

Innovaciones de Negocios 12(23): 097 - 111

© 2015 UANL, Impreso en México (ISSN 2007-1191)

Fecha de recepción: 3 de marzo de 2015. Fecha de aceptación: 19 de abril de 2015

Valor en Riesgo mediante Simulación Histórica en un entorno de tasas negativas

Value at Risk using Historical Simulation upon negative rates

Alejandro Monroy Osorio

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Contaduría Pública y Administración,
San Nicolás de los Garza, N.L., México.

Email: amonroy@evercorecb.com

Key words: historical simulation, Mexico, negative rates, Value at Risk

JEL: E52 & E60

Abstract. On recent years many countries have tried to reactivate their economies with a monetary policy that has established low interest rate levels as an effect of 2007 financial crisis. This rate reduction generates misleading results on Value at Risk calculations on certain instruments when rates tend to negative values.

Palabras clave: México, simulación histórica, tasas negativas, Valor en Riesgo

JEL: E52 & E60

Resumen. En años recientes un gran número de naciones ha adoptado una política monetaria de tasas de interés bajas con el fin de impulsar la economía, medida resultante a partir de la última crisis financiera del 2007. La reducción de genera errores en el cálculo del Valor en Riesgo de ciertos instrumentos cuando las tasas tienden a valores negativos.

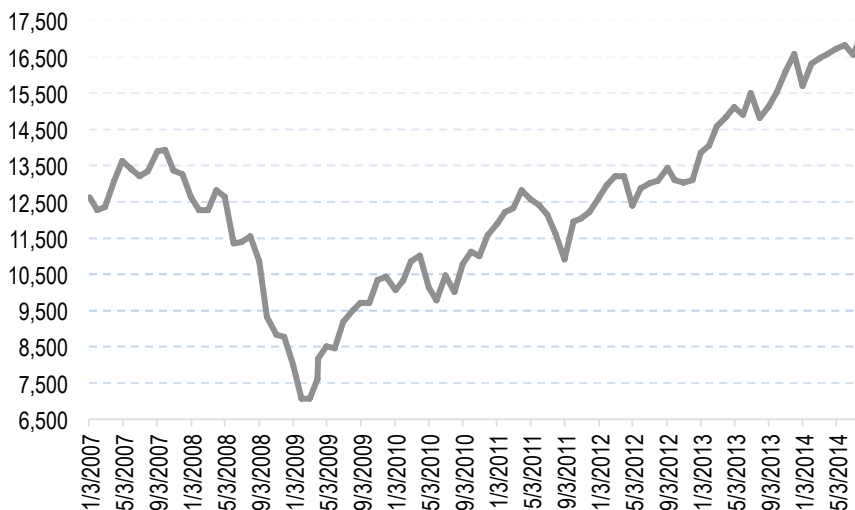
Introducción

La crisis financiera que comenzó en el 2007 generó periodos de estrés dentro de una gran parte de las economías globales y principalmente en entidades financieras las cuales sin importar su tamaño se encontraron involucradas en un entorno de iliquidez en el mercado, generando grandes pérdidas y una eventual bancarrota de diversas instituciones (BIS, 2008).

Dada la magnitud y complejidad de relaciones entre instituciones con presencia global la crisis se magnificó contagiando rápidamente a gran parte del mercado, forzando a los bancos centrales a actuar con el fin de evitar un colapso en el sistema financiero (BIS, 2008).

Una muestra de la profundidad de los eventos de estrés es visible en el comportamiento de uno de los índices con mayor relevancia en los mercados internacionales, el Dow Jones Industrial Average (Fig. 1).

Figura 1. *Dow Jones Industrial Average*



El Dow Jones Industrial Average es un índice el cual captura el comportamiento diario de los precios de 30 acciones de compañías públicas industriales y es publicado por la compañía Dow Jones & Company, Inc (<http://www.britannica.com>).

Los mercados de dinero por su parte tuvieron un comportamiento de alta volatilidad para posteriormente ajustar sus tipos de interés a la baja con el fin de reactivar las economías afectadas, los periodos de estrés en el mercado no habían sido experimentados desde la Gran Depresión (Brahmbhatt, 2008). Los orígenes de la crisis se derivan del mercado estadounidense hipotecario, donde los participantes para continuar con el

periodo expansivo generaron instrumentos sintéticos con el fin de hacer bursátil paquetes de hipotecas las cuales se negociaban como instrumentos de bajo riesgo Collateralized Debt Obligation, CDO por sus siglas en inglés. Las condiciones de mercado que antecedian este colapso se caracterizaron por ser de baja volatilidad, por un periodo prolongado en el cual los tipos de interés en término real se mantenían en niveles bajos y un incremento en el valor de ciertos activos (BIS, 2009).

El desarrollo de la crisis entre otros incluyó la intervención por parte de los gobiernos a bancos con gran exposición en instrumentos sintéticos con garantía hipotecaria y en instrumentos derivados de crédito que presentaban pérdidas cuantiosas con el fin de garantizar los sistemas financieros, adicionalmente existieron adquisiciones obligadas e inyección de liquidez a las economías. Otros sectores tales como el asegurador presentaron de igual forma quiebras e intervenciones al ser proveedores naturales de coberturas contra eventos crediticios.

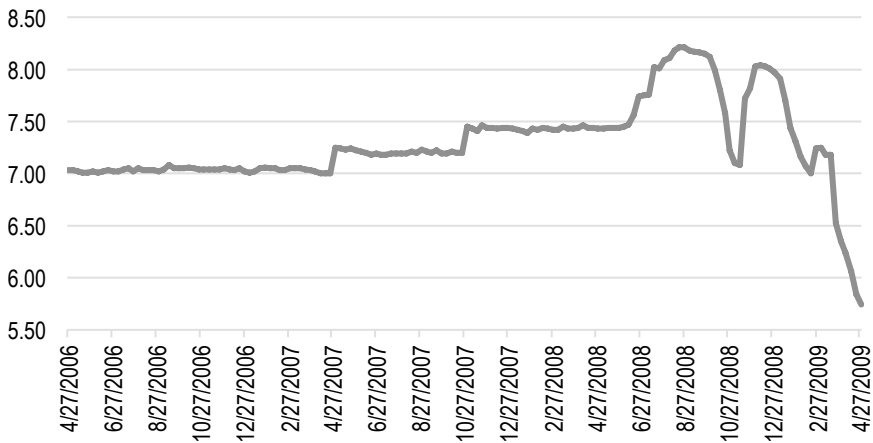
Sistema financiero mexicano

El sistema financiero mexicano comenzó con la creación de diversos bancos los cuales tenían entre otros la facultad de emitir billetes. La banca en México data de 1864 con el establecimiento de un banco de origen británico, el "Bank of London, Mexico and South America", es hasta el año 1925 al amparo de la Constitución de 1917 que se funda el Banco de México mismo que sería el único encargado de emitir billetes en nombre del Gobierno Mexicano (Turrent, 2007). El Banco de México como tal tiene la función de preservar el valor de la moneda nacional a lo largo del tiempo, es decir controlar la inflación mediante la aplicación de una correcta política monetaria.

Los Certificados de la Tesorería son instrumentos de deuda de corto plazo emitidos por el Gobierno Federal desde 1978 y colocados por el Banco de México mediante un mecanismo de subasta, sirven tanto como reguladores de la base monetaria, vehículos de financiación de la inversión productiva, así como una tasa de referencia que se vincula a diversos instrumentos en el mercado mexicano; por su antigüedad esta tasa captura gran parte de la evolución del mercado de dinero en México. A partir de abril del 2006 este indicador presentó un periodo de muy baja volatilidad por las

condiciones de mercado previamente expuestas, de igual forma al comenzar los periodos de estrés derivados de la crisis del 2007 se observó un periodo amplio de volatilidad con un impacto a la alza y posteriormente un ajuste a la baja con el fin de reactivar la economía, esto puede observarse en la (Fig. 2).

Figura 2. *Certificados de la Tesorería con plazo de referencia de 28 días*

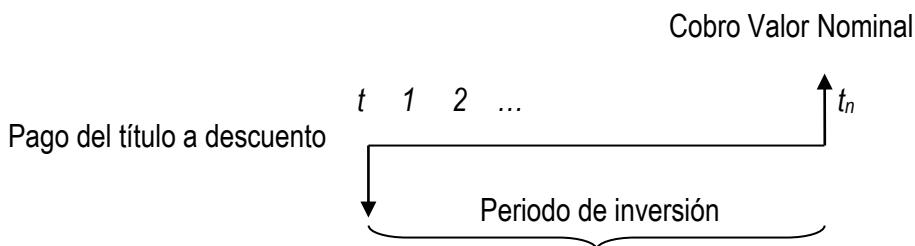


A partir de la modificación de la política monetaria de las economías globales con miras en el rescate del sistema financiero y la reactivación económica, los niveles de tipo de interés nominal han experimentado un largo periodo de baja, incluyendo la economía mexicana.

Dentro del sistema financiero mexicano y a partir de la crisis económica de 1994 el Banco de México implementó una pseudo moneda vinculada a la variación en el Índice Nacional de Precios al Consumidor, es decir a la inflación observada en cierto periodo de tiempo, en este caso una periodicidad quincenal. Las Unidades de Inversión (UDI) nacen con una paridad de uno a uno con el peso mexicano (MXN) el día 4 de abril de 1995 (Banxico, 2015); de esta forma se estructuran créditos con una tasa real fija, siendo en el comienzo principalmente de tipo hipotecarios, sin embargo en la actualidad se vinculan a diferentes instrumentos tanto de mercado como de crédito.

Instrumentos del mercado de deuda mexicano

Los Certificados de la Tesorería son bonos cupón cero, estos instrumentos tienen la característica de ser negociados por debajo de su valor nominal y no tienen pago de interés intermedio, es decir son adquiridos a un descuento y al vencimiento se obtiene el diferencial entre el precio de adquisición y el valor nominal del título, es decir el interés contenido en el principal. De forma gráfica:



La fórmula para la obtención del precio a descuento en el día de liquidación se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{VN}{\left(1 + i \frac{(t, T)}{b}\right)} \quad (1)$$

Donde:

P Precio

VN Valor Nominal

i Tasa de interés

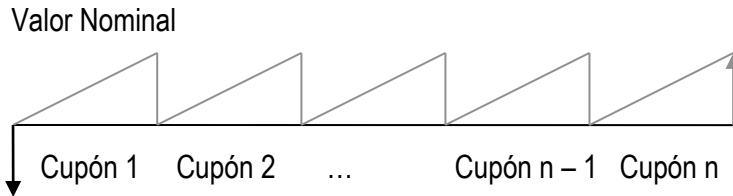
(t, T) Número de días entre la fecha de liquidación y la fecha de vencimiento

b Convención de días por año

Esta ecuación, no es más que el Valor Presente del Valor Nominal (Kellison, 1991) del título, esto es claro ya que el interés del inversionista en un papel a descuento, es el precio de compra relacionado a la tasa y los días al vencimiento del título.

Bonos a tasa fija

Los bonos con pago de interés a tasa fija son títulos que ofrecen un pago periódico a la tasa a la que fue emitido el título (Kellison, 1991). Al vencimiento los títulos pagarán tanto el valor nominal como el interés del último flujo. Gráficamente tenemos:



En la fecha de liquidación de la compra se calcula el precio del bono el cual podrá ser a la par cuando el valor presente es igual al valor nominal, bajo par cuando la tasa de rendimiento es mayor a la tasa del cupón o sobre par cuando la tasa de rendimiento es menor a la tasa del cupón. A partir de la fecha de liquidación el bono devengará interés diario fijo de manera lineal por cada cupón que posea vigente para al final de la inversión pagar su valor nominal y el interés generado por el último flujo.

Por lo que la fórmula para obtener el precio es la sumatoria de cada uno de los flujos, con lo que obtenemos:

$$P = \frac{VN \left(i \frac{(t_0, T_1)}{b} \right)}{(1 + R)} + \frac{VN \left(i \frac{(t_1, T_2)}{b} \right)}{(1 + R)^2} + \dots + \frac{VN \left(1 + i \frac{(t_{n-1}, T_n)}{b} \right)}{(1 + R)^n} \quad (2)$$

Donde:

- P Precio
- VN Valor Nominal
- i Tasa de interés
- (t,T) Número de días por devengar del cupón
- b Base de convención de días por año
- R Tasa interna de retorno esperada para el cupón n

$$R = r \left(\frac{p_c}{b} \right) \quad (3)$$

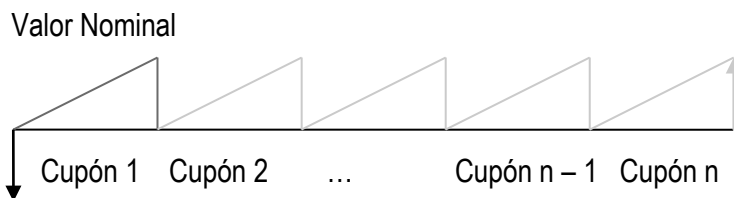
Donde:

- r Tasa anual de la operación o rendimiento
- p_c Plazo teórico del cupón
- b Base de convención de días por año

Bonos a tasa variable

Los bonos con pago de interés a tasa flotante son títulos que durante su vida fijan el valor de sus cupones tomando como referencia alguna tasa primaria de mercado (Kellison, 1991) con cierta periodicidad y reglas. La tasa del cupón corriente para una considerable muestra de bonos se establece al comienzo del periodo sin sufrir ningún cambio; sin embargo existen diversas combinaciones que se pueden aplicar tales como: tasas promedio, tasas capitalizadas, etc. Los cupones futuros se estiman con la tasa relevante observada en el mercado, al vencimiento pagarán el valor nominal y el interés del último flujo.

Gráficamente tenemos:



En la fecha de liquidación del título se realiza el pago del bono, después de esta fecha el bono devengará interés diario de manera lineal por cada cupón que posea vigente.

Por lo que la fórmula para obtener el precio es la sumatoria de cada uno de los flujos, con lo que obtenemos:

$$P = \frac{VN\left(s \frac{(t_0, T_1)}{b}\right)}{(1+R)} + \frac{VN\left(i \frac{(t_1, T_2)}{b}\right)}{(1+R)^2} + \dots + \frac{VN\left(1 + i \frac{(t_{n-1}, T_n)}{b}\right)}{(1+R)^n} \quad (4)$$

Donde:

- P Precio
 VN Valor Nominal
 i Tasa de interés vigente (última conocida)
 s Tasa de interés del cupón corriente
 (t, T) Número de días por devengar del cupón
 b Base de convención de días por año
 R Tasa interna de retorno esperada para el cupón n

$$R = r \left(\frac{p_c}{b} \right) \quad (5)$$

Donde:

- r Tasa anual de la operación o rendimiento
 p_c Plazo teórico del cupón
 b Base de convención de días por año

Valor en Riesgo

El Valor en Riesgo (VaR por sus siglas en inglés “Value at Risk”) es una métrica ampliamente utilizada en el sector financiero la cual busca representar la máxima pérdida que puede alcanzar un instrumento de mercado o un portafolio de activos como consecuencia de los movimientos adversos en el valor de los factores de riesgo (Jorion, 2007), entre ellos la tasa de interés, el tipo de cambio, la inflación, etc. De esta forma podemos decir que el VaR es una medida de pérdida potencial en el valor de un activo o portafolio a partir de un principio de normalidad en los mercados.

El VaR se conforma de metodologías estadísticas las cuales requieren para su correcto retorno un nivel de confianza, una distribución de probabilidad, un horizonte de tiempo y una moneda de conversión.

Modelo de simulación histórica

El modelo de simulación histórica es una metodología la cual asume que los movimientos experimentados previamente en los mercados pueden acontecer en un futuro (Jorion, 2007).

Tomando en consideración los factores de riesgo relevantes que inciden en cada uno de los activos financieros de un portafolio se obtienen n observaciones de mercado previas, con esta información se simulan $n - 1$ escenarios históricos con el fin de reevaluar la cartera y comparar el resultado con el valor actual. El resultado será una distribución de posibles pérdidas y ganancias, el nivel de confianza indica el percentil en el cual se encuentra la pérdida potencial.

Sea V el vector de n observaciones históricas de un factor de riesgo, y sea R el vector resultante de rendimientos simples con $n - 1$ observaciones:

$$R_{n-1} = \begin{bmatrix} v_1 / v_2 \\ v_2 / v_3 \\ \vdots \\ v_{n-1} / v_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

Con el valor de la última observación se obtiene el vector de factores de riesgos:

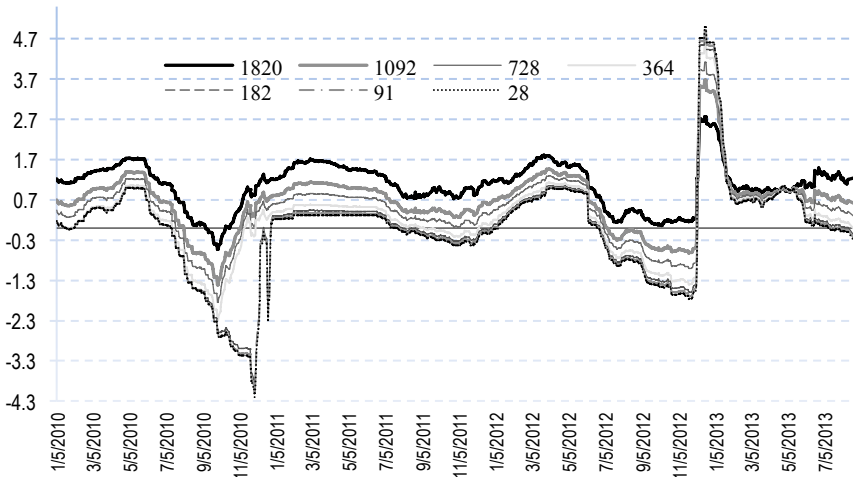
$$F_{n-1} = v_1 \cdot \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_{n-1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Instrumentos a tasa real

Como se comentó anteriormente a partir de la crisis financiera el Gobierno Federal implementó una pseudo moneda vinculada a la inflación, dentro de los instrumentos diseñados en torno a esta nueva unidad se encuentran diversos bonos de tasa fija denominados en UDIS. Entre los más importantes se encontraba el Pagaré de Indemnización Carretero conocido como PIC – FARAC al formar parte del Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas (BMV, 2014), los Certificados Bursátiles de Indemnización Carretera CBIC – FARAC (Banxico, 2002) y los Bonos de Desarrollo denominados en UDIS (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1996).

Al ser títulos de tasa fija y denominados en UDIS la conversión a pesos mexicanos (MXN) tiene implícita una tasa de interés real. Las medidas adoptadas por los gobiernos a partir de la última crisis financiera en el 2007 como se mencionó previamente se centraron posteriormente al periodo de volatilidad, a un decremento en las tasas de interés de referencia. El impacto en instrumentos de tasa real implicó que las tasas de rendimiento tuvieran valores de cero o negativos derivado de la expectativa en términos inflacionarios. La evolución de los niveles de tasa de rendimiento para este tipo de instrumentos puede ser observada a partir de las curvas de interés de los CBIC – FARAC (Fig. 3).

Figura 3. Evolución de los principales nodos, curva CBIC - FARAC



Cálculo del Valor en Riesgo

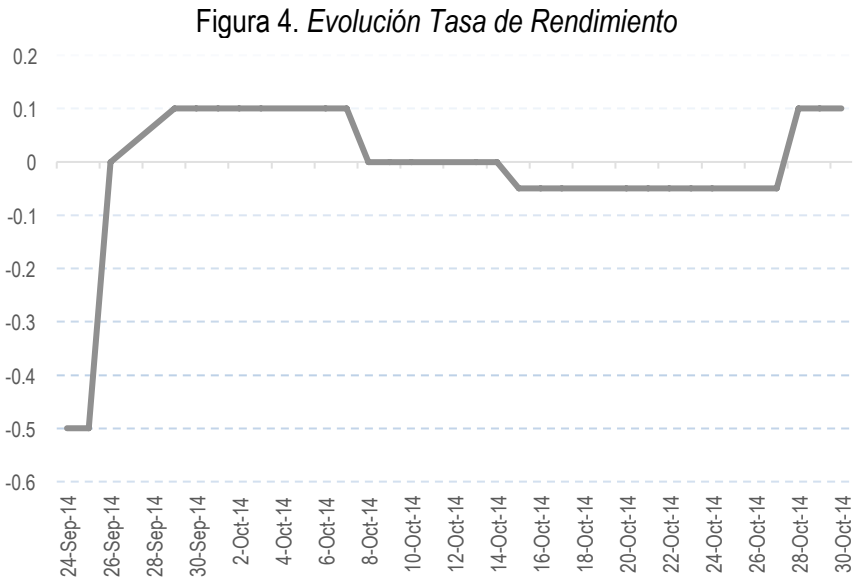
Como se comentó anteriormente el Modelo de Simulación Histórica asume que el comportamiento experimentado anteriormente en el mercado puede volver acontecer por lo que se generan escenarios supuestos mediante los rendimientos históricos en los factores de riesgo relevantes a cada instrumentos. En un entorno de tasas nominales mínimas aquellos instrumentos tales como los denominados en UDIS mostrarán niveles de tasas de rendimiento nulas o negativas esto implica un problema para el modelo en términos de una eventual indeterminación o bien un problema de magnitud en una situación de cambio de signo.

El presente documento presenta una alternativa en términos de cálculo el cual contrasta la utilidad o pérdida que se observó de forma empírica en el mercado versus aquella obtenida con el modelo alternativo de Simulación Histórica. Al ser esta una validación la cual busca aislar el efecto de la tasa de rendimiento en un entorno nulo o negativo no se requiere el contar con un portafolio, así como no es requerido el principio de diversificación puesto que implicaría una reducción en este impacto.

Tomando como referencia la siguiente emisora:

Tipo Valor	F
Emisora	BANOBRA
Serie	U14007
Plazo Teórico	182 días
Valor Nominal	100
Divisa Valor Nominal	UDIS
Tasa Fija Cupón	-1.9
Fecha Emisión	25/08/2014
Fecha Vencimiento	23/02/2015
Fecha Valuación	23/12/2014
Tasa de Rendimiento	2.0889
Títulos	9,705,048

Podemos observar la evolución de la tasa de interés relevante para el cálculo de Simulación Histórica concentrando en los periodos donde la tasa tiene niveles nulos o bien con cambio de signos (Fig. 4).



Sea V el vector de n observaciones históricas de un factor de riesgo, y sea ahora D el vector resultante de diferencias absolutas con $n - 1$ observaciones:

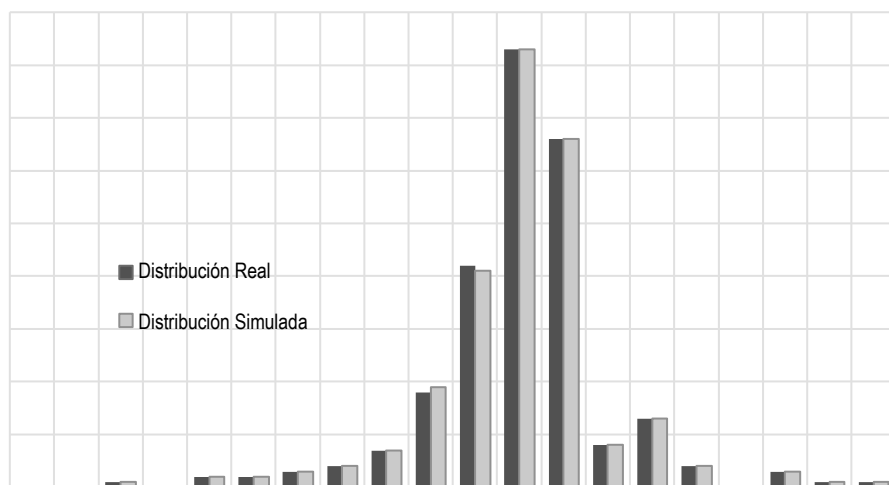
$$D_{n-1} = \begin{bmatrix} v_1 - v_2 \\ v_2 - v_3 \\ \vdots \\ v_{n-1} - v_n \end{bmatrix} \tag{8}$$

Entonces el vector de escenarios será el resultante de adicionar al último valor observado el vector D:

$$F_{n-1} = v_1 + \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_{n-1} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Obteniendo la distribución de pérdidas y ganancias observadas versus las simuladas encontramos una congruencia amplia (Fig. 5).

Figura 5. *Distribución Real vs Distribución Simulada*



Con un 99% de confianza en términos de la Distribución Real encontramos que la pérdida observada fue de -3.48 millones de pesos, mientras que con el modelo sugerido obtenemos un valor probable de pérdida de -3.53 millones de pesos.

Realizando una regresión en los vectores observados y simulados obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 1. *Estadísticas de la regresión*

Estadístico	Valor
Coefficiente de correlación múltiple	0.999950162
Coefficiente de determinación R ²	0.999900326
R ² ajustado	0.999899938
Error típico	13834.64697
Observaciones	259
F	2,578,153.86
Valor crítico de F	0.000

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El cálculo del Valor en Riesgo utilizando el Modelo de Simulación Histórica en un entorno de tasas de rendimiento nulas o con cambio de signos puede ser reemplazado por el uso de diferencias absolutas al tratarse de instrumentos de tasa fija tal como se probó en este documento. Todos los bonos de tasa fija presentan las mismas propiedades por lo que los principios de modelación y resultados pueden extrapolarse a cualquier instrumento que presente estas condiciones.

Estudios posteriores pueden centrarse en instrumentos de tasa variable que experimenten este tipo de situaciones y aplicar la misma metodología para evaluar su comportamiento.

En términos de cómputo la implementación de un modelo mixto entre diferencias relativas y absolutas garantiza un resultado apegado a los fundamentos del Modelo de Simulación Histórica.

References

Banxico (2002). Operaciones de reporte. *Circular Banxico*, 1/2002. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/disposiciones/circulares/circular-115-2002/%7BC4E39892-3A09-2F8D-E904-10AF61DF51DE%7D.pdf>

- Banxico. (2015). Banco de México UDIS (Unidades de Inversión). Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/ayuda/temas-mas-consultados/udis--unidades-inversion-.html>.
- BIS (2008). Principles for sound liquidity risk management and supervision. Basilea: Bank for International Settlements.
- BIS (2009). BIS 79th annual report. Basilea: Bank for International Settlements.
- BMV (2014). Mercado de deuda gubernamental. Bolsa Mexicana de Valores. Obtenido de http://www.bmv.com.mx/wb3/wb/BMV/BMV_gubernamental
- Brahmbhatt, M. (2008). *Weathering the storm: Economic policy responses to the financial crisis*. Washington, D.C: World Bank.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk, The new benchmark for managing financial risk*. New York: McGraw-Hill.
- Kellison, S. (1991). *The theory of interest*. Burr Ridge, Ill: Irwin.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (1996). *Udibonos. Nota técnica*. México, D.F: Banco de México. Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/>
- Turrent, E. (2007). *Historia sintética de la banca en México*. México, D.F: Banco de México.