

ASPECTOS MACROECONÓMICOS DEL DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA DE RENDIMIENTOS PARA COLOMBIA (ABRIL 2005 A MAYO 2006)

Johyer Obregon Morales

jobregon96@yahoo.com

En el documento el autor¹, presenta un riguroso metodo de análisis para la valoración de TES tasa fija, además, propone una base sobre la cual el mercado se situaría para determinar los márgenes tanto del mercado primario como secundario, de acuerdo con cada riesgo particular. No obstante, la curva de rendimientos le subyace una estructura que reconoce los fundamentos teóricos para su interpretación. “La Teoría de las Expectativas” y “la Teoría de la Segmentación del Mercado” ofrecen, en gran parte, el contenido teórico requerido.

A través del trazado de la curva de rendimientos, los entendidos podran encontrar elementos claves para reconocer el comportamiento del mercado de capitales, la dirección de la política monetaria vigente, las decisiones de los agentes acerca de sus portafolios de inversión, el comportamiento de los especuladores y de los grandes inversionistas, etc.

Palabras claves: curva de rendimientos, TES tasa fija y tasa variable, analisis macroeconomico, política monetaria.

¹Johyer Obregon Morales es estudiante de Maestria en Economia Aplicada de la Universidad del Valle y profesor de tiempo completo en la catedra de Microeconomia. Tambien se desempeñó en el sector privado como Trader Junior en la firma comosionista de Bolsa de Productos Agrobolsa S.A. en Colombia. Actualmente adelanta estudios en el area de la Economia de la Educacion donde cimienta su campo de accion.

**MACROECONOMIC ASPECTS OF POSTING OF THE YIELD CURVE TO
COLOMBIA (APRIL 2005 TO MAY 2006)**

In the autor's document presents a rigorous method of analysis for the assessment of TES fixed rate, also serves as a basis on which the market stood to determine the margins of both the primary and secondary markets, according to each particular risk. However, the yield curve will behind a structure that recognizes the theoretical basis for interpretation. "The Expectancy Theory" and "Theory of Market Segmentation" offer largely theoretical content required.

Through the course of the yield curve, the experts will be able to find key elements to recognize the behavior of the capital market, the direction of the current monetary policy, agents' decisions about their investment portfolios, the behavior of speculators and large investors, etc..

Password: Yield curve, TES fixed rate and variable rate, macroeconomic analysis, monetary policy.

INTRODUCCIÓN

Las curvas de rendimiento para el mercado secundario colombiano surgen de la necesidad de dotar al mercado de información más robusta, y dejar de lado los indicadores existentes hasta el momento pues carecían de rigurosidad estadística. Por esto, en 1999 la Bolsa de Bogotá empieza a calcular y publicar la Curva de Rentabilidad Estimada de los Títulos de Tesorería TES a Tasa Fija (CETES). Esta curva es un método econométrico que permite extraer de todo el conjunto de operaciones (de los sistemas autorizados para operar en el mercado secundario nacional de TES) una curva continua que reconoce los diferentes niveles de interés en el tiempo. Estos niveles de interés son las tasas de rendimientos de los títulos de tesorería de TES de tasa fija. Su origen se debe por una parte a la necesidad de dotar al mercado con una herramienta adecuada para la valoración de TES a tasa fija y servir como una base sobre la cual el mercado se situaría para determinar los márgenes tanto del mercado primario como secundario, de acuerdo con cada riesgo particular. También es utilizada para reflejar las condiciones del mercado para efectos de la colocación directa de los Títulos de Tesorería TES clase B. Actualmente, esta curva es calculada diariamente por la Bolsa de Valores de Colombia.

Intrínsecamente, la curva de rendimientos le subyace una estructura que reconoce los fundamentos teóricos para su interpretación. “La Teoría de las

Expectativas” y “la Teoría de la Segmentación del Mercado” ofrecen, en gran parte, el contenido teórico requerido.

En los últimos años el mercado de deuda pública en Colombia ha tenido un crecimiento importante, llegando incluso a ser el 92% de las negociaciones en el sistema transaccional colombiano². Esta notable participación hace aun más interesante el análisis de las curvas de rendimientos, pues describiría *per sé* gran parte del comportamiento del mercado de capitales para Colombia. Es decir, aunque de modo simultáneo, estaría describiendo diferentes fuerzas económicas que ejercen sobre la curva, como la dirección de la política monetaria vigente, las decisiones de los agentes acerca de sus portafolios de inversión, el comportamiento de los especuladores y de los grandes inversionistas, la profundidad (entendida como la “diversificación” de las opciones de inversión) del mercado, etc.

Entendiendo la curva de rendimientos como una estructura a plazos de tasas de interés y que sobre ella convergen, simultáneamente, diferentes tipos de influencias de la economía, resulta necesario analizar de manera especial las posibles causas macroeconómicas que originan los diferentes tipos de desplazamientos de la curva. Este propósito es importante solo si se garantiza una metodología que muestre el posible comportamiento de la curva dadas las condiciones iniciales en la economía. En este punto radica la importancia del

² Tomando como referencia la Bolsa de Valores de Colombia, la participación en el mercado de capitales, a la fecha de elaboración del presente documento, es: Deuda pública 92%, Divisas 4.8% y Acciones 2.8%.

uso del Análisis de Componentes Principales (ACP), pues garantiza la cuantificación de los factores más relevantes en la explicación de la varianza total de la curva.

Este trabajo será desarrollado, a partir de la presente introducción, de la siguiente manera: en primer lugar (sección uno) se presentara un desarrollo teórico y empírico acerca de las curvas de rendimientos. Luego (sección 2) se hará una revisión de los antecedentes teóricos y desarrollos correspondientes a la aplicación del ACP a los desplazamientos de las curvas de rendimientos.

En tercer lugar, se expondrá el origen de los datos y el trato estadístico a desarrollar, en especial, la metodología estadística del ACP. En cuarto lugar, se expondrá los resultados obtenidos de la aplicación del modelo. Finalmente, la sección quinta recoge algunas conclusiones preliminares.

1. LA CURVA DE RENDIMIENTOS

1.1. Definiciones y generalidades.

Algunos economistas se han interesado a lo largo del tiempo en el estudio de la curva de rendimientos³, la cual representa en forma gráfica la relación que existe, en una fecha determinada, entre los rendimientos⁴ de una clase

³ Véase, Fama (1981, 1984, 1990a, 1990b); Estrella y Hardouvelis (1991); Mishkin (1990a, 1990b, 1992) y Hu (1993). Estos autores han realizado estudios relacionados con la curva de rendimientos para países desarrollados.

⁴ El rendimiento es el retorno anual de un título valor calculado como un porcentaje de su precio actual de mercado.

particular de títulos valores y el tiempo que falta para su vencimiento, es decir, la estructura por plazos de los rendimientos. Es necesario que los títulos a los que se refiere la curva de rendimientos posean las mismas características en cuanto al riesgo, la liquidez y aspectos impositivos, pues se desea aislar aquellos otros factores distintos al plazo de vencimiento, que producen diferencias en las tasas de interés.

La importancia de la curva de rendimientos se debe a varias razones, entre las que sobresalen:

Dado que la estructura por plazos de las tasas de interés se puede obtener sin mayores dificultades, es factible evaluar fácilmente la precisión de las predicciones de las diferentes teorías que explican su comportamiento⁵.

Una segunda razón es que la estructura por plazos de las tasas de interés ayuda a

entender de qué forma los cambios en las tasas de interés de corto plazo afectan los niveles de las tasas de interés de largo plazo; esto es especialmente importante si se toma en cuenta el efecto que tiene la política monetaria sobre las primeras.

En tercer lugar, la estructura por plazos de las tasas de interés provee información

⁵ Existen tres teorías principales para explicar la forma de la curva de rendimientos: la teoría de las expectativas, la teoría de la segmentación del mercado y la teoría de la preferencia por la liquidez.

acerca de las expectativas de los participantes en el mercado financiero, aspecto muy valioso para los encargados tanto de los pronósticos de las principales variables macroeconómicas como de la política monetaria.

Un último aspecto que es importante mencionar se refiere a que las tasas de interés juegan el papel de asignar los recursos escasos a través de los mercados financieros, influenciando las decisiones de ahorro e inversión de los agentes económicos.

La curva de rendimientos se ha relacionado a lo largo del tiempo con el comportamiento futuro de diversas variables macroeconómicas, tales como: actividad económica real, inflación y tasas de interés, entre otras. Las investigaciones realizadas en este campo están basadas en el supuesto de que las variables financieras en los mercados perfectos son sensibles a cambios en las condiciones económicas y por tanto, pueden utilizarse como herramienta de pronóstico.

La teoría de estimación de curvas e interpretación de rendimientos en sí mismo es un campo bastante extenso. Desde el punto de vista econométrico se han desarrollado varias metodologías para la estimación que pueden ser divididas en dos grandes grupos 1) Métodos Paramétricos; 2) Métodos No paramétricos. Por no ser el tema del presente documento, la discusión acerca de las bondades de cada metodología se deja para posteriores trabajos. Sin embargo, es importante señalar que el método de estimación de curvas es un factor importante en el análisis de componentes principales debido a que en buena

parte la forma de la curva depende de la estimación y de la flexibilidad de la misma para permitir diferentes formas y desplazamientos. En especial, la metodología propuesta por Nelson y Siegel (1987) permite modelar los tres movimientos conocidos de las curvas como lo son el nivel, la pendiente y la curvatura que en efecto puede ser asociados con los coeficientes más conocidos como betas de la ecuación además de ajustar y suavizar la curva. Este es el motivo principal por el cual se toma como referencia de curva de rendimiento la “curva spot cero cupón” de la Bolsa de Valores de Colombia. Con esta decisión se garantiza la estimación y análisis de las componentes principales de dicha curva.

Entre tanto, la curva de rendimientos entendida como una Estructura de Plazos de las Tasas de Interés esta definida por títulos TES. Un título TES es un ejemplo específico de un bono de renta fija emitido por el banco central a manera de intervención sobre los mercados financieros nacionales⁶. Un bono es un instrumento de deuda en el cual se intercambia un monto de dinero hoy por un flujo de caja futuro. El título paga una cantidad específica, denominada valor facial (o principal), en su fecha de maduración y realiza pagos periódicos cada año, de acuerdo con el valor de la tasa cupón del título. A este pago anual por concepto de intereses se le denomina cupón. La tasa interna de retorno (TIR) del título es la tasa de interés con la cual el valor presente de los flujos de bono es igual a su precio.

⁶ Los TES son un buen ejemplo de la política monetaria contractiva ejercida por el Banco Central, la cual recoge los ahorros de los agentes en la economía.

De esta forma, la relación entre la TIR y el precio del título se expresa como:

$$\left[\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + \text{TIR})^{t_i}} \right] + \frac{100}{(1 + \text{TIR})^{t_N}}$$

P = precio del bono.

TIR = tasa interna de retorno del bono

C_i = valor del cupón en el periodo t_i

La TIR de un título puede ser afectada por una gran cantidad de factores entre los que se incluyen: (1) el tipo de emisor (2) la liquidez de las emisiones, entre otros. Un factor muy importante que afecta a las tasas de retorno de los títulos es el plazo de vencimiento o tiempo de maduración, esto es, el tiempo hasta que el bono deba ser repagado totalmente por el deudor. Esto significa que el interés que se paga (o se recibe) por un monto de dinero depende de la longitud del intervalo de tiempo durante el cual se presta (o se tiene) el dinero. De esta manera, La estructura de plazos de las tasas de interés es la relación entre el plazo de vencimiento y la tasa de interés (TIR) de diferentes títulos (con la misma calidad crediticia). A su vez, un TES UVR esta sujeto a los mismos principios teóricos del TES TF, salvo que este ya no reconoce una tasa fija periódica (o bono) sino que esta determinado por las variaciones de la UVR (Unidad de Valor Agregado) y además reconoce puntos porcentuales pactados previo a la negociación. De esta manera, los TES UVR reconocerán la UVR

vigente en el mercado mas los puntos porcentuales negociados, esto los hará, teóricamente, más propensos a movimientos de cotización en el mercado.

Aunque la TIR es una medida del rendimiento de los títulos, tiene dos desventajas. La primera es que todos los flujos de caja se están descontando a una misma tasa siendo que los flujos ocurren en diferentes instantes del tiempo. La segunda desventaja es que dos bonos con el mismo plazo de vencimiento pueden tener una TIR diferente si el valor de la tasa cupón es diferente. La TIR se puede interpretar como una tasa de descuento promedio de múltiples flujos de caja con madurez distinta.

1.2. Determinantes de la forma de la curva de rendimientos.

Existen en la economía fuerzas que explican la forma de la estructura de plazos de tasas de interés. Las principales influencias son las “teorías de las expectativas sobre las tasas de mercado” (con sus respectivos ajustes) y la “teoría de la segmentación del mercado”. De esta manera, es posible describir el efecto que cada uno de estos factores ejerce, por separado, sobre la curva.

2.2.1. Teoría de las expectativas.

Según esta teoría, la forma de la curva de rendimientos se determina por las expectativas de los agentes acerca de la trayectoria futura de las tasas de

interés, las cuales, debido al proceso de arbitraje entre las diferentes opciones de inversión, constituyen el mejor estimador disponible del mercado (Fisher (1896), Hicks (1939)). Dicha teoría sugiere que la tasa de interés de largo plazo es el promedio aritmético (geométrico) de las tasas de corto plazo vigentes y esperadas. Lo anterior supone que los agentes son neutrales al riesgo e indiferentes a la liquidez de los títulos, que no existe segmentación de mercado, que no hay costos de transacción y que las expectativas sobre las tasas de interés futuras son óptimas e insesgadas.

Por ejemplo, la tasa de interés de un título con vencimiento en seis meses, debe ser igual al promedio de la tasa de interés actual de un título con vencimiento en tres meses y al pronóstico óptimo de la tasa de interés de un título con vencimiento en tres meses dentro de tres meses. Esto implica que se debe ganar lo mismo invirtiendo en un instrumento con vencimiento en seis meses o en uno que vence en tres meses y reinvertiendo el producto de la primera inversión en otro papel dentro de 3 meses con vencimiento en tres meses a tasa implícita de 3 meses. En consecuencia, según la teoría pura de las expectativas, en el futuro próximo todos los activos financieros de la misma calidad crediticia, deberían ofrecer la misma rentabilidad debido a que los inversionistas, buscando oportunidades para hacer ganancias, eliminan todos los diferenciales de rentabilidad entre títulos, lo cual hace que la curva de rendimientos sea más plana. Si los agentes esperan una mayor inflación y con ello, unas mayores tasas de interés futuras, los inversionistas se concentrarán en instrumentos de corto plazo, los cuales les permitirán reinvertir

posteriormente sus recursos a tasas de interés mayores, mientras que los prestamistas contratarán préstamos a largo plazo para asegurar la menor tasa de interés vigente. Esto genera un exceso de demanda de fondos de largo plazo y un exceso de oferta de fondos de corto plazo, desequilibrios que serán corregidos a través de cambios en la tasa de interés. La tasa de corto plazo caerá, mientras que la de largo plazo aumentará, generando un empinamiento en la curva de rendimientos. Cuando el mercado espera que la tasa de interés de corto plazo futura aumente, la tasa de interés actual de largo plazo deberá incrementarse. Por lo tanto, si la curva de rendimientos no es plana, es decir dos o más bonos ofrecen rentabilidades diferentes, se puede deducir que el mercado espera un cambio en las tasas de interés futuras.

2.2.2. Preferencia por la liquidez (prima de riesgo).

Esta teoría presume que, *ceteris paribus*, inversionistas adversos al riesgo prefieren bonos de menor madurez. Con el fin de atraer a los inversionistas, los bonos de largo plazo deben incluir un premio sobre los títulos de menor plazo. Así, al contrario de la teoría de expectativas, la observación empírica ha confirmado que los retornos no son constantes sino que presentan variaciones a lo largo de la duración, las cuales pueden verse como una prima de riesgo. Se define entonces la prima de riesgo de los bonos como la diferencia entre los retornos esperados en un periodo de un bono con la máxima duración observada y un bono libre de riesgo. Una prima de riesgo positiva hace que la

curva tenga pendiente positiva. Sin embargo, varias teorías cuestionan la validez de los signos (+/-) y la constancia a lo largo del tiempo de la prima de riesgo.

La evidencia empírica del efecto de la prima de riesgo sobre la curva se puede encontrar al observar que la curva es creciente a lo largo de una buena proporción de los periodos, lo cual parece indicar que la prima de riesgo sea positiva. Otra forma más directa de obtener evidencia acerca de la existencia y signo de la prima de riesgo es observando los retornos promedios históricos para distintas duraciones, como una proxy de los retornos esperados de largo plazo.

La prima de riesgo teórica se puede estimar a partir de la diferencia entre las tasas de retorno anualizadas esperadas en diferentes puntos y el retorno anualizado del bono libre de riesgo en un plazo muy corto como un mes. La experiencia histórica de otros países sugiere que la prima de riesgo de los bonos no es lineal en duración, pero en el tramo inicial de la curva se incrementa muy rápido y mucho más lentamente después de algunos años. De igual forma, los estudios empíricos también sugieren que la prima de riesgo de los bonos no es constante sino que varía con el tiempo. Es decir, es posible identificar periodos en los que la prima de riesgo es inusualmente alta o baja. Las primas de riesgo altas se presentan luego de observar condiciones económicas desfavorables y las bajas luego de observar buenas condiciones económicas.

2.2.3. Hábitat Preferido.

Los agentes con aversión al riesgo (presumiblemente inversionistas institucionales como los fondos de pensiones) eliminan todo riesgo sistemático al situarse en su hábitat preferido que es aquel tramo de la curva de rendimientos en el que la vida media de sus activos coincide con la de sus pasivos (inmunización de portafolios). El rendimiento para cada plazo de inversión es una función de la oferta y la demanda de recursos para dicho horizonte temporal. Debido a la segmentación del mercado, en aquellos vencimientos donde la demanda de fondos es insuficiente, los emisores de bonos deberán ofrecer tasas de interés mayores que incorporen una prima de riesgo para lograr así que los agentes abandonen su hábitat preferido. Dicha prima puede ser positiva o negativa y representa la remuneración al riesgo de desequilibrio de la curva de rendimientos, la cual depende tanto del horizonte de inversión como de la importancia relativa de los inversionistas.

2.2.4. Teoría de la segmentación del mercado.

Esta teoría afirma que los valores a diferentes períodos de vencimiento tampoco son sustitutos perfectos como lo supone la teoría de las expectativas, sino que tienen características especiales. Por ejemplo, los de corto plazo tienen mayor liquidez y seguridad respecto a su precio, en tanto los de largo

plazo tienen más seguridad de rendimiento pero más posibilidad de sufrir pérdidas de capital si se redimen antes de su vencimiento.

De acuerdo con este enfoque, tanto los inversionistas como los prestatarios tienen

preferencias por títulos a ciertos plazos sin que los rendimientos en los demás les afecten significativamente en sus decisiones. Bajo este supuesto, las tasas de interés en cada plazo vienen determinadas por la oferta y la demanda que exista en cada segmento del mercado.

La curva de rendimientos generalmente va hacia arriba de acuerdo con esta teoría, pues la demanda de los bonos de corto plazo es relativamente más alta que para los bonos de largo plazo, con el resultado de que los bonos de corto plazo tienen un precio más alto y una menor tasa de interés. Una curva de rendimientos hacia abajo indicaría que la demanda por bonos de largo plazo es relativamente más alta y entonces sus rendimientos serán más bajos.

Aunque esta teoría puede explicar por qué las curvas de rendimientos tienden a

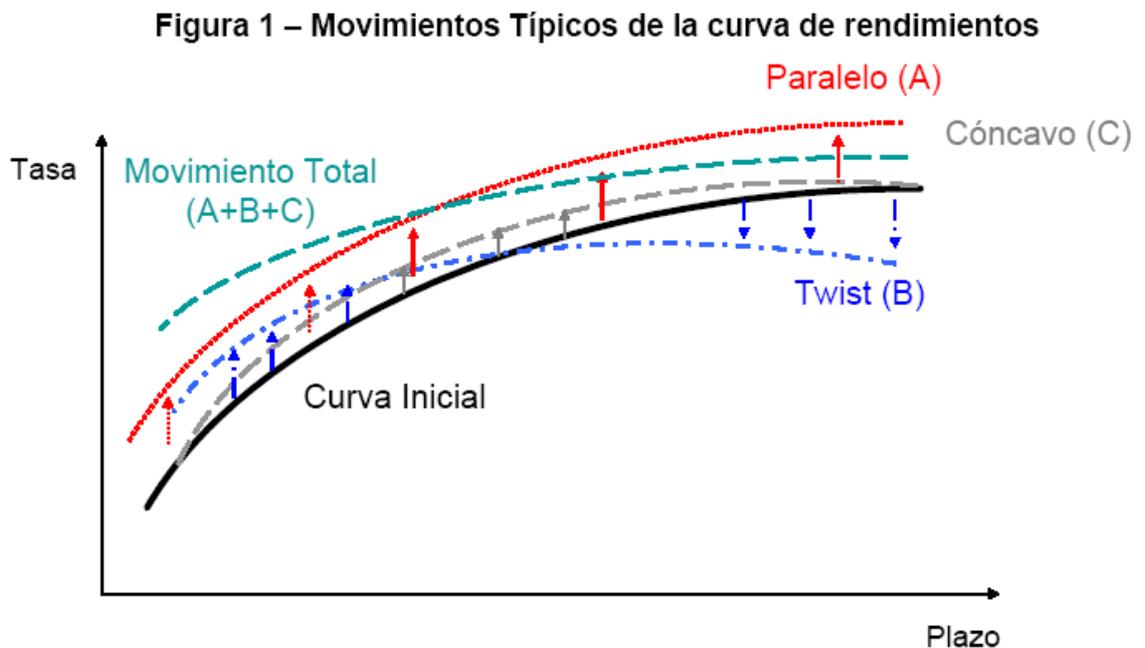
subir, tiene una limitación y es que, dado que se considera el mercado de títulos para diferentes plazos completamente segmentado, no hay razón para que un alza en las tasas de interés a cierto plazo afecte la tasa de interés a otro plazo. Además, no puede explicar el hecho empírico de que las tasas de interés de diferentes plazos tiendan a comportarse de forma similar.

2.3. Desplazamientos de la curva de rendimientos.

A través de los movimientos de la curva de rendimientos recurrentemente se identifican tres componentes básicos, ellos son: Nivel, Pendiente y Curvatura.

Usualmente, el inversionista promedio opta por títulos de renta fija, tomando como referencia, únicamente, el concepto de “duración” del papel. Sin embargo, esta medida de exposición a movimientos en la curva de rendimientos no toma en consideración cambios en la pendiente o en el grado de curvatura de la curva, únicamente considera el impacto de movimientos paralelos de la curva de rendimientos dejando de lado los movimientos restantes.

El agregado de tales desplazamientos puede observarse en la gráfica:



La gráfica ilustra los tres tipos de movimientos (cambios en la pendiente, en la curvatura y desplazamiento paralelo) y el movimiento resultante de su agregación. Se observa que tanto la pendiente, como el grado de concavidad pueden reforzar o compensar el movimiento paralelo de la curva. Estos movimientos de la curva no ocurren en forma independiente, pues están correlacionados, ni tampoco de manera secuencial pues son simultáneos, estas condiciones dificultan cualquier análisis de causalidad en los desplazamientos de la curva.

1. REVISIÓN DE LOS ANTECEDENTES TEÓRICOS Y DESARROLLOS EMPÍRICOS.

En su trabajo, Knez et al (1994), estudia la curva de rendimientos en instrumentos cortos de la economía norteamericana ("Money Market") a través de un modelo lineal de 3 y 4 factores. Su conclusión es que el primer factor está asociado a desplazamientos paralelos de la curva y el segundo a cambios de pendiente. La curva de bonos largos había sido estudiada previamente por Litterman y Scheinkman (1991) con un modelo de tres factores. Garbade (1998), es uno de los autores más importantes que incursiono en la aplicación del método estadístico de componentes principales en finanzas. Esta metodología permitía modelar eficientemente los determinantes de los desplazamientos de las curvas de rendimientos, hallando definición para los tres componentes recurrentes en este tipo de análisis, a saber: Nivel,

Pendiente y Curvatura (las dos últimas tienen mayor significancia estadística en periodos de crisis en la economía). Otros autores se interesaron en esta clase de metodologías, tal es el caso de Golub y Tilman (2000).

Jiménez (2002), usando esta metodología, estima los componentes principales que determinan los movimientos de la curva de rendimientos en el mercado mexicano al tiempo que busca observar su estabilidad a través del tiempo. La hipótesis central era que mientras los componentes principales son muy estables o permanecen sin cambios, la varianza explicada por ellos fluctúa sustancialmente. El trabajo inicia con una revisión de algunos de los principales eventos económicos ocurridos en México con el fin de identificar diferentes escenarios de incidencia sobre las tasas de interés de la economía centroamericana. Seguidamente, dado que el mercado monetario en México se encuentra en desarrollo, se hizo necesaria una estimación mediante interpolación por medio de la metodología de splines con el objetivo de obtener más información de la curva de rendimientos. El trabajo concluye que los tres componentes de la curva de rendimientos, nivel, pendiente y curvatura, son relevantes a la hora de explicar los desplazamientos totales de la estructura a plazos de la economía Mexicana.

Delfiner (2003), estudio los patrones de fluctuación predominantes en las curvas de rendimientos para Argentina. Con datos históricos previos al default correspondientes a bonos colocados en el mercado local (Letes y Bontes) y en

el internacional (bonos Globales), se emplea la técnica de componentes principales para analizar los desplazamientos de la curva de rendimientos en el mercado de bonos. Se concluye que en la mayoría de los casos aproximadamente un 75% del movimiento de la curva queda explicado por desplazamientos paralelos, un 10% adicional por cambios de pendiente, siendo por construcción estos movimientos independientes entre sí. También se estudia la aplicabilidad de las técnicas desarrolladas en este documento a las diversas series de LEBAC en pesos existentes en el mercado. Una primera versión de dicho documento se había realizado a mediados del 2001 con datos del mercado de bonos de los dos años anteriores. Sin embargo, la crisis desatada a fines del mismo año, con sus efectos devastadores sobre la economía en general, y el mercado local de bonos en particular, restó relevancia a las principales conclusiones que surgían del mismo. De hecho, entre diciembre de 2001 y julio de 2003, como lo anota el autor en la introducción de su trabajo, pocas especies tenían cotización frecuente, y aquellas que sí lo hacían carecían de una estructura tradicional que permitiese la construcción de una curva de rendimientos cero cupón. Sin embargo, hace un tiempo comenzaron a negociarse en el mercado secundario las Letras del Banco Central (LEBAC). Este mercado está creciendo en forma continua y podría ser objeto de estudio usando las técnicas desarrolladas en dicho documento, sobre todo teniendo en cuenta que se trata de bonos cero cupón.

Svensson y Pavlidis (2003), hicieron una adaptación de este tipo de metodología analizando la estructura temporal de tasas en Suecia. Para tal efecto emplean igualmente la técnica de componentes principales (estimación y análisis de los factores que determinan los movimientos de las curvas de rendimientos) en este trabajo se usaron dos teorías acerca del comportamiento de los tipos de interés como son la teoría de las expectativas y la teoría de la preferencia por la liquidez.

En Colombia, los desarrollos efectuados a partir de La curva de rendimientos han estado a cargo de las principales instituciones interesadas, tomando como referencia los objetivos de trabajos anteriores. Este es el caso del Banco de la República, cuyo objetivo básico de dichos documentos es analizar la información contenida en la estructura a plazos de las tasas de interés con respecto a variables de gran importancia en el diseño de la política monetaria como son las expectativas de inflación de los agentes económicos.

Entre los estudios del emisor esta el documento de Julio, Reveiz y Mera (2002). En dicho documento, se discute la importancia de la curva spot (cero cupón), así como las consideraciones que deben realizarse para escoger un conjunto de métodos de estimación que suplan las múltiples necesidades a las que se enfrenta un inversionista o especulador –valoración de activos y de productos contingentes, medición de riesgo, análisis multifactoriales de la curva de rendimientos, etc-. Adicionalmente, se presenta una metodología de estimación basada en splines cúbicos suavizados, con validación cruzada, con

la cual se estima la curva spot de los Tes B tasa fija. Esta estimación es posteriormente utilizada para ilustrar los problemas que pueden surgir al estimar curvas spot, con cualquier metodología, en un mercado ineficiente en términos de arbitraje, así como para estimar los Key Rate Durations –una descomposición lineal por tramos de la curva de la duración efectiva - para títulos específicos o portafolios de bonos. Esto con el fin de mostrar cómo movimientos no paralelos de la curva, cambios en la pendiente o en la curvatura, pueden afectar portafolios con la misma duración. En la última sección se presentan las conclusiones, haciendo énfasis principalmente en el hecho de que las herramientas que surgen de la estimación de esta curva y la sofisticación de los mercados financieros han llevado a las instituciones financieras y los inversionistas institucionales de tamaño importante a nivel global a modificar su proceso de toma de decisiones, trabajando con base en un presupuesto de riesgo definido por los niveles más altos de las instituciones que es distribuido selectivamente por tipos de riesgo admisibles tales como riesgo de tasa de interés, crediticio o de prepago entre otros.

Arango y Arosemena (2002) (2003), analizan el tramo corto de la estructura a plazo como predictor de las expectativas de inflación y de actividad económica en Colombia. En el primero de ellos la evidencia empírica encontrada al explorar la ecuación de Fisher y la hipótesis de expectativas sugiere que los spreads de tasas de interés entre 12 y 24 meses y entre 6 y 12 meses contienen información que contribuye a predecir las expectativas de inflación total y de inflación núcleo. La relación entre los diferenciales de inflación y los

spread de tasas de interés resultó ser positiva: cuanto mayor es el diferencial mayor es la expectativa de inflación futura.

El documento de Jiménez, Casas y Cámara (2005)⁷, concerniente a comisionistas de bolsa, abordó con éxito el análisis de los desplazamientos de las curvas de rendimientos para Colombia, aplicando la metodología de Componentes Principales.

El objetivo principal del paper es describir los diferentes patrones que se encuentran presentes en las fluctuaciones de la curva de rendimientos de TES tasa fija para el mercado de deuda pública colombiano, tomando como período de referencia septiembre del 2003 a julio del 2004. Para tal efecto se emplean las cotizaciones de títulos con vencimiento entre el 2005 y el 2012.

En el análisis de componentes principales se concluyó que de los tres factores que comúnmente se toman como referencia para explicar los movimientos de las curvas de rendimientos, el nivel, la pendiente y la curvatura, el primero de estos es el que mayor porcentaje de la varianza del sistema abarca con un 87,6%. Por su parte la pendiente explica un 11,48% de la variabilidad y la curvatura un 0,7%, resultando irrelevantes los demás componentes.

Además, al comparar los resultados obtenidos para Colombia con estudios similares en Latinoamérica se observa una menor participación relativa del componente asociado con la curvatura, aspecto que corrobora que en estos mercados la parte media de la curva no resulta atractiva como punto de refugio o escape de los inversionistas.

⁷ Documento técnico de la firma comisionista de bolsa Promotora Bursátil de Colombia S.A.

Con estos y otros resultados los analistas toman las decisiones óptimas en lo que a selección de portafolios de inversión se refiere.

2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística usada generalmente en las ciencias naturales con el fin de examinar, modelar y explicar la estructura de la varianza – covarianza de cualquier sistema multivariado (véase el desarrollo matemático de la técnica de ACP en el anexo 1).

Esta técnica es usada con frecuencia en finanzas para modelar los desplazamientos de la curva de rendimientos pues permite obtener una descripción más parsimoniosa de la dinámica del sistema de tasas de interés, obteniendo así, información más valiosa.

Matemáticamente, el ACP es un procedimiento que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas llamadas “componentes principales”.

Generalmente, los análisis de métodos multivariados sugieren que los objetivos principales de la técnica de ACP son la reducción de la dimensionalidad del conjunto de datos y la identificación de nuevas variables significativas (o “componentes principales”) subyacentes. Pero, en realidad, lo que se hace es hallar la verdadera dimensionalidad del espacio en el que se encuentran los datos.

Las nuevas variables o “componentes principales” se generan en orden estrictamente decreciente en importancia, cumpliendo las siguientes condiciones:

- a) No estén correlacionadas.
- b) La primera componente principal explique tanto de la variabilidad total en los datos como sea posible.
- c) Cada componente subsiguiente tome en cuenta tanto la variabilidad restante como sea posible.

A través de esta técnica, los analistas han logrado descomponer los movimientos de la curva de rendimientos en tres componentes o factores recurrentes. Estos movimientos son Nivel (refiriéndose a este como un desplazamiento paralelo de la curva de rendimientos), Pendiente y Curvatura (en estos últimos dos casos, sobre todo en períodos de crisis), identificados en estudios de la misma índole para mercados como el estadounidense, sueco, mexicano, argentino y colombiano etc.

El gran aporte de esta metodología es el poder explicar, casi completamente, los desplazamientos de la curva de rendimientos como una combinación de los cambios de los componentes antes mencionados, con la característica adicional que la técnica de “componentes principales” asegura que dichos cambios son independientes entre sí. Es decir, que nos permite llegar a una

estimación, a pesar de las influencias simultáneas que ejercen sobre la curva de rendimientos, garantizando, incluso, la no correlación de los resultados.

4.1. Base de datos.

Si bien el objetivo del presente avance empírico no es la estimación de la curva de rendimientos es *menester* contar con parte de la base de datos necesaria para su cálculo pues con ella analizaremos la pendiente de dicha curva. En este sentido, resultaría ideal contar con todos los datos de los TES emitidos en un periodo reciente en el mercado y con vencimientos variados, lastimosamente, un trabajo de esta envergadura sería difícil⁸, sobre todo por ser información de uso privilegiado para los clientes. Además, un trabajo de estas características no sería necesario para nuestro medio dada la representatividad estadística de los TES en el mercado⁹. Por tal razón, la base de datos cuenta con TES TF y TES UVR con periodo de emisión entre abril de 2005 a mayo de 2006 y periodo de vencimiento julio de 2020 y febrero de 2015 (anexo 2), respectivamente. El análisis de los datos no será el tradicional de series de tiempo, por eso la longitud de la serie no será un obstáculo para el estudio, aun cuando el tamaño de las muestras no sea el mismo. Esto se hizo con el fin de que cada cotización de un TES tuviese el mayor número de tasas

⁸ Es posible que las firmas comisionistas conozcan de la existencia de los TES para un periodo determinado pero si no los transan para los portafolios de sus clientes difícilmente conocerán sus cotizaciones.

⁹ La representatividad de los TES para el mercado de deuda pública en Colombia se da gracias a la frecuencia en las cotizaciones y el nivel de confianza que registran, esto permite que cada uno de ellos refleje plenamente las condiciones económicas vigentes en el mercado.

de interés con la cual compararse, este requerimiento hizo que TES con pocos días de cotización en el mercado no fuesen tenidos en cuenta. Con esta condición no se altera las estimaciones pues el ACP obviaría tales series de TES.

La naturaleza de los datos es de primera mano, las cotizaciones de los TES TF y TES UVR fueron suministradas por el área técnica de la firma comisionista de bolsa Promotora Bursátil de Colombia S.A.

3.2. Exposición de los resultados.

Tal como se presumía, los resultados obtenidos de la aplicación del ACP conservan los patrones observados en estudios anteriores para Colombia, Argentina y México. Al comparar este trabajo con los anteriormente señalados es posible ver como al igual que para estos últimos el Nivel y la Pendiente tienen la mayor participación en lo concerniente a la explicación de la varianza total para TES TF, pero no para los TES UVR. En cuanto a los TES UVR, su componente de Nivel explica hasta el 94% de la varianza total, pero los componentes de Pendiente y Curvatura no son significativos estadísticamente pues sus valores propios así lo determinan¹⁰. Presumiblemente, El 95% de la varianza total de los datos de la curva se explica a partir de los

¹⁰ Los valores propios (o autovalor), estimados en la salida del software SAS, mayores a uno determinan la significancia del componente, y los valores propios menores a uno no tendrán la significancia estadística requerida para el análisis de componentes principales, por tanto no serán relevantes en la explicación.

desplazamientos paralelos y de pendiente, mientras que el componente de curvatura no es significativo o inexistente para el análisis.

A continuación se registra detalladamente las salidas del software estadístico SAS para la estimación de los Componentes Principales.

Sistema SAS

Procedimiento PRINCOMP
TES TF

Observaciones 84
Variables 15

Autovalores de la matriz de correlación

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	12.3445127	10.9113690	0.8230	0.8230
2	1.4331437	0.9301920	0.0955	0.9185
3	0.5029518	0.2203726	0.0335	0.9520
4	0.2825791	0.0319973	0.0188	0.9709
5	0.2505819	0.1871121	0.0167	0.9876
6	0.0634697	0.0261200	0.0042	0.9918
7	0.0373497	0.0053633	0.0025	0.9943
8	0.0319864	0.0166418	0.0021	0.9964
9	0.0153446	0.0016261	0.0010	0.9975
10	0.0137185	0.0026127	0.0009	0.9984
11	0.0111059	0.0064104	0.0007	0.9991
12	0.0046954	0.0003224	0.0003	0.9994
13	0.0043731	0.0017335	0.0003	0.9997
14	0.0026395	0.0010917	0.0002	0.9999
15	0.0015479		0.0001	1.0000

Sistema SAS

Procedimiento PRINCOMP
TES UVR

Observaciones 265
Variables 9

Autovalores de la matriz de correlación

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	8.43724568	8.12227458	0.9375	0.9375
2	0.31497110	0.21126093	0.0350	0.9725
3	0.10371018	0.03987644	0.0115	0.9840
4	0.06383374	0.02189511	0.0071	0.9911
5	0.04193863	0.02490279	0.0047	0.9957
6	0.01703585	0.00629921	0.0019	0.9976
7	0.01073664	0.00506353	0.0012	0.9988
8	0.00567311	0.00081804	0.0006	0.9995
9	0.00485507		0.0005	1.0000

5. CONCLUSIONES

Atendiendo los resultados obtenidos del Análisis de Componentes Principales para los desplazamientos de la curva spot cero cupón, de la Bolsa de Valores de Colombia, para los mercados de TES TF y TES UVR podemos resaltar resultados singulares. El modelo indica que el 92% de los movimientos de la curva para TES TF, y 97% para TES UVR, pueden explicarse a partir del Nivel y la Pendiente de la curva. El componente asociado con la curvatura tiene un efecto débil sobre los movimientos de la curva (TES TF 3.3% y TES UVR 1.1%) como estudios previos para Colombia, pero el grado de participación, a pesar de ser aun no significativos, es mayor que en casos anteriores (TES TF 0.7% y TES UVR 0.11%).

Claramente, el movimiento paralelo es dominante en los desplazamientos de la curva con una leve influencia en movimiento de pendiente (sobre todo por los TES TF) y un inexistente componente de curvatura. De esta manera, la razón de cambio¹¹ (o $\delta i / \delta t$) sugiere la suavidad de este movimiento.

Este resultado es consecuente con los obtenidos por la firma Promotora Bursátil S.A. (donde el nivel, en gran medida, y pendiente son significativos, pero curvatura no lo era) y trabajos adelantados tanto para mercados desarrollados como para países emergentes (México y Argentina), es decir, conserva los patrones observados pero no guarda similitud estricta con los resultados anteriormente encontrados para Colombia. La participación relativa

¹¹ Entendida como el ritmo de variación de la tasa de interés de cotización de los TES con respecto al tiempo (o vencimientos de los TES).

del primer componente (o Nivel) para el mercado de renta fija en Colombia continua superando lo obtenido por estudios internacionales donde, en promedio, explica el 70% de la varianza total. A pesar de esta variación, se podría pensar que para el periodo de análisis primaron los desplazamientos paralelos en la curva de rendimientos, pero ¿que implica esta conclusión? o mejor, ¿qué explicación macroeconómica se le puede dar a un comportamiento de esta naturaleza?

Es bien sabido que en el presente periodo presidencial (agosto de 2002 hasta la fecha) la economía nacional ha presentado signos de cierta estabilidad caracterizados por avances militares en el conflicto armado, políticas de seguridad militar, procesos de paz en desarrollo, acuerdos preliminares de libre comercio con la principal economía de la región¹², mejoramientos en los niveles de desempleo respecto a administraciones anteriores¹³, crecimiento rampante en el precio internacional del petróleo, tasas de interés atractivas para los inversores internacionales, crecimiento de la demanda interna, auge en el consumo de los hogares y la continuidad del dinamismo de la inversión publica y privada¹⁴. Lo anterior sumado a un Banco Central empeñado en reducir la

¹² Se hace referencia al Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos y otros acuerdos de la misma naturaleza con Centroamérica que se encuentran en periodo de gestación.

¹³ A partir de información publicada por el DANE el año 2005 cerro con una tasa de desempleo del 10.4% respecto al año 2004 con 13.6%, siendo la mas baja para el cierre del año desde que se aplica la Encuesta Continua de Hogares en 2001.

¹⁴ En este contexto la economía creció alrededor del 5% en 2005, completando 3 años de crecimiento superior a 4%.

inflación a su mínima expresión¹⁵, le creó a la economía del país un aura de optimismo y confianza internacional. Todo este clima económico favorable fue canalizado por los mercados financieros¹⁶, incluso la Bolsa de Valores de Colombia registro record en negociaciones situándose como la segunda de mayor rentabilidad en el mundo¹⁷.

Dadas las bondades experimentadas por la economía nacional en el periodo de análisis, es de especial relevancia para el presente estudio la política monetaria ejercida por el Banco de la Republica pues su intervención incide de manera directa sobre la forma y el tipo de desplazamiento de la curva. A través de la política de incrementos en las tasas de interés para controlar la inflación se transmite confianza a los agentes económicos con respecto al poder y compromiso de la autoridad monetaria para controlar el nivel general de precios. Presumiblemente, este aspecto ha restado importancia a los cambios en pendiente de la curva de rendimientos, pues se garantiza por parte de la autoridad monetaria tipos de interés consecuentes con el dinamismo de la economía, haciendo que los movimientos de curva se encuentren asociados

¹⁵ En 2005, la inflación se situó en 4.85%, cifra consistente con el rango meta de inflación para el año (entre 4.5% y 5.5%).

¹⁶ El clima favorable para los negocios y la robustez de los activos del sector real hizo posible una serie de adquisiciones y fusiones empresariales (del sector real y financiero) no sólo entre compañías nacionales, también multinacionales que adquirieron importantes empresas nacionales.

¹⁷ En 2004, la BVC había alcanzado una rentabilidad de 86,22%, la más alta en sus cuatro años de funcionamiento y la segunda mejor en el mundo en el año. Para el año 2005, el record se sostuvo, el índice de la Bolsa de Colombia registro una valorización en dólares por encima del 95%, reflejo de la dinámica de la economía que logro crecer y atraer millonarias inversiones extranjeras.

principalmente a desplazamientos paralelos y no a cambios de pendiente fuertes e inesperados, propios de periodos de crisis y turbulencia¹⁸ económica. Con desplazamientos paralelos en la curva es factible pensar en procesos de reinversión de los agentes, una vez se cumplan los vencimientos, pues las condiciones iniciales de la economía están perfiladas por política.

Además, existe una característica adicional de los mercados financieros que influencia el tipo de desplazamiento de la curva. Se trata de la poca profundidad o diversificación de los mismos, reflejada en la ausencia de activos sustitutos perfectos. Esta falencia tiene como efecto que los desplazamientos paralelos sean dominantes y que la percepción de riesgo del emisor afecte de manera homogénea a los diferentes nodos de la estructura a plazo de tasas de interés. Es decir, que la sensibilidad ante el riesgo del emisor genera desplazamientos paralelos de la curva pues los inversores reclaman mayor rentabilidad para los diferentes instrumentos de un mismo emisor, asumiendo, implícitamente, el concepto de “duración” como estrategia frente al riesgo por emisor.

En cuanto al segundo componente, el ACP permite resumir en un solo factor la dinámica de la pendiente del sistema facilitando, incluso, la construcción de un indicador de la actividad económica (Svensson y Pavlidis (2003)). A través de este factor se pueden resumir las expectativas de los inversionistas con respecto a los movimientos de las tasas de interés o el comportamiento cíclico

¹⁸ Crisis y turbulencia económica, entendida como periodos de inestabilidad donde el rumbo y las directrices de la economía no corresponden a las deseadas y las expectativas de los agentes no son las mejores.

de la actividad económica. Los resultados obtenidos arrojaron una incidencia débil del factor asociado a la pendiente en los desplazamientos de la curva. Este resultado limita el análisis de la misma como variable *proxy* de las expectativas de inflación en la economía (al igual que estudios anteriores para Colombia).

La curvatura es el factor de menor incidencia en el tipo de desplazamiento de la curva de rendimiento corroborando que la posible parte más cóncava en la parte media de la curva es muy débil. Por tanto, este segmento de la curva no garantiza “refugio” o mayores prebendas para mover a los inversionistas hacia cualquier sitio de la curva. Además, como los inversores usan el concepto de “duración” como estrategia de protección ante el riesgo de emisor y existen falencias en las coberturas en la curva, el efecto de curvatura queda diezmado pues la parte media no es atractiva.

Sería concluyente pensar que para el caso colombiano, continúa (complementando los resultados antes mencionados para Colombia) siendo acertado asumir desplazamientos paralelos de la curva de rendimientos, en el periodo de análisis, como estrategia de control de riesgo de tasas de interés, sin asumir una posible continuidad en las estimaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ARANGO, L. AROSEMENA, A.. Lecturas Alternativas de la estructura a plazo: una breve revisión de la literatura. Banco de la República de Colombia. Borradores de Economía No. 223. 2002.

ARANGO, L. AROSEMENA, A. El tramo corto de la estructura a plazo como predictor de expectativas de inflación en Colombia. Banco de la República de Colombia. Borradores de Economía No. 264. 2003.

.

DELFINER, Miguel. Patrones de fluctuación de la curva de rendimientos en Argentina. Universidad del CEMA. CEMA Working paper 259.

FISHER, I. Appreciation and interest, 1896.

GARBADE. Fixed income analytics. 1998

GOLUB y TILMAN. Risk management: Approaches for fixed income markets. 2000

HICKS. Mr Hawtrey on bank rate and the long term rate of interest. Manchester School, 1939.

JIMÉNEZ, V. Testing the stability of the components explaining changes of the yield curve in Mexico: a principal component analysis approach.2002.

JIMÉNEZ MÉNDEZ, Edgar, CÁMARO SUÁREZ, Álvaro y CASAS HENAO, Arnoldo. Movimientos de la curva de rendimientos de TES tasa fija en Colombia. Promotora Bursátil S.A. 2005

JULIO, J. REVEIZ, A. MERA. J. La curva spot cero cupón: la estimación con splines cúbicos suavizados, usos y ejemplos. Banco de la República de Colombia. Borradores de Economía No. 213.

KNEZ, J. LITTERMAN, R. y SCHEINKMAN, J. Exploration into factors explaining money markets returns". Journal of Finance. 1994.

LITTERMAN, R., y SCHEINKMAN, J. Common factors affecting bond returns. Journal of Fixed Income. 1991.

NELSON, Charles R. y SIEGEL, Andrew. Parsimonious modelling of yield curves. Journal of Business. Volume 60, 1987

SVENSSON, L. Estimating and Interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994. Working paper No. 4871. 1994.

www.dane.gov.co

www.banrep.gov.co

www.bvc.com

ANEXOS

Anexo 1: Metodología del Análisis de Componentes Principales (ACP).

Específicamente, el Análisis de Componentes Principales se aplica sobre datos contenidos en tablas bidimensionales que cruzan n observaciones ($i=1,2,\dots,n$) sobre el que se observan p variables ($j=1,2,\dots,p$) cuantitativas, es decir, a partir de la matriz de datos siguiente:

$$\begin{array}{ccc} X_{11} & \dots & X_{1p} \\ | & \cdot & x_{x11} & \cdot & | \\ X_{n1} & \dots & X_{np} \end{array}$$

Se busca hallar combinaciones lineales de las columnas de la matriz X a través de su matriz de covarianzas, de modo tal que sus varianzas sean las máximas, lo que garantiza extraer la mayor cantidad de información posible.

Por lo tanto, definiendo la siguiente combinación Z sobre los datos contenidos en X como:

$$Z_{1i} = a_{11}x_{1i} + a_{21}x_{2i} + \dots + a_{mi}x_{mi} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Que expresado matricialmente sería:

$$Z_1 = X a_1$$

Donde Z_1 es un vector ($n \times 1$), X es la matriz de datos descrita anteriormente y "a" es un vector ($p \times 1$). En este sentido, se puede establecer que la suma de cuadrados de la nueva variable Z sea dada por:

$$z_1' z_1 = a_1' X' X a_1$$

De esta manera se puede alcanzar el objetivo planteado por el ACP, maximizando esta suma de cuadrados, el cual representa la varianza de z_1 sujeto a la restricción de que la suma de cuadrados de los coeficientes de "a" sea igual a 1.

Este proceso de maximización conduce a una solución de orden expresada en la forma del siguiente autosistema:

$$(X'X) a_1 = \lambda_1 a_1$$

Donde λ es el multiplicador de Lagrange, asociado con el problema de maximización, y al mismo tiempo, es la raíz característica de la matriz $(X'X)$. Esta raíz característica es un vector de coeficientes a_1 , los cuales son los valores característicos (o autovalores) del auto sistema. Por tanto, se dice que λ es la raíz con el valor más alto en la matriz $(X'X)$ y que el primer componente principal de X es z_1 .

Si se supone que la matriz $(X'X)$ contiene k raíces características, entonces los k componentes principales, ortogonales entre ellos mismos, se especificarían como el siguiente arreglo matricial:

$$Z = XA$$

Donde la varianza de los componentes estaría dada por:

$$Z'Z = A'X'XA = \Lambda$$

Y donde la matriz Λ es de la forma:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ & \lambda_2 & & 0 \\ 0 & & \cdot & \\ 0 & \dots & & \lambda_k \end{pmatrix}$$

En el que los elementos de la diagonal principal de la matriz Λ proporcionan la ponderación que tienen los componentes principales en la varianza total conjunta de $(X'X)$ de forma tal que se cumple que:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 \dots \dots > \lambda_k$$

En resumen, el ACP a través de este proceso de maximización permite, al reducir la dimensionalidad del espacio original y definir un conjunto de nuevas variables artificiales, que explican a su máximo la variabilidad total de las variables originales, abriendo así la posibilidad de lograr una mayor y mejor interpretación de los datos con un menor número de variables.

Anexo 2: Graficas de los TESTF y TES UVR.

