Normal	0.387				0.088	4.408	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3			0.004496		0.003	1.696	0.095
Hylsamx BC	Normal	0.378				0.112	3.39	1
	Rezago 1		-0.008237			0.004	-1.936	0.061
	Rezago 2		-0.007452			0.004	-1.789	0.082
	Rezago 3	-0.33				0.12	-2.762	0.007
					0.006438	0.003	-2.762	0.007
Ica *	Normal	0.986				0.18	6.68	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
	Rezago 2		-0.006668			0.003	-1.997	0.05
	Rezago 3		-0.008322			0.003	-2.514	0.014
	Datos diario	0.907				0.034	27.313	0
Kimber A	Normal	0.533				0.107	5.003	0
	Rezago 1	0.322				0.121	2.664	0.01
	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.855				0.023	36.8	0
Maseca B	Normal	0.638				0.132	4.831	0
				-0.009362		0.003	-2.703	0.009
	Rezago 1	0.571				0.144	3.973	0
	Rezago 2	0	0	0	0			
Moderna A	Normal	0.458				0.165	2.778	0.007
					-6.17E-07	0	-2.52	0.014
	Rezago 1	0.357				0.174	2.055	0.044
					-5.73E-07	0	-2.203	0.031
	Rezago 2				-7.49E-07	0	-2.824	0.006
	Rezago 3				-5.94E-07	0	-2.304	0.024
Datos diario	0.685				0.028	24.579	0	
Soriana B					-2.89E-08	0	-3.258	0.001
	Normal	0.49				0.149	3.277	0.002
	Rezago 1	0.431				0.149	2.887	0.005
					5.45E-07	0	2.44	0.017
	Rezago 2				5.636E-07	0	2.355	0.021
	Rezago 3	-0.266				0.156	-1.704	0.093
				7.475E-07	0	-1.704	0.093	

Tabla # 1a Resumen de los principales estimadores de los Coeficientes de Regresión por Emisora

		Factor						
		Coeficientes						
Emisora	Tipo de R	IPyC	Diftasas	Precios Pet	PIB	E.Estándar	"t"	Significancia
	Datos diario	0.552				0.034	15.994	0
					2.471E-08	0	2.252	0.024
	Normal		-0.005627			0.003	-1.947	0.052
					4.033E-07	0	1.68	0.097
	Rezago 1		-0.00629			0.003	-2.27	0.026
Tamsa					4.388E-07	0	1.804	0.076
	Rezago 2		-0.006794			0.003	-2.347	0.022
	Rezago 3				5.136E-07	0	2.015	0.048
	Datos diario	0.449				0.035	12.843	0
			-0.0003001			0	-2.324	0.02
					1.906E-08	0	1.652	0.099
	Normal	1.241				0.079	15.681	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
Telecom A1	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3			0.009242		0.004	2.193	0.032
	Datos diario	1.135				0.025	45.211	0
	Normal	0.556				0.109	5.126	0
	Rezago 1	0	0	0	0			
Telmex L	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Datos diario	0.891				0.016	54.984	0
	Normal	0.791				0.13	6.062	0
	Rezago 1			0.008609		0.004	2.069	0.042
Tlevisa CPC	Rezago 2	-0.283		0.008716		0.159	-1.785	0.079
	Rezago 3	0	0	0	0	0.004	2.108	0.039
	Datos diario	1				0.028	35.463	0
	Normal	1.06				0.183	5.657	0
	Rezago 1	0.561				0.309	1.816	0.076
Tribasa *	Rezago 2	0	0	0	0			
	Rezago 3	0	0	0	0			
	Normal	0.62				0.14	4.481	0
	Rezago 1	0.381				0.151	2.515	0.014
Vitro *					3.864E-07	0	1.707	0.092
	Rezago 2				5.995E-07	0	2.621	0.011
	Rezago 3			0.006759		0.004	1.723	0.09
					6.099E-07	0	2.653	0
	Datos diario	1.077				0.03	36.036	0
					1.775E-08	0	1.865	0.062

Tabla # 2a Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Modelo					PRESS (Min)
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.	
Ahmsa	Normal	0.381	0.145	1.161	12.081	0.001	-3.224
	Rezago 1	0.198	0.039	1.841	2.782	0.1	-2.081
	Rezago 2	0.408	0.166	1.644	6.585	0.002	-1.485
	Rezago 3	0.378	0.143	1.672	10.996	0.001	-2.025
	Datos diario	0.255	0.065	1.522	35.069	0	
Alfa	Normal	0.433	0.188	2.152	16.423	0	-3.224
	Rezago 1	0.314	0.099	2.375	3.662	0.031	-3.341
	Rezago 2	0.258	0.067	2.228	4.798	0.032	-2.855
	Rezago 3	0.406	0.165	2.218	6.407	0.003	-3.192
	Datos diario	0.578	<b>0.334</b>	1.914	375.88	0	
Apasco	Normal	0.589	0.346	2.366	37.629	0	-3.224
	Rezago 1	0.251	0.063	2.164	4.578	0.036	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3	0.694	<b>0.482</b>	2.214	1397.826	0	
Banacci	Normal	0.71	0.504	2.346	23.327	0	-2.657
	Rezago 1	0.241	0.058	2.138	4.202	0.044	-3.187
	Rezago 2	0.231	0.054	3.788	3.788	0.056	-2.062
	Rezago 3	0.234	0.055	2.008	3.823	0.055	-2.044
	Datos diario	0.641	0.411	1.416	1045.709		
Bbipro	Normal	0.383	0.147	2.024	12.212	0.001	-3.224
	Rezago 1	0.234	0.055	2.191	3.935	0.051	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3						
Datos diario	0.263	0.069	1.6	111.452			
Cemex B	Normal	0.631	0.399	2.397	47.067	0	-3.224
	Rezago 1	0.458	0.21	2.281	18.029	0	-3.17
	Rezago 2						
	Rezago 3						
Datos diario	0.812	<b>0.659</b>	1.376	2901.32			
Cemex Cpo	Normal	0.572	0.327	2.204	34.484	0	-3.224
	Rezago 1	0.449	0.201	2.193	17.15	0	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3						
Datos diario	0.64	<b>0.409</b>	1.472	994.905	0		

Tabla # 2a Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Modelo					PRESS (Min)
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.	
Cie	Normal						
	Rezago 1	0.627	0.394	1.747	6.814	0.005	-2.021
	Rezago 2	0.35	0.122	1.727	3.065	0.094	-2.098
	Rezago 3						
Cifra C	Normal	0.545	0.297	2.561	29.987	0	-3.224
	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.733	<b>0.537</b>	1.689	1740.221	0	
Cifra V	Normal	0.506	0.256	2.611	24.383	0	-3.224
	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.751	<b>0.564</b>	1.623	1945.24	0	
Cintra A	Normal	0.309	0.096	2.093	3.696	0.03	-2.2
	Rezago 1						
	Rezago 2	0.532	0.283	2.228	6.312	0.023	-1.997
	Rezago 3	0.497	0.247	2.098	5.238	0.036	-1.592
Comerci B	Normal	0.445	0.198	2.383	17.55	0	-3.224
	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.586	<b>0.344</b>	1.765	785.784	0	
Desc B	Normal	0.499	0.249	2.286	23.494	0	-3.224
	Rezago 1	0.331	0.109	2.32	8.36	0.005	-3.187
	Rezago 2	0.253	0.064	1.791	4.582	0.036	-2.062
	Rezago 3						
	Datos diario	0.544	<b>0.296</b>	1.551	630.329	0	
Elektra Cpo	Normal	0.482	0.232	1.819	21.505	0	-3.224
	Rezago 1	0.409	0.167	2.433	7.842	0.008	-3.164
	Rezago 2						
	Rezago 3	0.476	0.227	1.833	5.575	0.008	-2.156
	Datos diario	0.339	0.115	1.802	65.831	0	

Tabla # 2a Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Modelo					PRESS
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.	(Min)
Femsa B	Normal	0.624	0.389	2.449	45.157	0	-3.224
	Rezago 1	0.326	0.106	2.5	3.975	0.023	-2.021
	Rezago 2	0.223	0.05	2.282	3.504	0.066	-2.062
	Rezago 3	0.374	0.139	2.388	5.264	0.008	-1.664
	Datos diario	0.757	<b>0.573</b>	2.076	1007.301	0	
Gearsa A1	Normal	0.625	0.391	2.597	22.458	0	-3.167
	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.621	0.385	1.472	940.019	0	
Gec B	Normal	0.444	0.197	2.245	17.454	0	-3.224
	Rezago 1	0.256	0.065	2.422	4.764	0.033	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3						
Gecovi UBL	Normal	0.311	0.097	2.419	7.585	0.007	-3.224
	Rezago 1	0.437	0.191	1.871	4.019	0.061	-1.599
	Rezago 2						
	Rezago 3						
Gfb A	Normal						
	Rezago 1	0.491	0.241	2.522	10.14	0	-2.058
	Rezago 2	0.231	0.053	2.098	3.778	0.056	-1.671
	Rezago 3	0.372	0.138	2.056	5.212	0.008	-1.986
	Datos diario	0.459	0.21	1.49	386.01	0	
Gfb B	Normal	0.513	0.253	2.406	25.409	0	-3.224
	Rezago 1	0.339	0.115	2.48	8.314	0.005	-3.147
	Rezago 2	0.215	0.06	2.277	3.26	0.075	-2.062
	Rezago 3	0.401	0.161	2.284	6.217	0.003	-1.998
	Datos diario	0.539	<b>0.29</b>				
Gforte B	Normal	0.442	0.195	2.182	17.197	0	-3.224
	Rezago 1	0.291	0.085	2.303	5.383	0.024	-3.338
	Rezago 2						
	Rezago 3	0.277	0.077	2.009	5.506	0.022	-1.654

Tabla # 2a Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Modelo					PRESS (Min)
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.	
	Normal						
Gmécico B	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3	0.227	0.052	2.08	3.598	0.062	-2.025
	Normal	0.464	0.215	2.213	19.431	0	-3.224
Gmodelo C	Rezago 1						
	Rezago 2						
	Rezago 3	0.204	0.042	2.446	2.875	0.095	-1.645
	Normal	0.373	0.139	1.855	11.489	0.001	-3.224
Hylsamx BC	Rezago 1	0.307	0.094	1.884	3.748	0.061	-1.591
	Rezago 2	0.286	0.082				
	Rezago 3	0.387	0.15	1.85	5.74	0.005	-1.624
	Normal	0.621	0.377	2.447	44.622	0	-3.224
Ica *	Rezago 1						
	Rezago 2	0.237	0.056	2.257	3.988	0.05	-2.062
	Rezago 3	0.296	0.087	2.225	6.32	0.014	-2.044
	Datos diario	0.585	<b>0.343</b>	1.514	745.973	0	
	Normal	0.511	0.261	2.443	25.034	0	-3.224
Kimber A	Rezago 1	0.306	0.094	2.402	7.042	0.1	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.689	<b>0.474</b>	1.775	1354.255	0	
	Normal	0.544	0.296	2.063	14.748	0	-2.875
Maseca B	Rezago 1	0.434	0.188	2.078	15.788	0	-3.187
	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Normal	0.408	0.166	2.074	6.977	0.002	-2.564
Moderna A	Rezago 1	0.345	0.119	2.449	4.52	0.014	-2.371
	Rezago 2	0.326	0.106	2.113	7.973	0.006	-1.329
	Rezago 3	0.273	0.074	2.102	5.31	0.024	-1.025
	Datos diario	0.54	<b>0.291</b>	1.798	308.295	0	
	Normal	0.362	0.131	2.332	10.739	0.002	-3.224
	Rezago 1	0.42	0.176	2.487	7.174	0.002	-3.312
Soriana B	Rezago 2	0.276	0.076	2.287	5.544	0.021	-2.855
	Rezago 3	0.406	0.165	2.324	6.418	0.003	-3.2

Tabla # 2a Resumen de los principales estimadores de los Modelos de Regresión por Emisora

Emisora	Tipo de R	Modelo					PRESS (Mín)
		R	R <sup>2</sup>	D-W	F	Sig.	
	Datos diario	0.384	<b>0.148</b>	1.92	130.06	0	
	Normal	0.334	0.112	2.582	4.394	0.016	-2.191
	Rezago 1	0.357	0.14	2.532	5.469	0.006	-2.113
Tamsa	Rezago 2						
	Rezago 3	0.241	0.058	2.311	4.059	0.048	-2.852
	Datos diario	0.323	0.104	1.879	58.154	0	
	Normal	0.881	0.776	1.769	245.908	0	-3.224
	Rezago 1						
Telecom A1	Rezago 2						
	Rezago 3	0.261	0.068	2.261	4.81	0.032	-1.645
	Datos diario	0.759	0.577	1.538	2044.06	0	
	Normal	0.52	0.27	2.761	26.281	0	-3.224
	Rezago 1						
Telmex L	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Datos diario	0.817	<b>0.668</b>	1.8	3023.228	0	
	Normal	0.584	0.341	2.426	36.752	0	-3.224
	Rezago 1	0.243	0.059	2.087	4.281	0.042	-1.687
Tlevisa CPC	Rezago 2	0.316	0.1	2.142	3.674	0.031	-1.661
	Rezago 3						
	Datos diario	0.675	<b>0.456</b>	1.568	1257.55	0	
	Normal	0.557	0.311	2.183	31.998	0	-3.224
	Rezago 1	0.254	0.064	2.276	3.298	0.076	-3.211
Tribasa *	Rezago 2						
	Rezago 3						
	Normal	0.464	0.216	2.176	19.516	0	-3.224
	Rezago 1	0.349	0.122	2.431	4.638	0.013	-3.208
Vitro *	Rezago 2	0.305	0.093	2.26	6.872	0.011	-2.855
	Rezago 3	0.39	0.152	2.241	5.829	0.005	-2.736
	Datos diario	0.681	<b>0.464</b>	1.958	650.369	0	

Cuadro # 3 Rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

Parámetro	AHMSA "	ALFA "A"	APASCO "	BANACCI "B"	BBVPRO "B"	CEMEX "B"	CEMEX "CPO"	CIE "B"	CIFRA "V"	CIFRA "A"
APT										
Tasa Libre de Riesgo	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370
Beta <sub>IPyC</sub>	0.38100	0.66100	0.76900	1.24500	0.78500	0.94600	0.81800		0.78100	0.67100
IPyC (Factor 1)	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100		0.05100	0.05100
Beta <sub>CIASAS</sub>	-0.00635			-0.00635				-0.06370		
DIFTASAS (Factor 2)	-4.68000			-4.68000				-4.68000		
Beta <sub>Prepet</sub>								0.03185		
Prepetróleo (Factor 3)								16.30000		
Beta <sub>PIA</sub>						-0.00270				
Producto Interno Bruto (Factor 4)						118.60000				
Rendimiento estimado	0.21286	0.19231	0.20292	0.25222	0.20425	-0.10827	0.20542	0.48182	0.20353	0.19792
Diferencias en los rendimientos:										
Rendimiento real de la emisora	0.01010	-0.11630	0.15360	0.34170	0.03470	0.06160	0.02960	0.11160	0.16320	0.13070
Rendimiento estimado (APT)	0.21286	0.19231	0.20292	0.25222	0.20425	-0.10827	0.20542	0.48182	0.20353	0.19792
Diferencia	0.20276	0.30861	0.04942	-0.08948	0.16955	-0.16987	0.17582	0.35032	0.04033	0.06722

Cuadro # 3 Rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

Parámetro	EMISORA y SERIE									
	CINTRA	COMERCI	DESC	ELEKTRA	FEMSA	GCARSO	GCC	GCORVI	GFB	GFB
	"A"	"B"	"B"	"CPO"	"B"	"A1"	"B"	"UBL"	A	B
<b>APT</b>										
Tasa Libre de Riesgo	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370
Beta <sub>IPYC</sub>	0.86300	0.61700	0.77600	0.69100	0.90700	0.86400	0.72200	-0.99800	0.88700	1.07800
IPYC (Factor 1)	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100	0.06100
Beta <sub>OUTASAS</sub>									0.00766	
DIFTASAS (Factor 2)									-4.68000	
Beta <sub>PROPET</sub>										
Prepetróleo (Factor 3)										
Beta <sub>PIB</sub>						-0.000000379				
Producto Interno Bruto (Factor 4)						486053.64300				
Rendimiento estimado	0.20771	0.19617	0.20328	0.19894	0.20996	0.02304	0.20062	0.11280	0.17307	0.21868
<b>Diferencias en los rendimientos:</b>										
Rendimiento real de la emisora	-0.10630	0.18740	-0.00770	0.10060	-0.04730	-0.00370	0.04890	-0.05930	0.07020	0.09470
Rendimiento estimado (APT)	0.20771	0.19617	0.20328	0.19894	0.20996	0.02304	0.20062	0.11280	0.17307	0.21868
Diferencia	0.31301	0.00777	0.21098	0.09834	0.26726	0.02674	0.16162	0.17210	0.10287	0.12398

Cuadro # 3 Rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

Parámetro	GFNORTE	GMEXICO	GMODELO	HYLSAMX	ICA	KIMBER	MASECA	MODERNA	SORIANA	TAMSA
	"B"	"B"	"C"	"BCP"	"	"A"	"B"	"A"	"B"	"
APT										
Tasa Libre de Riesgo	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370
Beta <sub>pyc</sub>	0.61700	-0.21600	0.38700	-0.33000	0.98600	0.63300	0.63800	0.45800	0.43100	
IPyC (Factor 1)	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	
Beta <sub>opticas</sub>										-0.00630
DIFTASAS (Factor 2)										-4.68000
Beta <sub>propet</sub>				0.00644			-0.00936			
Prepetróleo (Factor 3)				16.30000			16.30000			
Beta <sub>pa</sub>								-0.000000617	0.000000546	0.000000439
Producto Interno Bruto (Factor 4)								486053.64300	486053.64300	486053.64300
Rendimiento estimado	0.19517	0.16274	0.18344	0.14687	0.21399	0.19088	0.19624	-0.11284	0.45058	0.40666
Diferencias en los rendimientos:										
Rendimiento real de la emisora	0.24420	-0.04610	-0.01020	-0.10380	0.00930	0.07630	-0.02570	0.09760	0.16780	-0.04970
Rendimiento estimado (APT)	0.19517	0.16274	0.18344	0.14687	0.21399	0.19088	0.19624	-0.11284	0.45058	0.40666
Diferencia	-0.04903	0.19884	0.19364	0.25067	0.20469	0.11458	0.22194	-0.21034	0.28278	0.45626

Cuadro # 3 Rendimientos reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

Parámetro	TELECOM A1	TELMEX "L"	TLEVISA "CPO"	TRIBASA "	VITRO "
<b>APT</b>					
Tasa Libre de Riesgo	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370	0.16370
Beta <sub>IPyC</sub>	1.24100	0.55600	0.79100	1.06000	0.62000
IPyC (Factor 1)	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100
Beta <sub>DIFASAS</sub>					
DIFASAS (Factor 2)					
Beta <sub>Prepet</sub>					
Prepetróleo (Factor 3)					
Beta <sub>PIB</sub>					
Producto Interno Bruto (Factor 4)					
Rendimiento estimado	0.22699	0.19206	0.20404	0.21776	0.19532
<i>Diferencias en los rendimientos:</i>					
Rendimiento real de la emisora	0.11000	0.11370	0.03360	-0.03060	0.00990
Rendimiento estimado (APT)	0.22699	0.19206	0.20404	0.21776	0.19532
Diferencia	0.11699	0.07836	0.17044	0.24836	0.18542

Cuadro # 3a Rendimientos DIARIOS reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

Parámetro	IPyC	AHMSA	ALFA	APASCO	BANACCI	BBVPRO	CEMEX	CEMEX
		*	"A"	*	"B"	"B"	"B"	"CPO"
<b>APT</b>								
Tasa Libre de Riesgo	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273
Beta <sub>IPyC</sub>		0.31300	0.67100	1.12200	1.06500	0.50900	1.29900	0.97700
IPyC (Factor 1)		0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100
Beta <sub>Diftasas</sub>								
DIFTASAS (Factor 2)								
Beta <sub>Prepet</sub>								
Prepetróleo ( Factor 3 )								
Beta <sub>PIB</sub>		-0.0000000862	0.0000000164					
Producto Interno Bruto (Factor 4)		486053.64300	486053.64300					
Rendimiento de la emisora		-0.01322	0.05491	0.06995	0.06705	0.03869	0.07898	0.06256
<b>Diferencias entre APT y la Emisora:</b>								
Rendimiento de la Emisora		-0.01000	-0.00366	-0.00893	-0.00621	0.00492	-0.00928	-0.00679
Rendimiento utilizando APT		-0.01322	0.05491	0.06995	0.06705	0.03869	0.07898	0.06256
Diferencia		-0.00322	0.05857	0.07888	0.07326	0.03377	0.08826	0.06935

Cuadro # 3a Rendimientos DIARIOS reales y teóricos al mes de enero de 1998,  
utilizando el APT

EMISORA y SERIE										
CIFRA "C"	CIFRA "V"	COMERCI "UBC"	DESC "B"	FEMSA "B"	GCARSO "A1"	GFB A	GFB B	GFNORTE "B"	ICA "	KIMBER "A"
0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273
0.99500	1.03200	0.95200	0.82700	1.36340	0.86500	0.79300	1.00400	-0.06000	0.91700	0.85500
0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100
				-0.00020						
				-4.68000						
0.06348	0.06536	0.06128	0.05491	0.08320	0.05685	0.05318	0.06394	0.00967	0.05950	0.05634
0.01105	0.01005	0.00570	-0.01427	0.00155	-0.01105	-0.00625	-0.01141	-0.00001	-0.00682	-0.03924
0.06348	0.06536	0.06128	0.05491	0.08320	0.05685	0.05318	0.06394	0.00967	0.05950	0.05634
0.05243	0.05531	0.05558	0.06918	0.08165	0.06790	0.05943	0.07534	0.00969	0.06632	0.09558

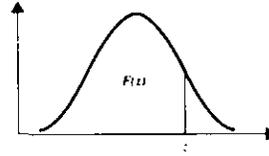
Cuadro # 3a Rendimientos DIARIOS reales y teóricos al mes de enero de 1998, utilizando el APT

MODERNA	SORIANA	TAMSA	TELECOM	TELMEX	TLEVISA	VITRO
"A"	"B"	*	A1	"L"	"CPO"	*
0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273	0.01273
0.68500	0.55200	0.44900	1.13500	0.89100	1.00000	1.07700
0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100	0.05100
		-0.00030				
		-4.68000				
-0.000000029	0.000000025	0.000000019				0.0000000178
486053.64300	486053.64300	486053.64300				486053.64300
0.03362	0.05289	0.04630	0.07062	0.05817	0.06373	0.07629
-0.01936	0.01408	-0.00863	-0.00915	-0.00660	-0.00573	-0.01547
0.03362	0.05289	0.04630	0.07062	0.05817	0.06373	0.07629
0.05299	0.03881	0.05493	0.07976	0.06477	0.06946	0.09176

# **ANEXO 2**

## Tablas estadísticas

**TABLA 1** Función de distribución acumulada de la distribución normal estándar



La tabla muestra la probabilidad,  $F(z)$ , de que una variable aleatoria normal estándar sea menor que el número  $z$ . Por ejemplo, la probabilidad de que una variable aleatoria normal estándar sea menor que 1,96, es 0,975

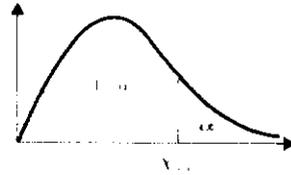
$z$	$F(z)$										
0,00	0,5000	0,30	0,6179	0,60	0,7257	0,90	0,8159	1,20	0,8849	1,50	0,9332
0,01	0,5040	0,31	0,6217	0,61	0,7291	0,91	0,8186	1,21	0,8869	1,51	0,9345
0,02	0,5080	0,32	0,6255	0,62	0,7324	0,92	0,8212	1,22	0,8888	1,52	0,9357
0,03	0,5120	0,33	0,6293	0,63	0,7357	0,93	0,8238	1,23	0,8907	1,53	0,9370
0,04	0,5160	0,34	0,6331	0,64	0,7389	0,94	0,8264	1,24	0,8925	1,54	0,9382
0,05	0,5199	0,35	0,6368	0,65	0,7422	0,95	0,8289	1,25	0,8944	1,55	0,9394
0,06	0,5239	0,36	0,6406	0,66	0,7454	0,96	0,8315	1,26	0,8962	1,56	0,9406
0,07	0,5279	0,37	0,6443	0,67	0,7486	0,97	0,8340	1,27	0,8980	1,57	0,9418
0,08	0,5319	0,38	0,6480	0,68	0,7517	0,98	0,8365	1,28	0,8997	1,58	0,9429
0,09	0,5359	0,39	0,6517	0,69	0,7549	0,99	0,8389	1,29	0,9015	1,59	0,9441
0,10	0,5398	0,40	0,6554	0,70	0,7580	1,00	0,8413	1,30	0,9032	1,60	0,9452
0,11	0,5438	0,41	0,6591	0,71	0,7611	1,01	0,8438	1,31	0,9049	1,61	0,9463
0,12	0,5478	0,42	0,6628	0,72	0,7642	1,02	0,8461	1,32	0,9066	1,62	0,9474
0,13	0,5517	0,43	0,6664	0,73	0,7673	1,03	0,8485	1,33	0,9082	1,63	0,9484
0,14	0,5557	0,44	0,6700	0,74	0,7704	1,04	0,8508	1,34	0,9099	1,64	0,9495
0,15	0,5596	0,45	0,6736	0,75	0,7734	1,05	0,8531	1,35	0,9115	1,65	0,9505
0,16	0,5636	0,46	0,6772	0,76	0,7764	1,06	0,8554	1,36	0,9131	1,66	0,9515
0,17	0,5675	0,47	0,6803	0,77	0,7794	1,07	0,8577	1,37	0,9147	1,67	0,9525
0,18	0,5714	0,48	0,6844	0,78	0,7823	1,08	0,8599	1,38	0,9162	1,68	0,9535
0,19	0,5753	0,49	0,6879	0,79	0,7852	1,09	0,8621	1,39	0,9177	1,69	0,9545
0,20	0,5793	0,50	0,6915	0,80	0,7881	1,10	0,8643	1,40	0,9192	1,70	0,9554
0,21	0,5832	0,51	0,6950	0,81	0,7910	1,11	0,8665	1,41	0,9207	1,71	0,9564
0,22	0,5871	0,52	0,6985	0,82	0,7939	1,12	0,8686	1,42	0,9222	1,72	0,9573
0,23	0,5910	0,53	0,7019	0,83	0,7967	1,13	0,8708	1,43	0,9236	1,73	0,9582
0,24	0,5948	0,54	0,7054	0,84	0,7995	1,14	0,8729	1,44	0,9251	1,74	0,9591
0,25	0,5987	0,55	0,7088	0,85	0,8023	1,15	0,8749	1,45	0,9265	1,75	0,9599
0,26	0,6026	0,56	0,7123	0,86	0,8051	1,16	0,8770	1,46	0,9279	1,76	0,9608
0,27	0,6064	0,57	0,7157	0,87	0,8078	1,17	0,8790	1,47	0,9292	1,77	0,9616
0,28	0,6103	0,58	0,7190	0,88	0,8106	1,18	0,8810	1,48	0,9306	1,78	0,9625
0,29	0,6141	0,59	0,7224	0,89	0,8133	1,19	0,8830	1,49	0,9319	1,79	0,9633

TABLA 1 Función de distribución acumulada de la distribución normal estándar (cont.)

$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$	$z$	$F(z)$
1.80	0.9641	2.17	0.9850	2.54	0.9945	2.91	0.9982	3.28	0.9995	3.65	0.9999
1.81	0.9649	2.18	0.9854	2.55	0.9946	2.92	0.9982	3.29	0.9995	3.66	0.9999
1.82	0.9656	2.19	0.9857	2.56	0.9948	2.93	0.9983	3.30	0.9995	3.67	0.9999
1.83	0.9664	2.20	0.9861	2.57	0.9949	2.94	0.9984	3.31	0.9995	3.68	0.9999
1.84	0.9671	2.21	0.9864	2.58	0.9951	2.95	0.9984	3.32	0.9996	3.69	0.9999
1.85	0.9678	2.22	0.9868	2.59	0.9952	2.96	0.9985	3.33	0.9996	3.70	0.9999
1.86	0.9686	2.23	0.9871	2.60	0.9953	2.97	0.9985	3.34	0.9996	3.71	0.9999
1.87	0.9693	2.24	0.9875	2.61	0.9955	2.98	0.9986	3.35	0.9996	3.72	0.9999
1.88	0.9699	2.25	0.9878	2.62	0.9956	2.99	0.9986	3.36	0.9996	3.73	0.9999
1.89	0.9706	2.26	0.9881	2.63	0.9957	3.00	0.9986	3.37	0.9996	3.74	0.9999
1.90	0.9713	2.27	0.9884	2.64	0.9959	3.01	0.9987	3.38	0.9996	3.75	0.9999
1.91	0.9719	2.28	0.9887	2.65	0.9960	3.02	0.9987	3.39	0.9997	3.76	0.9999
1.92	0.9726	2.29	0.9890	2.66	0.9961	3.03	0.9988	3.40	0.9997	3.77	0.9999
1.93	0.9732	2.30	0.9893	2.67	0.9962	3.04	0.9988	3.41	0.9997	3.78	0.9999
1.94	0.9738	2.31	0.9896	2.68	0.9963	3.05	0.9989	3.42	0.9997	3.79	0.9999
1.95	0.9744	2.32	0.9898	2.69	0.9964	3.06	0.9989	3.43	0.9997	3.80	0.9999
1.96	0.9750	2.33	0.9901	2.70	0.9965	3.07	0.9989	3.44	0.9997	3.81	0.9999
1.97	0.9756	2.34	0.9904	2.71	0.9966	3.08	0.9990	3.45	0.9997	3.82	0.9999
1.98	0.9761	2.35	0.9906	2.72	0.9967	3.09	0.9990	3.46	0.9997	3.83	0.9999
1.99	0.9767	2.36	0.9909	2.73	0.9968	3.10	0.9990	3.47	0.9997	3.84	0.9999
2.00	0.9772	2.37	0.9911	2.74	0.9969	3.11	0.9991	3.48	0.9997	3.85	0.9999
2.01	0.9778	2.38	0.9913	2.75	0.9970	3.12	0.9991	3.49	0.9998	3.86	0.9999
2.02	0.9783	2.39	0.9916	2.76	0.9971	3.13	0.9991	3.50	0.9998	3.87	0.9999
2.03	0.9788	2.40	0.9918	2.77	0.9972	3.14	0.9992	3.51	0.9998	3.88	0.9999
2.04	0.9793	2.41	0.9920	2.78	0.9973	3.15	0.9992	3.52	0.9998	3.89	1.0000
2.05	0.9798	2.42	0.9922	2.79	0.9974	3.16	0.9992	3.53	0.9998	3.90	1.0000
2.06	0.9803	2.43	0.9925	2.80	0.9974	3.17	0.9992	3.54	0.9998	3.91	1.0000
2.07	0.9808	2.44	0.9927	2.81	0.9975	3.18	0.9993	3.55	0.9998	3.92	1.0000
2.08	0.9812	2.45	0.9929	2.82	0.9976	3.19	0.9993	3.56	0.9998	3.93	1.0000
2.09	0.9817	2.46	0.9931	2.83	0.9977	3.20	0.9993	3.57	0.9998	3.94	1.0000
2.10	0.9821	2.47	0.9932	2.84	0.9977	3.21	0.9993	3.58	0.9998	3.95	1.0000
2.11	0.9826	2.48	0.9934	2.85	0.9978	3.22	0.9994	3.59	0.9998	3.96	1.0000
2.12	0.9830	2.49	0.9936	2.86	0.9979	3.23	0.9994	3.60	0.9998	3.97	1.0000
2.13	0.9834	2.50	0.9938	2.87	0.9979	3.24	0.9994	3.61	0.9998	3.98	1.0000
2.14	0.9838	2.51	0.9940	2.88	0.99805	3.25	0.9994	3.62	0.9999	3.99	1.0000
2.15	0.9842	2.52	0.9941	2.89	0.9981	3.26	0.9994	3.63	0.9999		
2.16	0.9846	2.53	0.9943	2.90	0.9981	3.27	0.9995	3.64	0.9999		

Reproducido con permiso de los directores de Biometrika, de Biometrika Tables for Statisticians, vol. 1 (1966).

TABLA 2 Puntos de corte de la función de distribución chi-cuadrado

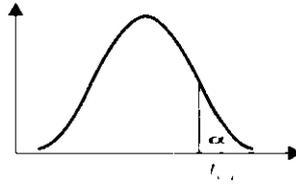


Para las probabilidades  $\alpha$  seleccionadas, la tabla muestra los valores  $\chi^2_{1-\alpha}$  tales que  $\alpha = P(\chi^2 > \chi^2_{1-\alpha})$ , donde  $\chi^2$  es una variable aleatoria chi-cuadrado con  $\nu$  grados de libertad. Por ejemplo, la probabilidad de que una variable aleatoria chi-cuadrado con 10 grados de libertad sea mayor que 15.99 es 0.100.

$\nu$	$\alpha$									
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.00393	0.0157	0.0382	0.0733	0.158	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	0.211	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.676	0.872	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.989	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.28	19.68	21.92	24.73	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	36.74	40.11	43.19	46.96	49.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	85.53	90.53	95.02	100.4	104.2
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	96.58	101.9	106.6	112.3	116.3
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	107.6	113.1	118.1	124.1	128.3
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	118.5	124.3	129.6	135.8	140.2

Reproducido con permiso de C. M. Thompson, "Tables of percentage points of the chi-square distribution," *Biometrika*, 32 (1941).

TABLA 3 Puntos de corte de la distribución  $t$  de Student

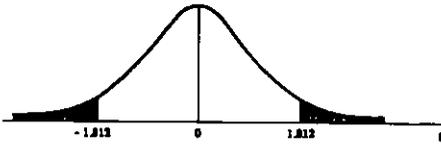


Para las probabilidades  $\alpha$  seleccionadas, la tabla muestra los valores  $t_{\alpha}$  tales que  $\alpha = P(t > t_{\alpha})$ , donde  $t$  es una variable aleatoria  $t$  de Student con  $v$  grados de libertad. Por ejemplo, la probabilidad de que una variable aleatoria  $t$  de Student con 10 grados de libertad sea mayor que 1.372 es 0.10.

$v$	$\alpha$				
	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Reproducido con permiso de los directores de Biometrika, de *Biometrika Tables for Statisticians*, vol. 1 (1966).

**TABLA 3A**  
**Puntos de porcentaje de la distribución t**



**Ejemplo**

Para  $\phi = 10$  grados de libertad:

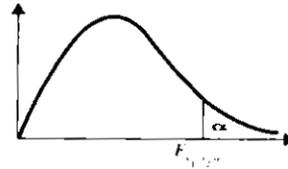
$$P(t > 1.812) = 0.05$$

$$P(t < -1.812) = 0.05$$

$\phi \backslash \alpha$	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.01	.005	.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	.679	.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	.677	.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
$\infty$	.674	.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Fuente: Esta tabla es recopilación de Fisher & Yates: *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* publicada por Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh, y con permiso de autores y editores.

TABLA 4 Puntos de corte de la distribución F



Para las probabilidades  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha = 0.01$ , las tablas muestran los valores  $F_{v_1, v_2, \alpha}$  tales que  $\alpha = P(F_{v_1, v_2} > F_{v_1, v_2, \alpha})$ , donde  $F_{v_1, v_2}$  es una variable aleatoria F con  $v_1$  grados de libertad en el numerador y  $v_2$  grados de libertad en el denominador. Por ejemplo, la probabilidad de que una variable aleatoria  $F_{1, 1}$  sea mayor que 4.25 es 0.05.

$\alpha = 0.05$

DENOMINADOR $v_2$	NUMERADOR $v_1$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51

TABLA 4 Puntos de corte de la distribución F (cont.)

DENOMINADOR $v_2$	NUMERADOR $v_1$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.06

$\alpha = 0.01$

DENOMINADOR $v_2$	NUMERADOR $v_1$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.48	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.01	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.04	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
$\infty$	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.60	1.47	1.32	1.00

Reproducido con permiso de los directores de Biometrika, de *Biometrika Tables for Statisticians*, vol. 1 (1966).

**TABLA 5** Puntos de corte para la distribución del estadístico del contraste de Durbin-Watson

Sean  $d_1$  los números tales que  $P(d \leq d_1) = \alpha$ , donde la distribución de la variable aleatoria  $d$  es la del estadístico Durbin-Watson bajo la hipótesis nula de que no hay autocorrelación en los errores de la regresión. Para las probabilidades  $\alpha = 0,05$  y  $\alpha = 0,01$ , las tablas muestran, para un número  $K$  de variables independientes, los valores  $d_1$  y  $d_2$  tales que  $d_1 \leq d \leq d_2$ , para un número de observaciones  $n$ .

$\alpha = 0,05$

$n$	$K$									
	1		2		3		4		5	
	$d_1$	$d_2$								
15	1.08	1.36	0.95	1.54	0.82	1.75	0.69	1.97	0.56	2.21
16	1.10	1.37	0.98	1.54	0.86	1.73	0.74	1.93	0.62	2.15
17	1.13	1.38	1.02	1.54	0.90	1.71	0.78	1.90	0.67	2.10
18	1.16	1.39	1.05	1.53	0.93	1.69	0.82	1.87	0.71	2.06
19	1.18	1.40	1.08	1.53	0.97	1.68	0.86	1.85	0.75	2.02
20	1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.90	1.83	0.79	1.99
21	1.22	1.42	1.13	1.54	1.03	1.67	0.93	1.81	0.83	1.96
22	1.24	1.43	1.15	1.54	1.05	1.66	0.96	1.80	0.86	1.94
23	1.26	1.44	1.17	1.54	1.08	1.66	0.99	1.79	0.90	1.92
24	1.27	1.45	1.19	1.55	1.10	1.66	1.01	1.78	0.93	1.90
25	1.29	1.45	1.21	1.55	1.12	1.66	1.04	1.77	0.95	1.89
26	1.30	1.46	1.22	1.55	1.14	1.65	1.06	1.76	0.98	1.88
27	1.32	1.47	1.24	1.56	1.16	1.65	1.08	1.76	1.01	1.86
28	1.33	1.48	1.26	1.56	1.18	1.65	1.10	1.75	1.03	1.85
29	1.34	1.48	1.27	1.56	1.20	1.65	1.12	1.74	1.05	1.84
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
31	1.36	1.50	1.30	1.57	1.23	1.65	1.16	1.74	1.09	1.83
32	1.37	1.50	1.31	1.57	1.24	1.65	1.18	1.73	1.11	1.82
33	1.38	1.51	1.32	1.58	1.26	1.65	1.19	1.73	1.13	1.81
34	1.39	1.51	1.33	1.58	1.27	1.65	1.21	1.73	1.15	1.81
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80
36	1.41	1.52	1.35	1.59	1.29	1.65	1.24	1.73	1.18	1.80
37	1.42	1.53	1.36	1.59	1.31	1.66	1.25	1.72	1.19	1.80
38	1.43	1.54	1.37	1.59	1.32	1.66	1.26	1.72	1.21	1.79
39	1.43	1.54	1.38	1.60	1.33	1.66	1.27	1.72	1.22	1.79
40	1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79
45	1.48	1.57	1.43	1.62	1.38	1.67	1.34	1.72	1.29	1.78
50	1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77
55	1.53	1.60	1.49	1.64	1.45	1.68	1.41	1.72	1.38	1.77
60	1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77
65	1.57	1.63	1.54	1.66	1.50	1.70	1.47	1.73	1.44	1.77
70	1.58	1.64	1.55	1.67	1.52	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77
75	1.60	1.65	1.57	1.68	1.54	1.71	1.51	1.74	1.49	1.77
80	1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77
85	1.62	1.67	1.60	1.70	1.57	1.72	1.55	1.75	1.52	1.77
90	1.63	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78
95	1.64	1.69	1.62	1.71	1.60	1.73	1.58	1.75	1.56	1.78
100	1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78

TABLA 5 Puntos de corte para la distribución del estadístico del contraste de Durbin-Watson (cont.)

$$\alpha = 0.01$$

n	K									
	1		2		3		4		5	
	$d_L$	$d_U$								
15	0.81	1.07	0.70	1.25	0.59	1.46	0.49	1.70	0.39	1.96
16	0.84	1.09	0.74	1.25	0.63	1.44	0.53	1.66	0.44	1.90
17	0.87	1.10	0.77	1.25	0.67	1.43	0.57	1.63	0.48	1.85
18	0.90	1.12	0.80	1.26	0.71	1.42	0.61	1.60	0.52	1.80
19	0.93	1.13	0.83	1.26	0.74	1.41	0.65	1.58	0.56	1.77
20	0.95	1.15	0.86	1.27	0.77	1.41	0.68	1.57	0.60	1.74
21	0.97	1.16	0.89	1.27	0.80	1.41	0.72	1.55	0.63	1.71
22	1.00	1.17	0.91	1.28	0.83	1.40	0.75	1.54	0.66	1.69
23	1.02	1.19	0.94	1.29	0.86	1.40	0.77	1.53	0.70	1.67
24	1.04	1.20	0.96	1.30	0.88	1.41	0.80	1.53	0.72	1.66
25	1.05	1.21	0.98	1.30	0.90	1.41	0.83	1.52	0.75	1.65
26	1.07	1.22	1.00	1.31	0.93	1.41	0.85	1.52	0.78	1.64
27	1.09	1.23	1.02	1.32	0.95	1.41	0.88	1.51	0.81	1.63
28	1.10	1.24	1.04	1.32	0.97	1.41	0.90	1.51	0.83	1.62
29	1.12	1.25	1.05	1.33	0.99	1.42	0.92	1.51	0.85	1.61
30	1.13	1.26	1.07	1.34	1.01	1.42	0.94	1.51	0.88	1.61
31	1.15	1.27	1.08	1.34	1.02	1.42	0.96	1.51	0.90	1.60
32	1.16	1.28	1.10	1.35	1.04	1.43	0.98	1.51	0.92	1.60
33	1.17	1.29	1.11	1.36	1.05	1.43	1.00	1.51	0.94	1.59
34	1.18	1.30	1.13	1.36	1.07	1.43	1.01	1.51	0.95	1.59
35	1.19	1.31	1.14	1.37	1.08	1.44	1.03	1.51	0.97	1.59
36	1.21	1.32	1.15	1.38	1.10	1.44	1.04	1.51	0.99	1.59
37	1.22	1.32	1.16	1.38	1.11	1.45	1.06	1.51	1.00	1.59
38	1.23	1.33	1.18	1.39	1.12	1.45	1.07	1.52	1.02	1.58
39	1.24	1.34	1.19	1.39	1.14	1.45	1.09	1.52	1.03	1.58
40	1.25	1.34	1.20	1.40	1.15	1.46	1.10	1.52	1.05	1.58
45	1.29	1.38	1.24	1.42	1.20	1.48	1.16	1.53	1.11	1.58
50	1.32	1.40	1.28	1.45	1.24	1.49	1.20	1.54	1.16	1.59
55	1.36	1.43	1.32	1.47	1.28	1.51	1.25	1.55	1.21	1.59
60	1.38	1.45	1.35	1.48	1.32	1.52	1.28	1.56	1.25	1.60
65	1.41	1.47	1.38	1.50	1.35	1.53	1.31	1.57	1.28	1.61
70	1.43	1.49	1.40	1.52	1.37	1.55	1.34	1.58	1.31	1.61
75	1.45	1.50	1.42	1.53	1.39	1.56	1.37	1.59	1.34	1.62
80	1.47	1.52	1.44	1.54	1.42	1.57	1.39	1.60	1.36	1.62
85	1.48	1.53	1.46	1.55	1.43	1.58	1.41	1.60	1.39	1.63
90	1.50	1.54	1.47	1.56	1.45	1.59	1.43	1.61	1.41	1.64
95	1.51	1.55	1.49	1.57	1.47	1.60	1.45	1.62	1.42	1.64
100	1.52	1.56	1.50	1.58	1.48	1.60	1.46	1.63	1.44	1.65

Reproducido con permiso de J. Durbin y G. S. Watson, "Testing for serial correlation in least squares regression, II," *Biometrika*, 38 (1951)

# **ANEXO 3**

## **Glosario de términos**

## ***Glosario***

<i>Acción</i>	Título-valor que representa una de las partes iguales en que se divide el capital social de una empresa.
<i>Análisis de correlación</i>	Técnica para determinar el grado hasta el cual las variables están relacionadas linealmente.
<i>Análisis de covarianza</i>	Prueba estadística que analiza la relación entre una variable dependiente y dos o más independientes, eliminando y controlando el efecto de al menos una de estas independientes.
<i>Análisis de factores</i>	Método estadístico multivariado para determinar el número y naturaleza de un grupo de constructos subyacentes en un conjunto de mediciones.
<i>Análisis de varianza</i>	Técnica estadística utilizada para probar la equidad de tres o más medias de muestra y de este modo, hacer inferencias sobre si las muestras provienen de poblaciones de que tienen la misma media.
<i>Análisis de varianza para la regresión</i>	Procedimiento para calcular el coeficiente F utilizado para probar la significación de la regresión como un todo.
<i>Análisis exploratorio de datos</i>	Método para analizar datos que requieren de muy pocas suposiciones principales.
<i>Análisis multivariado</i>	Métodos en que se analiza la relación entre varias variables independientes y al menos una dependiente.
<i>APT</i>	Teoría de valuación de precios de arbitraje
<i>Arbitraje</i>	Compra de un activo en un mercado a un precio bajo y venta simultánea de un activo idéntico a un precio alto en otro mercado. Esto se hace sin costo y sin riesgo.
<i>Autocorrelación</i>	Correlación de una variable consigo misma sobre intervalos sucesivos de tiempo.
<i>Beta</i>	Una medida de riesgo sistemático de un activo o de una cartera.
<i>CAPM</i>	Modelo de valuación de activos de capital.
<i>Cartera</i>	Una colección de valores en poder de un inversionista.

<i>Cartera de mercado</i>	Indice de valor ponderado de todos los títulos.
<i>Cartera de varianza minima</i>	La cartera de los activos riesgosos con la varianza mínima posible.
<i>Coefficiente beta</i>	Medida de sensibilidad de la rentabilidad de un título a los movimientos en un factor subyacente. Riesgo sistemático.
<i>Coefficiente de correlación</i>	Raíz cuadrada del coeficiente de determinación. Su signo indica la dirección de la relación entre dos variables, directa o inversa.
<i>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>)</i>	El cuadrado de la proporción del coeficiente de correlación de la variabilidad explicada por el modelo lineal.
<i>Coefficiente de variación</i>	Medida relativa de la dispersión, comparable por medio de distribuciones diferentes, que expresa la desviación estándar como porcentaje de la media.
<i>Coefficiente F</i>	Coefficiente utilizado en el análisis de varianza, entre otras pruebas, para comparar la magnitud de dos estimaciones de la varianza de la población para determinar si las dos estimaciones son aproximadamente iguales.
<i>Coefficientes rho de Spearman y tau de Kendall</i>	Medidas de correlación para variables en un nivel de medición ordinal, de tal modo que los individuos u objetos puedan ordenarse por rangos.
<i>Confiabilidad de un instrumento de medición</i>	El grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados.
<i>Conjunto de oportunidades</i>	Las parejas de rentabilidad esperada y desviación estándar de todas las carteras que pueden construirse de un conjunto determinado de activos.
<i>Correlación</i>	Medida estadística estandarizada de la dependencia de dos variables aleatorias. Se define como la covarianza dividida entre las desviaciones estándar de las dos variables.
<i>Costo de oportunidad</i>	Alternativa mas valiosa que se sacrifica. La tasa de rentabilidad que se emplea en el cálculo del valor presente neto es una tasa de interés de oportunidad.
<i>Covarianza</i>	Medida estadística del grado en que las variables aleatorias se unen.

<i>Curva de indiferencia</i>	Una gráfica de oportunidades igualmente atractivas en forma tal que quién toma la decisión siente indiferencia por todas las oportunidades que se encuentran sobre una determinada curva.
<i>Definición conceptual</i>	Una definición conceptual define el término o variable con otros términos.
<i>Definición operacional</i>	Constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado. Que actividades u operaciones deben de realizarse para medir una variable.
<i>Dependencia estadística</i>	Condición en la que la probabilidad del presentación de un evento depende de la presentación de algún otro evento, o se ve afectada por esta.
<i>Desviación estándar</i>	Raíz cuadrada positiva de la varianza. Medida estadística estándar de la dispersión de una muestra.
<i>Diseño de investigación</i>	El plan o estrategia concebida para responder a las preguntas de la investigación.
<i>Distribución continua de probabilidad</i>	Distribución de probabilidad en la que la variable tiene permitido tomar cualquier valor dentro de un intervalo dado.
<i>Distribución de muestreo de una estadística</i>	Para una población dada, distribución de probabilidad de todos los valores posibles que puede tomar una estadística, da un tamaño de muestra.
<i>Distribución F</i>	Familia de distribuciones diferenciadas por dos parámetros (grados de libertad del numerador, grados de libertad del denominador), utilizada principalmente para probar hipótesis con respecto a las varianzas.
<i>Distribución ji cuadrada</i>	Familia de distribuciones de probabilidad, diferenciadas por sus grados de libertad, que se utiliza para probar un cierto número de hipótesis diferentes acerca de varianzas, proporciones y bondad de ajuste de las distribuciones.
<i>Distribución normal</i>	Distribución de frecuencia simétrica en forma de campana que puede definirse por su media y desviación estándar.

<i>Distribución normal estandarizada</i>	Una distribución normal con un valor esperado de cero y una desviación estándar de uno.
<i>Distribución t de student</i>	Familia de distribuciones de probabilidad que se distinguen por sus grados de libertad individuales; es parecida, en forma, a la distribución normal; y se utiliza cuando se desconoce la desviación estándar de la población y el tamaño de la muestra es relativamente pequeño ( $n < 30$ ).
<i>Diversificación</i>	Asignación de fondos a una variedad de inversiones con diferentes características de riesgo - rendimiento.
<i>Diversificación de Markowitz</i>	La diversificación mediante la selección de aquellos valores que darán el nivel mínimo de riesgo para un nivel especificado de rendimiento.
<i>Ecuación de estimación</i>	Fórmula matemática que relaciona la variable dependiente con las variables independientes en el análisis de regresión.
<i>Eficiencia forma débil de</i>	Teoría que defiende que el mercado es eficiente con respecto a la información histórica del precio.
<i>Eficiencia forma fuerte de</i>	Teoría que defiende que el mercado es eficiente con respecto a toda la información pública o privada disponible.
<i>Eficiencia forma semifuerte de</i>	Teoría que defiende que el mercado es eficiente con respecto a toda la información pública disponible.
<i>Emisora</i>	Nombre genérico que reciben quienes emiten títulos de propiedad, de crédito o certificados de participación.
<i>Error de muestreo</i>	Error o variación entre estadísticas de muestra debido al azar; es decir, diferencias entre cada muestra y la población y entre varias muestras que se deben únicamente a los elementos que elegimos para la muestra.
<i>Error estándar</i>	La desviación estándar de la distribución de muestreo de una estadística.
<i>Error estándar de la estimación</i>	Medida de la confiabilidad de la ecuación de estimación, que indica la variabilidad de los puntos observados alrededor de la línea de regresión, esto es, hasta que punto los valores observados difieren de sus valores predichos sobre la línea de regresión.

<i>Error estándar de la media.</i>	La desviación estándar de la distribución de muestreo de la media. Medida del grado en que se espera que varíen las medias de las diferentes muestras de la media de la población, debido al error aleatorio den el proceso de muestreo.
<i>Error estándar del coeficiente de regresión</i>	Medida de variabilidad del coeficiente de regresión de la muestra alrededor del verdadero coeficiente de regresión poblacional.
<i>Estimación</i>	Valor específico observado de un estimador.
<i>Estimador eficiente</i>	Estimador con un menor error estándar que algún otro estimador del parámetro de la población, esto es, cuanto más pequeño sea el error estándar de un estimador, más eficiente será ese estimador.
<i>Estudio descriptivo</i>	Tipo de estudio que busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.
<i>Estudio exploratorio</i>	Tipo de estudio que se caracteriza por su utilidad para preparar el terreno para otros estudios mas avanzados. Se utiliza cuando el objetivo es examinar un tema o un problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes.
<i>Estudios correlacionales</i>	Estudios que tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables.
<i>Estudios explicativos</i>	Estudios que van más allá de la descripción de los conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales.
<i>Experimento</i>	Actividad que tiene como resultado o que produce un evento.
<i>Experimento factorial</i>	Experimento en el que cada factor involucrado se usa una vez con cada uno de los otros factores.
<i>Factores macroeconómicos</i>	Elementos del entorno de grandes agregados que afectan el desarrollo económico y a las políticas fiscales y financieras de un país.
<i>Frontera eficiente</i>	Representación gráfica del portafolio eficiente.

<i>Grados de libertad</i>	Número de valores de una muestra que podemos especificar libremente, después de que ya sabemos algo sobre dicha muestra.
<i>Heterocedasticidad</i>	Dispersión desigual o varianza desigual.
<i>Hipótesis</i>	Suposición o especulación que hacemos con respecto a un parámetro de la población. Propositiones tentativas acerca de las relaciones entre dos o más variables y que se apoyan en conocimientos organizados y sistematizados.
<i>Hipótesis alterna</i>	Conclusión que aceptamos cuando los datos no respaldan la hipótesis nula. Hipótesis de trabajo.
<i>Hipótesis de mercado eficiente</i>	Los precios de los títulos reflejan plenamente la información disponible.
<i>Hipótesis estadísticas</i>	Son la transformación de las hipótesis de investigación, nulas y alternativas en símbolos estadísticos.
<i>Hipótesis nula</i>	Suposición con respecto a un parámetro de población que deseamos probar.
<i>Homocedasticidad</i>	Igual dispersión o igual varianza.
<i>Independencia estadística</i>	Condición en la que la presentación de algún evento no tiene efecto sobre la probabilidad de presentación de otro evento.
<i>Índice de precios</i>	Son números índices en los cuales se expresan las proporciones de las variaciones relativas de los precios calculados sobre un año base.
<i>Inferencia estadística</i>	Proceso de hacer inferencias sobre poblaciones, a partir de la información contenida en muestras.
<i>Inflación</i>	Incremento de la cantidad de dinero en circulación que tiene como consecuencia la caída de su valor y el alza de precios.
<i>Información privilegiada</i>	Conocimiento no público a acerca de una corporación que poseen personas con una posición especial en la empresa.
<i>Instrumentos financieros</i>	Títulos que se negocian en los mercados financieros.

<i>Intervalo de confianza</i>	Intervalo de valores que tiene designada una probabilidad de que incluya el valor real del parámetro de la población.
<i>Inversión</i>	Erogaciones que se realizan con la esperanza de obtener posteriormente una utilidad.
<i>LIBOR</i>	Tipo de interés del mercado interbancario de oferta de Londres.
<i>Línea característica</i>	Aquella que relaciona la rentabilidad esperada de un título con los distintos tipos de rentabilidad en el mercado.
<i>Línea del mercado de capitales</i>	El conjunto eficiente de todos los activos, riesgosos y no riesgosos, que ofrece al inversionista, las mejores oportunidades posibles.
<i>Línea del mercado de títulos</i>	Línea recta que demuestra la relación de equilibrio entre el riesgo sistemático y las tasas de rentabilidad esperadas de los títulos.
<i>Liquidez</i>	La facilidad y rapidez con que se pueden convertir los activos en efectivo.
<i>Marco teórico</i>	Analizar y exponer las teorías, los enfoques teóricos, las investigaciones y los antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto encuadre de un estudio.
<i>Medición</i>	Proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos.
<i>Mercado informativamente eficiente</i>	Aquel mercado en que los precios responden con rapidez a la nueva información.
<i>Mercado operacionalmente eficiente</i>	Es aquel mercado que trabaja con fluidez en el procesamiento de las órdenes de compra y venta.
<i>Mercados de capital</i>	Mercados financieros de deuda a largo plazo y acciones de capital.
<i>Mercados de dinero</i>	Mercados financieros de títulos de deuda que se compensan a corto plazo, por lo regular a menos de un año.
<i>Mercados financieros</i>	Mercados que negocian con los flujos de caja a futuro y donde los ahorros de los prestamistas se destinan al financiamiento de las necesidades de los prestatarios.

<i>Mercados financieros de competencia perfecta</i>	Mercados en los que ningún agente puede cambiar el precio de los bienes o servicios. Los mercados perfectos se caracterizan por las siguientes condiciones: 1) Las negociaciones están exentas de costo y el acceso a los mercados financieros es libre. 2) La información acerca de las oportunidades de solicitud y otorgamiento de préstamos está disponible en forma libre. 3) Existen muchos agentes pero ninguno puede tener un impacto significativo sobre los precios de mercado.
<i>Método de mínimos cuadrados</i>	Técnica para ajustar una línea recta a través de un conjunto de puntos de tal manera que la suma de las distancias verticales cuadradas desde los $n$ puntos a la línea se minimiza.
<i>Modelo de factor</i>	Aquel en que la rentabilidad de cada acción se genera por factores comunes, llamados fuentes sistemáticas de riesgo.
<i>Modelo de rezagos distribuidos</i>	Modelo en el que el efecto de la causa se distribuye en un número de períodos de tiempo.
<i>Modelo de valuación de activos de capital</i>	Teoría de la valoración en equilibrio de activos que demuestra que las tasas de equilibrio de la rentabilidad esperada de todos los activos riesgosos son una función de su covariación con la cartera del mercado.
<i>Muestras dependientes (apareadas)</i>	Muestras extraídas de dos poblaciones de tal manera que los elementos de una muestra se equiparen o aparee con los elementos de la otra muestra, con el fin de permitir un análisis más preciso al controlar los factores externos.
<i>Multicolinealidad</i>	Problema estadístico que se presenta en el análisis de regresión múltiple, en el que la confiabilidad de los coeficientes de regresión se ve reducida, debido a un alto nivel de correlación entre las variables independientes.
<i>Nivel de confianza</i>	Probabilidad que los estadísticos asocian con una estimación de intervalo de un parámetro de población, ésta indica qué tan seguros están de que la estimación de intervalo incluirá al parámetro de la población.
<i>Nivel de significancia</i>	Valor que indica el porcentaje de valores de la muestra que están fuera de ciertos límites, suponiendo que la hipótesis nula es correcta, es decir, se trata de la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta.
<i>No sistemático</i>	Lo que es específico de una empresa.

<i>Operación de arbitraje</i>	Una operación que ofrece cierta utilidad sin inversión.
<i>Parámetros</i>	Valores que describen las características de una población.
<i>Pendiente</i>	Constante para cualquier línea recta dada cuyo valor representa qué tanto el cambio de unidad de la variable independiente cambia la variable dependiente.
<i>Precisión</i>	El grado de exactitud con el que la media de la muestra puede estimar la media de la población, según revela el error estándar de la media.
<i>Prima de riesgo</i>	Rentabilidad en exceso de los activos riesgosos que es la diferencia entre la rentabilidad esperada de los activos riesgosos y la de los activos libres de riesgo.
<i>Producto interno bruto (PIB)</i>	Es el valor a precios de mercado de los bienes y servicios finales que produce un país en un año.
<i>Promedio aritmético</i>	La suma de los valores observados dividida entre el número total de observaciones. Media aritmética.
<i>Promedio ponderado del costo de capital</i>	Promedio del costo del capital de los proyectos y actividades existentes de una empresa. Se calcula ponderando el costo de cada fuente de fondos de acuerdo con su proporción del valor total de mercado de la empresa.
<i>Prueba de diferencia de medias</i>	Prueba de hipótesis de la diferencia entre dos medias de población basada en las medias de dos muestras dependientes.
<i>Pruebas no paramétricas</i>	Técnicas estadísticas que no hacen suposiciones restrictivas respecto a la forma de la distribución de población al realizar una prueba de hipótesis.
<i>Puntuaciones z</i>	Son transformaciones que se pueden hacer a los valores o puntuaciones obtenidas, con el propósito de analizar su distancia respecto a la media, en unidades de observación estándar.
<i>Regresión múltiple</i>	Proceso estadístico mediante el cual varias variables se utilizan para predecir otra variable.
<i>Rendimiento</i>	Ganancia o utilidad que produce una inversión.
<i>Rentabilidad</i>	Beneficio de la inversión de capital o de los títulos.

<i>Rentabilidad de los activos (ROA)</i>	El beneficio dividido entre el total de activos.
<i>Rentabilidad esperada</i>	Promedio de las posibles rentabilidades ponderadas por su probabilidad de ocurrencia.
<i>Rezago</i>	Cuando la dependencia de la variable Y con respecto a otras variables X no es instantánea.
<i>Riesgo</i>	Es la posibilidad de perder en una inversión determinada.
<i>Riesgo de mercado</i>	Aquel que es sistemático. Este término enfatiza el hecho de que el riesgo sistemático influye hasta cierto punto en todos los activos del mercado.
<i>Riesgo diversificable</i>	Aquel que afecta específicamente un activo determinado o aun pequeño grupo de activos. También se le llama riesgo único o no sistemático.
<i>Riesgo sistemático</i>	Cualquier riesgo que afecta en mayor o menor medida un gran número de activos. Se conoce también como riesgo de mercado.
<i>SPSS</i>	Paquete estadístico para las ciencias sociales.
<i>Supuesto de normalidad</i>	La regresión normal clásica supone que cada residual está distribuido normalmente. Los residuales no sólo no están correlacionados sino independientemente distribuidos.
<i>t calculado</i>	Estadística que se utiliza para probar la significación de una variable explicativa individual.
<i>Tasa de descuento</i>	Aquella que se emplea para calcular el valor actual de los flujos futuros de efectivo.
<i>Tasa de inflación (IPC)</i>	Mide la variación porcentual del índice de precios entre dos fechas determinadas.
<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>	Tasa de descuento en la que el valor actual neto de una inversión es cero.
<i>Técnicas de modelado</i>	Métodos que se utilizan para decidir que variables incluir en el modelo de regresión y los diferentes modos en que pueden ser incluidos.

<i>Teoría</i>	Conjunto de constructos (conceptos) o definiciones y proposiciones relacionadas entre sí, que representan un punto de vista sistémico de fenómenos especificando relaciones entre variables, con el objeto de explicar y predecir los fenómenos.
<i>Teoría de valuación de precios de arbitraje (APT)</i>	Teoría de valuación en equilibrio de los activos que se deriva de un modelo de factor usando la diversificación y el arbitraje. Muestra que la rentabilidad esperada de cualquier activo riesgoso es una combinación lineal de varios factores.
<i>Tipo de cambio</i>	Es el precio de la moneda extranjera expresada en moneda nacional.
<i>Transformación de datos</i>	Manipulaciones matemáticas para convertir una variable a una forma diferente, de modo que podamos ajustar curvas así como líneas mediante regresión.
<i>Validez de constructo</i>	Grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones de acuerdo con hipótesis derivadas teóricamente y que conciernen a los conceptos (constructos) que están siendo medidos.
<i>Validez de contenido</i>	Grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que mide.
<i>Validez de criterio</i>	Establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo.
<i>Validez de un instrumento de medición</i>	Se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.
<i>Validez externa</i>	Se refiere a qué tan generalizables son los resultados de un experimento a situaciones no experimentales y a otros sujetos y/o poblaciones.
<i>Validez interna</i>	La confianza que se tiene en que los resultados del experimento sea posible interpretarlos y éstos sean válidos. Se relaciona con la calidad del experimento y se logra cuando hay control.
<i>Valor crítico</i>	Valor de la estadística estándar ( $z$ o $t$ ) más allá del cual rechazamos la hipótesis nula; el límite entre las regiones de aceptación y rechazo.

<i>Valor esperado de una variable aleatoria</i>	La suma de los productos de cada valor de la variable aleatoria por la correspondiente probabilidad de presentación de dicho valor.
<i>Variable</i>	Es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse.
<i>Variable aleatoria</i>	Variable que toma diferentes valores como resultado de un experimento aleatorio.
<i>Variable aleatoria continua</i>	Variable aleatoria que puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo dado de valores.
<i>Variable aleatoria discreta</i>	Variable aleatoria que puede tomar sólo un número limitado de valores.
<i>Variable dependiente</i>	La variable que tratamos de predecir en el análisis de regresión.
<i>Variable ficticia (dummy)</i>	Variable que toma el valor 0 ó 1 y que permite incluir factores cualitativos.
<i>Variable independiente</i>	Variabes conocidas en el análisis de regresión.
<i>Varianza de la cartera</i>	Suma ponderada de las covarianzas y varianzas de las acciones de una cartera.
<i>Varianza de la Distribución de la probabilidad</i>	El valor esperado de la desviación al cuadrado de la rentabilidad esperada.