



Propuesta trabajo de grado para optar por el  
título de Ingeniero Industrial

**Código** 00

**Página** 1 de 30

# **ANALISIS DE LOS METODOS DE PREDICCIÓN DE INDICES BURSATILES COMO HERRAMIENTA DECISORIA DE INVERSION**

autor


LINA ROCIO PASTRANA OLARTE

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA,  
MECATRÓNICA E INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**




**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**PAMPLONA, 27/11/2017**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	1 de 30

## TABLA DE CONTENIDO

1. TÍTULO .....	4
1. 1 RESUMEN.....	4
1. 2 PALABRAS CLAVES.....	4
2. INTRODUCCION.....	5
3. CUERPO DE TRABAJO .....	6
3.1 PREDICCION DE LA BOLSA.....	6
3.2 METODOS LINEALES.....	9
3.3 METODOS NO LINEALES.....	11
3.4 METODOS HIBRIDOS.....	14
4. ANEXOS.....	21
5. CONCLUSIONES.....	25
6. BIBLIOGRAFIAS .....	26

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	4 de 30

## 1. TÍTULO


ANALISIS DE LOS METODOS DE PREDICCION DE INDICES BURSATILES  
COMO HERRAMIENTA DECISORIA DE INVERSION.

### 1. 1 RESUMEN

Esta monografía presenta una revisión bibliográfica sobre los métodos que se han utilizado los últimos años para la predicción de los índices bursátiles. Los métodos que vamos a dar a conocer son aquellos que han ayudado por décadas a los inversionistas a tomar una mejor decisión a la hora de invertir. Empezamos desde los modelos lineales, por la fácil interpretación de sus elementos, tienen una considerable ventaja sobre otros, lo que ha hecho que sean utilizados en un sinnúmero de aplicaciones; una de ellas ha sido la predicción de series de tiempo financieras, de seguido se mostrara los modelos no lineales el cual utilizan modelos estadísticos no paramétricos y no lineales debido a que muchas relaciones importantes en el área de las finanzas tienen este tipo de relaciones. Las redes neuronales artificiales poseen la propiedad de capturar las características no lineales de los índices de bolsa y han demostrado que pueden ser entrenadas con una cantidad suficiente de información para identificar dichas relaciones no lineales entre los valores de entrada y salida. Por último, se dará a conocer los modelos híbridos que hace referencia a la combinación de dos o más elementos. En la predicción de la bolsa de valores muchos autores han realizado combinaciones de métodos o modelos de predicción buscando incorporar en el método híbrido las ventajas de cada uno de los modelos anteriores.

### 1. 2 PALABRAS CLAVES

Índices bursátiles, métodos o modelos de predicción, herramientas para la inversión, bolsa de valores.


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	5 de 30

## 2. INTRODUCCION

Durante muchos años los inversionistas ha analizado el comportamiento y los movimientos de la bolsa de valores, con el fin de tomar una mejor decisión a la hora de invertir. La bolsa de valores tiene un gran movimiento económico en el país, lo cual durante décadas ha tenido grandes resultados como la mejor herramienta de inversión para aquellas personas o empresas que han decidido entrar ente mecanismo para aumentar sus utilidades. Sería de gran ayuda poder predecir las tendencias y, si fuera posible, el precio de las acciones, ya que con esta información los inversionistas podrían realizar movimientos apropiados y así ganar dinero.

Por esta razón sería importante predecir un índice en la bolsa de valores, que por las últimas dos décadas han sido estudiadas, con el fin de darle a conocer a los inversionistas los diferentes modelos que existen para predecir el comportamiento de las acciones que se encuentran en esta metodología, y así poder invertir de una manera más fácil sin riesgo alguno a perder dinero.

Como primera parte del trabajo se mostrará la predicción de la bolsa de volares a la cual se le analiza en general como debería ser utilizada, en una segunda instancia se dan a conocer los métodos que se utilizan para analizar los índices bursátiles en la bolsa de valores, dentro de los cuales se mencionan los modelos lineales, no lineales e híbridos, los cuales al ser estudiados se destacan diferentes métodos de aplicación como lo es el método **ARIMA, REGRESIÓN LINEAL, ARCH Y GARCH** que fueron los primeros métodos que contribuyen al análisis del comportamiento de la bolsa de valores. Al transcurrir los años se implementaron otros métodos que dieron una evolución y un mejor resultado para los inversionistas tener más seguridad a la hora de invertir que fueron los modelos de **REDES NEURONALES** ya que se podía ver que era un método eficaz y daba multitud de oportunidades. Por último, se muestra cómo se logra la combinación de los métodos lineales y no lineales para tener una mejor predicción ya que de cada método se escoge sus mejores características y se aplican en uno solo, uno de los métodos que decidieron combinar fue **ARIMA Y EL MODELO SUPPORT VECTOR MACHINES**, este último, una nueva técnica de red neural que se ha aplicado con éxito en la resolución de problemas de estimación de regresión no lineal.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	6 de 30

### 3. CUERPO DE TRABAJO

#### 3.1 PREDICCIÓN DE LA BOLSA

Muchos analistas opinan que los movimientos que se dan en la bolsa de valores están estrechamente ligados al comportamiento de la economía del país donde ella opera, entonces hay algunas variables que pueden llegar a incidir en el mercado público de valores: el crecimiento económico, las tasas de interés, el precio del dólar, la producción nacional, los precios del petróleo, los comportamientos de la inflación, el desempleo, entre otras variables de la economía macro de un país.

Kwon y Shin publican un estudio en el que investigaron si la actividad económica en Corea puede explicar los rendimientos del mercado de valores, para ello usaron una prueba de cointegración y otra de causalidad de Granger a partir de un vector Error Correction Model. Este estudio encuentra que los índices bursátiles están cointegrados con un conjunto de variables macroeconómicas: índice de producción, tipo de cambio, balanza comercial y la oferta monetaria que ofrece relación directa de equilibrio a largo plazo con cada índice bursátil<sup>1</sup>.


Gjerde y Sættem investigan en qué medida los resultados de relaciones entre los rendimientos de las acciones y factores macroeconómicos de los principales mercados son válidos en una economía pequeña y abierta como Noruega, mediante la utilización del vector autorregresivo multivariado (VAR) en los datos de la Bolsa de Valores de Noruega. Los resultados confirman que cambios reales en los tipos de interés afectan tanto los rendimientos de las acciones como a la inflación, y el mercado de valores responde con precisión a los cambios en los precios del petróleo<sup>2</sup>.

López y Vásquez estudian el riesgo sistemático en una muestra de activos que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores, mediante un modelo que intenta capturar el riesgo derivado de la influencia de variables macroeconómicas que son del

---

<sup>1</sup> KWON y SHIN. Cointegration and causality betw een macroeconomic variables and stock market returns. global finance journal, 71-81. 1998

<sup>2</sup> GJERDE y SÆTTEM. causal relations among stock returns and macroeconomic. journal of international financial market, 61-74. (1999)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	7 de 30

conocimiento público. A través del método de extracción de componentes principales (ACP) se selecciona un subconjunto de variables macroeconómicas que puedan representar el riesgo sistemático de los activos mexicanos. Una vez seleccionadas esas variables, se analiza una muestra de 31 acciones que se cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores ajustando un modelo Egarchx (1,1) que incluye las variables económicas seleccionadas por medio del ACP en la estimación de los parámetros de la ecuación del rendimiento y la estructura supuesta de los residuales. Se concluye que durante el periodo analizado dichas variables exhibieron influencia en los rendimientos, por lo cual consideramos que la evidencia proporcionada por el estudio sugiere que son explicativas del riesgo sistemático valorado por el mercado mexicano<sup>3</sup>.

Maysami, Howe y Hamzah (2004) evidencian que hay una creciente literatura que muestra la fuerte influencia y relación entre las variables macroeconómicas y el mercado de valores, sobre todo en países industrializados, particularmente en los asiáticos. Entonces, usan un modelo llamado Vector Error Correction Model (VECM), el cual produce estimadores más eficientes, ya que permite información completa que produce cointegración en un sistema de ecuaciones sin que variables específicas se normalicen<sup>4</sup>.

Pierdzioch, Dopke y Hartmann (2008) comparan pronósticos de bolsas de valores volátiles basados en datos macroeconómicos en tiempo real y datos macroeconómicos revisados. Para esto se utilizan dos criterios estadísticos, uno basado en la utilidad y otro en las opciones. El principal resultado es que el valor estadístico y económico de las predicciones basadas en datos macroeconómicos en tiempo real es comparable al valor estadístico y económico de las predicciones basadas en datos macroeconómicos revisados.<sup>5</sup>


Cai, Chou y Li publican un estudio en el cual se investigan las correlaciones dinámicas entre algunos índices bursátiles internacionales y la inflación. Se utiliza un modelo de series de tiempo autorregresivo denominado (DSTCC-CARR), que

---

<sup>3</sup> LÓPEZ HERRERA, F. y VÁSQUEZ TÉLLEZ, F. Variables macroeconómicas y un modelo multifactorial para la bolsa mexicana de valores: análisis empírico sobre una muestra de activos. academia. revista latinoamericana de investigación , 5-28. (2002)

<sup>4</sup> MAYSAMI, HOWE y HAMZAH Relationship betw een macroeconomic variables and stock market indices: cointegration evidence from stock exchange of singapore's all-s sector indices. journal pengurusan, 47-77. (2004)

<sup>5</sup> PIERDZIOCH, C.; DOPKE, J. Y HARTMANN, D. "forecasting stock market volatility w ith macroeconomic variables in real time". journal of economics and business, 256-76. (2008).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	8 de 30

revela cómo las correlaciones son significativamente variables en el tiempo y la evolución de éstas, están relacionadas con las fluctuaciones cíclicas de las tasas de inflación y la volatilidad del mercado. Los índices internacionales utilizados son los de Francia, Alemania, Rusia, Hong Kong, Japón y Estados Unidos, y los niveles de correlación fueron significativos en 95%. Las correlaciones más altas se presentan cuando los países se encuentran en una fase contractiva y las más bajas cuando estos están en una fase expansiva<sup>6</sup>.

Chen sugiere que las variables macroeconómicas sirven para predecir las recesiones de la Bolsa de Valores de Estados Unidos (el índice de precios Standard & Poor's & P 500), especialmente los diferenciales de rendimiento de curva y las tasas de inflación son los indicadores más útiles; esto se concluyó después de utilizar métodos paramétricos y no paramétricos para identificar los periodos de recesión en el mercado de valores y considerar tanto dentro como fuera de la muestra, pruebas de capacidad predictiva de las variables.<sup>7</sup>


Majhi, Panda, Majhi y Sahoo, proponen predecir índices bursátiles usando Adaptive Bacterial Foraging Optimization (ABFO) y BFO, la estructura utilizada en estos modelos de predicción es un combinador lineal simple. Los nuevos modelos son computacionalmente más eficientes, con predicción más precisa, y muestran una convergencia más rápida en comparación con otros modelos de computación evolutivos tales como el algoritmo genético.<sup>8</sup>

Gençtürk, Çelik y Binici encontraron que no solo es importante la relación entre las variables macroeconómicas y la Bolsa de Valores, sino también que los vínculos causales entre las relaciones a corto y largo plazo son importantes. Las variables macroeconómicas como la tasa de interés, el tipo de cambio y el índice de precios al consumidor afectan las decisiones del inversor. Se utilizó un modelo VECM, con datos de la Bolsa de Valores de Turquía, con el cual se obtuvo que no hay relación a largo plazo entre el índice de la Bolsa de Turquía y el índice de precios del consumidor, la tasa de interés y la tasa de cambio del dólar, pero sí entre el índice

<sup>6</sup> CAI, Y.; CHOU, R. Y LI, D. explaining international stock correlations with cpi fluctuations and market volatility. journal of banking & finance, 2026-35. (2009).

<sup>7</sup> CHEN, S.-S. Predicting the bear stock market: macroeconomic variables as leading indicators. journal of banking & finance, 211-23. (2009).

<sup>8</sup> MAJHI, R.; PANDA, G.; MAJHI, B. Y SAHOO, G. efficient prediction of stock market indices using adaptive bacterial foraging optimization (abfo) and bfo based techniques. expert systems with applications, 10097-104. (2009).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	9 de 30

y la producción industrial, lo cual lleva a concluir que la producción industrial es un factor fuerte para predecir la Bolsa de Valores de Turquía.<sup>9</sup>

Caldas y Pires proporcionaron evidencias empíricas acerca de la influencia de las variables macroeconómicas y el riesgo país en el principal índice del mercado de valores brasileño (Ibovespa). La evidencia práctica se obtuvo con la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), del método de generalización de momentos (GMM) y de sistemas GMM. Los resultados muestran que la política monetaria y la gestión de la deuda pública, así como la credibilidad y la reputación, afectan el riesgo país y el desempeño del mercado de valores brasileño<sup>10</sup>

### 3.2 METODOS LINEALES

Los métodos lineales han sido de mejor comprensión por los inversionistas, por la fácil interpretación en sus elementos, el cual es una ventaja considerable con los otros métodos, por el cual ha sido utilizado un sinnúmero de veces en muchas aplicaciones.

Uno de los modelos representativos para los 80 fue el modelo de **Arima**, debido a los avances de recursos matemáticos y optimización. Su principal ventaja es que esta metodología proporciona predicciones a un plazo inmediato y corto plazo. El modelo arima o arimax eran empleados para modelar la media de un activo, según Alonso y García (2009).


Pero entrada la década de los noventa con los modelos ARCH y Garch se le da más importancia a la volatilidad que a la media de los datos. En 1999 Franses y Ghijssels confirmaron que los modelos Garch sirven para predecir la volatilidad del mercado de valores, pero es frecuente que los residuos estimados de estos modelos tengan exceso de curtosis y dichos modelos al parecer no capturan todas las características de los datos.

CHANG, YEUNG y YIP indicaron cómo cada mes muchos inversores esperan conocer los resultados de indicadores económicos como la tasa de empleo o el

<sup>9</sup> GENÇTÜRK, M.; ÇELİK, I. Y BINICI, Ö. causal relations among stock returns and macroeconomic variables in a small and open economy. *african journal of business management*, 6177-82. (2012).

<sup>10</sup> CALDAS MONTES, G. Y PIRES TIBERTO, B. (2012). Macroeconomic environment, country risk and stock market performance: evidence for Brazil. *elsevier science*, 1666-78.



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	10 de 30

índice de precios del consumidor, ya que cada uno es una medida de alguna faceta de la economía, entonces relacionaron cada indicador mediante un gráfico con el índice de bolsa para entender cuán bien se relacionaban las variables con la bolsa de valores. Los gráficos revelaron que los indicadores que parecían tener una relación consistente eran el índice de precios del consumidor, los ingresos personales, índice de diez indicadores líderes, manufactura, venta y comercio<sup>11</sup>.

En 2003 los estudios al respecto continúan: Lasfer, Melnik & Thomas documentan el comportamiento del precio de las acciones a corto plazo después de un período de estrés del mercado de valores, concentrándose en el comportamiento de los precios diarios del mercado por medio de los índices de 39 bolsas de valores. La investigación demostró que los desempeños anormales después del estrés son significativamente mayores para los mercados emergentes y el tamaño de los saltos luego del periodo de estrés está relacionado con liquidez del mercado.

Pai y Lin plantean que el modelo autorregresivo integrado de media móvil (Arima), que fue introducido por Box y Jenkins, ha sido uno de los enfoques más populares utilizado en la predicción. En un modelo Arima se establece el supuesto de que el valor futuro de la variable es una combinación lineal de valores y errores pasados; sin embargo, cualquier grupo de características no lineales lo limita.<sup>12</sup>


En 2005 Bhardwaj y Swanson sugirieron un nuevo modelo denominado Arfima, que hace estimaciones usando una variedad de procedimientos estándares que proporcionan significativamente mejores predicciones que AR, MA, ARMA, Garch y modelos relacionados, con base en el análisis de la media de los errores cuadráticos del pronóstico (MSFE) y en el uso de pruebas de precisión de predicción<sup>13</sup>.

Liu y Hung (2010) realizaron un estudio en el cual, usando la volatilidad diaria del índice S&P-100 de Estados Unidos, comparación los modelos Garch-N, Garch-t, Garch-HT y Garch-SGT con modelos del tipo asimétrico como GJR-Garch y Egarch. Los resultados obtenidos muestran que estos últimos mejoran la volatilidad del pronóstico y demuestran que el componente asimétrico es más

<sup>11</sup> CALDAS MONTES, G. Y PIRES TIBERTO, B. (2012). macroeconomic environment, country risk and stock market performance: evidence for brazil. *elsevier science*, 1666-78.

<sup>12</sup> PAI, P.-F. Y LIN, C.-S. a hybrid arima and support vector machines model in stock price forecasting. *omega*, elsevier, 497-505. (2005)

<sup>13</sup> BHARDWAJ, G. Y SWANSON, N. an empirical investigation of the usefulness of arfima models for predicting macroeconomic and financial time series. *journal of econometrics*, 539-78. (2006).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	11 de 30

importante que la especificación de la distribución cuando hay presencia de asimetría, leptocurtosis y efectos Leverage<sup>14</sup>.

### 3.3 METODOS NO LINEALES

La era actual de la exploración de datos está caracterizada por el creciente uso de modelos no lineales de predicción. La teoría económica destaca diversas fuentes potenciales para la presencia de no linealidades y ciclos en los precios de los activos financieros.


Komo, Chang y KO utilizan modelos estadísticos no paramétricos y no lineales debido a que muchas relaciones importantes en el área de las finanzas tienen este tipo de relaciones. Las redes neuronales artificiales poseen la propiedad de capturar las características no lineales de los índices de bolsa y han demostrado que pueden ser entrenadas con una cantidad suficiente de información para identificar dichas relaciones no lineales entre los valores de entrada y salida.<sup>15</sup>

La aplicación de las redes neuronales a la predicción de series financieras está creciendo en los últimos años, ya que parece ser un método eficaz y presenta multitud de oportunidades. Zemke plantea que los mercados con menor volumen de operaciones son más fáciles de predecir, utiliza como referente la Bolsa de Valores de Varsovia y plantea las técnicas Machine Learning (ML) para analizarla<sup>16</sup>. La tarea es predecir el valor del índice a través de decisiones binarias, es decir, pronosticar si el valor del índice WIG en la semana de operaciones se encuentra arriba o abajo del valor actual. Las cuatro técnicas ML utilizadas son: predicción con redes neuronales, clasificador bayesiano, K-nearest neighbor y K-nearest neighbor prediction scrutinized. Con estas técnicas se concluyó que mediante los métodos de K-nearest neighbor, con 64% de efectividad, y redes

<sup>14</sup> LIU, H.-C. Y HUNG, J.-C. Forecasting s&p-100 stock index volatility: the role of volatility asymmetry and distributional assumption in garch models. expert systems with applications, 4928-34. (2010)

<sup>15</sup> KOMO, D.; CHANG, C.-I. Y KO, H. neural network technology for stock market index prediction. international symposium on speech, image processing and neural networks (pp. 543-546). hong kong: ieee. (1994).

<sup>16</sup> ZEMKE, S. Nonlinear index prediction. physica a: statistical mechanics and its applications, 177-83. (1999)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	12 de 30

neuronales, se tienen mejores predicciones debido a que la bolsa de valores está dominada por la no linealidad de los datos.

En el mismo año, Lee y Jo desarrollaron un intérprete gráfico para predecir el mercado, al que llamaron Candlestick Chart Analysis Expert System. Este sistema tiene patrones y normas que pueden predecir futuros movimientos de precios de acciones. Los patrones definidos se clasifican en cinco grupos con respecto a su significado: bajando, subiendo, neutral, continuando la tendencia y patrones donde se invierte la tendencia. Los resultados experimentales obtenidos por Lee y Jo revelaron que el modelo tenía un porcentaje de aciertos promedio de 72%, lo cual ayuda a los inversores a obtener mayores beneficios de su inversión en acciones.


Chen, Leung y Daouk modelan y predicen el cambio en el índice de la Bolsa de Valores de Taiwán a través de otro modelo de red neuronal artificial denominado red neuronal probabilística (PNN)<sup>17</sup>; este método utiliza datos históricos del índice de la Bolsa de Valores de Taiwán, y los resultados muestran que las estrategias de inversión basadas en él obtienen mayores rendimientos que otras estrategias como los métodos generalizados de momentos (GMM). La superioridad de este modelo se debe a que es capaz de identificar valores atípicos y datos erróneos.

Toro, Molina y Garcés presentaron un estudio comparativo entre la predicción de precios en bolsa de valores utilizando redes neuronales y neurodifusas<sup>18</sup>. Se muestra una metodología aplicable a la predicción del comportamiento de cualquier tipo de acción, basada en el cálculo preliminar de la correlación entre el precio y otras variables de mercado. El pronóstico del valor de las acciones en la bolsa de valores incide en los procesos de toma de decisiones de las empresas u otros agentes del mercado afectados por su comportamiento. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios en cuanto al porcentaje de error del valor estimado frente al valor real. Las técnicas inteligentes se muestran como una herramienta interesante que está mostrando resultados promisorios y abre un abanico de posibilidades por explorar en el campo del pronóstico.

Chaigusin, Chirathamjaree y Clayden muestran un caso particular en el cual la predicción del índice de la Bolsa de Tailandia se hace a través de redes

<sup>17</sup> CHEN, A.-S.; LEUNG, M. Y DAOUK, H. application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the taiwan stock index. computers & operations research, 901-23. (2003).

<sup>18</sup> TORO OCAMPO, E. M.; MOLINA CABRERA, A. Y GARCÉS RUIZ, A. (2006). pronóstico de bolsa de valores empleando técnicas inteligentes. tecnura.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	13 de 30

neuronales del tipo backpropagation, y los datos de entrada usados corresponden al índice SET, Dow Jones, Nikkei, Hang Seng, el precio del oro, la tasa mínima de préstamo y los tipos de cambio del thai baht y del dólar, demostrándose mediante la investigación que los movimientos del índice de Bolsa de Tailandia son sensibles a las anteriores entradas<sup>19</sup>.

Zhu, Xu, Wang y Li realizaron una investigación que indica que los modelos de redes neuronales con volúmenes de negociación conducen a mejoras, en distinta medida, en la previsión de desempeño en diferentes horizontes de tiempo. Los resultados empíricos indican que los volúmenes de negociación llevan a moderadas mejoras en el rendimiento del índice bursátil a mediano y largo plazo<sup>20</sup>.

Alonso y García (2009) emplean datos de alta frecuencia para encontrar un modelo estadístico que permita disminuir el grado de incertidumbre sobre el comportamiento del futuro inmediato (próximos diez minutos) de operadores del mercado accionario colombiano, específicamente del IGBC; para ello se usan los modelos Garch en media (Garch-M), que tienen en cuenta los efectos Leverage, día de la semana, hora y día-hora<sup>21</sup>.


En Lu, Chang, Chen, Chiu y Lee la predicción del índice de la Bolsa de Shanghai B-Share es utilizado para comparar las metodologías MARS (multivariate adaptive regression splines), BPN (backpropagation neural network), SVR (support vector regression) y MLR (multiple linear regression). Los resultados obtenidos mostraron que el modelo MARS provee mejores predicciones en términos de error y precisión que los demás, con un porcentaje de error de 1.15% y una precisión direccional (DA) del 82%.

Guresen, Kayakutlu y Daim observaron que en la mayoría de los casos los modelos de redes neuronales permiten obtener mejores resultados que otros métodos. Los datos utilizados corresponden a los valores diarios del índice Nasdaq desde el 7 de octubre de 2008 hasta el 26 de junio de 2009. Los modelos que se compararon en este trabajo son multi-layer perceptron (MLP), dynamic

<sup>19</sup> CHAIGUSIN, S.; CHIRATHAMJAREE, C. Y CLAYDEN, J. The use of neural networks in the prediction of the stock exchange of thailand (set) index. Computational intelligence for modelling control & automation. ieee. (2008).

<sup>20</sup> ZHU, X.; XU, L.; WANG, H. Y LI, H. Predicting stock index increments by neural networks: the role of trading volume under different horizons. expert systems with applications, 3043-54. (2008)

<sup>21</sup> ALONSO, J. Y GARCIA, J. ¿Qué tan buenos son los patrones del igbc para predecir su comportamiento? universidad icesi, 13-36. (2009)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	14 de 30

artificial neural network (DAN2) y un modelo híbrido de redes neuronales y Garch. El rendimiento de los modelos se evaluó a través del error cuadrado medio y la desviación absoluta media, obteniéndose que el clásico modelo MLP supera a los demás al obtener mejores resultados.<sup>22</sup>

### 3.4 METODOS HIBRIDOS

El término híbrido hace referencia a la combinación de dos o más elementos. En la predicción de la bolsa de valores muchos autores han realizado combinaciones de métodos o modelos de predicción buscando incorporar en el método híbrido las ventajas de cada uno de los modelos anteriores.


Kim y Han expresan que existe una gran cantidad de estudios que incluyen modelos de redes neuronales artificiales (ANN), sin embargo, las ANN tienen limitaciones en el aprendizaje de patrones debido a que los datos de la bolsa de valores tienen dimensionalidad compleja y gran ruido. Mediante el algoritmo genético (GA) es posible seleccionar el tipo de red neuronal de tal forma que se pueda optimizar la característica relevante del subconjunto. GA se enfoca, en este trabajo, a discretizar los datos y así simplificar el proceso de aprendizaje para las ANN y reducir el ruido y los datos redundantes.<sup>23</sup>

Pai y Lin proponen una metodología híbrida entre Arima y el modelo support vector machines, este último, una nueva técnica de red neural que se ha aplicado con éxito en la resolución de problemas de estimación de regresión no lineal. Dicha metodología es aplicada en problemas de predicción de los precios de las acciones logrando resultados prometedores. El modelo presentado mejora en gran medida el rendimiento de predicción de precios de las acciones del modelo Arima y el modelo SVM individualmente, pues tanto teórica como empíricamente, hibridando dos modelos diferentes reduce los errores de predicción.<sup>24</sup>

<sup>22</sup> GURESEN, E.; KAYAKUTLU, G. Y DAIM. Using artificial neural network models in stock market index prediction. expert systems with applications, 10389-97. (2011)

<sup>23</sup> KIM, K.-J. Y HAN, I. Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index. expert systems with applications, 125-32. (2000)

<sup>24</sup> PAI, P.-F. Y LIN, C.-S. A hybrid arima and support vector machines model in stock price forecasting. omega, elsevier, 497-505. (2005)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	15 de 30

Parisi, A.; Parisi, F. y Díaz, D., utilizan modelos multivariados dinámicos contruidos a partir de algoritmos genéticos y modelos de redes neuronales para predecir el signo de las variaciones semanales de los índices bursátiles asiáticos. Se comparó el signo de la proyección con el de la variación observada en cada i-ésima semana, obteniendo que los modelos multivariados con algoritmos genéticos son más robustos y permiten obtener mejores índices de rentabilidades que los modelos contruidos con redes neuronales, así que por medio de esta técnica el inversionista puede tomar posiciones en activos más volátiles, comprándolos cuando se encuentren en la parte inferior del ciclo básico de evolución de precios y vendiéndolos al ubicarse en la parte superior.<sup>25</sup>

Roh efectuó un estudio en el que usa los test ADF (Augmented Dickey-Fuller) para verificar la estabilidad y el test ARCH LM para verificar heterocedasticidad de los datos del índice de Corea Kospi 200. Luego, se hace una comparación del poder de predicción de diferentes modelos individuales tales como EWNA, Garch, Egarch y ANN, y modelos híbridos, obteniéndose como resultado que el error absoluto medio fue menor para los híbridos NN-Garch y NN-Egarch, lo cual permite concluir que los modelos ANN junto a modelos de series de tiempos pueden mejorar el poder de predicción en términos de dirección y precisión<sup>26</sup>.


Yudong y Lenan (2009), por su parte, plantean que las redes neuronales Back Propagation se han utilizado para predecir índices; en este trabajo se incorporan con Improved Bacterial Chemotaxis Optimization (IBCO), los datos usados son los del índice S&P 500. El error cuadrado medio (MSE) disminuye bastante en el entrenamiento de la red y le toma menos tiempo que el modelo individual BP. El modelo IBCO-BP ofrece menor complejidad computacional, mayor precisión en el pronóstico y menos tiempo de entrenamiento<sup>27</sup>.

El-Henawy, Kamal, Abdelbary y Abas usan redes neuronales Multi-Layer Perceptron para predecir el índice Kospi 200 (Korea stock price index 200) en un periodo de once años. Para mejorar su arquitectura, parámetros, y aumentar la precisión de los pronósticos y disminuir el tiempo de entrenamientos, son utilizados tres algoritmos: Simulated Annealing (SA), Genetic Algorithm (GA) y un

<sup>25</sup> PARISI, A.; PARISI, F. Y DÍAZ, D. Modelos de algoritmo genético y redes neuronales en la predicción de índices bursátiles asiáticos. Cuadernos de economía, 251-84. (2006)

<sup>26</sup> ROH, T. Forecasting the volatility of stock price index. expert systems with applications, 916-222007)

<sup>27</sup> YUDONG, Z. Y LENAN, W. Stock market prediction of s&p 500 via combination of improved bco approach and bp neural netw ork. expert systems with applications, 8849-54. (2009)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	16 de 30

híbrido que combina los dos anteriores. Los resultados muestran que el mejor algoritmo es SA, el cual supera a la aproximación híbrida en un 30% de precisión, y 40% al algoritmo genético. SA necesita 7 minutos de entrenamiento de la red, GA 73 minutos y el enfoque híbrido 98 minutos<sup>28</sup>.

Boyacioglu y Avci confirman que los rendimientos del mercado bursátil se pueden predecir a través de rendimientos pasados y variables macroeconómicas y financieras<sup>29</sup>. Predecir los rendimientos de las acciones es una tarea compleja debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la bolsa de valores. Esto hace que la serie de los precios de las acciones sea dinámica, no lineal, complicada y caótica. En este trabajo se utiliza el modelo Anfis, el cual combina la teoría de redes neuronales y la lógica difusa utilizando variables que comprenden otros índices de bolsa y variables macroeconómicas, el índice de precios del consumidor, la producción industrial, la tasa de cambio del dólar, etc. El modelo obtenido posee un R-cuadrado de 98%, lo que significa que Anfis predice con un alto grado de certeza el índice de la Bolsa de Valores de Estambul.


Hadavandi, Shavandi y Ghanbari presentan un enfoque integrado basado en sistemas difusos genéticos (GFS) y redes neuronales artificiales (RNA) en la construcción de sistemas expertos para el pronóstico del precio de las acciones, logrando precisión en las predicciones realizadas. Se aplicó el modelo en datos de precios de acciones del sector de las tecnologías de la información (TI) como Dell e IBM y el sector aéreo como las compañías Ryanair.<sup>30</sup> Los resultados mostraron que la precisión de la predicción de CGFS supera al resto de los enfoques con respecto a la evaluación MAPE y CGFS, por lo tanto es una herramienta de previsión adecuada para precios de las acciones.

Wang, Cheng y Hsu incorporan la cadena de Markov en el modelo estocástico difuso y utiliza los datos del índice de la Bolsa de Taiwán. Dicho modelo es capaz de considerar simultáneamente las tasas de cambio, el aumento de las probabilidades y caídas de los índices bursátiles. De los 330 ensayos realizados

<sup>28</sup> EL-HENAWY, I.; KAMAL, A.; ABDELBAR, H. Y ABAS, A. (2010). predicting stock index using neural network combined with evolutionary computation methods. *iee*, 1-6. (2010)

<sup>29</sup> BOYACIOGLU, M. A. Y AVCI, D. An adaptive network-based fuzzy inference system (anfis) for the prediction of stock market return: the case of the istanbul stock exchange. *expert systems with applications*, 7908-12. (2010)

<sup>30</sup> HADAVANDI, E.; SHAVANDI, H. Y GHANBARI, A. . Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. *knowledge-based systems*, 800-08. (2010)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	17 de 30

durante los tres meses de duración del experimento el modelo resultó ser significativamente mejor en 298 de ellos.

Yu y Huarng (2010) buscaron aplicar redes neuronales para implementar un nuevo modelo difuso de series de tiempo que mejore los pronósticos e incluya los diversos grados de pertenencia en el establecimiento de relaciones difusas que ayudan en la captura de las relaciones más adecuadas. Estas relaciones difusas se utilizan para pronosticar el índice de la Bolsa de Taiwán<sup>31</sup>.

Según Cheng, Chen y Wei, dos inconvenientes se han encontrado en muchos de los modelos de predicción pasados: 1) los supuestos estadísticos sobre variables que se requieren para los modelos de series de tiempo, tales como el ARMA y ARCH para modelos de predicción de ecuaciones matemáticas, y estas no son fáciles de entender por los inversores en acciones; 2) las normas extraídas de algunos algoritmos de inteligencia artificial (AI), tales como las redes neuronales (NN), no se realizan con facilidad.<sup>32</sup>


Para superar estos inconvenientes se propone un modelo de pronóstico híbrido, utilizando indicadores multitécnicos para predecir las tendencias de precios de acciones. Además, incluye cuatro procedimientos propuestos en el modelo híbrido con el fin de proporcionar normas eficaces para la previsión, que se desarrolló a partir de las reglas extraídas de la teoría de los conjuntos aproximados (RST): 1) seleccionar indicadores técnicos esenciales; 2) utilizar el enfoque de distribución de probabilidad acumulativa (CDPA); 3) emplear un algoritmo RST para extraer reglas lingüísticas del conjunto de datos del indicador técnico lingüístico; 4) utilizar algoritmos genéticos (AG) para refinar las reglas extraídos a efectos de obtener mejor precisión de las previsiones.

La eficacia del modelo propuesto se verifica con dos tipos de evaluaciones de desempeño: la precisión y retorno de valores, y mediante el uso de un período de seis años del índice de Taiwán Taiex como el conjunto de datos de prueba. Los resultados experimentales muestran que el modelo propuesto es superior a los modelos de previsión, teoría de los conjuntos aproximados (RST) y algoritmo genético en términos de precisión, y las evaluaciones de rendimiento de las

<sup>31</sup> WANG, Y.-F.; CHENG, S. Y HSU, M.-H. Incorporating the markov chain concept into fuzzy stochastic prediction of stock indexes. applied soft computing, 613-17. (2010)

<sup>32</sup> CHENG, C.-H.; CHEN, T.-L. Y WEI, L.-y. A hybrid model based on rough sets theory and genetic algorithms for stock price forecasting. information sciences, 1610-29. (2010)



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	18 de 30

acciones han revelado que los beneficios producidos por el modelo propuesto son más altos que los modelos comprar y mantener, RST y GAS.

Enke, Graue y Mehdiyev (2011) presentan un sistema de predicción del mercado de valores a tres etapas. En la primera fase, el análisis de regresión múltiple se aplica para definir las variables económicas y financieras que tienen una fuerte relación con la salida. En la segunda fase se implementa la evolución diferencial con base en el Fuzzy Clustering tipo 2 para crear un modelo de predicción. En la tercera fase se utiliza una red Fuzzy neural tipo-2 para realizar el razonamiento de la predicción del futuro precio de las acciones. Los resultados de la red de simulación del modelo propuesto indican que supera a los modelos tradicionales de previsión de precios del mercado de valores<sup>33</sup>.

Shen, Guo, Wub y Wu seleccionaron una red neuronal del tipo Radial Basis Function (RBF) para predecir índices bursátiles de la Bolsa de Shanghai. Con la finalidad de optimizar la red e incrementar la eficiencia de las predicciones, se utiliza el algoritmo Artificial Fish Swarm Algorithm (AFSA). Los resultados de la RBF optimizada con AFSA, algoritmo genético y Particle Swarm Optimization (PSO) son tan buenos como los pronósticos hechos con Arima, Back Propagation (BP) o Support Vector Machine (SVM), presentando el RBF con AFSA no con la mayor precisión, pero al ser un nuevo algoritmo inteligente es exitoso el hecho de que incrementa el resultado de las predicciones de la red original Radial Basis Function (RBF)<sup>34</sup>.


Wang J.-Z., Wang, Zhang y Guo exponen que debido a la variedad de factores que afectan a la bolsa de valores, se propone la utilización del algoritmo Wavelet De-noisingbased Back Propagation (WDBP); los datos utilizados corresponden a los del índice de la Bolsa de Shanghai desde enero de 1993 a diciembre de 2009. El modelo WDBP fue comparado con un modelo BP (Back Propagation), mejorando el primero la precisión de las predicciones<sup>35</sup>.

Para Aboueldahab y Fakhreldin (2011) la predicción de la bolsa de valores es uno de los asuntos más importantes en el campo financiero, por tanto, proponen un

<sup>33</sup> ENKE, D.; GRAUER, M. Y MEHDIYEV, N. Stock market prediction with multiple regression, fuzzy type-2 clustering and neural networks. *procedia computer science*, 201-06 (2011)

<sup>34</sup> SHEN, W.; GUO, X.; WUB, C. Y WU, D. Forecasting stock indices using radial basis function neural networks optimized by artificial fish swarm algorithm. *knowledge-based systems*, 378-85. (2011)

<sup>35</sup> WANG, J.-Z.; WANG, J.-J.; ZHANG, Z.-G. Y GUO, S.-P. Forecasting stock indices with back propagation neural network. *expert systems with applications*, 14346-55. (2011)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	19 de 30

modelo denominado Hybrid Genetic Algorithm / Particle Swarm Optimization (GA/PSO) con perturbation term, el cual será evaluado a través de índices como Nasdaq100, Dow Jones y el S & P500. La red neuronal usada como predictor es la Sigmoid Diagonal Recurrent Neural Network (SDRNN), debido a que su arquitectura disminuye el error e incrementa la precisión en muchas aplicaciones. La nueva perturbación, agregada al modelo híbrido permite que todas las partículas realicen la búsqueda global en todo el espacio de búsqueda para encontrar nuevas regiones con mejor desempeño.


Asadi, Hadavandi, Mehmanpazir y Nakhostin (2012) proponen un modelo híbrido que es una combinación de métodos de preprocesamiento de datos, algoritmos genéticos y algoritmos Levenberg-Marquardt (LM), usados para el aprendizaje de la alimentación de las redes neuronales en la predicción del índice de acciones. También usan la información de los métodos de preprocesamiento tales como la transformación de los datos y la selección de las variables de entrada para mejorar la precisión del modelo. La competencia del método planteado se prueba con su aplicación para predecir algunos índices bursátiles utilizados en la literatura. Los resultados muestran que el método propuesto es capaz de hacer frente a las fluctuaciones de los valores de la bolsa y también se obtiene una buena precisión de la predicción. Por lo tanto, se puede utilizar para modelar relaciones complejas entre entradas y salidas o para encontrar patrones de datos mientras se realiza la predicción financiera<sup>36</sup>.

Wang, Wang, Zhang Guo presentan el modelo híbrido (PHM), que es una combinación de los modelos Arima, exponential smoothing model (ESM) y BPNN, que permite capturar las características lineales y no lineales en una serie de tiempo. Para probar el modelo se utilizaron los datos mensuales de los índices SZII de China y el Dow Jones Industrial Average Index (DJIAI-USA). Se utiliza la predicción direccional (AD) para evaluar la precisión de las predicciones. Los resultados obtenidos demuestran que el modelo híbrido PHM provee mejores resultados en términos de error y precisión que otros modelos como Arima, ESM y BPNN, debido a su robustez.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> ASADI, S.; HADAVANDI, E.; MEHMANPAZIR, F. Y NAKHOSTIN, M. Hybridization of evolutionary levenberg-marquardt neural netw orks and data pre-processing for stock market prediction. know ledge-based systems, 245-58. (2012)


<sup>37</sup> WANG, J.-J.; WANG, J.-Z.; ZHANG, Z.-G. Y GUO, S.-P. (2012). stock index forecasting based on a hybrid model. omega, 758-66 (2012)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>20 de 30</b>

Dai, Wu y Lu (2012) plantean un modelo de predicción de series de tiempo mediante la combinación de análisis no lineales de componentes independientes y redes neuronales para predecir los índices de las bolsas de valores asiáticas. Se utilizan como ejemplos representativos el índice de cierre de la Bolsa de Valores de Nikkei 225 y de Shanghai Bshare. Los resultados experimentales muestran que el modelo de predicción propuesto no solo mejora la precisión de la predicción del enfoque de redes neuronales, sino que supera los tres métodos de comparación con precisiones mayores a 80%.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> dai, w.; wu, j.-y. y lu, c.-j. (2012). combining nonlinear independent component analysis and neural network for the prediction of asian stock market indexes. expert systems with applications, 4444-52. (2012)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	21 de 30

#### 4. ANEXOS

**Tabla 1.**

Modelos de predicción de índices de bolsa (lineal, no lineal e híbrido)

<b>Autor</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Mercado estudiado</b>	<b>Tipo de modelo</b>	<b>Técnica</b>	<b>Resultado obtenido</b>
Yale Chang, Carl Yeung y Chris Yip	2000	Índice TCB 500	Lineal	Regresión múltiple	$R^2 = 0,945$
Geetesh Bhardwaj, Norman R. Swanson	2005	Predicción de índices bursátiles	Lineal	Arfima	El modelo Arfima supera el 50% de las veces a otros modelos (AR, ARMA, Arima, Garch)
Philip Hans Franses y Hendrik Ghijssels	1999	Bolsa de Valores de Amsterdam (AEX), Alemania (DAX), España (MADR) e Italia (MIL)	No lineal	Garch con <i>additive outliers</i> (AO)	MSE: para índice AEX (entre 0,115 y 0,376); para índice DAX (entre 0,171 y 1,240); para índice MADR (entre 0,119 y 1,160); para índice MIL (entre 0,208 y 0,621) Nota: Para el período 1987- 1994

Fuente: definiciones tomadas de los artículos usados en la revisión bibliográfica



Darmadi Komo, Chein-I y Hanseok Ko	1994	Índice industrial Dow Jones	No lineal	Redes neuronales ( <i>Radial Basis Function</i> , RBF) y <i>Back-propagation</i>	Predicciones hasta del 90%
Stefan Zemke	1999	Bolsa de Valores de Varsovia	No lineal	Redes neuronales, <i>Naive Bayes classifier</i> , <i>K-nearest neighbor</i> y algoritmo genético	<i>K-nearest neighbor</i> presenta mejor precisión: 64%
K. H. Lee y G. S. Jo	1999	Bolsa de Valores de Corea	No lineal	<i>Candlestick Chart Analysis Expert System</i>	Aciertos promedios: 72%
An-Sing Chen, Mark T. Leung, Hazem Daouk	2003	Índice de Bolsa de Taiwán	No lineal	Redes neuronales probabilísticas	Predecir la dirección del exceso de rentabilidad más del 50% de las veces Mayor grado de acierto en la red neuronal con desviación para cinco días de patrones de entrenamiento de 2,13%, para diez días de 3,40%, para quince días de 3,72%, para veinte días de 3,29%, para treinta días de 3,81% y para cuarenta días de 3,56%
Eliana Toro, Alexander Molina, Alejandro Garcés	2006	Elementos de la economía colombiana y su Bolsa de Valores	No lineal e híbrido	Red neuronal y red neuronal difusa	




Suchira Chaigusin, Chaiyaporn ChirathamjaRee, Judy Clayden	2008	Bolsa de Valores de Tailandia	No lineal	redes neuronales	MAPE: 1,26594
					Error de predicción absoluto promedio (MAPE): 9,31
Julio César Alonso y Juan Carlos García	2009	Índice General de la Bolsa de Colombia	No lineal	Garch-M	Nota: el promedio de los MAPE de los 18 modelos Garch-M utilizados.
Lu, Chang, Chen, Chiu, y Lee	2009	Bolsa de Valores de Shanghai	No lineal	MARS (Multivariate adaptive regression splines)	Error: 1.15% y precisión direccional (DA) del 82%.
Guresen, Kayakutlu y Daim	2011	Índice Nasdaq	No lineal	Redes neuronales (MLP)	Desviación absoluta media: 2,324% (Training) y 2,516% (test)
Kyung-Jae Kim, Ingoo Han	2000	Índice de la Bolsa de Valores de Korea	Híbrido	Redes neuronales con algoritmo genético	Rendimiento promedio de predicción: 65,79% (Training) y 61,70% (Holdout)
Ping-Feng Pai y Chih-Sheng Lin	2005	Precios de las acciones de empresas estadounidenses	Híbrido	Arima- Support Vector Machine	MAPE (modelo híbrido) < MAPE (modelos individuales Arima y SVM)
Antonio Parisi, Franco Parisi y David Díaz	2006	Índices de la Bolsa de Valores de Asia	Híbrido	Modelos multivariados obtenidos con algoritmo genético	El porcentaje de predicción de signos (PPS): mayor 50%

Fuente: definiciones tomadas de los artículos usados en la revisión bibliográfica



Tae Hyup Roh	2007	Índice Kospi	Híbrido	Red neuronal-Modelos de series de tiempos (NN-Egarch)	Proporción de aciertos: 60,63%
Zhang Yu-dong, Wu Lenan	2009	S&P 500	Híbrido	Bacterial chemotaxis optimization (IBCO) y Back Propagation	Tiempo computacional entre 15 y 17 minutos
Melek Acar Boyacioglu, Derya Avci	2010	Bolsa de Valores de Estambul	Híbrido	Anfis	Error: 0,0068
Esmæeil Hadavandi, Hassan Shavandi, Arash Ghanbari	2010	Empresas: IBM y Dell Corporations del sector de las IT, British Airlines y Ryanair Airlines, del sector de aerolíneas	Híbrido	Clustering-genetic fuzzy system (CGFS)	MAPE: IBM (0,63), DELL (0,534), British Airlines (1,413) y Ryanair Airlines (1,241)
Yi-Fan Wang, Shih-min Cheng, Mei-Hua Hsu	2010	Bolsa de Valores de Taiwán	Híbrido	Estocástico difuso que incorpora cadenas de Markov	Desviaciones entre 0.0025% -1,03%.
Tiffany Hui-Kuang Yu, Kun-Huang Huang	2010	Bolsa de Valores de Taiwán	Híbrido	Modelo de series de tiempo difuso que usa redes neuronales	Error cuadrado medio: 441,8
I. M. El-Henawy, A. H. Kamal, H. A. Abdalbary, y A. R. Abas	2010	Índice Kospi 200	Híbrido	Redes neuronales (MLP) y SA (simulated annealing)	Testing error: 0,4897 y Training error: 0,4886

Fuente: definiciones tomadas de los artículos usados en la revisión bibliográfica

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	25 de 30


## 5. CONCLUSIONES

Son muchos y variados los métodos y modelos que durante años fueron utilizados para predecir los índices bursátiles de la bolsa de valores en diferentes países del mundo. Estos métodos fueron evolucionando gracias a que los inversionistas lo vieron como una oportunidad para tener más utilidades en su vida de negocios. Cada método o modelo fue de importancia en cada época, pero debido a que seguía creciendo la importancia de invertir en la bolsa de valores fueron construyendo modelos que redujeran los errores de predicción.

Uno de los métodos más utilizados en la actualidad que surgieron del modelo híbrido en la combinación de dos o más modelos; fue el método de las redes neuronales, el cual también se ha convertido en estudio, ya que han combinado este modelo con otros para lograr una perfecta predicción, como lo es las redes neuronales artificiales, este modelo se ha aplicado numerosamente en el mundo de las finanzas, ya que es un sistema que permite establecer una relación lineal o no lineal entre las salidas y las entradas. Sus características están inspiradas en el sistema nervioso lo que les da varias ventajas tales como su capacidad de aprendizaje adaptativo, son auto-organizativas, pueden funcionar en paralelo en tiempo real y ofrecen tolerancia a fallos por la codificación redundante de la información.

Estos métodos y modelos han sido estudiados en diferentes partes del mundo, el cual han dada una oportunidad laboral para aquellas personas que han decidido involucrarse en el mundo de las finanzas y pronósticos con un único fin, de poder evaluar, analizar y poder tomar la mejor decisión a la hora de invertir, en la bolsa de valores. con el único propósito que es dar le una seguridad a los inversionistas u organizaciones que no van a perder dinero, más van aumentar sus utilidades en un tiempo determinando. Gracias a esto la bolsa de valores ha tomado impulso y ha logrado ser una de las más grandes organizaciones en el mundo, que da la oportunidad de ampliar y mejorar la economía en un país.



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	26 de 30

## 6. BIBLIOGRAFIAS

ABOUELDAHAB, T. Y FAKHRELDIN, M. (2011). prediction of stock market indices using hybrid genetic algorithm/ particle swarm optimization with perturbation term. international conference on swarm intelligence. cergy, france.

ALONSO, J. Y GARCIA, J. (2009). ¿qué tan buenos son los patrones del igbc para predecir suapplications , 177-83.


ASADI, S.; HADAVANDI, E.; MEHMANPAZIR, F. Y NAKHOSTIN, M. (2012). hybridization of evolutionary levenberg–marquardt neural networks and data pre-processing for stock market prediction. knowledge-based systems, 245-58.

BHARDWAJ, G. Y SWANSON, N. (2006). an empirical investigation of the usefulness of arfima models for predicting macroeconomic and financial time series. journal of econo- metrics, 539-78.

BOYACIOGLU, M. A. Y AVCI, D. (2010). an adaptive network-based fuzzy inference system (anfis) for the prediction of stock market return: the case of the istanbul stock exchange. expert systems with applications, 7908-12.

CAI, Y.; CHOU, R. Y LI , D. (2009). explaining international stock correlations with cpi fluccaldas montes, g. y pires tiberto, b. (2012). macroeconomic environment, country risk and stock market performance: evidence for brazil. elsevier science, 1666-78.

CHAIGUSIN, S.; CHIRATHAMJAREE, C. Y CLAYDEN, J. (2008). the use of neural networks in the pre- diction of the stock exchange of thailand (set) index. computational intelligence for modelling control & automation. iee.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>27 de 30</b>

CHANG, Y.; YEUNG, C. Y YIP, C. (2000). analysis of the influence of economic indicators on circumstances. journal of banking & finance, 1959-77.

CHEN, A.-S.LEUNG, M. Y DAOUK, H. (2003). Application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the taiwan stock index. computers & operations research, 901-23.

CHEN, S.-S. (2009). predicting the bear stock market: macroeconomic variables as leading indicators. journal of banking & finance, 211-23.


CHENG, C.-H.; CHEN, T.-L. Y WEI, L.-Y. (2010). a hybrid model based on rough sets theory and genetic algorithms for stock price forecasting. information sciences, 1610-29.

CLEMENTS, M.; FRANCES, P. Y SWANSON, n. (2004). forecasting economic and financial time- comportamiento? universidad icesi, 13-36.

DAI, W.; WU, J.-Y. Y LU, C.-J. (2012). combining nonlinear independent component analysis and neural network for the prediction of asian stock market indexes. expert systems with applications, 4444-52.

DOMÍNGUEZ GUJÓN, R. Y ZAMBRANO REYES, A. (2011). Pronóstico con modelos arima para los casos del índice de precios y cotizaciones (IPC) y la acción de américa móvil (am). memoria del xxi coloquio mexicano de economía matemática y econometría.

EL-HENAWY, I.; KAMAL, A.; ABDELBARY, H. Y ABAS, A. (2010). predicting stock index using neural

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	28 de 30

ENKE, D.; GRAUER, M. Y MEHDIYEV, N. (2011). stock market prediction with multiple regression, fuzzy type-2 clustering and neural networks. procedia computer science, 201-06.

FRANSES, P. Y GHJSELS, H. (1999). additive outliers, garch and forecasting volatility. inter- national journal of forecasting, 1-9.

GENÇTÜRK, M.; ÇELİK, I. Y BINICI, Ö. (2012). causal relations among stock returns and macroeconomic variables in a small and open economy. african journal of business management, 6177-82.


GJERDE, Ø. Y SÆTTEM, F. (1999). causal relations among stock returns and macroeconomic.

GURESEN, E.; KAYAKUTLU, G. Y DAIM, T. (2011). using artificial neural network models in stock market index prediction. expert systems with applications, 10389-97.

HADAVANDI, E.; SHAVANDI, H. Y GHANBARI, A. (2010). integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. knowledge-based systems, journal of international financial market, 61-74.

KIM, K.-J. Y HAN, I. (2000). genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index. expert systems with applications, 125-32.

KOMO, D.; CHANG, C.-I. Y KO, H. (1994). neural network technology for stock market index prediction. international symposium on speech, image processing and neural networks (pp. 543-546). hong kong: ieee.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	29 de 30

KWON, C. Y SHIN, T. (1998). cointegration and causality between macroeconomic variables and stock market returns. global finance journal, 71-81.

LASFER, M.; MELNIK , A. Y THOMAS, D. (2003). short-term reaction of stock markets in stressful

LEE, K. Y JO, G. (1999). Expert system for predicting stock market timing using a candles-


LIU, H.-C. Y HUNG, J.-C. (2010). forecasting s&p-100 stock index volatility: the role of vo- latility asymmetry and distributional assumption in garch models. expert systems with applications, 4928-34.

LÓPEZ HERRERA, F. Y VÁSQUEZ TÉLLEZ, F. (2002). variables macroeconómicas y un modelo mul- tifactorial para la bolsa mexicana de valores: análisis empírico sobre una muestra de activos. academia. revista latinoamericana de investigacion , 5-28.

LU, C.-J.; CHANG, C.-H.; CHEN, C.-Y.; CHIU, C.-C. Y LEE, T.-S. (2009). stock index prediction: a comparison of mars, bpn and svr in an emerging market. industrial engineering and engineering management. ieee.

MAJHI, R.; PANDA, G.; MAJHI, B. Y SAHOO, G. (2009). efficient prediction of stock market in- dices using adaptive bacterial foraging optimization (abfo) and bfo based techni- ques. expert systems with applications, elsevier, 10097-104.

MAYSAMI, HOWE Y HAMZAH (2004). relationship between macroeconomic variables and stock market indices: cointegration evidence from stock exchange of singapore's all-s sector indices. journal pengurusan, 47-77.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	30 de 30

PAI, P.-F. Y LIN, C.-S. (2005). a hybrid arima and support vector machines model in stock price forecasting. *omega*, elsevier, 497-505.

PARISI, A.; PARISI, F. Y DÍAZ, D. (2006). modelos de algoritmo genético y redes neuronales en la predicción de índices bursátiles asiáticos. *cuadernos de economía*, 251-84.

PIERDZIOCH, C.; DOPKE, J. Y HARTMANN, D. (2008). “forecasting stock market volatility with macroeconomic variables in real time”. *journal of economics and business*, 256-76.


REDDY, B. (2010). prediction of stock market indices – using sas. *iee series with non-linear models. international journal of forecasting*, 169-83. stock prices using multiple regression. *tick chart. expert systems with applications*, 357-64. tuations and market volatility. *journal of banking & finance*, 2026-35.

ZEMKE, S. (1999). *nonlinearindexprediction. physica a: statistical mechanics and its roh, t.* (2007). forecasting the volatility of stock price index. *expert systems with applications*, 916-22.

SHEN, W.; GUO, X.; WUB, C. Y WU, D. (2011). forecasting stock indices using radial basis function neural networks optimized by artificial fish swarm algorithm. *knowledge- based systems*, 378-85.

TORO OCAMPO, E. M.; MOLINA CABRERA, A. Y GARCÉS RUIZ, A. (2006). pronóstico de bolsa de valores empleando técnicas inteligentes. *tecnura*.

WANG , J.-Z.; WANG, J.-J.; ZHANG, Z.-G. Y GUO, S.-P. (2011). forecasting stock indices with back propagation neural network. *expert systems with applications*, 14346-55.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>31 de 30</b>

WANG, J.-J.; WANG, J.-Z.; ZHANG, Z.-G. Y GUO, S.-P. (2012). stock index forecasting based on a hybrid model. *omega*, 758-66.

WANG, Y.-F.; CHENG, S. Y HSU, M.-H. (2010). incorporating the markov chain concept into fuzzy stochastic prediction of stock indexes. *applied soft computing*, 613-17.

YU, T.-K. Y HUARNG, K.-H. (2010). a neural network-based fuzzy time series model to improve forecasting. *expert systems with applications*, 3366-72.

YUDONG, Z. Y LENAN, W. (2009). stock market prediction of s&p 500 via combination of improved bco approach and bp neural network. *expert systems with applications*, 8849-54.

ZHU, X.; XU, L.; WANG, H. Y LI, H. (2008). predicting stock index increments by neural net- works: the role of trading volume under different horizons. *expert systems with applications*, 3043-54.