

**DIAGNOSTICO Y SIMULACION PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE
RIESGO DE LIQUIDEZ EN LA FIDUCIA
CASO APLICADO A CARTERA COLECTIVA EN COLOMBIA**

CAROLINA MARCELA ESCALANTE MARTINEZ

OSCAR ALEJANDRO BUITRAGO ABAD

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONOMICAS
PROGRAMA DE ECONOMIA
SANTIAGO DE CALI
2006**

**DIAGNOSTICO Y SIMULACION PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE
RIESGO DE LIQUIDEZ EN LA FIDUCIA
CASO APLICADO A CARTERA COLECTIVA EN COLOMBIA**

CAROLINA MARCELA ESCALANTE MARTINEZ

OSCAR ALEJANDRO BUITRAGO ABAD

Trabajo de grado para optar al título de Economista

**Director
GUSTAVO GONZALEZ
Economista**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONOMICAS
PROGRAMA DE ECONOMIA
SANTIAGO DE CALI**

2006

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Economista.

LUIS EDUARDO GIRON

Jurado

ALEX YAMIL CAICEDO

Jurado

Santiago de Cali, 4 de Diciembre de 2006

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
INTRODUCCION	10
1. PROBLEMA	13
1.1 FORMUALCION DEL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	18
3 JUSTIFICACIÓN	19
4. MARCOS DE REFERENCIA	22
4.1 MARCO CONTEXTUAL	22
4.2 Marco teórico	22
4.3 Marco conceptual	30
5. ORIGEN DE LA FIDUCIA	32
5.1 CARTERAS COLECTIVAS	35
6. RIESGO	37
7. SERIES DE TIEMPO	41
7.1 METODOS FORMALES	44
7.2 Metodología Box-Jenkins	50
8. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LA SERIE	53
9. EL METODO MONTECARLO	77
10. SIMULACION DEL NIVEL DE LIQUIDEZ EN CRYSTAL BALL	81
11. CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFIA	93
ANEXOS	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estadístico JB	54
Tabla 2. Criterios para determinar el valor de los parámetros para un ARMA (p, q)	64
Tabla 3. Correlograma	65
Tabla 4. Test de Raíz unitaria	74
Tabla 5. Correlograma de los errores	75
Tabla 6. Test de Raíz unitaria aumentada	76
Tabla 7. Pronostico de liquidez.	86

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Pronostico de una caminata aleatoria	46
Figura 2.	Pronostico de una caminata aleatoria con rumbo lineal	47
Figura 3.	Comportamiento del fondo en periodo Enero 2005 – Diciembre 2005	53
Figura 4.	Estadístico JB	54
Figura 5	Función de autocorrelacion simple y función de autocorrelacion Parcial en modelos AR (1)	60
Figura 6.	Función de autocorrelacion simple y función de autocorrelacion Parcial en modelos MA (1)	62
Figura 7.	Distribución Log-normal del portafolio	83
Figura 8.	Distribución Log-normal de la desviación estándar	85
Figura 9.	Pronóstico de liquidez	87
Figura 10.	Distribución de Valor Extremo	88
Figura 11.	Distribución Weibull	89
Figura 12.	Distribución Normal	89
Figura 13.	Distribución Exponencial	90
Figura 14.	Distribución Beta	90

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Inversiones de alta liquidez	95

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue Diagnosticar el valor de una cartera colectiva por medio de series de tiempo y simular diversos escenarios escogiendo el que mas se ajuste para predecir el nivel de liquidez adecuado, entendido este ultimo como los recursos necesarios que se deben de mantener para atender las obligaciones contraídas en cualquier momento por una entidad. Lo anterior es con el fin de minimizar el riesgo de liquidez a través de la aplicación de herramientas econométricas y de simulación, demostrando la utilidad de estos métodos para administrar y controlar los riesgos financieros, en especial el de liquidez, en este desarrollo que ha venido presentando la administración de los riesgos financieros J.P Morgan (1996)¹, fue el que difundió los modelos de Valor en Riesgo, con el propósito de cuantificar la máxima pérdida probable de una inversión o de un portafolio con base en desarrollos estadísticos, para nuestro caso se realizaron pruebas de estacionariedad de la serie, después se precedió a simular la media(se acepta como medida de la rentabilidad de la inversión) y la dispersión (desviación estándar se acepta como medida de riesgo) de la serie, empleando un software llamado Crystal Ball, que nos permite mediante el método de simulación de montearlo realizar un proceso de iteraciones (prueba y error), determinando mediante supuestos, la creación del escenario mas factible para controlar y administrar el riesgo de liquidez en el fondo.

¹ RISKMETRICS GROUP. Value-at-Risk. VaR por sus siglas en ingles [en línea]. New York: Riskmetrics group, 1996. [consultado Marzo de 2006]. Disponible en Internet: www.riskmetrics.com

Esto con el ánimo de aportar al tema de administración de riesgos que se ha venido desarrollando en toda América Latina con gran fuerza a raíz de desastres financieros ocurridos en mercados internacionales.

INTRODUCCION

En el actual marco de la liberación de los mercados financieros internacionales se ha presentado un desarrollo significativo en el área de la administración de los riesgos financieros que ha motivado a las instituciones y entidades a diseñar planes, controles y procedimientos a minimizar la exposición a todo tipo de riesgos, Colombia no ha sido ajena a este proceso lo que ha ocasionado que a partir de mitad de la década de los 90's haya dirigido su reglamentación financiera a desarrollar y fortalecer, los distintos estudios para identificar, controlar y administrar los riesgos presentes en cualquiera de las posiciones de los portafolios, y en función de estos se han aplicado modelos internos de medición de los mismos que han contribuido a impactar de manera positiva la administración de aquella parte incierta del futuro de inversión que afecta nuestro beneficio como lo es el "riesgo".

En este desarrollo que ha venido presentando la administración de los riesgos financieros J.P Morgan (1996)², fue el que difundió los modelos de Valor en Riesgo, con el propósito de cuantificar la máxima pérdida probable de una inversión o de un portafolio con base en desarrollos estadísticos. Fue así que se desató todo un progreso importante en la aplicación de modelos de riesgos basados en estadística y aplicando herramientas econométricas. El avance numérico presentaron los modelos de control de riesgo ha llevado consigo una aplicación paralela con econometría y estadística, que ha provocado que las personas que conocen del tema no manejen el otro y viceversa, lo que ha traído en especial en el caso Colombiano una limitada exploración del mismo y poca complementación de ambos.

² Ibid., www.riskmetrics.com

La mayoría de los datos financieros están dados en series temporales, por ello, se consideró indispensable la aplicación de esta rama de la econometría para analizar, evaluar y conocer el comportamiento de la variable estudiada a través del tiempo, en este orden de ideas, este trabajo intenta diagnosticar la serie estudiada, mediante la aplicación de la metodología Box-Jenkins (1976).

Existen diversos tipos de riesgos presentes en las actividades financieras: operacional, contraparte, crédito, de mercado, liquidez, etc. Pero es este último el que abarca el presente estudio, por la importancia que representa la liquidez en una entidad del sector financiero y aun así, hay una escasa literatura del tema en Colombia, siendo que la exposición a este riesgo puede llegar a afectar a las entidades en el mercado, cuando se encuentren en situaciones de potencial iliquidez. Actualmente la regulación financiera Colombiana en materia de administración del riesgo de liquidez, presenta un rezago con respecto a los mercados internacionales, debido a los costos de los sistemas y el stock del capital humano, un ejemplo de este panorama es que la única reglamentación que existe es el GAP de liquidez para los Bancos y el informe de alta liquidez para los Fondos, temas que serán ampliados a lo largo de este documento.

Así la primera parte de este trabajo plantea el problema de la investigación con su debida justificación y objetivos. En la segunda parte se efectuará una revisión bibliográfica y teórica de la Fiducia y el nacimiento del la administración de riesgos. En la tercera parte se desarrolla una apreciación de los modelos de series de tiempo, teniendo en cuenta sus bases teóricas y prácticas. Posteriormente se realiza un diagnostico con la aplicación de series temporales de la serie evaluada, con el fin de evaluar la estabilidad de la serie, analizando los principales elementos para estimarla. Finalmente se realiza un pronóstico a través del software Crystall Ball, que emplea una metodología de Montecarlo, para

simular diversos escenarios y arrojar el pronóstico mas adecuado según el comportamiento de la serie evaluada, lo que favorece la gestión interna de riesgo de liquidez en el sector financiero en especial la entidad evaluada, donde se predice el nivel de liquidez adecuado a través la evaluación con series de tiempo y con la complementación de escenarios simulados.

1. PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la administración del Riesgo es un tema relativamente nuevo, que empezó a implementarse a través de la Superintendencia Financiera a partir de 1996; expidiendo la Resolución No.1 sobre metodologías para medir los Gap's de liquidez, tasa de interés y tasa de cambio, y en la misma resolución exige obtener el Valor en Riesgo, por riesgo de mercado dando así el inicio a toda una normatividad enfocada a la gestión, administración y control de riesgos que se ha convertido en una herramienta para entender y manejar las fluctuaciones del mercado, que afectan el funcionamiento del entorno financiero y que en los últimos años ha presentado un desarrollo importante en el ámbito financiero internacional³.

Anteriormente los actores de este mercado tomaban como punto de referencia para la toma de sus decisiones de inversión "la rentabilidad", y fue a partir de internacionalización de los mercados financieros (1990), donde se incorporó un nuevo concepto que entro a formar parte de los análisis que realizan los agentes al momento para maximizar sus beneficios "El Riesgo"*.

"Existen diferentes clasificaciones de Riesgos: Riesgo operacional, de Mercado, de crédito, de contraparte, de Liquidez entre otros y la mayoría de estos riesgos

³ SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA [en línea]. Bogotá: Informe de labores del superintendente Bancario, 2000. (consultado el 3 de Noviembre de 2005). Disponible en Internet: www.superfinanciera.gov.co/ComunicadosyPublicaciones.

* El riesgo se define como la pérdida potencial que se pueda tener en una situación determinada.

cuentan con una estructura definida para su control y monitoreo en las instituciones financieras.

No obstante, el riesgo de Liquidez que se define como la incapacidad de cumplir con las obligaciones contraídas en cualquier moneda y lugar, cuenta con una metodología actualmente en las carteras colectivas(Fondo Común Ordinario)* donde se determina el requerido diario de recursos así: el resultado de la volatilidad (desviación estándar) diaria del activo multiplicado por la duración del portafolio, es decir, no tiene en cuenta como elemento de análisis el tiempo ni las características de la serie. Por lo que se puede afirmar que la administración y control del riesgo de liquidez según la normatividad vigente en Colombia (circular 010 de 1996 de la Superintendencia Financiera)⁴, es un modelo estadístico y matemático básico, que no describe el comportamiento real del mismo.

“El Riesgo de Liquidez cuenta con gran importancia, ya que si no existe un manejo adecuado de este riesgo se puede presentar un problema potencial de iliquidez, que puede afectar las ganancias de una institución financiera, afectar su posición de capital e inclusive incurrir en pérdidas, hecho que puede llevar una institución financiera a una exposición de alta volatilidad y en un caso extremo, pero no imposible llevar a la quiebra.” (*Superintendencia Financiera de Colombia 2003*). Teniendo en cuenta que uno de los más afectados son los clientes de carteras colectivas (Fondos Comunes Ordinarios) ya que si una entidad al no disponer de recursos líquidos no puede cumplir con las obligaciones asumidas con los mismos,

* Fondo Común ordinario se define como una comunidad de recursos que invierte en portafolio diversificado, administrado a través de una entidad fiduciaria.

⁴ SUPERINTENDENCIA FINANCIERA. Circular Externa 100 de 1995: Básica Financiera Contable. En: La Superintendencia Financiera de Colombia. (1995); p. 2.

estos se verán afectados al no satisfacer los requerimientos de capital que soliciten.

Colombia debido a la debilidad existente en la aplicación de análisis temporales y de simulación de escenarios en el tema de riesgo de liquidez, es preciso afirmar que para complementar los modelos utilizados o para realizar un análisis mas profundo al momento de tomar decisiones, es necesario tener cuenta para su aplicación herramientas como la econometria o software de simulaciones, para cubrir la brecha que existe entre la academia y la realidad del sector financiero. Debido que la incertidumbre existe en cualquier situación futura, pero es el riesgo la variable que nos interesa conocer debido a que es la que afecta nuestro beneficio.

La utilización de metodologías econométricas y de simulación son técnicas sofisticadas que nos dan la posibilidad de atrevernos a realizar una aproximación de lo que no se conoce en términos de pronostico, convirtiéndose en una herramienta que complementa el análisis en riesgos.

Por lo mencionado anteriormente y debido a que en las carteras colectivas (Fondos Comunes Ordinarios) la metodología existente para controlar el riesgos de liquidez no tiene en cuenta el análisis temporal de las observaciones y no conceptualiza las variables que inciden en la misma, se hace indispensable el diagnostico de series temporales y la simulación de escenarios, que permiten analizar datos que reflejan el comportamiento histórico de una variable a través del tiempo constituyendo una alternativa de pronostico basado en condiciones retrospectivas de la misma, dando la posibilidad de realizar análisis de observaciones sobre valores que toma una variable en diferentes momentos del

tiempo, convirtiéndose en una herramienta de planificación adecuada de los recursos necesarios para atender obligaciones requeridas en función de los recursos que se esperan en el futuro.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación obtuvo como propósito resolver el siguiente interrogante, ¿Cual debe ser el requerimiento de recursos disponibles para atender las obligaciones contraídas en cualquier momento y lugar en el Fondo Común Ordinario de una fiducia?

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de liquidez adecuado a través de la simulación del valor de una cartera colectiva para el periodo Enero/2005 a Diciembre/2005 en Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el proceso generador de la serie del valor del fondo para el periodo Enero/2005 a Diciembre/2005
- Proponer una metodología alterna de liquidez frente a la existente.
- Simular escenarios de liquidez.

3 JUSTIFICACIÓN

“La administración de riesgos es un tema que ha tomado relevancia en el ámbito financiero, ya que se convierte en una herramienta que contribuye a la toma de decisiones tanto para inversionistas como para las entidades financieras, puesto que se puede llegar a minimizar las condiciones de incertidumbre a las cuales se enfrenta un mercado y evitar posibles pérdidas que debiliten la imagen de solidez y confianza del sector financiero.”⁵

En esta investigación lo que se busca es realizar un diagnóstico y simulación de series de tiempo que permita estimar el nivel adecuado liquidez en las carteras colectivas (Fondo Común Ordinario), para convertirse en una herramienta efectiva para la toma de decisiones en la administración del portafolio de una entidad financiera, teniendo como punto de apoyo modelos planteados para la gestión de diversos Riesgos que poseen un mayor estudio como lo son el riesgo de mercado (Var), el riesgo de crédito y de contrapartes.

“Con la aplicación de un modelo de series de tiempo para la administración de Riesgo de Liquidez dado el panorama de inestabilidad económica característico de los mercados financieros de los países en vía de desarrollo, se estaría fortaleciendo: la seguridad, solvencia y diversificación de los recursos para los inversionistas, lo que llevaría a tener mejores decisiones en la capacidad de

⁵ BERENDSOHN ZAMBRANO Mario. Medición de Riesgos Financieros en Sistemas Financieros Menos Desarrollados 2003. [en línea]. México: Superintendencia de Bancos, Seguros y Pensiones, 2003. [consulta 18 de Octubre de 2005]. Disponible en Internet: www.bcu.gub.uy/autoriza/peiees/jor/2003/iees03j3250803.pdf

inversión de los responsables del manejo de los recursos, mediante un mayor énfasis en el propio control interno de los mismos.”⁶

Pensando en que el País y la Región esta ad- portas de enfrentarse a un mercado internacional de mas alta competitividad y exigibilidad de los servicios financieros, se hace indispensable fortalecer el control en tales entidades en materia de Administración de Riesgo, por lo que es preciso afirmar que la exposición ante las fluctuaciones del mercado y al comportamiento de los agentes va a ser mas exigente. (Superintendencia Financiera 2002).

En esta investigación se empleó y aplicó conceptos econométricos fundamentales, debido a la aplicación de modelos de series de tiempo, adicionalmente, se tomó como punto de partida conceptos básicos en el área de Administración financiera, donde se profundizó en el riesgo de liquidez entendido este ultimo como el *flujo de efectivo/financiamiento*⁷, que se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivo necesarios, lo cual puede forzar a una liquidación anticipada, transformando en consecuencia las perdidas en “papel” en perdidas realizadas, este puede ser controlado por la planeación apropiada de los requerimientos de flujo de efectivo, por ultimo aplicamos microeconomía para analizar a las entidades financieras dentro de un sector empresarial.

Se toma como punto de partida para el análisis, los factores de riesgos, la exploración de los escenarios, el comportamiento de los agentes y variables

⁶ Ibid., p. 3.

⁷ PHILIPPE, Jorion. Valor en riesgo. México: Limusa, 2002. p. 37.

económicas y el proceso de toma de decisiones con respecto a medidas de contingencia ante posibles escenarios adversos.

Los beneficios que puede ofrecer la administración de riesgo de liquidez, es la prevención y control de la incapacidad de cubrir las obligaciones contraídas en cualquier moneda o lugar, y a través de la aplicación de un modelo de series de tiempo el cual analiza el comportamiento pasado de la serie de tal forma que nos ayuda a pronosticar su comportamiento futuro⁸, y da la posibilidad de predecir los requerimientos de liquidez dentro de un periodo establecido, para diseñar planes de contingencia ante escenarios adversos, que no permitan satisfacer los requerimientos de flujo de caja en un plazo determinado.

Este conjunto de aplicaciones favorece a la gestión de riesgos financieros acorde con lo estipulado por el Comité de Basilea (1996), y sirve de plataforma para asignar de manera alternativa requerimientos de capital, contribuyendo a la ganancia en términos de eficiencia en el manejo de los riesgos, es especial el de liquidez y poniéndonos a la par con los desarrollos internacionales, acerca del mismo.

Finalmente, lo que se busca es que desde la academia se aporte al tema de gestión de riesgos, comprometiendo a tan importantes instituciones con el desarrollo del sector financiero colombiano, donde el conocimiento y la práctica converjan para proponer medidas que optimicen el estudio de los riesgos.

⁸ PINDYCK, S. Robert; RUBINFELD, Daniel. L. Econometría: modelos y pronósticos. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2000. p. 488.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1 MARCO CONTEXTUAL

La investigación se realizará en el periodo de Noviembre de 2005 a Marzo de 2006, tomando como punto de partida la información correspondiente a una Fiduciaria en la Ciudad de Cali en el área de riesgos financieros y mesa de dinero, basándose en la normatividad de riesgos que se aplican en el País, expedida por la Superintendencia Financiera de Colombia a partir de la Circular 088 de 2000 y modelos de series de tiempo correspondiente al área Econometría y con un periodo de análisis comprendido entre Enero de 2005 y Diciembre 2005 para la recolección de datos históricos.

4.2 MARCO TEÓRICO

“La palabra riesgo proviene del latín *risicare*, que significa atreverse y se asocia con la pérdida que se pueda generar en una situación que afecte nuestros intereses. Este término necesariamente se encuentra inmerso en cualquier tipo de decisión que tomen los individuos acerca de una situación en el futuro, y se relaciona en primera instancia con la probabilidad de ocurrencia de diversos resultados o hechos que implica un escenario de incertidumbre.”⁹

⁹ LARA DE HARO, Alfonso. Medición y control de riesgos financieros. 2 ed. México: Mc Graw-Hill, 2002. p. 13.

Referirse Al riesgo implica tener como medida cuantitativa del mismo la “probabilidad”*, puesto que ésta se refiere a la ocurrencia de posibles resultados bajo cualquier situación en un futuro.

Este ha sido el punto de partida de diversos pensadores acerca del tema, que desde hace ya varios siglos discutían la manera de inferir acerca del comportamiento de hechos en cualquier contexto, es así, como en la época del renacimiento el médico Girolamo Cardano (1500-1571)¹⁰, fue el primero que habló acerca del termino “probable”, refiriéndose a los múltiples resultados que pueden surgir en la ocurrencia de eventos, dejando como legado mas de 130 trabajos acerca del tema, destacándose “*Libros de juegos de Azar*”, donde realiza un análisis de probabilidad dada su afición por dados, las cartas y el ajedrez, de ahí su estrecha relación con el estudio estadístico.

“Galileo Galilei también realizó su aporte en el tema al publicar el libro” jugando a los dados”, donde analiza el comportamiento de los posibles resultados de lanzar dados”¹¹. “Posteriormente en el año de 1730 Abraham de Moivre realizó la distribución de normalidad”* que fue complementada por Carl Gauss y tiene un papel fundamental en el análisis de riesgos, “por considerar medidas de dispersión esenciales en el estudio de las probabilidades como lo son la media y la

* Cuando nos referimos al término de probabilidad, estamos hablando de los posibles valores que puede tomar los resultados de un evento.

¹⁰ LARA DE HARO, Op. cit., p. 14.

¹¹ Ibid., p. 14.

* Es importante anotar que para la mayoría de modelos que miden el riesgo, se utiliza la distribución normal, debido a que la media y la desviación estándar pueden representar la información contenida en toda la distribución.

desviación estándar”¹², que son una herramienta esencial en la comprensión de la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado.

En el año de 1952 Henry Markowitz (Premio Nóbel de Economía), planteó la teoría de administración de portafolios, donde el aumento de activos en una cartera de inversión, hace que el riesgo disminuya debido a la diversificación del mismo”¹³. “Markowitz para realizar su teoría insertó los conceptos de covarianza y correlación, para referirse a la atomización del riesgo, describiendo que en la medida en que los activos de una cartera estén negativamente correlacionados, menor será el riesgo de mercado al que se expone, esta teoría parte del supuesto que la mayoría de inversionistas son aversos al riesgo, es decir, que esperan siempre reducir el riesgo y aumentar la rentabilidad esperada”¹⁴.

“En el año de 1963 surgió el modelo de mercado de Sharpe, donde el relaciona la evolución de la rentabilidad de los activos financieros que componen un portafolio con un determinado índice, que generalmente es macroeconómico, así mismo, este pensador realizó aportes a la teoría de equilibrio de mercado de capitales, donde planteaba que si todos tuvieran el mismo portafolio de activo de riesgo, bastaría con medir ese portafolio, mirando la liquidez total en determinados activos y dividirla en la liquidez total del mercado”¹⁵, este se convierte en una de las ideas mas importantes de los modelos CAMP(Modelos de precios de activos de Capital),

¹² MENDENHALL, W. Estadística para Administración y economía. México: Iberoamerica, 1992. p. 35.

¹³ BREALEY, Richard A y otros. Manual de Finanzas Corporativas. Canadá: Mc Graw Hill, 1993. p. 183-190.

¹⁴ MENDENHALL, Op. cit., p. 45. – 340.

este modelo supone que las expectativas de los inversionistas son homogéneas y que los agentes económicos son racionales y utilizaran esta información para conformar su portafolio de inversión, este modelo es mas de rendimientos que de riesgos, pero el inversionista es compensado por los riesgos que toma y no por los riesgos innecesarios”¹⁶.

“Es así, que las teorías que se estaban trabajando desde Markowitz obedecían a la compleja expansión que desde 1970 estaba atravesando el sistema financiero, lo que conllevó a la creación de instrumentos financieros, que hicieron este sector más sensible a las fluctuaciones del mercado, dando como resultado la creación de la primera instancia que se estableció para que suministrara mecanismos apropiados que permitiera una adecuada supervisión de los procedimientos bancarios llamado el Comité de Supervisión Bancaria 1974, que posteriormente recibió el nombre de Comité de Basilea”¹⁷, “que nace en 1988 debido a la necesidad de regulación en los mercados financieros y estableciendo un estándar mínimo de requerimientos de capital, lo que cubre Inicialmente solo el riesgo de crédito en los bancos.

Estas medidas surgieron como una respuesta a las lecciones de los desastres financieros que ocurrieron como el de Barings, el del Condado Orange, Daiwa,

¹⁵ MARTINEZ, Claudia Lorena y otros. Selección de portafolios usando simulación y optimización bajo incertidumbre. En: La Universidad Nacional de Colombia Vol. 71, No. 141 (Mar. 2004); p. 40.

¹⁶ VARIAN, Hall. A portafolio of Nobel Laureates: Markowitz, Millar and Sharpe. En: Journal of Economic Perspectives Vol. 7, No. 1 (Dic. 1993); p. 159-169.

¹⁷ SANCHEZ CERON, Carlos. Valor en riesgo y otras aproximaciones. 2 ed. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2002. p. 40.

que fueron ejemplos de la ausencia de metodologías de administración de riesgos, lo que trajo como consecuencia, grandes pérdidas y desequilibrios económicos”.¹⁸

Paralelamente a este desarrollo de los mecanismos de regulación, en el año 1976 Box profesor de estadística de la Universidad de Wisconsin y Jenkins profesor de ingeniería de sistemas de la Universidad de Lancaster desarrollaron una metodología sobre el comportamiento de la contaminación en la Bahía de San Francisco, con el objetivo de establecer mejores mecanismos de pronóstico y control, que estaban destinadas a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental, planteando toda una familia de modelos temporales que pueden ajustarse para explicar la evolución de una variable a lo largo del tiempo, lo que se denominan modelos AR (modelos autoregresivos), MA (modelos de medias móviles), ARMA (combinación de los modelos anteriores) Y ARIMA (modelo autorregresivo integrado de media móvil)¹⁹, que permite a partir de una observación del pasado de una serie, buscar la explicación del comportamiento sistemático de la misma para extrapolar²⁰ sus resultados y poder pronosticar su comportamiento futuro principalmente en el corto plazo²¹, este objetivo puede ser de gran utilidad para la aplicarlo a la administración de riesgos financieros, ya que se enfoca hacia la búsqueda de patrones de comportamiento que sirven de fundamento para la predicción del comportamiento de la serie, pudiendo también

¹⁸ JORION, Philippe. Valor en Riesgo. México: Limusa, 2002. p. 55.

¹⁹ PINDYCK, Op. cit., p. 504.

²⁰ Ibid., p. 491.

²¹ Ibid., p. 594.

describirla mediante distribuciones de probabilidad, lo que se denomina proceso estocástico²².

Este análisis de Series temporales se complementa con la Simulación de Montecarlo que consiste en crear escenarios de rendimientos, valores o precios de activos mediante la generación de números aleatorios²³.

La aleatoriedad se refiere cuando una variable toma diversos valores en el tiempo asignándoles una probabilidad de ocurrencia a los mismos, por eso es importante identificar el proceso generador de datos(DGP), es decir, como influyen las observaciones del pasado en las observaciones del futuro, por ende, cuando se desea aplicar un modelo de series temporales es fundamental identificar el comportamiento que presenta la variable analizada, es decir, si hay efectos estacionales (periodicidades), fluctuaciones irregulares (cambios en varianza), cambios cíclicos (fácilmente predecibles) o fluctuaciones aleatorias, una vez identificado lo mencionado anteriormente, la característica principal a determinar en estos modelos de componente estocástico es la estacionariedad de la serie, es decir, que la media y la varianza no depende del tiempo, lo que implica que aun cuando durante cierto periodo de tiempo se aleje de la media (concepto de regresión a la media), esta parte siempre regresará a la vecindad de la misma. Por tanto, es necesario remover quitar los efectos mencionados (tendencias, periodicidades y ciclos) para trabajar con una serie estocástica y estacionaria, aunque el valor futuro de una serie temporal no sea predecible con total exactitud,

²² ARCE, Rafael. Modelos Arima. U.D.I. Econometria e informática. Madrid: McGraw-Hill, 2003. p. 2.

²³ LARA DE HARO, Op. cit., p. 143.

el resultado no podrá ser completamente aleatorio, lo que hará posible su modelado y por ende la predicción.

La observación de una serie que permita inferir que la liquidez* es predecible, tiene implicaciones importantes para la administración de este tipo de riesgo, y diversos pensadores han considerado la importancia de tener en cuenta en los análisis el componente dinámico, ya que “autores como Pindyck (1988), Bertola (1989), Caballero (1990) han tratado el tema de la desinversión²⁴, enfatizando en el riesgo que se corre al momento de realizar la inversión.

Este riesgo se debe a que los agentes no disponen de la información completa del futuro comportamiento de las variables relevantes para la decisión, como precios de insumos y productos, etc. Esta información incompleta puede llevar a que las empresas se enfrenten al futuro a que poseen un stock de capital mayor al necesitado y no pueden deshacerse de ese exceso.

Por lo anterior al momento de invertir deberá tenerse en cuenta el costo de oportunidad al que incurrirá la firma por no esperar a disponer de una información más completa en un futuro²⁵, en este orden de ideas, es correcto afirmar que lo que se busca es reducir el costo de oportunidad de la subutilización de recursos, el costo marginal por exigencia de acceder a recursos en un momento determinado, ya que actualmente las metodologías utilizadas para administrar el

* Liquidez se define como capacidad de una persona o entidad de hacer frente a sus deudas a corto plazo por poseer activos fácilmente convertibles en dinero efectivo.

²⁴ ALONSO CIFUENTES, Julio Cesar. Modelos de inversión: Una aplicación al caso colombiano, Santiago de Cali, 1996. p. 13. Trabajo de grado (Economista). Universidad del Valle. Áreas de especialización: Econometría y Microeconomía.

²⁵ Ibid., p. 1.

riesgo de liquidez no tienen en consideración el tiempo; lo que ha creado poca confiabilidad en los administradores de la entidad financiera, llevándolos a hacer inversiones de posición cortoplazistas, asumiendo una conducta de aversión al riesgo, es así, que se hace necesario complementar el actual análisis de riesgos de liquidez con la series de tiempo y la simulación de escenarios para que los administradores de la entidad financiera puedan realizar inversiones a corto y largo plazo de más recursos; lo que daría como resultado una entidad con inversiones más rentables y daría una mayor seguridad a la entidad fiduciaria ante el sector financiero en términos de solvencia económica.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Riesgo: Cuando las variables no toman un único valor sino varios, pero la probabilidad de ocurrencia de esos valores es exactamente conocida. “ Bair, S. And Milligan. “Voluntary Efforts to provide Oversight of OTC Derivatives Activities”. 1996.

Volatilidad: Medida estadística del movimiento pasado de los precios. (Wilson, T. “Debunking the Myths”. Risk 7 (April 1994), pp. 67-72, lo que traduce la sencibilidad del comportamiento en los precios frente a las fluctuaciones del mercado.

Liquidez: Disposición inmediata de fondos financieros y monetarios para hacer frente a todo tipo de compromisos. En los títulos de crédito, valores o documentos bancarios, la liquidez significa la propiedad de ser fácilmente convertibles en efectivo. (*Diccionario Espasa de Economía 1999, Creación y realización electrónica: Planeta Actimedia, S.A.© Arthur Andersen, S.A.© De esta edición: Espasa Calpe, 1999*)

Probabilidad: Medida cuantitativa de la posibilidad que existe que se produzca determinado suceso. La probabilidad siempre será un número comprendido entre el 0 y el 1. *Ibíd.*

Media: Valor medio de un conjunto de datos numéricos. *Ibíd.*

Varianza: Media aritmética de la suma de los cuadrados de las desviaciones de una variable con respecto a su media. Un alto valor de la varianza indicará una alta dispersión de los valores de la variable alrededor de su media, por lo que dicha media será poco representativa. *Ibíd.*

Covarianza: Término estadístico que mide la relación entre dos variables. Si es positiva, indica que ambas se mueven en la misma dirección; si es negativa, indica que las variables se mueven en dirección opuesta. Ibíd.

Correlación: Medición del grado de dependencia que existe entre dos variables. Ibíd.

Variable: En estadística, al proceder al estudio cuantitativo de una población, cualquier propiedad o rasgo susceptible de ser observado. Ibíd.

Gestión de riesgos: Actividad consistente en estudiar y controlar los riesgos que puedan surgirle a una empresa o institución en sus actividades financieras (mantenimiento de deudas, compra de activos, inversiones, etc.) tratando de que exista un grado de cobertura adecuada de todos los activos de la sociedad. Ibíd.

Estacionariedad: “Una serie de tiempo estocástica sigue un proceso estacionario cuando sus distribuciones probabilísticas entendidas estas como media, varianza y covarianza son invariables con respecto al desplazamiento en el tiempo.”
PINDYCK, S. Robert, RUBINFELD, Daniel. L. Econometria: modelos y pronósticos. 4 ed. Mc. Graw Hill 2001. p. 518-519.

5. ORIGEN DE LA FIDUCIA

El negocio Fiduciario es relativamente nuevo en Colombia; sin embargo, tiene raíces muy antiguas, tanto en el derecho romano como en el derecho anglosajón y, en algunos países, su utilización y desarrollo han comenzado mucho antes que en Colombia, hasta el punto de ser conocida y utilizada frecuentemente y en forma masiva.

En la antigua Roma existían dos figuras, el ***Fideicommissum*** y el ***Pactum Fiduciae***. El primero consistía en que una persona en su testamento transfería a otra, que gozaba de su total confianza, uno o más bienes, con el fin de que esta última, que figuraba como propietaria, los administrara en beneficio de otra u otras personas a las cuales el testador quería favorecer especialmente. El testador podía también establecer que, transcurrido determinado tiempo, o cumplida determinada condición, los bienes debían ser trasferidos a estos beneficiarios.

El ***Pactum Fiduciae*** era un acuerdo entre dos personas, mediante el cual una de ellas transfería a la otra que también gozaba de toda su confianza, uno o más bienes, con el fin de que cumpliera una determinada finalidad, que podía consistir, por ejemplo, en satisfacer una deuda en caso de que se incumpliera la obligación (***Fiduciae Cum Creditore***, antecedente de la actual fiducia de garantía), o en administrar y defender los bienes mientras su propietario iba a la guerra o se ausentaba durante un largo tiempo (***Fiduciae Cum Amico***).²⁶

²⁶ La Cartilla Fiduciaria. Publicación de Asofiduciarias. Santiago de Cali, 1994. p. 15.

¿Que es la Fiducia?

La fiducia debido a su flexibilidad puede terminarse como un gran recipiente al cual los clientes le ponen un contenido*. Ese contenido, en la mayoría de los casos, es definitivo para los mismos clientes. Otras veces es sugerido por la fiduciaria. Mediante la fiducia una persona natural o jurídica llamada fideicomitente o constituyente, entrega a una sociedad fiduciaria uno o más bienes concretos, despojándose o no de la propiedad de los mismos, con el objeto de que dicha fiduciaria cumpla una determinada finalidad, en proveer del mismo fideicomitente o de quien este determine; este último se llama beneficiario.

Como consecuencia de la fiducia, una entidad especializada y profesional (la fiduciaria), se compromete a realizar su mejor esfuerzo para conseguir la finalidad que le señala su cliente, con los bienes recibidos para tal efecto.

Terminada la fiducia, los bienes son devueltos al fideicomitente o entregados quien este señale, es de destacar que la sociedad fiduciaria nunca adquiere la propiedad absoluta de los bienes recibidos a titulo de Fiducia²⁷.

* Es importante tener en cuenta que de allí nace el término de cartera colectiva que se ampliara a lo largo de este documento.

²⁷ La Cartilla Fiduciaria. Op. cit., p. 10.

Productos y Negocios Fiduciarios*

El cliente o fideicomitente entrega a la fiduciaria una suma de dinero, con la finalidad principal de aquella la invierta o la coloque según sus instrucciones, en beneficio suyo o de un tercero designado por él.

* Solo nos referiremos a los negocios de inversión debido a que es el tema que aborda el presente documento.

5.1 CARTERAS COLECTIVAS

Se refiere a la cantidad de recursos reunidos de diversas personas tanto naturales como jurídicas para conformar un portafolio de inversión. Existen múltiples tipos de carteras colectivas: i) fondos de inversión; ii) fondos comunes fiduciarios, ordinarios y especiales; iii) fondos de valores; iv) fondos de pensiones voluntarias; v) fondos de pensiones obligatorias y, vi) fondos de cesantía, cada uno sometido a una regulación especial, independiente de las demás. Para nuestro diagnóstico se utilizara el Fondo Común Ordinario de una Fiduciaria.

Fondo Común Ordinario: Es una cartera colectiva donde se tiene una comunidad de recursos que se invierten en portafolio diversificado, administrado a través de una entidad fiduciaria. Los recursos de todos los fideicomitentes se invierten en la forma y condiciones que la ley establece, de acuerdo con un reglamento de administración previamente aprobado por la Superintendencia Financiera de Colombia**.

Para estas inversiones la ley ha señalado, además, algunos límites y condiciones en beneficio de los fideicomitentes. Es así como la fiduciaria debe velar por que se mantenga una determinada estructura de liquidez, por que dentro del portafolio no haya títulos de un mismo emisor, aceptante o garante que represente más del 10% del portafolio, a menos que sean emitidos por entidades financieras, pues en

** Entidad Reguladora del Sistema Financiero Colombiano. Por ley solo se puede tener una Fondo Común Ordinario en las Sociedades Fiduciarias.

este caso la participación máxima es del 20%, o a menos, también, que se trate de títulos emitidos por el Banco Central que no tienen ninguna limitación.

Así mismo, ningún cliente puede mantener en el Fondo Común Ordinario directamente, o por interpuesta persona, recursos por mas del 5% del valor del fondo*.

* Reglamento Fondo Común Ordinario según lo dispuesto por Superintendencia Financiera de Colombia en Circular Externa 100 de 1995.

6. RIESGO

El riesgo se define como la pérdida potencial que se pueda tener en una situación determinada²⁸. Es entendida como la posibilidad (o probabilidad) que sucedan hechos que afecten en forma negativa los resultados esperados. “Existen diversos tipos de Riesgos: Riesgo operacional, de Mercado, de crédito, de contraparte, de Liquidez entre otros y la mayoría de estos riesgos cuentan con una estructura definida para su control y monitoreo en las instituciones financieras”²⁹. La administración del riesgo consiste en estudiar y controlar los riesgos que puedan surgirle a una empresa o entidad, en nuestro diagnostico actividades financieras (mantenimiento de deudas, compra de activos, inversiones, etc.) tratando de que exista un grado de cobertura adecuada de todos los activos de la entidad.

Desde el año de 1997 el Comité de Basilea para Supervisión Bancaria* vio la necesidad de aumentar la fortaleza de los sistemas financieros de un país, sea éste desarrollado o en desarrollo, por las implicaciones que su debilidad pudiera tener en la estabilidad financiera de él mismo y de los demás países con los que se relaciona.

²⁸ LARA DE HARO, Alfonso. Medición y control de riesgos financieros. 2 ed. México: McGraw-Hill, 2002. p. 13.

²⁹ Ibid., p. 16.

* El Comité de Basilea es un comité de autoridades supervisoras bancarias que fue establecido por los Gobernadores de los bancos centrales del Grupo de los 10 países en 1975. Está compuesto por representantes a nivel ejecutivo de autoridades supervisoras bancarias y bancos centrales de Alemania, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Luxemburgo – Países Bajos, Reino Unido, y Suecia.

Fue así como preparó dos documentos para divulgación, un conjunto de 25 Principios Básicos para la supervisión bancaria efectiva (los Principios Básicos de Basilea) y un Compendio de recomendaciones, guías y estándares ya existentes en el Comité³⁰.

De Ahí la importancia de administrar los riesgos en las entidades financieras, teniendo en cuenta que los tipos riesgos mencionados anteriormente tienen diferentes metodologías para su gestión y control a nivel individual y de agregación*.

En general, el riesgo es un factor inherente al negocio financiero. Su correcta medición, gestión y control debe contribuir a la consecución de márgenes adecuados y al mantenimiento de la solvencia de la entidad; principal base de la confianza de clientes, inversores y empleados.

El Riesgo de Liquidez se define como la probabilidad de que una entidad no cuente con los recursos monetarios necesarios para cubrir los gastos de operación y/o retiro de sus clientes³¹. Se considera uno de los problemas más importantes que las entidades deben de establecer a diario, por que surge la pregunta **¿cuánto dinero deben conservar en efectivo para pagar todas sus obligaciones a tiempo?** las cuales provienen, en su mayoría, de la inversiones en Títulos Valores, adiciones de recursos, nuevos clientes, etc.

³⁰ HERNADEZ, Esperanza. Esquema de supervisión por riesgos: El caso colombiano Por: Avendaño. En: superintendencia Financiera, Bogota:(Jul. 2003); p. 12.

* Para nuestro diagnostico solo tendremos en cuenta el Riesgo de liquidez

³¹ SANCHEZ, Op. cit. p. 256.

En el caso Colombiano existen metodologías para administrar y controlar el Riesgo de Liquidez, que son implementadas en primera instancia por el ente regulador, que en nuestro caso se llama Superintendencia Financiera de Colombia. La Circular 042 de 2001 de esta entidad, reglamenta el GAP de liquidez (Gestión de Activos y Pasivos), como una metodología que solo aplica a los establecimientos de Crédito, para determinar y proyectar la cantidad de recursos que se tienen disponibles según la estructura de flujos de dineros que se represente en las cuentas contables.

Teniendo en cuenta que uno de los más afectados son los adherentes (clientes) a las Fondos Comunes Ordinarios, ya que si una entidad al no disponer de recursos líquidos no puede cumplir con las obligaciones asumidas con los mismos, estos se verán afectados al no satisfacer los requerimientos de capital que soliciten.

Administración del Riesgo de Liquidez en Colombia

Este GAP de liquidez proporciona información sobre las entradas y salidas de fondos de forma diaria de balance y fuera de balance que producen flujos de caja en las fechas reales en las que se producen. Para el caso de la Fiducia no aplica debido a que no es un establecimiento de crédito, es decir, su función no es captar y colocar recursos. Sin embargo existe la Circular 010 de 1996 donde se según lo dispuesto por la Superintendencia Financiera se administra y controla el Riesgo de Liquidez a través de determinar los recursos que se necesita de manera diaria, como el resultado de la volatilidad diaria del activo multiplicado por la duración³² del portafolio, sin tener en cuenta ninguna mas variables, es decir, que deja por fuera de este análisis el comportamiento de adiciones y/o constituciones o retiros

³²Ibid., p. 139.

de los clientes y el comportamiento histórico del valor del fondo, por lo que es correcto afirmar que se basa principalmente en modelos matemáticos y estadísticos básicos.

Es decir que se mitiga este riesgo, con cálculos que permiten establecer montos del dinero que van a necesitar para sus obligaciones, según la volatilidad de los recursos, sin tener en cuenta el dinero que van a recibir por adiciones y/o constituciones o retiros y cancelaciones de los clientes. En síntesis, no tiene en cuenta como elemento de análisis el tiempo, dado que la mayoría de los datos están en series temporales*, pues si este se inserta como elemento del modelo da la posibilidad de controlar, administrar y además de pronosticar con mayor exactitud los recursos necesarios para atender las obligaciones contraídas en cualquier moneda y lugar en la cartera colectiva.

Por este motivo, los supervisores en todo el mundo vigilan permanentemente la liquidez de las entidades para establecer tempranamente si alguna entidad requiere ser intervenida y evitar dichos efectos.

* Tema que se tratara con mayor profundidad a lo largo del documento.

7. SERIES DE TIEMPO

La sociedad siempre se ha esforzado por conocer el comportamiento futuro de cualquier situación, variable o hecho que incida positiva o negativamente en las decisiones que este debe de tomar a diario, el conocer los posibles resultados del futuro, siempre ha sido materia de interés, ya que permitiría la disminución de la incertidumbre ocasionada ante posibles fluctuaciones inesperadas.

Evidentemente la predicción de un valor, serie, dato o hecho puede ser compleja y no es exacto, no obstante existen técnicas y métodos que permiten evaluar el comportamiento de una variable con respecto al tiempo buscando regularidades y patrones que sirven como fundamento para realizar una estimación de su comportamiento su futuro.

Cuando nos referimos a una serie de tiempo hablamos de una secuencia de valores pasados observados cronológicamente, es decir, su comportamiento a lo largo de un período³³. Con base en el comportamiento pasado de esa variable es viable, encontrar los posibles valores que asumirá en el futuro, a esto se le denomina pronóstico³⁴, entendida como la posibilidad de anticipar la evolución de uno o varios datos a través de una serie histórica.

Las series de tiempo son de gran aplicabilidad hoy en día en diversas ciencias, como la medicina, ingeniería, física, meteorología y principalmente economía,

³³ PINDYCK, Op. cit., p. 487.

³⁴ Ibid., p. 487.

debido a que en estas ramas de la ciencia por lo general los datos están dados en series temporales, dando la posibilidad de utilizar esta información como una herramienta de predicción, control, análisis, planeación y simulación de datos.

En particular, para analizar decisiones en cualquier ciencia es necesario hacer estimativos de diversas variables: precios, tasas, ventas, clima, producción, velocidad, etc. Por lo tanto es necesario que se posea claridad en la existencia de técnicas empleadas para aplicar las series de tiempo.

Dentro de las series de tiempo se pueden diferenciar dos clases de métodos de estimación: los no formales y los formales. En los primeros si se tiene un conocimiento a priori del comportamiento de la serie, es posible creer que la serie presenta una tendencia simple, por lo tanto no es necesario utilizar un modelo más complejo. De otro lado, los métodos formales hacen referencia a la descripción y/o caracterización de un proceso estocástico³⁵, este se presenta por la secuencia ordenada de variables aleatorias $X(t)$ y su distribución de probabilidad asociada; normalmente estos deben tener una considerable estructura en la media de la serie, es decir deben tener la propiedad de estacionariedad para poder realizar pronósticos.

No obstante, la utilización de los métodos no formales son un análisis básico de los patrones del comportamiento de una serie, mientras que los métodos formales tienen por objeto la caracterización y descripción de un proceso estocástico, utilizando este ultimo método técnicas mas complejas para análisis de una serie,

³⁵ Ibid., p. 514.

por lo tanto se realizará una descripción de la metodología formal que será la aplicada en el presente trabajo.

7.1 METODOS FORMALES

Antes de realizar el respectivo análisis de los métodos formales es importante tener en cuenta que los métodos no formales hacen referencia principalmente a la descripción grafica de una serie, que muestra el comportamiento promedio de la misma con el fin de hacer pronósticos, es decir, que es necesario que los niveles de variación estén representados por su media. Estos métodos son los más utilizados en el mundo empresarial, ya que la habilidad que se tenga para proyectar eventos futuros y tendencias mejora la probabilidad de éxito. Y debido a esto, hoy en día las empresas gastan buena parte de tiempo y esfuerzo trabajando en los pronósticos exactos de las tendencias comerciales y las evoluciones futuras; aunque es necesario aclarar que la capacidad predictiva de estos métodos es útil siempre y cuando el nivel de dispersión de los datos sea el menor posible, estos métodos son los más utilizados en el sector real y financiero, lo que se traduce en afirmar que la mayoría de aportes al tema de riesgos, se basan en descripciones del patrón del comportamiento de una serie. Dentro de los métodos no formales, es importante identificar los patrones de comportamiento que presenta una serie, lo que comúnmente es conocido como los componentes de la misma, teniendo en cuenta que algunos o todos pueden presentarse en ella, dichos componentes son: El cíclico, estacional, irregular y tendencial³⁶. No obstante existen métodos diferentes que ponderan de una mejor forma las observaciones y además provee el menor error de varianza en la predicción, lo que robustece su capacidad predictiva, estos se conocen como métodos formales los cuales se explicaran a continuación.

³⁶ NEWBDO, Paul. Estadística para los negocios y la Economía. 4 ed. México: Mc Prentice Hall, 1997. p. 598.

Para realizar pronósticos, es decir, conocer algunos posibles comportamientos de una serie en el futuro, es necesario utilizar métodos de extrapolación más complejos, que tienen por objeto la descripción y caracterización de un proceso estocástico, entendido este último como la secuencia ordenada en el tiempo de variables aleatorias Y_t , pudiendo tomar t cualquier valor $(-\infty, +\infty)$, por lo tanto, en un proceso estocástico nunca podremos predecir con total certeza el resultado para cada momento de tiempo, solo podremos hablar de probabilidades, y aproximarnos a través de una distribución de probabilidad³⁷, esto en función de que el riesgo se relaciona con las pérdidas potenciales que se pueden sufrir, la medición efectiva y cuantitativa del mismo es la probabilidad, por que es esta la medida que considera la relación entre los posibles resultados y su certeza de ocurrencia ante situaciones de incertidumbre.

Es importante mencionar, que la característica principal de la aleatoriedad, es la modelación de su media μ y la varianza δ , entendida la primera como el valor donde una serie se va a estacionar (cuando una serie fluctúa alrededor de un valor promedio constante). De igual forma cabe anotar que acepta como medida de riesgo la dispersión, sustentada por la varianza o la desviación estándar, de la variable aleatoria que se describe, este debe de ser la mínima dispersión y ser representativa de toda la serie, lo que hace que la varianza también tienda a estacionarse.

Finalmente con estas técnicas se busca diagnosticar y simular, para maximizar o minimizar indicadores de riesgo medidos sobre el portafolio, utilizando la desviación estándar o su promedio.

³⁷ PINDYCK, Op. cit., p. 515.

Caminata Aleatoria

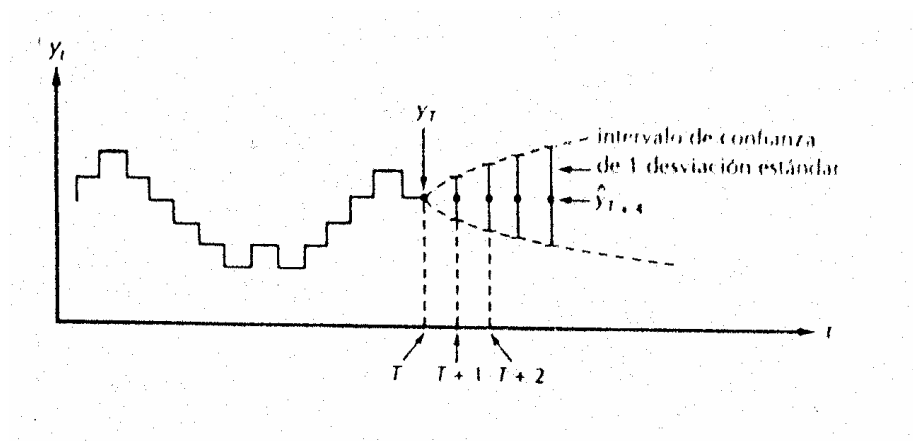
El proceso mas simple de una serie de tiempo estocástica es la Caminata Aleatoria donde cada cambio sucesivo en Y_t es extraído en forma independiente de una distribución de probabilidad con media 0. Si un proceso general es denotado:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 y_{t-1} + \epsilon_t \quad (12)$$

Cuando $\beta_1 = 0$; $\beta_2 = 0$; $\beta_3 = 1$ se dice que es una serie en proceso de caminata aleatoria que se representa por la siguiente ecuación:

Figura 1. Pronóstico de una caminata aleatoria

$$Y_t = y_{t-1} + \epsilon_t \quad (13)$$

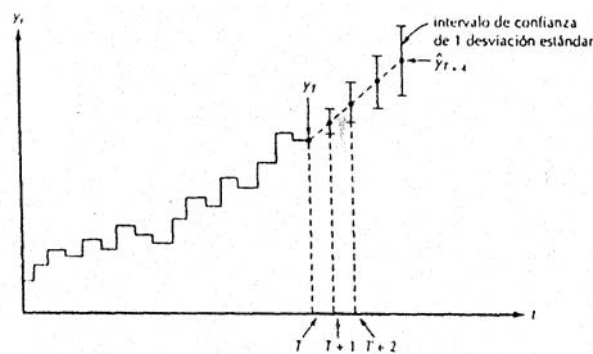


Fuente: PINDYCK, S. Robert, RUBINFELD, Daniel. L. Econometria: modelos y pronósticos. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2001. p. 516.

Adicionalmente existe la caminata aleatoria con rumbo, donde se describe una tendencia ya sea ascendente o descendente en la serie³⁸ y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$Y_t = y_{t-1} + d + \epsilon_t \quad (14)$$

Figura 2. Pronostico de una caminata aleatoria con rumbo lineal.



Fuente: PINDYCK, S. Robert, RUBINFELD, Daniel. L. Econometria: modelos y pronósticos. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2001. p. 517.

La caminata aleatoria es un proceso no estacionario, para el cual se puede construir un modelo de pronóstico simple³⁹

Estacionariedad

Un concepto importante al analizar series de tiempo es la estacionariedad, es decir, que el proceso estocástico subyacente que generó la serie es invariable con

³⁸ Ibid., p. 517.

³⁹ Ibid., p. 598.

respecto al tiempo⁴⁰ lo que se traduce en afirmar que es donde una serie se encuentra en equilibrio estadístico, ya que no tiene tendencia, es homocedástica (La variabilidad se mantiene constante a lo largo de la serie), no presenta ciclos estacionales y la estructura de dependencia se mantiene constante, en este orden de ideas, es correcto afirmar que una serie estacionaria es aquella donde sus propiedades estadísticas no varían con respecto del tiempo; media, varianza y covarianza tienden a una constante.

$$E(Y_t) = \mu_t \rightarrow \text{Media} \quad (15)$$

$$\text{Var}(Y_t) = \sigma^2 \rightarrow \text{Varianza} \quad (16)$$

$$\checkmark_k = \text{Cov}(Y_t, Y_{t-k}) \text{ si } k \neq t \rightarrow \text{Covarianza} \quad (17)$$

Si una serie cumple con las 3 condiciones explicadas anteriormente, se conoce como un **proceso estacionario en sentido estricto o en tres momentos**, si por lo contrario una serie que no cumpla con las características descritas anteriormente se entenderá como un **proceso no estacionario**.

Estacionariedad Covariante.

Este tipo de estacionariedad se refiere que una serie cumple con las condiciones de la ecuación (15) y (16), es decir, invariante en media y varianza, pero la covarianza entre dos periodos depende de sus rezagos, es decir, la covarianza es independiente del tiempo. A esto se le denomina proceso estacionario en covarianza.

⁴⁰ Ibid., p. 598.

Estacionariedad en sentido débil

Corresponde a un proceso estacionario donde se cumplen las condiciones de la ecuación (15) y (16), media invariante y varianza constante, y la covarianza a medida que aumentan los rezagos tiende de manera rápida a cero.

Ruido Blanco

Es un proceso aleatorio, donde los residuos ϵ_t no se encuentran correlacionados y cumplen con las condiciones de media 0, varianza constante y covarianza nula.

$$E(\epsilon_t) = 0 \quad \text{Media} \quad (17)$$

$$\text{Var}(\epsilon_t) = \sigma^2 \rightarrow \text{Varianza} \quad (18)$$

$$\checkmark_k = \text{Cov}(\epsilon_t, \epsilon_r) \text{ si } r \neq t \quad \text{Covarianza} \quad (19)$$

Los residuos se encuentran distribuidos de manera independiente, es decir, que ninguna observación influye en la siguiente. Este proceso también es conocido como puramente Aleatorio.

7.2 METODOLOGIA BOX-JENKINS

En el año 1976 Box profesor de estadística de la Universidad de Wisconsin y Jenkins profesor de ingeniería de sistemas de la Universidad de Lancaster desarrollaron una metodología sobre el comportamiento de la contaminación en la bahía de San Francisco, con el objetivo de establecer mejores mecanismos de pronóstico y control, que estaban destinadas a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental, planteando toda una familia de modelos temporales que pueden ajustarse para explicar la evolución de una variable a lo largo del tiempo, lo que se denominan modelos AR (modelos autorregresivos), MA (modelos de medias móviles), ARMA (combinación de los modelos anteriores) Y ARIMA (modelo autorregresivo integrado de media móvil)⁴¹ que permite a partir de una observación del pasado de una serie, buscar la explicación del comportamiento sistemático de la misma para extrapolar sus resultados y poder pronosticar su comportamiento futuro principalmente en el corto plazo. Este importante avance en métodos econométricos, ha permitido que se propicie múltiples aplicaciones a la medición y predicción de riesgos, debido a que este último se relaciona con la volatilidad (Desviación estándar), estructura de correlaciones que son conceptos fundamentales en la metodología Box-Jenkins y que junto con los avances tecnológicos han facilitado los procesos de identificación, evaluación y control de riesgos en un tiempo muy reducido.

Las entidades financieras son tomadoras de riesgo, debido a la naturaleza de su negocio, pero cuando estas anticipan cambios asumen riesgos mas

⁴¹ Ibid., p. 564.

conscientemente, se protegen y cubren sus posiciones de eventos inesperados, crean una ventaja competitiva, al convertir los riesgos en oportunidades.

En esta metodología lo principal es la realización de varias etapas para conseguir la aplicación Box-Jenkins:

- Identificación: En esta etapa se realiza el análisis de la función de autocorrelación (FAC), y de la función de autocorrelación parcial (FACP) que se extraen de la serie bajo análisis para determinar si existe estacionariedad, si no existe es necesario la diferenciación de la serie, para transformarla en estacionaria.
- . Estimación: Se obtiene el valor de los parámetros del modelo ARMA.
- Diagnostico: Serie de pruebas para determinar si el modelo es el adecuado o no.
- 4. Predicción: No es obligación este paso después de haber realizado los tres anteriores pero como complemento, pero consiste en obtener los valores futuros de la serie bajo análisis.

Identificación del modelo

La lógica básica de estos modelos reside en intentar identificar qué tipo de proceso estocástico genera la serie de tiempo en cuestión sin recurrir a variables explicativas externas. Se parte, entonces, de una formulación general: un modelo ARMA (p, q) donde figuran tanto los rezagos de la variable estacionaria en cuestión (Y_{t-i} , el componente autorregresivo) como de sus errores estocásticos (ϵ_{t-j} , el componente de promedios móviles), es decir, se buscan los valores **p y q** de modo tal que –con la menor cantidad de parámetros posible- se pueda explicar las series estudiadas sin un elevado sacrificio en términos estadísticos. En todo caso

se requiere que la serie en cuestión sea estacionaria, de no serlo es necesario diferenciarla n veces hasta obtener una serie integrada de orden 0 ⁴².

Para la determinación de los valores de p y q normalmente se comienza analizando las funciones de autocorrelación (ACF) y de autocorrelación parcial (PACF). Dado que los diferentes procesos estocásticos ARMA (p, q) exhiben patrones típicos de ACF y PACF teóricas, si la serie bajo análisis sigue alguno de estos patrones satisfactoriamente puede suponerse que ésta está generada por éste⁴³.

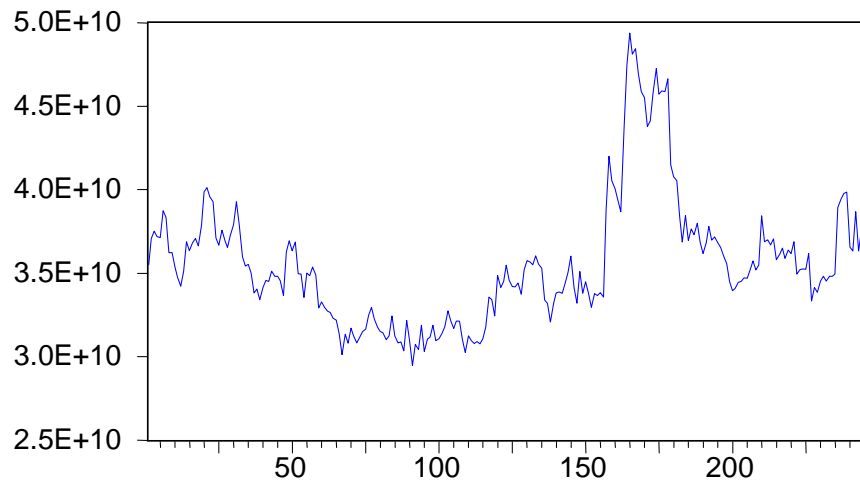
⁴² MCCANDLESS George, GABRIELLI Florencia, MURPHY Tomás E. El Banco Central de la República Argentina Modelos Econométricos. En: Modelos econométricos de predicción macroeconómica. Documento de Trabajo No. 19. (Jun. 2001); p. 5.

⁴³ Ibid., p. 6.

8. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LA SERIE

Antes de generar un análisis de método formal, como lo indicados a lo largo del documento es relevante llevar a cabo una grafica del valor del fondo en el periodo analizado, en este caso se utilizó datos diarios de valor del fondo comprendidos entre el periodo enero 2005 – diciembre 2005.

Figura 3 Comportamiento del fondo en periodo enero 2005 – diciembre 2005.



Fuente: Autores. Calculo EViews.

En el análisis grafico se evidencia que partir de la observación 152 se presenta un pico, lo que representa un periodo de alta volatilidad respecto a toda la serie. La media arrojó un resultado de \$35,600,000,000 y la desviación estándar de \$3,800,000,000 del valor del fondo.

Figura 4. Estadístico JB

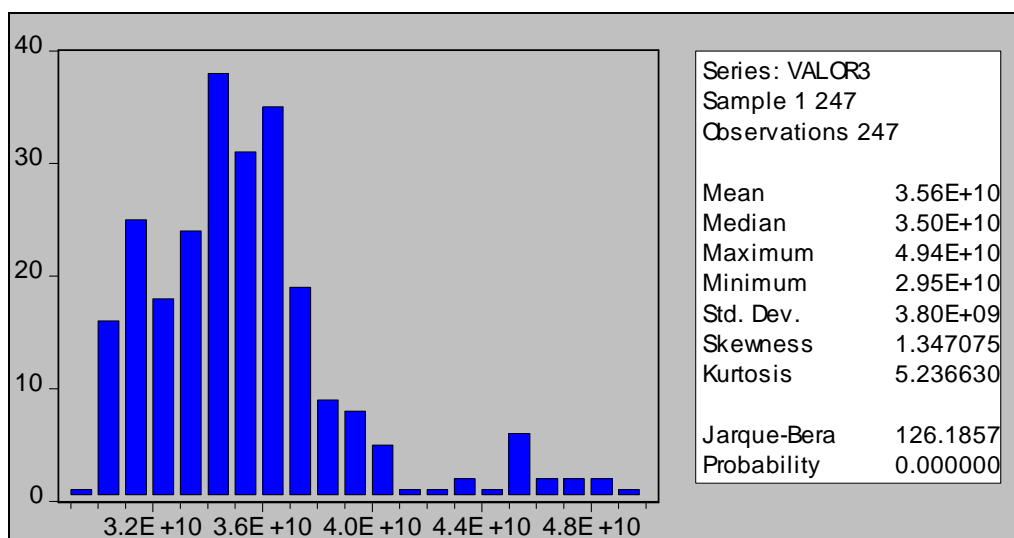


Tabla 1. Estadístico JB

Mean	35,600,000,000.00
Median	35,000,000,000.00
Maximum	49,400,000,000.00
Minimum	29,500,000,000.00
Std. Dev.	3,800,000,000.00
Skewness	1.35
Kurtosis	5.24
Jarque-Bera	126.19
Probability	0.-
Observations	247.00

También calculamos la tabla del estadístico JB rechaza la hipótesis nula de normalidad, pues su valor(126.19) genera una probabilidad de rechazar dicha hipótesis siendo verdadera muy pequeña e inferior a 0.05, la asimetría es 1.35 y a la derecha como se evidencia en la grafica (falta de simetría hacia su valor medio)

no esta cercana a 0 y su coeficiente o curtosis es 5.24 excede bastante el valor de 3 (es decir que tan alta o plana es su distribución), en nuestro caso se le denomina leptocurtica, esta se caracteriza por colas mas anchas que las de una normal y con gran concentración de transacciones alrededor de la media, con base en esto podemos rechazar que los residuos están normalmente distribuidos. En la practica los modelos que se utilizan para estimar el riesgo suponen que las distribuciones son normales o lognormales.

Después de analizar los estadísticos se evaluará el proceso generador de datos, lo que se conoce en ingles como el DGP, que se realiza a partir de la evaluación de la función de autocorrelación Simple y parcial, es decir, el análisis del correlograma.

Función de Autocorrelacion

Es la que mide la correlación entre los valores de la serie distanciados un lapso de tiempo k , en otras palabras, es el grado de asociación estadística lineal entre pares ordenados de observaciones para una misma variable aleatoria pero con diferente rezago.

Entre las principales causas que originan la autocorrelación en el modelo se encuentran:

- Errores de especificación como la omisión de variables(s) relevante(s), existencia de relaciones dinámicas no recogidas en el modelo o formulación de una relación lineal incorrecta.
- Utilización de datos manipulados.
- Existencia de efectos de proximidad entre las observaciones.

Hay que tener en cuenta que cuando detectamos la presencia de autocorrelación en los términos de error estos pueden surgir a partir de la omisión de variables cuyo efecto captura el término de error. Dado que las perturbaciones de un modelo de regresión recogen todos aquellos factores determinantes de la variable endógena que no son explícitamente especificados en la parte sistemática del modelo.

$$\rho_k = \frac{E[(y_t - \bar{y}_y)(y_{t+k} - \bar{y}_y)]}{\sqrt{E[(y_t - \bar{y}_y)^2]E[(y_{t+k} - \bar{y}_y)^2]}} \quad (20)$$

Una manera de entender la autocorrelación en series de tiempo es cuando los errores asociados con las observaciones, en un momento determinado, son llevados a periodos futuros, por ejemplo, si se está tratando con información trimestral de series de tiempo, para efectuar una regresión de la producción sobre los insumos trabajo y capital y si, por ejemplo, hay una huelga laboral que afecta la producción en un trimestre, no hay razón para pensar que esta interrupción afectara la producción del trimestre siguiente. Es decir, si la producción es inferior este trimestre, no hay razón para esperar que esta sea baja en el siguiente trimestre⁴⁴.

Con la Función de Autocorrelación es fácil determinar la estacionariedad de una serie debido a que nos muestra que los valores separados entre sí por intervalos de tiempo deben estar correlacionados de alguna forma. Es decir que el

⁴⁴ GUJARATI N. Damodar. Econometría Básica. 3 ed. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill, 2001. p. 394.

coeficiente de autocorrelación para un rezago debe ser significativamente diferente de 0.

La Función de Autocorrelación (FAC), por tanto es la función que permite calcular (ρ_k) para todos los rezagos (k) . El número de rezagos idóneo según Box-Jenkins es una cuarta parte del total de datos de la serie $(k=n/4)$.

Función de Autocorrelación Simple

Muestra la fuerza y la dirección del grado de asociación estadística lineal entre pares ordenados de observaciones de variables aleatorias teniendo en cuenta el efecto de observaciones entre los rezagos comparados. Por ejemplo: si Y_{t-1} comparado con Y_{t-4} , teniendo en cuenta la influencia de Y_{t-2} ; Y_{t-3}

Función de Autocorrelación Parcial

Esta se refiere a la relación directa que existe entre observaciones separadas por k rezago. En el coeficiente de autocorrelación parcial de orden k , se calcula la correlación entre parejas de valores separados esa distancia pero eliminando el efecto debido a la correlación producida por retardos anteriores a k . Por ejemplo: Si ρ_k es próximo a 1 indica que hay mucha relación entre una observación y la i posiciones posterior, y que esa relación es positiva.

Si ρ_k es próximo a -1 indica que hay mucha relación entre una observación y la i posiciones posterior, y que esa relación es negativa.

Como puede observarse la función de autocorrelación proporciona los coeficientes de correlación de la serie consigo misma -de ahí el nombre de Autocorrelación- para distintos retardos, las bandas verticales que se observan en la tabla 2. proporcionan los límites para considerar significativo un retardo, es decir si una barra está dentro de las bandas lo consideraremos no significativo en general, esto indica que una observación no influye excesivamente sobre las que están alejadas de ella en esa cantidad de periodos.

Modelo Autorregresivo y de promedio móvil

Existe un método que no solo pondera de una mejor forma las observaciones, sino que provee el menor error de varianza en la predicción, lo que robustece su capacidad predictiva. Estos son los modelos autorregresivos entre los cuales se encuentran los esquemas AR (Autorregresivos), MA (Media Móvil) y ARMA (el cual es la combinación de AR y MA), estos modelos presentan los datos en series temporales tomando como punto de partida buscar la estacionariedad en las mismas, de tal forma que valores futuros de una serie se puedan predecir a partir la información de su propio pasado es decir, hallar el proceso o modelo que los genera, esta metodología que es útil para hacer predicción es llamada la metodología Box-Jenkins, los cuales se explicaran a continuación.

Procesos Autoregresivos AR (P)

Significa expresar una variable en función de su propio pasado lo que se denomina procesos AR, es decir, mostrar el valor actual de una serie estacionaria en función de sus rezagos que se caracterizan por su orden (P).

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + C + \epsilon_t \quad (21)$$

Donde p es el orden o mayor rezago del modelo ϵ_t = Ruido blanco, o el error, residuo, perturbación, innovaciones o shocks*

C = constante que se relaciona con la media del proceso estocástico.

Quedando la formula de un modelo autorregresivo de orden 1, es decir un solo rezago el más sencillo de este tipo de modelos como:

$$X_t = c + \alpha_1 X_{t-1} + \epsilon_t \quad (22)$$

Obsérvese que si se conoce la estructura de (22), la predicción se hace relativamente fácil, pues solo restará introducir los valores pasados de X_t para obtener su valor futuro X_{t+1} , es decir, que cada observación se construye a partir de la anterior, mas un residuo aleatorio ϵ_t . En la medida que p aumenta mayor será la complejidad del modelo.

Propiedades de los modelos AR (P)

- ✓ Es propiedad deseable que la media sea invariante respecto al tiempo.
- ✓ Varianza constante.

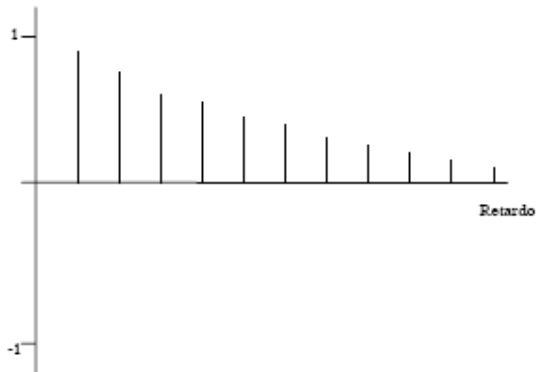
Los procesos AR (1) se reconocen por una Función de Autocorrelación infinita (determina la estacionariedad de la serie) y una Función de Autocorrelación Parcial que desaparece tras el primer rezago. Si los datos tienen media, es necesario especificar un término constante.

* En este documento se asumen estos términos indistintamente para evitar confusiones

Figura 5. Función de Autocorrelación Simple Y Función de Autocorrelacion Parcial en Modelos AR (1)

FAS

$0 < \theta < 1$

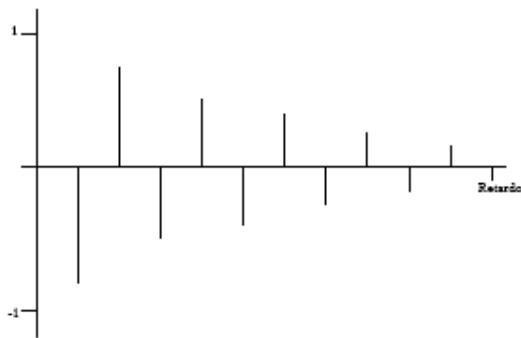


FAP



FAS

$-1 < \theta < 0$



FAP



Fuente: Jerez Miguel. Econometría II Análisis de series temporales: resumen de la metodología y los resultados principales. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 2002. p. 16.

Modelos MA (q)

Este modelo dentro la metodología Box-Jenkins plantea que la serie X_t esta en función del presente y pasado de una serie de ruido blanco, es decir, que las Perturbaciones aleatorias están distribuidas en forma independiente a lo largo del tiempo. Este tipo de modelo se considera de memoria corta (finita), pues si se analiza la Función de autocorrelación esta decrece lentamente, debido que los modelos MA tiende absorber más rápidamente los impactos. De aquí se concluye que la predicción que se realiza con los modelos MA(q) son de muy corto plazo, es correcto decir, que la observación de la serie en el periodo actual X_t , es generada por un promedio ponderado de perturbaciones aleatorias que se remontan a (q) periodos de la siguiente forma⁴⁵:

$$X_t = \mu + \epsilon_t - \alpha_1 \epsilon_{t-1} - \alpha_2 \epsilon_{t-2} \dots - \alpha_q \epsilon_{t-q} \quad (23)$$

Propiedades de los modelos MA (q)

En este modelo se supone que la variable aleatoria ϵ_t es generada por un proceso ruido blanco para cualquier rezago

- ✓ Media cero y constante.
- ✓ Varianza finita
- ✓ Covarianza = $E(\epsilon_t, \epsilon_{t-k}) = 0$

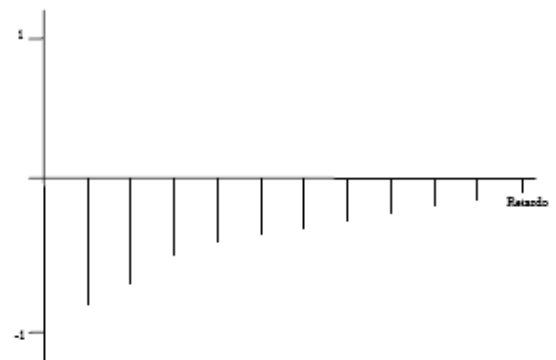
⁴⁵ PINDYCK, Op. cit., p. 548.

Figura 6. Función de Autocorrelacion Simple Y Función de Autocorrelacion Parcial en Modelos MA(1)

FAS

FAP

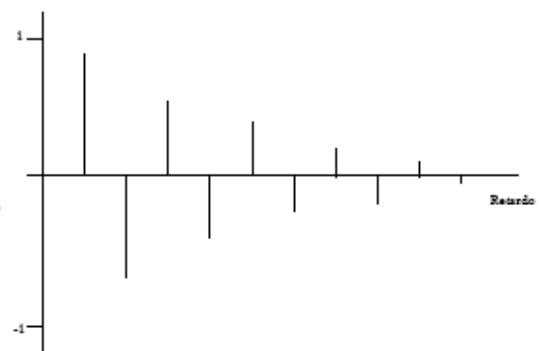
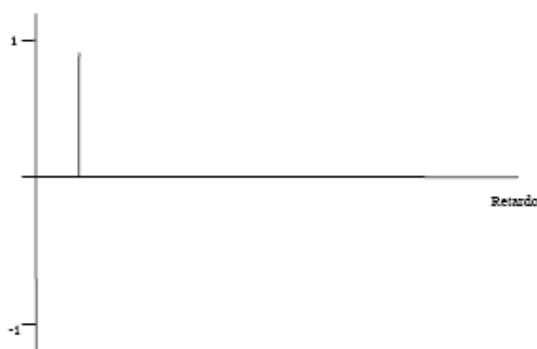
$0 < \theta < 1$



FAS

FAP

$-1 < \theta < 0$



Fuente: Jerez Miguel. Econometría II Análisis de series temporales: resumen de la metodología y los resultados principales. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 2002. p. 17.

De la anterior figura se puede concluir: La FAS del MA (1) tiene una única barra (De ahí la corta memoria) y que la FAP tiene muchas barras que van decreciendo lentamente del mismo modo que lo hacían las barras de la FAP del AR (1).

MODELOS ARMA (p, q)

Un modelo ARMA se define en términos generales como un proceso aleatorio estacionario, donde el valor de una serie de tiempo en el periodo actual está explicado por un promedio ponderado de sus propios valores rezagados en el tiempo hasta el periodo (p), más un término aleatorio de error en periodo actual y además por un promedio ponderado de perturbaciones aleatorias que se remontan a (q) periodos.

En otras palabras, el modelo ARMA (p,q) es una combinación de los modelos AR(p) y MA(q) y la condición general de estos modelos es la estacionariedad y se expresa de la siguiente forma:

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + C + \epsilon_t + \beta_1 \epsilon_{t-1} \quad (26)$$

Donde X_t es la serie bajo análisis, C es una constante, ϵ_t es una variable estocástica o término aleatorio de error ruido blanco, α son los ponderadores para cada observación pasada, p es el rezago más alto de la parte AR, β son los ponderadores para cada observación pasada de ϵ_t y q es el rezago más alto de la parte MA. Obsérvese que si se conoce la estructura de (3), la predicción se hace relativamente fácil, pues solo será necesario introducir los valores pasados de X_t para obtener su valor futuro X_{t+1} .

PROPIEDADES DE LOS MODELOS ARMA (p, q)

Como explicamos anteriormente el modelo ARMA debe ser estacionario, lo que implica que su media es constante a lo largo del tiempo, para la determinación de los valores de p y q normalmente se comienza analizando las funciones de autocorrelación (FAS) y de autocorrelación parcial (FAP). Dado que los diferentes procesos estocásticos ARMA (p, q) exhiben patrones típicos de FAS y FAS teóricas, si la serie bajo análisis sigue alguno de estos patrones satisfactoriamente puede suponerse que ésta está generada por éste. La Tabla No. 1 resume estos criterios.

Tabla 2. Criterios para determinar el valor de los parámetros para un ARMA (p,q)

Modelo	Patrón típico ACF	Patrón típico PACF
$AR(p)$	Cae exponencialmente o de forma sinusoidal convergente, o ambas.	Picos significativos hasta el rezago p.
$MA(q)$	Picos significativos hasta el rezago q.	Cae exponencialmente.
$ARMA(p,q)$	Cae exponencialmente.	Cae exponencialmente.

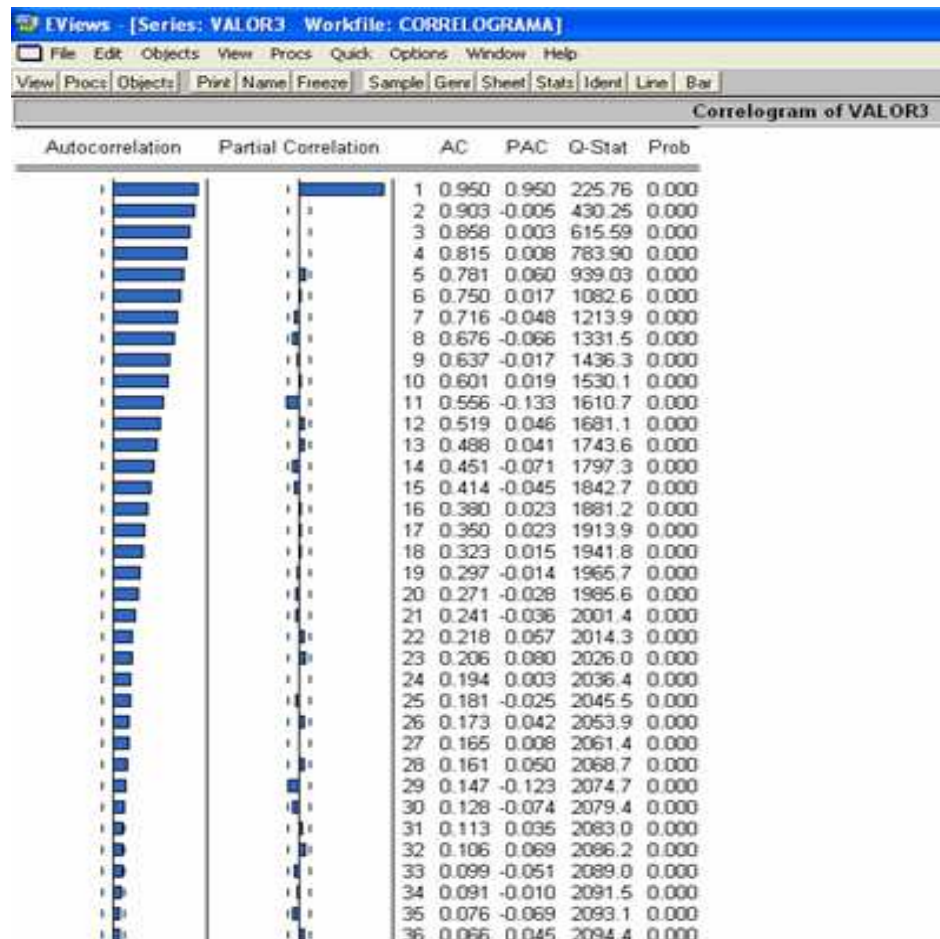
Fuente: Gujarati [1995: 742].

La fórmula general de los modelos denominados ARMA. Está constituido por una combinación de p términos AR (proceso autorregresivo), y q términos MA (proceso de medias móviles). La parte AR modela la influencia de los valores anteriores de la serie (X_{t-1} hacia atrás), y la parte MA modela la influencia del ruido en valores anteriores de la serie (ϵ_{t-1} hacia atrás), junto con el término ϵ_t que corresponde al ruido esperado en el mismo momento t en el que se estima el nuevo valor de la variable X.

Modelos ARIMA (p, d, q)

La principal diferencia de los modelos ARIMA (p, d, q), frente a los modelos ARMA (p,q) es que últimos ya son estacionarios por definición, es decir que no requieren que la serie original se diferenciada, por lo tanto no es necesario transformar la serie buscando estacionariedad, puesto que ya esta el modelo adaptado a este objetivo. Es correcto afirmar que un modelo ARMA se considerará un modelo ARIMA si el valor de d (numero de veces que se tiene que diferenciar un serie para llegar a ser estacionaria) sea igual a 0.

Tabla 3. Correlograma



Fuente: Autores. Calculo Software Work-file de EViews.

Una característica muy importante de este correlograma muestral es que empieza en un valor muy alto (alrededor de 0.95 en el rezago 1) y se va desvaneciendo muy despacio. Aunque la función de autocorrelación parcial encuentra el punto de corte en su primer rezago, no se puede identificar esto como un modelo AR (1) por que el correlograma muestral se desvanece muy despacio. Los procesos AR (1) se reconocen por una función de autocorrelación simple infinita y una Parcial que desaparece tras el primer rezago como se explico anteriormente. Con base en el correlograma, a conclusión general es que la serie de tiempo valor del fondo da indicio de ser no es estacionaria.

RAIZ UNITARIA

Cuando se aplica el test de raíz unitaria, se tiene como finalidad la búsqueda de la estacionariedad de la serie y esta se identifica como un problema de autocorrelación más fuerte o una situación de no estacionariedad.

Para entender este problema lo explicaremos con una variable que se comporta como un modelo AR (1) así:

$$Y_t = \beta_1 + \rho Y_{t-1} + e_t \quad (24)$$

Se dice que la variable estocástica Y_t presenta una raíz unitaria cuando el coeficiente de Y_{t-1} es igual a 1, en esta situación se efectúa la regresión:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$$

Y se encuentra que ρ toma el valor de uno, se afirma que la variable estocástica Y_t presenta raíz unitaria, lo que también se conoce para series de tiempo como una caminata aleatoria⁴⁶.

⁴⁶ GUJARATI, Op. cit., p. 702.

Para este caso, los efectos producidos por un choque aleatorio en el tiempo $t=1$ no desaparecen en el tiempo t , por el contrario, si una variable dependiente aumenta debido a un choque, ésta no retornará a su nivel original. Cuando se presenta este problema de no estacionalidad en la practica se debe convertir en estacionarias las series que no lo son, se debe transformar la serie en una que contemple diferencias entre las observaciones, o que se conoce como técnicas de integración⁴⁷. Las técnicas de integración son consideradas como una clase general de procesos estocásticos que agrupan las series estacionarias en diferencia. Cuando una serie es estacionaria sin requerir a la diferenciación esta se dice que es integrada de orden cero y se indica como: $Y_t \sim I(0)$. Esta condición se aplica para las series débilmente dependientes con $|\rho| < 1$. Cuando una serie de tiempo no tiene la condición de estacionariedad, pero en su primera diferencia resulta ser estacionaria, se dice que la serie original es integrada de orden 1, así: $Y_t \sim I(1)$. De igual forma si la serie debe ser diferenciada dos veces se dice que la serie original es integrada de orden 2 así sucesivamente va aumentando el orden de integración.

PRUEBAS DE ESTACIONARIEDAD Y RAÍZ UNITARIA

Existen diversas técnicas para identificar si la serie es estacionaria y tienen como finalidad describir de una manera sencilla el comportamiento de la misma; algunas de ellas se basa en graficar la serie; no obstante, estos no son capaces para determinar la presencia de estacionariedad en la serie, pero puede ser útil su aplicación inicial para tener un idea de la de la serie, Las técnicas mas utilizadas son las siguientes:

⁴⁷ Ibid., p. 703.

Correlograma: Grafica los coeficientes de correlación contra los rezagos k , es decir, grafica la función de autocorrelación, lo que permite identificar la estructura de correlación implícita en la serie de tiempo, indicando el grado de dependencia lineal de cada uno con el que los preceden. En un correlograma los valores de los coeficientes de autocorrelación deben decrecer exponencialmente (si la serie es estacionaria)

Para determinar el orden del proceso autorregresivo, además del análisis del correlograma que considera el comportamiento de los coeficientes de autocorrelación, es necesario utilizar otro instrumento: los coeficientes de autocorrelación parcial. Ya que por medio de esta se puede demostrar que es un proceso AR(P) las graficas de las autocorrelaciones parciales se corta después el rezago p . Así, pues al observar este grafico y el punto donde ya los valores están muy pequeños (dentro de la banda $\pm 2/\sqrt{n}$), que se debe tomar para ajustar el modelo. Lo que significa, que el numero de autocorrelaciones parciales distintas de cero indican el orden del proceso AR.

Test de Durbin Watson: se utiliza para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos de un modelo, también puede emplearse para el contraste de una raíz unitaria en una serie. Consiste en aplicar la expresión del Test sobre los residuos del modelo. La toma de decisión contrasta la hipótesis de si el estadístico DW toma un valor significativamente diferente de cero, de lo contrario la serie sería no estacionaria.

Prueba Dickey-Fuller (DF). Supone que la ecuación más conveniente para realizar la prueba de raíz unitaria es la resultante de restar Y_{t-1} de una serie que se comporta como un modelo AR(1) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Rightarrow Y_t &= \beta_1 + \rho Y_{t-1} + \mu_t \\ Y_t - Y_{t-1} &= \beta_1 + \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + \mu_t \\ \Delta Y_t &= \beta_1 + Y_{t-1} (\rho - 1) \\ \Delta Y_t &= \beta_1 + \alpha Y_{t-1} \end{aligned} \tag{25}$$

Donde: $\alpha = (\rho - 1)$
 μ = Ruido Blanco
 Δ = Operador de la primera diferencia

Siendo Ec.25 un modelo dinámicamente completo que busca contrastar la no estacionariedad de la serie. Partiendo de ésta ecuación se plantean como hipótesis para Y_t :

- $H_0: \alpha = 0 \rightarrow \rho = 1$
Hay presencia de raíz unitaria. La serie no es estacionaria.
- $H_a: \alpha < 0 \rightarrow \rho < 1$
No hay presencia de raíz unitaria. La serie es estacionaria.

Para probar si el coeficiente de Y_{t-1} (α) es cero y por ende, determinar si la serie Y_t es no estacionaria, Dickey y Fuller calcularon valores críticos asintóticos acordes a la distribución de Y_{t-1} que sigue el estadístico τ bajo H_0 . A esto se le conoce como la prueba DF.

El procedimiento básico para la aplicación del test DF comienza estimando el modelo propuesto y calculando el valor estimado de t del parámetro analizado. En

esta etapa, la prueba DF se estima bajo 3 hipótesis nulas diferentes a fin de determinar la especificación correcta de la serie Y_t . Una vez calculado el t estadístico se compara con el valor crítico de referencia (el t estadístico obtenido por Dickey-Fuller). Como regla de decisión se tiene: si el t calculado es superior al t crítico a un determinado nivel de confianza, no se rechaza la hipótesis nula. La serie Y_t no presenta raíz unitaria.

Como aspectos relevantes de tener en cuenta antes y en la aplicación de la prueba DF a la serie Y_t se tienen:

La escogencia de los t de referencia (t críticos) dependen del tamaño de la muestra y del tipo de modelo estimado.

La escogencia del modelo a estimar (especificación) se hace a través de pruebas de ensayo y error; no obstante, si se cuenta con una estructura teórica del proceso generador de datos asumida para la serie Y_t se puede determinar con mayor grado de acierto el nivel de especificación.

Prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF). Se aplica para series temporales de orden superior a los procesos AR (1). A su vez, resulta útil emplearlo como posible corrección a los problemas de correlación serial que pudieran presentarse en los residuos del modelo: básicamente la prueba ADF sigue el mismo esquema de Dolado y Perron (1.990), propuesto en la prueba DF, puesto que sigue la misma distribución asintótica del estadístico t del parámetro estimado α , y este a su vez es independiente del número de rezagos que se incluyan en el modelo.

Se debe prestar especial atención a la cantidad óptima de rezagos a incluir en el modelo de la serie. No se debe incluir en la ecuación más retardos de los necesarios puesto que se puede incrementar el error estándar de los parámetros estimados y conducir al no rechazo de H_0 .

Para efectuar el contraste de una raíz unitaria según la prueba DF se propone seguir el algoritmo planteado por Dolado dada la potencia de la prueba ADF, es posible no rechazar una hipótesis falsa, debido a una mala especificación de los elementos determinísticos (interceptos y tendencia). Para mejorar estas complicaciones, Dolado (1990) propone la siguiente estrategia para contrastar raíces unitarias en la presencia de posibles tendencias:

Se estima el modelo más complejo, es decir, el menos restringido.

Caminata aleatoria con deriva y tendencia determinista:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \alpha Y_{t-1} + \mu_t$$

Donde β_1 es el llamado coeficiente de deriva (drift) y $\beta_2 t$ es la tendencia de la serie. En este caso μ_t es ruido blanco (un proceso independiente a lo largo del tiempo, con medio cero y varianza constante).

Se evalúa estadísticamente el modelo (α)

Si el t calculado $>$ t crítico (τ) \rightarrow No rechazo H_0 .

Donde $H_0: \alpha = 0$. Hay raíz unitaria.

Si el t calculado $<$ t crítico (τ) \rightarrow Rechazo H_0 .

Donde $H_a: \alpha < 0$. No hay raíz unitaria

Si $\alpha = 0$, se evalúa β_2 (tendencia determinista⁴⁸)

Si el $|t|$ calculado $< |t|$ crítico $(\tau\beta\tau) \rightarrow$ No rechazo H_0 .

Donde $H_0: \beta_2 = 0$. Tendencia no significativa.

Si el $|t|$ calculado $> |t|$ crítico $(\tau\beta\tau) \rightarrow$ Rechazo H_0 .

Donde $H_a: \beta_2 \neq 0$. Tendencia significativa.

Si $\beta_2 \neq 0$, se evalúa μ (Ruido blanco)

Si μ es ruido blanco, la serie es estacionaria.

Si μ no es ruido blanco, la serie es no estacionaria.

Si $\beta_2 = 0$, se estima el modelo sólo con término constante (deriva)

Caminata aleatoria con deriva:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \alpha Y_{t-1} + \mu_t$$

Se evalúa estadísticamente el modelo (α)

Si el t calculado $> t$ crítico $(\tau\mu) \rightarrow$ No rechazo H_0 .

Donde $H_0: \alpha = 0$. Hay raíz unitaria.

Si el t calculado $< t$ crítico $(\tau\mu) \rightarrow$ Rechazo H_0 .

Donde $H_a: \alpha < 0$. No hay raíz unitaria

Si $\alpha = 0$, se evalúa β_1 (término constante⁴⁹)

⁴⁸ La significatividad del parámetro de tendencia determinista se puede determinar de dos formas: Individualmente: para este caso se contrasta la $H_0: \alpha = 0$. comparando el t estimado de para esta variable (en valor absoluto) contra el t de Dickey-Fuller. Ésta es la forma propuesta en el algoritmo Dolado-Perron.

Conjuntamente: contrasta simultáneamente la presencia de raíz unitaria y la inclusión de tendencia determinista en la Hipótesis nula, siendo $H_0: \alpha = \beta_2 = 0$. Para ello se debe calcular un ratio f y comparar con el valor crítico DF para $\phi\beta$. Éste método se emplea para corroborar un resultado de la forma individual o para abreviar la prueba.

La significancia del parámetro β_1 al igual que el parámetro β_2 también puede ser evaluado de la manera conjunta e individual. La forma individual es la expuesta en el punto VII del algoritmo y la conjunta opera igual que para el parámetro de tendencia, sólo que el estadístico de referencia es ϕ_1 .

Si el $|t|$ calculado $< |t|$ crítico $(\tau_{\mu}) \rightarrow$ No rechazo H_0 .

○ Donde $H_0: \beta_1 = 0$. Deriva no significativa.

○

Si el $|t|$ calculado $> |t|$ crítico $(\tau_{\mu}) \rightarrow$ Rechazo H_0 .

○ Donde $H_a: \beta_1 \neq 0$. Deriva significativa.

Si $\beta_1 \neq 0$, se evalúa μ_t (Ruido blanco)

Si μ_t es ruido blanco, la serie es estacionaria.

Si μ_t no es ruido blanco, la serie es no estacionaria.

Si $\beta_1 = 0$, se estima el modelo simple (menos restringido)

Caminata aleatoria simple:

$$\Delta Y_t = \alpha Y_{t-1} + \mu_t$$

Se evalúa estadísticamente el modelo (α)

Si el t calculado $> t$ crítico $(\tau_{\mu}) \rightarrow$ No rechazo H_0 .

Donde $H_0: \alpha = 0$. Hay raíz unitaria.

Si el t calculado $< t$ crítico $(\tau_{\mu}) \rightarrow$ Rechazo H_0 .

Donde $H_a: \alpha < 0$. No hay raíz unitaria.

Éste análisis supone que la serie Y_t presenta una raíz unitaria, por lo que se convertiría en estacionaria en su primera diferencia lo que la convierte en una serie $I(1)$. Para determinar si existe una segunda raíz unitaria se aplica el esquema de Charemza-Deadman (1.992).

⁴⁹ La significancia del parámetro β_1 al igual que el parámetro β_2 también puede ser evaluado de la manera conjunta e individual. La forma individual es la expuesta en el punto VII del algoritmo y la conjunta opera igual que para el parámetro de tendencia, sólo que el estadístico de referencia es ϕ_1 .

Tabla 4. Test de Raíz unitaria.

ADF Test Statistic	-2.474895	1% Critical Value*	-3.4585
		5% Critical Value	-2.8734
		10% Critical Value	-2.5730

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(FONDO)

Method: Least Squares

Date: 04/30/06 Time: 19:36

Sample(adjusted): 2 247

Included observations: 246 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VALOR FONDO(-1)	-0.049238	0.019895	-2.474895	0.0140
C (TAU)	1.75E+09	7.12E+08	2.453487	0.0148
R-squared	0.024488	Mean dependent var	-5271307.	
Adjusted R-squared	0.020490	S.D. dependent var	1.20E+09	
S.E. of regression	1.19E+09	Akaike info criterion	44.63365	
Sum squared resid	3.43E+20	Schwarz criterion	44.66215	
Log likelihood	-5487.939	F-statistic	6.125108	
Durbin-Watson stat	1.969902	Prob(F-statistic)	0.014008	

FUENTE: Autores. Calculo Software Work-file de EViews.

En el cuadro 4 se evidencia la aplicación de ADF, que permite identificar la presencia de raíces unitaria. En términos formales se tiene que en valor absoluto el valor crítico es menor al valor del módulo del estadístico, la regla de decisión dice que la serie en cuestión resulta no estacionaria. No siempre la raíz unitaria determina una caminata aleatoria, así que se hace necesario verificar los errores para determinar si estos tienen características de ruido blanco Ruido Blanco.

Tabla 5 Correlograma de los errores.

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.009	0.009	0.0204	0.886		
2	-0.004	-0.004	0.0251	0.988		
3	0.000	0.000	0.0251	0.999		
4	-0.062	-0.062	0.9969	0.910		
5	-0.002	-0.001	0.9977	0.963		
6	0.044	0.044	1.4907	0.960		
7	0.067	0.066	2.6225	0.918		
8	0.027	0.022	2.8065	0.946		
9	-0.025	-0.025	2.9654	0.966		
10	0.114	0.121	6.3160	0.788		
11	-0.070	-0.065	7.5810	0.750		
12	-0.065	-0.063	8.6657	0.731		
13	0.066	0.060	9.8210	0.709		
14	0.023	0.030	9.9583	0.765		
15	-0.031	-0.043	10.220	0.806		
16	-0.017	-0.034	10.300	0.850		
17	-0.027	-0.025	10.488	0.882		
18	-0.011	0.001	10.523	0.914		
19	0.016	0.023	10.591	0.937		
20	0.050	0.023	11.273	0.939		
21	-0.064	-0.061	12.388	0.929		
22	-0.102	-0.086	15.221	0.853		
23	0.004	-0.005	15.226	0.886		
24	0.015	0.024	15.289	0.912		
25	-0.046	-0.038	15.872	0.919		
26	0.020	0.002	15.980	0.937		
27	-0.046	-0.052	16.559	0.941		
28	0.101	0.124	19.416	0.885		
29	0.051	0.061	20.157	0.888		
30	-0.029	-0.038	20.398	0.906		
31	-0.088	-0.081	22.576	0.864		
32	0.009	0.047	22.599	0.891		
33	0.013	0.003	22.646	0.912		
34	0.075	0.057	24.259	0.892		
35	-0.048	-0.054	24.933	0.896		
36	-0.012	-0.028	24.977	0.916		

Fuente: Autores. Calculo EViews.

En la tabla No. 5 se puede apreciar con el estadístico Q-Box es muy pequeño y podemos aceptar la hipótesis nula, debido a que la probabilidad de que los errores son ruido blanco son al menos del 95%⁵⁰, por tanto se confirma la prueba de DF de que la serie es no estacionaria, confinado en el valor medio como en su varianza, es decir, que los errores son generados por este proceso.

⁵⁰ PINDYCK, Op. cit., p. 582.

Con base en el correlograma y en la prueba de raíz unitaria, la serie del valor del fondo es no estacionaria, sin embargo diferenciaremos la serie una vez y encontramos los siguientes resultados:

Tabla 6. Test de Raíz unitaria aumentada.

ADF Test Statistic	-9.228017	1% Critical Value*	-2.5735
		5% Critical Value	-1.9408
		10% Critical Value	-1.6163

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(FONDO,2)

Method: Least Squares

Date: 08/24/06 Time: 22:00

Sample(adjusted): 8 265

Included observations: 258 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(FONDO(-1))	-1.736540	0.188181	-9.228017	0.0000
D(FONDO(-1),2)	0.572944	0.166817	3.434576	0.0007
D(FONDO(-2),2)	0.441310	0.144710	3.049624	0.0025
D(FONDO(-3),2)	0.399872	0.121837	3.282017	0.0012
D(FONDO(-4),2)	0.299408	0.093679	3.196100	0.0016
D(FONDO(-5),2)	0.170997	0.061582	2.776748	0.0059
R-squared	0.586002	Mean dependent var	3315106.	
Adjusted R-squared	0.577788	S.D. dependent var	1.53E+09	
S.E. of regression	9.93E+08	Akaike info criterion	44.29422	
Sum squared resid	2.49E+20	Schwarz criterion	44.37685	
Log likelihood	-5707.955	Durbin-Watson stat	2.000962	

En términos formales encontramos que el valor crítico calculado es mayor a los valores críticos del 1%, 5% y 10% en términos absolutos, con lo podemos afirmar que la serie valor del fondo en primera diferencia no presenta raíz unitaria, es decir es estacionaria. Para concluir podemos afirmar que la serie valor del fondo es integrada de orden uno $I(1)$ y puede ser modelada mejor como una caminata aleatoria.

9. EL METODO MONTECARLO

El común denominador en la administración de riesgos en Colombia es la falta de metodologías que inserten el tiempo como una variable dentro del análisis, sumándole a este panorama que las variables financieras presentan una enorme volatilidad en el mismo por eso se hace necesario la aplicación de metodología como Box- Jenkins que a través del método iterativo de prueba y error, puede encontrar un modelo que realmente cumpla con nuestras expectativas, ya que no basta con encontrar y estimar el modelo que sea el mas adecuado para encontrar el pronostico del mismo, si no que es necesario realizar contrastes y simulaciones del comportamiento del modelo bajo diversos escenarios para complementar este análisis, para este caso se utiliza la simulación de Montecarlo.

Después de haber ilustrado los métodos formales de series de tiempo, explicaremos el método Montecarlo, este busca suponer un modelo de comportamiento para cada uno de los factores de riesgo y para las relaciones de dependencia con el resto de los factores. Una vez realizado esto, se generarán escenarios basados en el modelo de comportamiento conjunto, que arrojarán una pérdida o una ganancia. La combinación y tabulación de todos ellos dará lugar a calcular una teórica distribución de probabilidades para el portafolio en un determinado periodo de tiempo, ofreciendo así un mapa de pérdidas y ganancias.

El método de Monte Carlo se puede definir en términos generales como “un método numérico basado en muestreo aleatorio”⁵¹ de acuerdo con Niederreiter [1992]. Para hacer la simulación de Monte Carlo se necesita disponer de una muestra de números presididos por la distribución de una variable aleatoria en particular, los elementos de dicha muestra son los que se conocen como números aleatorios, los cuales se generan a través de métodos mecánicos, matemáticos y los que utilizan computadores digitales⁵²

Las propiedades que deben observarse en los números aleatorios no deben presentar correlación alguna; de otra forma los resultados de la simulación serían inválidos⁵³.

El objetivo de las experimentaciones de Monte Carlo es simular el comportamiento de los factores de riesgo que influyen en el valor del portafolio en una fecha determinada o se utiliza para procesos decisorios en cualquiera otra ciencia como economía, ingenierías, medicina, construcciones, etc.

Una simulación de Monte Carlo consiste en tomar un conjunto de N datos muestrales de una distribución de frecuencias generalmente con media 0 y varianza unitaria. Si N es reducido existe la posibilidad de que el error de

⁵¹ NIEDERREITER, H. “Random Number Generation and Quasi Monte Carlo Methods”. En: Regional Conference Series in Applied Mathematics, Vol. 63 (Dic. 1992); p. 34.

⁵² THUESEN, H. G, FABRICKY W.J, THUESEN G. J, Ingeniería Económica. Madrid: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1896. p. 448.

⁵³ SERNA F. Mauricio, Valuación y cobertura delta, empleando simulación de Monte Carlo para el caso de opciones de venta de dólares del Banco de México. En: Gaceta de Economía, Vol. 6, No. 11. (Nov. 1998); p. 8.

muestro sea alto, lo que quiere decir que los resultados de dos simulaciones difieran significativamente, el segundo paso es simular sendas de precios o valores ficticios para las variables en interés por parte de el administrador. Indudablemente mientras mayor numero de simulaciones se incluya en el modelo de Monte Carlo la eficiencia estadística de los parámetros que se desean estimar va ser mas precisa.

Resulta ampliamente utilizado este método en la administración en los riesgos financieros debido, a que se toma como escenarios futuros cada uno de los escenarios de variación de los hechos que tuvieron lugar en el periodo de observaciones utilizadas. Por lo cual, no es necesario asumir hipótesis sobre el modelo de comportamiento de los subyacentes debido a que se toman como escenarios los cambios que realmente sucedieron históricamente. Esto ofrece una gran versatilidad o flexibilidad en la elaboración de posibles escenarios para el riesgo, que se complementa con la utilización de software, que para las altas direcciones de las entidades es difícil de asumirlo, por los altos costos profesionales y computacionales que representan.

El experimento de Monte Carlo es muy útil para cuantificar una gran diversidad en riesgos, e incluso alcanza a considerar el riesgo de modelo, puede considerar colas amplias e incluso hasta escenarios extremos, no obstante, se considera que la utilización de este método implica inversiones muy altas en recursos intelectuales principalmente y en diversos casos un alto costo tecnológico.

Para realizar la simulación utilizaremos **CRISTAL BALL**; un software financiero que permite crear modelos de predicción bajo diversos escenarios, simulando el

riesgo a través de la metodología Montecarlo, teniendo en cuenta que esta última está basada como se explicó anteriormente en el comportamiento aleatorio de las variables introducidas obteniendo un pronóstico para el periodo de interés, permitiendo evaluar la tendencia de la serie en diversas circunstancias.

El nivel de variabilidad existe en todas las series. Cuando la variabilidad aumenta, los resultados pueden ser más difíciles de predecir, **CRYSTAL BALL** es un programa de simulación que ayuda a analizar los riesgos e incertidumbres asociados con modelos que se realizan en hojas de cálculo en Excel.

Es una herramienta para manejar el riesgo, reduce la variabilidad y ayuda a tomar decisiones estratégicas.

Además de la simulación de Montecarlo, incluye distribución de los datos históricos, la correlación, las distribuciones de probabilidad, el análisis de sensibilidad, el control de precisión de simulaciones, y filtración de previsión.

CB Predictor, analiza los datos históricos que exhiben de una serie de tiempo e indica si esta tiene alguna tendencia en el tiempo.

10 SIMULACION DEL NIVEL DE LIQUIDEZ EN CRYSTAL BALL

Después de hacer el diagnóstico y confirmar que la serie es no estacionaria se procederá a simular la dispersión (desviación estándar) de la serie, empleando un software llamado Crystal Ball, que nos permite mediante el método de simulación de monte Carlo realizar un proceso de iteraciones (prueba y error), determinando mediante supuestos, la creación del escenario más factible para controlar y administrar el riesgo de liquidez en el fondo.

Crystal Ball es una colección sofisticada de prever, el riesgo-análisis, y la optimización con herramienta para los usuarios de Excel con combinación de simulación avanzada y técnicas de optimización en un paquete gráfico que es fácil de aprender y usar.

Para realizar simulaciones en el software Crystal Ball, arroja diversas opciones de distribución de probabilidades, para nuestro análisis, la distribución seleccionada es la log Normal para describir el valor del fondo.

El valor del fondo se modela como una distribución log normal, ya que esta se usa ampliamente en situaciones donde se sesgan los valores positivamente, por ejemplo en el análisis financiero para la valoración los precios un portafolio son normalmente positivos, la exhibición de precios no pueden caerse debajo del más bajo límite de cero, pero podría aumentar a cualquier precio. Los precios ilustran la asimetría positiva desde que los valores de propiedad no pueden ponerse negativos.

Los parámetros mas importantes definen la distribución log normal son la media y la desviación estándar⁵⁴.

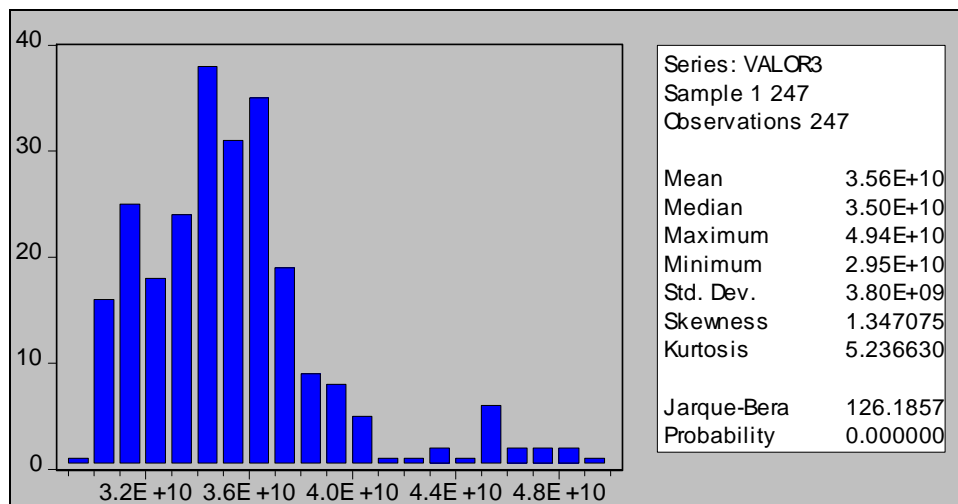
El valor de la media o esperanza matemática de dicha variable aleatoria se acepta como medida de la rentabilidad de la inversión y se acepta la dispersión como medida del riesgo, medida por la desviación estándar, de la variable aleatoria que describe la rentabilidad, ya sea de un valor individual o de una cartera. La conducta del inversor lo lleva a preferir aquellas carteras con una mayor rentabilidad y menor riesgo.

Se calculó la media y la desviación estándar $N(\mu, \sigma)$ del valor diario del fondo para el periodo comprendido entre enero de 2005 – Diciembre 2005, dando los siguientes resultados:

MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
35,600,000,000	3,800,000,000.

⁵⁴ LARA DE HARO, Op. cit., p. 29.

Figura 7. Distribución log normal del portafolio



Fuente: Autores. Calculo Eviews

Posteriormente, se llega a la conclusión que la liquidez (recursos mínimos para atender obligaciones contraídas en una periodo de tiempo) es proporcional a la volatilidad del valor del fondo, es decir, que la variabilidad que presente el fondo en sentido positivo (mas recursos) y en sentido negativo (menos recursos), es determinante para definir el requerimiento de liquidez necesarios para cumplir con las obligaciones. Por tanto modelamos la dispersión con una función de probabilidades, teniendo en cuenta una desviación estándar mensual.

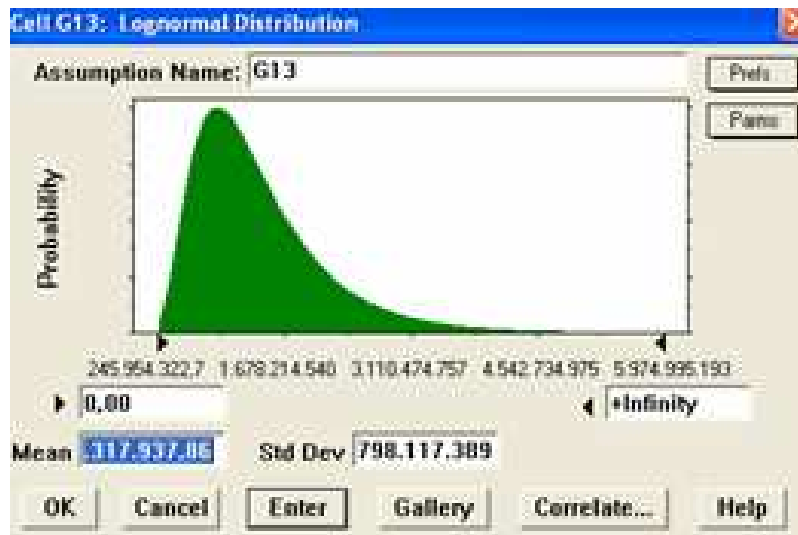
Según los datos arrojados en la simulación de la desviación estándar esta se comporta como una Log Normal, esta tiene dos parámetros: m (media aritmética del logaritmo de los datos) y σ (desviación estándar del logaritmo de los datos), la distribución lognormal se caracteriza por las siguientes propiedades:

Asigna valores de la variable < 0 la probabilidad 0 y de este modo se ajusta a las tasas y probabilidades de fallo que de esta forma sólo pueden ser positivas, como depende de dos parámetros, según veremos, se ajusta bien a un gran número de distribuciones empíricas, es idónea para parámetros que son a su vez producto de numerosas cantidades aleatorias.

Según hemos visto, la distribución lognormal es aquella en que el logaritmo de la variable está distribuido normalmente. debido a que esta distribución log normal se caracteriza por ser muy próxima a la distribución normal, se le pueden aplicar los tests de análisis estadísticos propios de una distribución normal, esto puede constituir una limitación, no obstante facilita el tratamiento de carteras compuesta por activos “normales”, es decir con variables normales con media 0 y varianza unitaria, con lo cual es muy útil la Ji cuadrada ya que esta prueba hipótesis que tienen que ver con variables aleatorias, la ventaja de trabajar con este supuesto es que, con base en las estimaciones de la media y de la desviación estándar es posible determinar la probabilidad de que una variable aleatoria se sitúe en cualquier rango dentro de la distribución de la probabilidad.

Una vez que se aproxima la función de distribución del activo subyacente será posible calcular los puntos correspondientes a los distintos intervalos de confianza. Es decir, dada una distribución normal de media μ y desviación estándar σ se obtendrá un intervalo de confianza determinado (número de veces de σ).

Figura 8. Distribución Log-normal de la desviación estándar



Fuente: Autores. Calculo Crystal Ball.

Por tanto, el nivel óptimo de liquidez para el Fondo Común Ordinario se calcula como el coeficiente de variación, $(2 \times \text{desviación estándar} / \text{valor del fondo})$ de un periodo específico en este caso mensual, con un nivel de confianza de 95% (se excluye el dato más adverso) se puede encontrar la mayor pérdida posible lo que significa al aceptar.

Este nivel de confianza se está dispuesto a aceptar que en solo 5 de cada 100 casos las pérdidas observadas serán superiores a las máximas estimadas.

* La desviación estándar mide la dispersión de los resultados de una variable aleatoria con respecto a la media, con esta medida es posible determinar la probabilidad de que una variable aleatoria se sitúe en cualquier rango dentro de la distribución de probabilidad, en nuestro caso se utilizó dos desviaciones estándar con el fin de estar de acuerdo con los lineamientos de la entidad financiera en su política de riesgo de liquidez, ya que esta es conservadora y adversa al riesgo.

En este orden de ideas, los recursos catalogados como el nivel mínimo de liquidez para un periodo específico en nuestro ejemplo de 10 días hábiles, (este lapso es por concepto de riesgo de mercado el comité de Basilea definió un horizonte de inversión de 10 días hábiles, el resultado se da de la multiplicación de un día del valor del fondo por el coeficiente de variación)*

Tabla 7. Pronostico de liquidez.

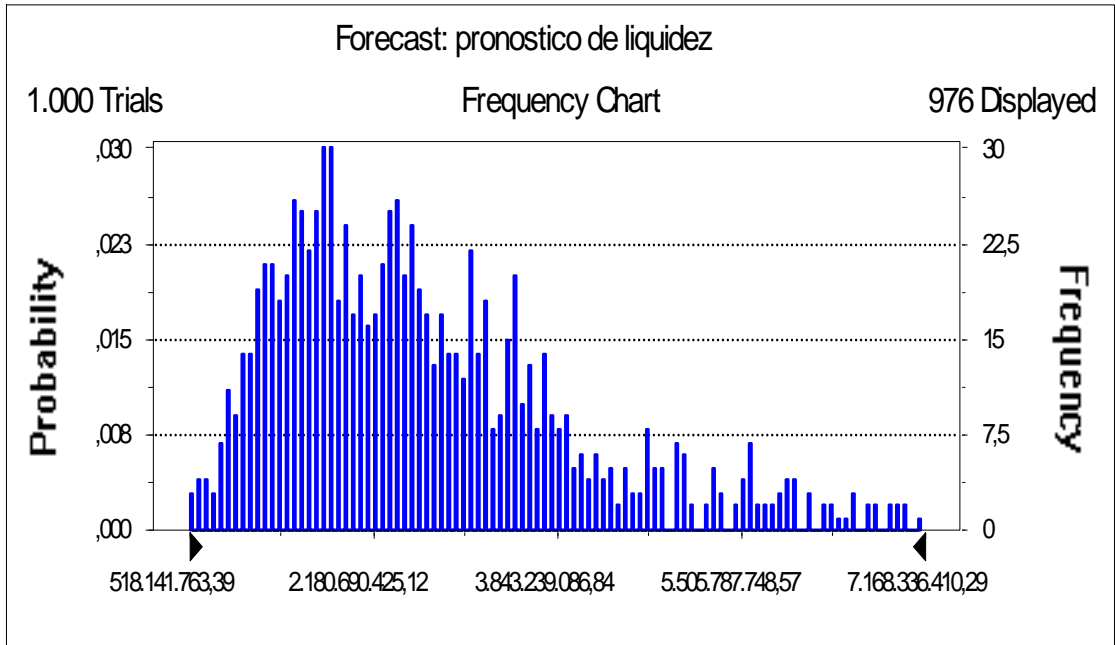
PERIODO 10 DIAS	VALOR DEL FONDO
1	35,501,005,015
2	37,078,895,818
3	37,503,536,680
4	37,186,807,432
5	37,123,346,114
6	38,739,929,436
7	38,344,441,559
8	36,237,758,696
9	36,241,578,058
10	35,353,670,912
1116088774	
0.06	
PRONOSTICO DE LIQUIDEZ	2,232,177,549

Fuente: Autores. Calculo Crystal Ball.

De acuerdo al pronóstico realizado por Crystal Ball, en el eje de Y se representa la probabilidad y en el de las X el valor de liquidez en miles de millones, este grafico evidencia que a mayor nivel de liquidez superior a \$5.500 millones aproximadamente la probabilidad de incumplimiento es menor, no obstante si se deja menor nivel de liquidez inferior a \$2.100 millones la probabilidad de incumplimiento es mayor o caer en riesgo de liquidez será mayor.

* El horizonte de inversión se interpreta como el periodo en que la institución financiera podría deshacerse o cubrir la posición de riesgo, este horizonte depende del monto y de la liquidez de la misma.

Figura 9. Pronóstico de liquidez



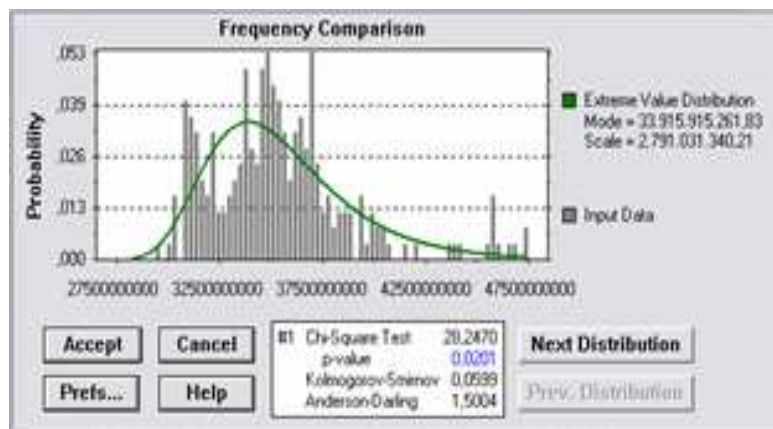
Fuente: Autores. Calculo Crystal Ball

SIMULACIONES REALIZADAS EN CRYSTAL BALL

En la simulación realizada por el Cristal Ball, después de haber sugerido la distribución log-normal, el deja ver las graficas aplicando las otras distribuciones mas utilizados en el campo de las ciencias administrativas, las cuales no aplican a este trabajo como se demostrara a continuación.

Distribución de Valor Extremo: La distribución de valor extremo normalmente se usa para describir el valor más grande durante un período de tiempo: el ejemplo, en los flujos de diluvio, lluvia, y terremotos. Otras aplicaciones incluyen las fuerzas de la ruptura de materiales, diseños de la construcción, y cargas del avión y tolerancias, para nuestro caso no aplica.

Figura 10. Distribución de Valor Extremo.



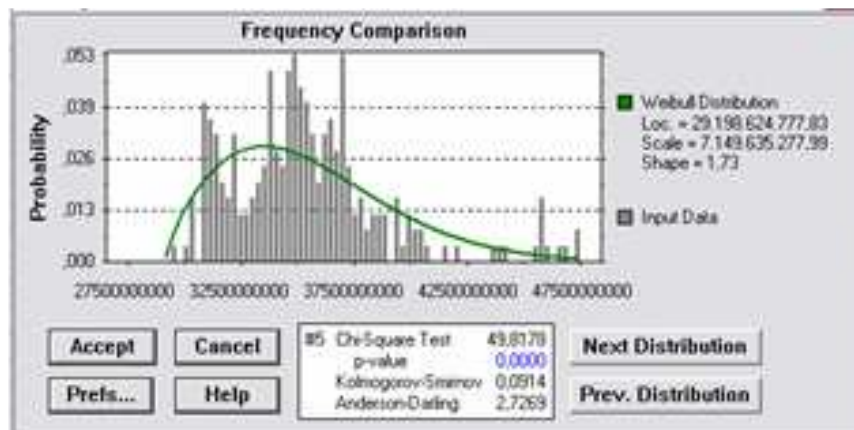
Chi-Square Test 28.2470

P-Value

0.0201

Distribución Weibull: La distribución del weibull describe datos que son el resultado de la vida y pruebas de fatiga. Normalmente se usa para describir tiempo de fracaso en la fiabilidad estudia y pruebas de mando de calidad. también se usan la distribución de weibull para representar la velocidad del viento, para nuestro caso no aplica.

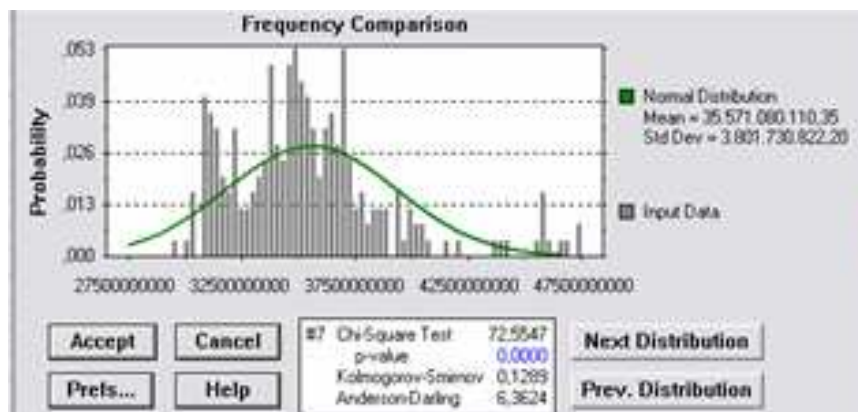
Figura 11. Distribución Weibull



Chi-Square Test 49.8178 P-Value 0.0000

Distribución Normal: La distribución normal es la distribución más importante en la teoría de probabilidad porque describe muchos fenómenos naturales, como personas o alturas. Se puede usar la distribución normal para describir las variables inciertas como la inflación tasa o el precio futuro de algún producto.

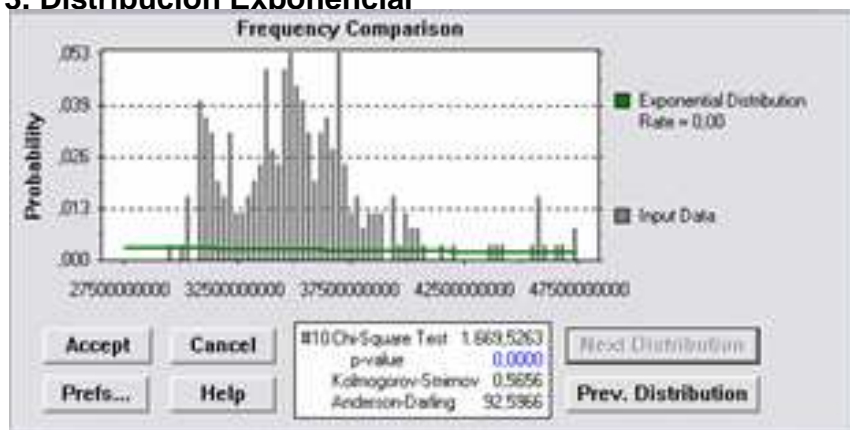
Figura 12. Distribución Normal



Chi-Square Test 72.5547 P-Value 0.0000

Distribución Exponencial: La distribución exponencial se usa para describir eventos que se repiten al azar ampliamente en el tiempo, como el tiempo entre los errores de un equipo electrónico. Se relaciona a la distribución del poisson ya que ambos tienen la propiedad de la memoria en la vida futura de un objeto dado tiene la misma distribución.

Figura 13. Distribución Exponencial



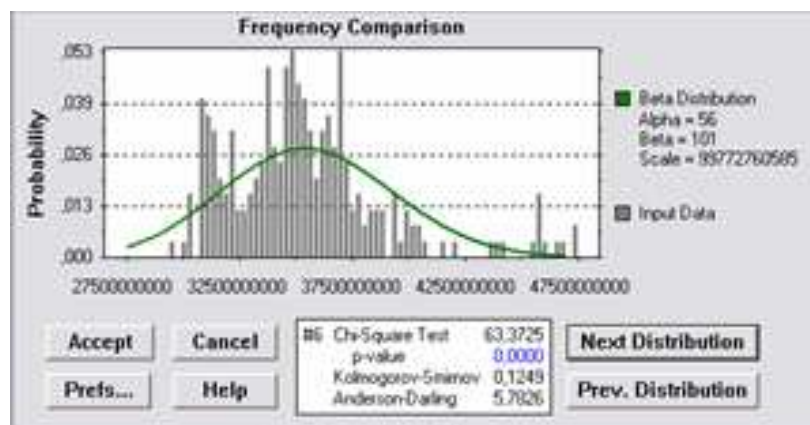
Chi-Square Test 669.5263

P-Value

0.0000

Distribución Beta: La distribución de la beta normalmente es que una distribución muy flexible se usa para representar la variabilidad encima de un rango fijo, la distribución de la beta se usa para representar la incertidumbre en la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Figura 14. Distribución Beta



Chi-Square Test 63.3725

P-Value

0.0000

11. CONCLUSIONES

- La serie valor del Fondo no presenta características de estacionarias.
- De acuerdo al pronóstico realizado por Cristal Ball, a mayor nivel de liquidez superior a \$5.500 millones aproximadamente la probabilidad de incumplimiento es menor, no obstante si se deja menor nivel de liquidez inferior a \$2.100 millones la probabilidad de incumplimiento es mayor.
- Los administradores del fondo deben de definir la posición respecto al riesgo de liquidez, ya que el costo de oportunidad de dejar mayores recursos disponibles para atender obligaciones, es de menor rentabilidad para el fondo debido que deben dejar más recursos a la vista o invertirlos a muy corto plazo significa menor rentabilidad y menor riesgo. Si la posición de los mismos es de menor liquidez y mayor rentabilidad, se aumentaría el riesgo de incumplimiento.
- 4. El modelo de liquidez del Supervisor aplicado en la entidad, esta sobreestima el valor de liquidez, es decir, esta dejando un valor superior, dejando de invertir recursos en un periodo de tiempo mas amplio lo que se traduce en una posible mayor rentabilidad.(ver anexo1).
- 5. La administración de riesgos en Colombia debe de seguir complementándose con la utilización de técnicas econométricas y de simulación, con el ánimo de contar con procesos de administración y control más eficientes.

Los resultados de esta investigación son muy ilustrativos. Sin embargo, es importante seguir desarrollando el tema de riesgos financieros en Colombia, con técnicas y herramientas econométricas, que permitan ampliar y

examinar más profundamente el funcionamiento de los riesgos y la administración de los mismos

BIBLIOGRAFIA

GUJARATI DAMONAR N., Econometria. 3 ed. Colombia: Mc-Graw Hill. 2001. 824 p.

LARA DE HARO, Alfonso. Medición y control de riesgos financieros. 2 ed. México: McGraw-Hill, 2002. 831 p.

PINDYCK, S. Robert; RUBINFELD, Daniel. L. Econometria: modelos y pronósticos. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2000. 661 p.

SANCHEZ CERON, Carlos. Valor en riesgo y otras aproximaciones. 2 ed. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2002. 485 p.

ANEXOS

Anexo 1. Inversiones de alta liquidez

DÍAS HÁBILES (4)	VALOR ACTIVOS PROMEDIO DIARIO (5)	VOLATILIDAD DE LOS ACTIVOS (6)	DURACION DEL PORTAFOLIO (7)	FACTOR DE PONDERACION (8)	REQUERIDO (9)	POSICION (10)	EXCESO O (DEFECTO) (11)
01-Dic-05	36,048,502,230	1.86%	163.073	10%	3,604,850,223	10,106,196,642	6,501,346,419
02-Dic-05	35,863,597,043	2.14%	167.004	10%	3,586,359,704	7,179,437,014	3,593,077,309
03-Dic-05	35,653,126,391	2.14%	166.151	10%	3,565,312,639	7,177,457,236	3,612,144,597
04-Dic-05	35,442,623,802	2.12%	165.252	10%	3,544,262,380	7,178,252,586	3,633,990,206
05-Dic-05	35,307,581,304	2.16%	160.202	10%	3,530,758,130	7,212,244,649	3,681,486,519
06-Dic-05	35,188,811,551	2.13%	157.093	10%	3,518,881,155	6,831,190,994	3,312,309,839
07-Dic-05	35,065,519,485	2.13%	163.718	10%	3,506,551,949	7,263,294,669	3,756,742,720
08-Dic-05	34,958,256,037	2.13%	162.837	10%	3,495,825,604	7,285,458,612	3,789,633,008
09-Dic-05	34,819,283,105	2.12%	161.209	10%	3,481,928,310	7,525,611,689	4,043,683,379
10-Dic-05	34,811,281,171	2.10%	160.303	10%	3,481,128,117	7,568,666,664	4,087,538,547
11-Dic-05	34,803,783,537	2.08%	160.831	10%	3,480,378,354	7,569,402,538	4,089,024,184
12-Dic-05	34,777,472,991	2.08%	158.595	10%	3,477,747,299	7,273,778,575	3,796,031,276
13-Dic-05	34,751,653,603	2.08%	159.938	10%	3,475,165,360	7,593,794,451	4,118,629,091
14-Dic-05	34,716,373,385	2.08%	153.308	10%	3,471,637,338	7,605,555,888	4,133,918,549
15-Dic-05	34,695,731,053	2.08%	162.723	10%	3,469,573,105	7,278,814,571	3,809,241,466
16-Dic-05	34,873,402,934	2.51%	141.256	10%	3,487,340,293	11,254,955,850	7,767,615,557
17-Dic-05	35,247,877,717	2.51%	140.413	10%	3,524,787,772	11,258,128,932	7,733,341,161
18-Dic-05	35,622,392,484	2.50%	139.566	10%	3,562,239,248	11,259,623,336	7,697,384,088
19-Dic-05	36,028,631,280	2.50%	136.862	10%	3,602,863,128	11,717,601,524	8,114,738,396
20-Dic-05	36,381,447,231	2.46%	128.495	10%	3,638,144,723	12,052,759,967	8,414,615,244
21-Dic-05	36,763,963,934	2.46%	130.939	10%	3,676,396,393	12,071,118,756	8,394,722,363
22-Dic-05	36,897,862,680	2.71%	140.214	10%	3,689,786,268	8,804,339,975	5,114,553,707
23-Dic-05	37,015,655,260	2.70%	141.061	10%	3,701,565,526	9,113,937,695	5,412,372,169
24-Dic-05	37,116,752,424	2.70%	140.260	10%	3,711,675,242	10,190,736,634	6,479,061,392
25-Dic-05	37,217,915,852	2.70%	139.467	10%	3,721,791,585	10,191,987,483	6,470,195,898
26-Dic-05	37,475,837,380	2.82%	137.149	10%	3,747,583,738	13,078,702,701	9,331,118,963
27-Dic-05	37,727,712,980	2.82%	138.909	10%	3,772,771,298	10,707,888,136	6,935,116,838
28-Dic-05	37,910,724,750	2.83%	135.519	10%	3,791,072,475	11,946,608,816	8,155,536,341
29-Dic-05	37,938,372,310	2.96%	149.499	10%	3,793,837,231	9,633,536,068	5,839,698,837
30-Dic-05	37,966,290,365	2.96%	146.949	10%	3,796,629,037	9,756,032,322	5,959,403,286
31-Dic-05	37,727,093,691	2.95%	146.201	10%	3,772,709,369	9,783,942,235	6,011,232,866
TOTAL (12)					111,681,552,996	285,471,057,210	
PROMEDIO ARITMETICO DEL REQUERIDO (13)					3,602,630,742		
PROMEDIO ARITMETICO DE LA POSICION (14)						9,208,743,781	
PROMEDIO ARITMETICO DEL EXCESO O (DEFECTO) (15)							5,606,113,039