

# Estrategia para invertir en el mercado de divisas (Forex) basada en redes neuronales

Dávila A.\*; Herrera G.\*

\*Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias Administrativas, Quito, Ecuador  
e-mail: alex.davila@epn.edu.ec; gustavo.herrera@epn.edu.ec

---

**Resumen:** Se propone la elaboración de una estrategia de inversión para el par EUR/USD, mediante un método de predicción con redes neuronales. A fin de hacer una comparación, paralelamente se elaboran estrategias basadas en predicciones de series de tiempo con otros métodos: medias móviles, suavización exponencial y método de Winters. La selección de los parámetros óptimos para cada estrategia se realiza mediante backtesting durante un período, privilegiando los parámetros que generaron mayor rentabilidad en tal período. Al entrenar la red neuronal se tomaron retrasos y medias móviles de los retornos de precio diarios del EUR/USD del período del 24/11/2009 al 22/7/2013, el cual fue seleccionado mediante análisis de Hurst. Las cuatro estrategias optimizadas fueron evaluadas paralelamente durante un período de dos meses (29/7/2013 a 27/9/2013) mediante operaciones en cuentas demo. La estrategia basada en red neuronal superó en utilidad y consecuentemente en rentabilidad (13.81% bimensual; 117.31% anual) a las otras estrategias. Con los resultados obtenidos al aplicar las estrategias propuestas paralelamente durante el período de evaluación, se generó información que permitió estimar el riesgo de pérdida de cada estrategia mediante simulación de Montecarlo. La estrategia basada en red neuronal es la que presentó el menor riesgo de pérdida (19.05%).

**Palabras clave:** Mercado de divisas, Forex, pronósticos, redes neuronales, exponente de Hurst, medias móviles, suavización exponencial, método de Winters.

**Abstract:** The development of an investment strategy for the EUR / USD is proposed, using a prediction method with neural networks. To make a comparison, parallel strategies based on time series predictions with other methods are developed: moving averages, exponential smoothing and Winters method. The selection of the optimal parameters for each strategy is done through backtesting during a time frame, favoring parameters that generated higher returns in this period. To train the neural network, lags and moving averages of daily returns price of EUR / USD for the period of 24/11/2009 to 22/07/2013 were taken, which was selected through Hurst analysis. The four optimized strategies were evaluated in parallel for a period of two months (29/07/2013 to 27/09/2013) through operations on demo accounts. The strategy based on neural network outperformed in profit and consequently in profitability (13.81 % bimonthly; 117.31 % annually) to the other strategies. Based on the results obtained by applying the proposed strategies in parallel during the evaluation period, information that allowed us to estimate the risk of loss for each strategy using Monte Carlo simulation was generated. The strategy based on neural network is the one that had the lowest risk of loss (19.05 %).

**Keywords:** Foreign exchange market, Forex, forecasts, neural networks, Hurst exponent, moving averages, exponential smoothing, Winters method.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Al ser Forex un mercado especulativo de alto riesgo, es deseable disponer de estrategias claras y definidas que contribuyan a mitigar el riesgo al invertir. Considerando que las redes neuronales han mostrado gran aplicabilidad en análisis de series de tiempo y en pronósticos [1], en el presente estudio se propone investigar sobre la elaboración de una estrategia de inversión para el par EUR/USD, mediante un método de predicción con redes neuronales.

Excede al alcance de este trabajo realizar un estudio exhaustivo de todas las investigaciones previas. En los siguientes párrafos se presentan algunos estudios relacionados con modelos de redes neuronales en aplicaciones financieras.

Bellgard and Goldschmidt[2] examinaron la exactitud de pronóstico y el desempeño de varias técnicas tradicionales, incluyendo paseo aleatorio, suavización exponencial y modelos ARMA (Autoregressive–moving–averagemodel) con modelos de redes neuronales recurrentes. La investigación se basó en la tasa de cambio del par AUD/USD (Dólar australiano / dólar americano) utilizando datos de media hora durante 1996. Concluyeron que la exactitud de las mediciones del

pronóstico estadístico no tienen una relación directa con la rentabilidad, y que las series de tiempo de Forex exhiben patrones no lineales que son mejor aproximados por los modelos de redes neuronales.

Yao & Tan [3] examinaron el desempeño de una estrategia de negociación con base en las simulaciones de redes neuronales (Basada en las tasas de cambio entre el dólar americano y JPY, DEM, GBP, CHF y AUD). Los autores, teniendo en cuenta el efecto de los costos de transacción, consideraron un modelo para realizar operaciones cada viernes, construyeron una muestra de 510 observaciones con los precios de cierre desde el 18 de mayo de 1984 hasta el 7 de julio de 1995. Compararon sus modelos contra un ARIMA (Autoregressive integrated moving average), pero aquí prestaron especial énfasis a indicadores de desempeño financiero sobre la estrategia de negociación simulada. Por ejemplo, compararon el resultado financiero de negociar con los pronósticos de la red con la rentabilidad de comprar al inicio del periodo y vender hasta el final (comprar y mantener). Las redes que entrenaron las usaron como variables de entrada, rezagos de la serie y promedios móviles de las mismas. Concluyeron que la rentabilidad de la estrategia simulada con las redes neuronales para todas las divisas, excepto para el USD/JPY, son superiores al retorno reportado por las estrategias de referencia.

Villamil & Delgado [4] presentaron un trabajo en el cual se muestran los resultados del entrenamiento de una red neuronal para negociación de la tasa de cambio EUR/USD y las bondades del algoritmo de entrenamiento chemotaxis (esto es novedoso ya que usualmente se usa un algoritmo de retro propagación en trabajos anteriores), que permite entrenar redes que maximicen una función objetivo que relacione aciertos en la predicción con las ganancias de un trader. Concluyeron que El mercado de la divisa EUR/USD es especialmente líquido y muestra tener características de eficiencia. No obstante, el modelo neuronal seleccionado en este trabajo enseña que sí es posible (usando el pronóstico de una red neuronal y siendo fiel a una estrategia de negociación) obtener rentabilidades positivas de manera sostenida en el mercado Forex. En este trabajo se han utilizado las redes neuronales multicapa para construir un sistema de negociación automatizado (SNA) que sirva para operar en el mercado del EUR/USD. En el modelo entrenado aquí se simplifican algunas de las características que debe tener un SNA: el modelo sugerido produce señales (de compra o venta) cada seis horas, hay señal de compra si el pronóstico de la red seis horas adelante es mayor que el pronóstico del precio actual y de venta si es menor, no se puede liquidar una posición antes de las seis horas (en otras palabras, no hay cabida para que operen el stop loss y el takeprofit) y siempre se invierte la totalidad del capital (no hay administración del dinero).

En 2008 Dunis presentó un estudio [5] en el que utilizaron varias arquitecturas de redes neuronales para pronosticar y comerciar con el par EUR/USD. Se comparan 4 diseños de redes neuronales (una neuronal de alto orden, una Psi Sigma, una red neuronal recurrente y el clásico

Perceptrón) con otras técnicas tradicionales: ARMA, MACD y una técnica ingenua (naive). Se realizó pronóstico y simulación de comercio diario considerando el costo de las transacciones (a diferencia del estudio de Villamil). Bajo estas condiciones, el modelo basado en una red neuronal de alto orden superó a los otros modelos basados en redes neuronales y a los modelos estadísticos tradicionales. Es importante indicar que el modelo basado en el Perceptrón presentó un desempeño superior a los otros pero cuando la simulación no tomó en cuenta los costos de transacción, lo cual no sucede en el mercado real.

Considerando los resultados de trabajos previos similares, se propone la elaboración de una estrategia de inversión para el par EUR/USD, mediante un método de predicción con redes neuronales, la cual será evaluada en términos de rentabilidad y riesgo mediante operaciones en cuenta demo y no mediante simulaciones de backtesting como en los trabajos mencionados anteriormente. El presente trabajo inicia con una muy breve descripción del mercado de divisas (Forex) en la sección 2, en la sección 3 se describen las redes neuronales, en la sección 4 se resumen los métodos utilizados para las estrategias con las que se va a comparar la estrategia basada en redes neuronales, en la sección 5 se describe la estrategia basada en redes neuronales, en la sección 6 las otras estrategias, en la sección 7 se muestra una comparación de los resultados obtenidos con las diferentes estrategias, en la sección 8 se mencionan los resultados de la estimación del riesgo mediante la metodología Value at Risk (Valor en riesgo, VaR) y finalmente, en la sección 9 se presentan las conclusiones.

## 2. FOREX

El término FOREX significa Foreign Exchange Currency Market (FOREign EXchange), lo cual se interpreta como Mercado de Intercambio de Divisas Extranjeras. [6].

En Forex, las divisas se comercian en pares (por ejemplo EUR/USD). Si se prevé que el Euro cotizará al alza (“se fortalecerá”) frente al Dólar entonces se debería comprar EUR/USD para ganar y recíprocamente, si se cree que el Euro cotizará a la baja (“se debilitará”) frente al Dólar, se debería entonces vender EUR/USD.

Dentro de la terminología propia del Trading, la operación de compra se conoce como posición “larga”. Si un comprador está en posición larga en el par EUR/USD, significa que está comprando en euros (divisa base) y está vendiendo en dólares USA (divisa de cotización).

## 3. REDES NEURONALES

Las redes neuronales pueden ser útiles para realizar un mapeo entrada-salida cuando la relación exacta entre entrada-salida es desconocida o muy compleja para ser determinada matemáticamente. Dada su habilidad para aprender mapeos complejos, han sido usadas para modelar relaciones económicas no lineales. Presentando un conjunto de datos de pares entrada-salida

iterativamente, una red neuronal puede ser entrenada para determinar un conjunto de pesos que pueden aproximar el mapeo.

La red neuronal multicapa de propagación hacia adelante (Fig.1) es una de las arquitecturas más comúnmente usadas. Esta consiste de una capa de entrada, una capa de salida y una o más capas intermedias llamadas capas ocultas. Todos los nodos en cada capa están conectados a cada nodo en la capa superior mediante fuerzas de interconexión llamadas pesos.  $x_i$  son las entradas,  $w$  son los pesos,  $y_k$  son las salidas producidas por la red. Todos los pesos interconectados entre capas son inicializados a pequeños valores aleatorios al inicio.

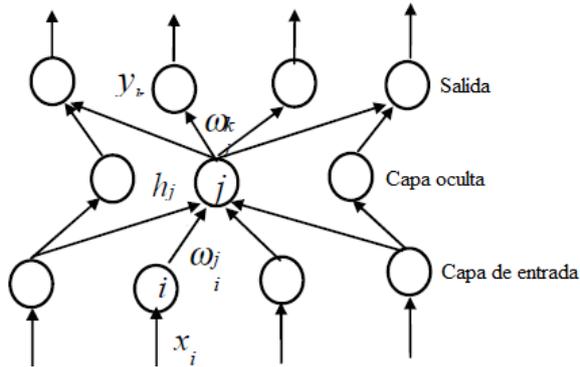


Figura 1. Estructura de una red neuronal multicapa con propagación hacia adelante (Adaptado de [1])

Durante el entrenamiento las entradas son presentadas en la capa de entrada y la salida objetivo asociada es presentada en la capa de salida. Un algoritmo de entrenamiento es utilizado para obtener un conjunto de pesos que minimiza la diferencia entre la salida objetivo y la salida real producida por la red.

#### 4. PREDICCIONES MEDIANTE SERIES DE TIEMPO

Los modelos de pronóstico (predicción) basados en series de tiempo predicen bajo la suposición de que el futuro es una función del pasado, es decir, observan lo que ha ocurrido durante un período determinado y usan una serie

de datos históricos para hacer un pronóstico. Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos puntuales separados a intervalos iguales (semanas, meses, trimestres, etc.) [3].

##### 4.1 Método de medias móviles [4]

El método de medias simples utiliza la media de todos los datos para hacer el pronóstico, pero si se tiene mayor interés por las observaciones más recientes, se puede especificar un número constante de puntos de datos y se puede calcular una media para las observaciones más recientes. El término promedio móvil (media móvil) se usa para describir este enfoque. Conforme se tienen nuevas observaciones, se calcula una nueva media al sumar el valor más reciente y al eliminar el más antiguo. Esta media móvil se usa para pronosticar el siguiente período.

##### 4.2 Método de Suavización Exponencial Simple

Consiste básicamente en tomar un conjunto de datos y hacer un pronóstico de ellos dándole una ponderación exponencial mayor a las observaciones más recientes. La ponderación exponencial supone que el dato a pronosticar tiene una relación mucho más fuerte con las observaciones más recientes que con las pasadas. [5].

##### 4.3 Método de Winters (Holt - Winters)

A partir del trabajo anterior realizado por Holt, Winters obtuvo un método capaz de capturar el nivel, la tendencia y la estacionalidad (Se dice que hay estacionalidad cuando una serie de tiempo está influenciada por factores estacionales como: un día de la semana, el mes o cuatrimestre del año, etc.) de manera directa. Este método separa el nivel, la tendencia y la estacionalidad y luego los integra al pronóstico de manera directa sin necesidad de utilizar métodos de descomposición. [5].

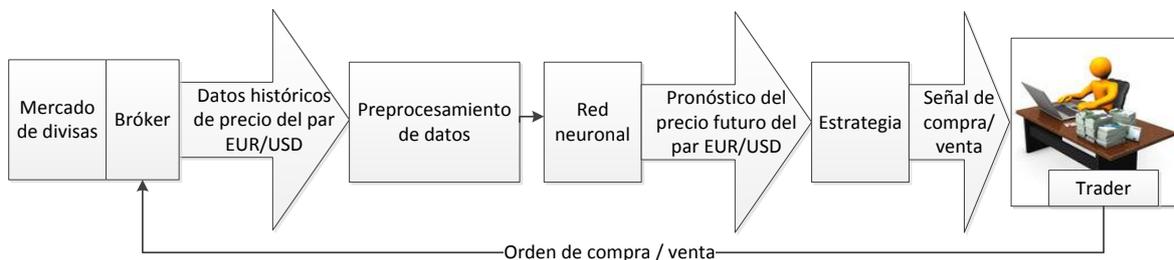


Figura 2. Esquema general de la estrategia basada en una red neuronal. (Imagen de "Trader" obtenida de [6])

## 5. ESTRATEGIA DE INVERSIÓN BASADA EN REDES NEURONALES

Se plantea la elaboración de una estrategia basada en una red neuronal, la cual se alimenta con datos de los precios históricos para pronosticar el precio futuro del par EUR/USD. Con base en este pronóstico se propone definir una estrategia que genere señales de compra (1) ó venta (0), las cuales pueden ser utilizadas por un trader para colocar posiciones de compra / venta (a través de una plataforma) en una cuenta abierta con un bróker.

La Figura 2 muestra el esquema general de la estrategia.

### 5.1. Datos de Entrada

Como entradas de la red neuronal se toman retrasos y medias móviles de los retornos de precio de cierre diarios del EUR/USD del período del 24/11/2009 al 22/7/2013, el cual fue seleccionado mediante análisis de exponente de Hurst, como se sugiere en el estudio de Kondratenko y Kuperin[7].

### 5.2. Características de la Red Óptima

Para seleccionar los parámetros óptimos (tanto para la estrategia basada en red neuronal como para los otros) se realiza backtesting durante el período del 12/3/2013 al 22/7/2013, privilegiando los parámetros que generaron mayor rentabilidad en tal período.

Para el caso de la red neuronal la estrategia óptima se basa en una red multicapa hacia adelante con 400 neuronas ocultas. La red tiene 10 entradas: 8 retrasos de la serie de retornos de precio de cierre y 2 medias móviles calculadas sobre la misma serie. La salida es el pronóstico del retorno de precio.

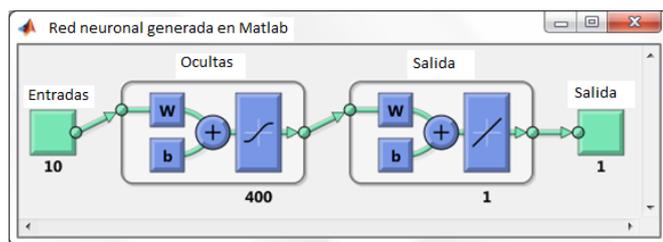


Figura 3. Estructura de la red neuronal seleccionada

### 5.3. Estrategia de Trading

Por simplicidad, y considerando que se ha empleado en estudios anteriores ([8], [9]), se plantea utilizar la siguiente estrategia: si el pronóstico del retorno (incremento) del precio es positivo se genera una señal de compra (1), caso contrario la señal es de venta (0). Una señal de compra significa comprar el EUR/USD al precio actual o continuar manteniendo (Hold) una posición de compra (si se tenía una abierta), mientras una señal de venta implica vender EUR/USD al precio actual o continuar manteniendo (Hold) una posición de venta (si se tenía una abierta).

### 5.4. Procedimiento de Operación de la Estrategia

La Figura 2 ilustra el procedimiento a seguir diariamente de acuerdo a la estrategia planteada. Cada día se obtiene el precio de cierre diario del Mercado (esto es a las 00h00 hora GMT, es decir a las 19h00 hora de Ecuador). Con el dato del precio de cierre diario (y del precio de cierre del día anterior) se puede calcular el retorno de precio de cierre. Con este dato se actualizan los valores de las entradas y se alimentan a la red neuronal, la cual pronostica el retorno del precio para el siguiente día. Si el retorno pronosticado es positivo se genera una señal de compra, caso contrario la señal es de venta. De acuerdo a la señal generada, se abren posiciones en compra o en venta o se mantienen (hold) posiciones; siguiendo la estrategia definida en la sección 5.3.

### 5.5. Evaluación de la estrategia

1) *Rentabilidad:* La estrategia basada en red neuronal (así como las otras tres estrategias optimizadas) fue evaluada paralelamente durante un período de dos meses (29/7/2013 a 27/9/2013) mediante operaciones en una cuenta demo. La utilidad neta obtenida durante el período de inversión de 2 meses es de USD 138.10. Considerando la inversión inicial de USD 1000, se tiene una rentabilidad bimensual de 13.81%, con lo cual se puede estimar una rentabilidad anual de 117.31%. A más de la rentabilidad, es necesario determinar si la estrategia de inversión resulta conveniente considerando el costo de oportunidad, para lo cual se toma como referencia la tasa de rentabilidad de 70.48% publicada por la Superintendencia de Compañías del Ecuador para *Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones (Código CIIU4 K661)*; las cuales contemplan actividades

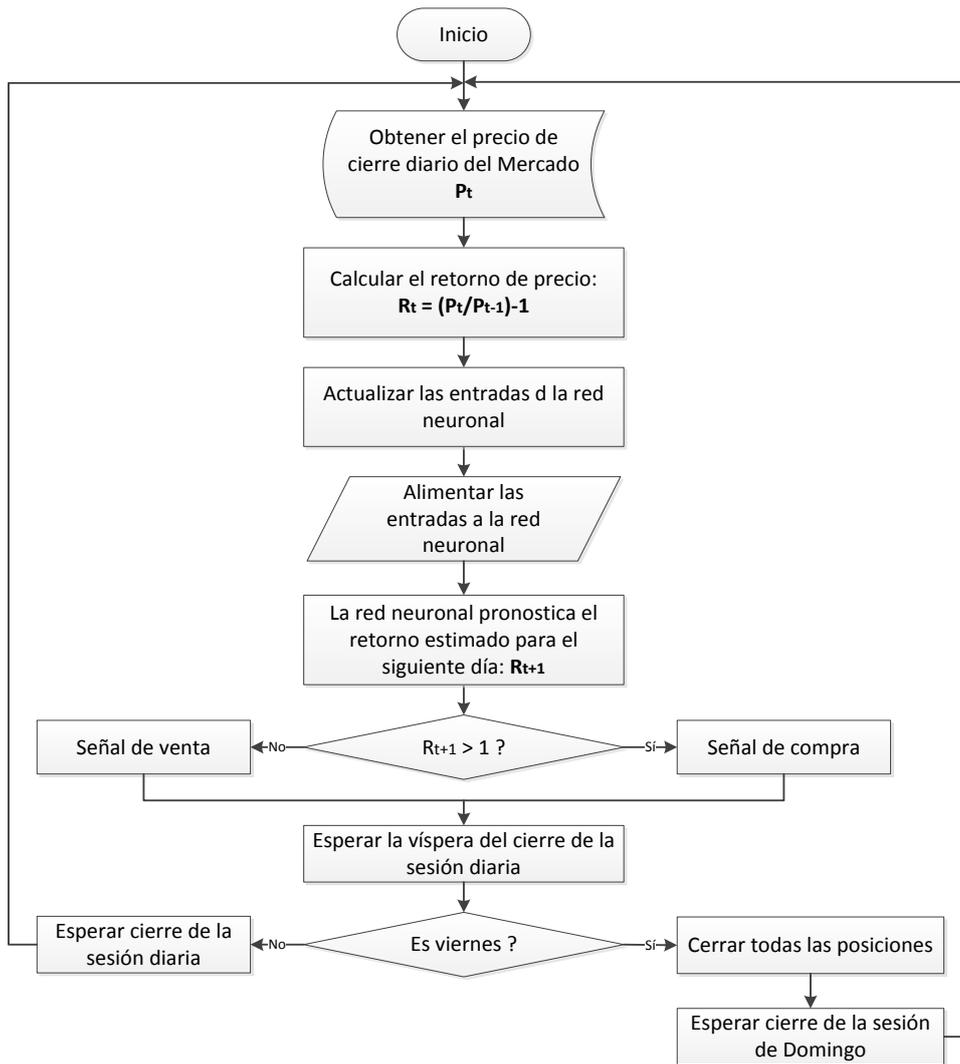


Figura 4. Diagrama de flujo del procedimiento con la estrategia de red neuronal

Como administración de mercados financieros, mercados bursátiles, mercado de valores, mercado de futuros, actividades de oficinas de cambio, etc.[10]. Sobre la base de las utilidades obtenidas y considerando la tasa de costo de oportunidad bimensual (9.30%) se calcula el VAN, el cual es de USD 41.28.

2) *Riesgo*: Para estimar el riesgo se realiza un análisis estadístico de los valores de utilidad obtenidos en las operaciones realizadas durante el período de evaluación. Se utiliza CrystalBall para estimar el riesgo de la estrategia. La utilidad de cada operación se define como un *supuesto* y se establece como *pronóstico* el VAN. Como resultado de la simulación de Montecarlo se obtiene la función de distribución del VAN, y la probabilidad de que la estrategia resulte conveniente ( $VAN \geq 0$ ): 80.95%. Es decir que el riesgo de pérdida es 19.05%.

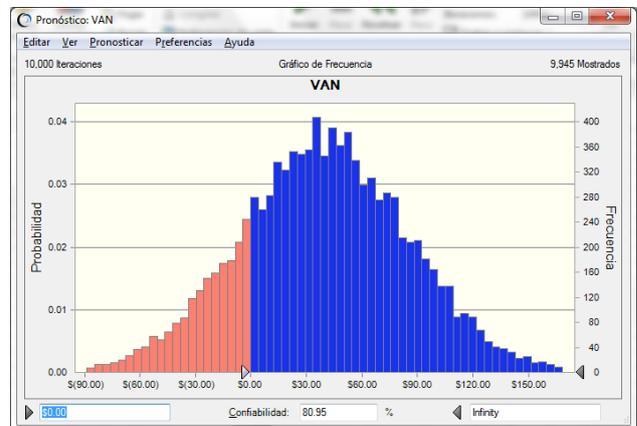


Figura 5. Probabilidad de que la estrategia resulte conveniente ( $VAN \geq 0$ )

## 6. ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN BASADAS EN PREDICCIÓN DE SERIES DE TIEMPO

A fin de contrastar los resultados obtenidos con la estrategia basada en una red neuronal, se proponen elaborar estrategias basadas en: a) Alisamiento con medias móviles, b) Alisamiento exponencial, y c) Winters.

### 6.1 Datos de Entrada

A fin de guardar correspondencia con la estrategia basado en una red neuronal, se propone utilizar los 1137 datos de precios de cierre diarios desde el 24/11/2009 hasta el 22/7/2013.

### 6.2 Selección de las Estrategias Óptimas

Para determinar los parámetros de las estrategias óptimas se realizó backtesting durante el mismo período y bajo el mismo criterio de evaluación (rentabilidad acumulada) que para la estrategia basada en una red neuronal.

### 6.3 Estrategia de Trading

Se utiliza la misma de la estrategia basada en una red neuronal, definida en 5.3: si el pronóstico del retorno (incremento) del precio es positivo se genera una señal de compra (1), caso contrario la señal es de venta (0)

### 6.4 Procedimiento de Operación de las Estrategias

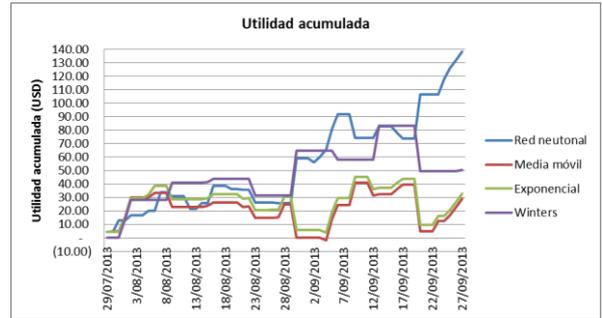
El procedimiento es muy similar al de la estrategia de la red neuronal, con la diferencia que el pronóstico se realiza respectivamente mediante media móvil, alisamiento exponencial y método de Winters.

### 6.5 Evaluación de las estrategias

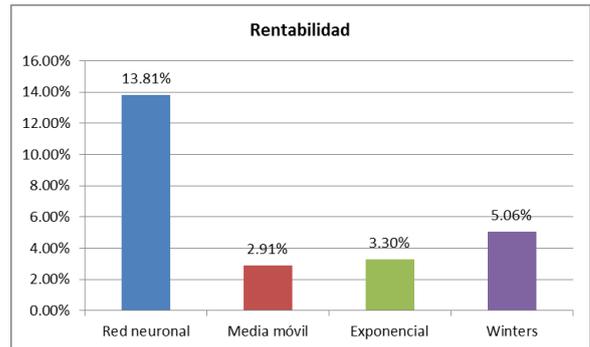
**Tabla 1.** Rentabilidad y riesgo de las estrategias

Estrategia	Rentabilidad	Riesgo
Media móvil	2.91%	90.73%
Exponencial	3.30%	90.00%
Winters	5.06%	75.84%

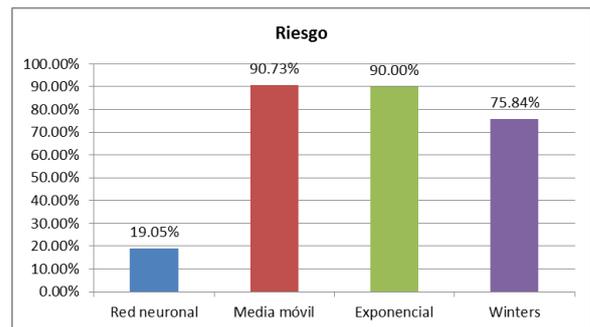
## 7. COMPARACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS



**Figura 6.** Utilidad acumulada de las estrategias



**Figura 7.** Rentabilidad de las estrategias



**Figura 8.** Riesgo de las estrategias

## 8. VALOR EN RIESGO (VaR)

A fin de incluir otro indicador aparte de la simulación de Montecarlo sobre la distribución del VAN, se propone calcular el Value at Risk (Valor en Riesgo) de la operación del par EUR/USD sobre los datos de los retornos de precios durante el período de evaluación de las estrategias: 29/7/2013 hasta el 27/9/2013. A partir de los resultados del VaR se encuentra que para un nivel de confianza del 95%, el valor en riesgo (Value at Risk) para el horizonte bimensual es de máximo 3.69% (del volumen de cada operación) y para el horizonte anual es de máximo 8.83% (USD 176.66); es decir que con una probabilidad del 95%, las pérdidas no excederán de USD 176.66 en un horizonte de un año.

Cabe indicar que este cálculo del VaR es un valor estimado del riesgo del mercado Forex en general; es decir, no del riesgo operativo al aplicar una determinada estrategia.

## 9. CONCLUSIONES

Esta investigación ha cumplido con su objetivo, es decir, se ha elaborado una estrategia de inversión para el mercado Forex para el par EUR/USD, mediante el método de predicción con redes neuronales y se lo ha comparado con otras estrategias basadas en: media móvil, alisamiento exponencial y Winters.

La estrategia basada en red neuronal generó mayor utilidad y consecuentemente mayor rentabilidad que las otras estrategias, las cuales aunque generaron utilidad, no resultaron convenientes al considerar el VAN con un costo de oportunidad basado en alternativas de inversión similares.

La estrategia basada en red neuronal es la que presenta el menor riesgo de pérdida.

En una estrategia de pronósticos de precios para realizar inversiones en el mercado de divisas resulta más deseable acertar en la dirección del cambio del precio antes que minimizar el error (absoluto medio, o raíz del error medio cuadrático).

A pesar de que los resultados obtenidos son positivos, aún sería riesgoso aplicar directamente la estrategia basada en red neuronal en un software de trading para que un PC ejecute las operaciones sin la necesidad de la intervención de una persona, ya que hay factores externos que cambian significativamente los resultados bursátiles y sería muy riesgoso dejar que un sistema de forma autónoma tome esas decisiones sin analizar el contexto y verificar la idoneidad de las soluciones presentadas por el sistema.

Se podría elaborar una estrategia basada en red neuronal similar al desarrollado en este trabajo para su aplicación con otros pares de divisas o en el mercado de valores.

## REFERENCIAS

- [1] J. Kamruzzaman y R. A. Sarker, «Comparing ANN Based Models with ARIMA for Prediction of Forex Rates,» 2003. [En línea]. Available: <http://www.asor.org.au/publication/files/jun2003/Joarder.pdf>.
- [2] C. Bellgard y P. Goldschmidt, «Forecasting foreign exchange rates: Random Walk Hypothesis, linearity and data frequency,» *12th Annual Australasian Finance & Banking Conference*, pp. 1-18, 1999.
- [3] J. Yao y C. L. Tan, «A case study on using neural networks to perform technical forecasting of forex,» *Neurocomputing 34 (2000)*, pp. 79-98, 2000.
- [4] J. Villamil y J. Delgado, «Entrenamiento de una red neuronal multicapa para la tasa de cambio euro - dólar (EUR/USD),» *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 27 No.3*, pp. 106-117, 2007.
- [5] C. Dunis, J. Laws y G. Sermpinis, «Modelling and Trading the EUR/USD Exchange Rate at the ECB Fixing,» 2008. [En línea]. Available: [http://www.ljmu.ac.uk/Images\\_Everyone/ArtCDJSGS\\_0608\(1\).pdf](http://www.ljmu.ac.uk/Images_Everyone/ArtCDJSGS_0608(1).pdf).
- [6] R. Jaramillo y A. Jiménez, «Modelo estratégico para invertir en el mercado Forex basado en las Bandas de Bollinger,» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2008.
- [7] J. Heizer y B. Render, *Principios de Administración de Operaciones*, México: Pearson, 2004.
- [8] J. E. Hanke y D. W. Wichern, *Pronósticos en los negocios*, México: Pearson, 2006.
- [9] S. Madrigal, «Modelos de espacio de estados subyacentes al método multiplicativo de Holt-Winters con múltiple estacionalidad,» 2006. [En línea]. Available: [http://pisis.fime.uanl.mx/ftp/pubs/thesis/msc/2006-sergio\\_madrigal/tesis-sergio-2006.pdf](http://pisis.fime.uanl.mx/ftp/pubs/thesis/msc/2006-sergio_madrigal/tesis-sergio-2006.pdf).
- [10] Can Stock Photo, «Trader illustrations and clipart,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.canstockphoto.com/illustration/trader.html>.
- [11] V. Kondratenko y Y. A. Kuperin, «Using Recurrent Neural Networks to Forecasting of Forex,» 2003. [En línea]. Available: <http://arxiv.org/ftp/cond-mat/papers/0304/0304469.pdf>.
- [12] C. Dunis, J. Laws y P. Naim, *Applied quantitative methods for trading and investment*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [13] Superintendencia de Compañías del Ecuador, «Codificación del CIU4, (actividad económica principal),» 2013. [En línea]. Available: [http://www.supercias.gob.ec/bd\\_supercias/formularios/CIU4\\_SUPERINTENDENCIA.pdf](http://www.supercias.gob.ec/bd_supercias/formularios/CIU4_SUPERINTENDENCIA.pdf).
- [14] R. Jaramillo y A. Jiménez, «Modelo estratégico para invertir en el mercado Forex basado en las Bandas de Bollinger,» Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.