



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

***METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA  
SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICO –  
FINANCIEROS: CASO MEXDER***

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

***DOCTOR EN INGENIERÍA DE SISTEMAS***

**PRESENTA:**

***M. en C. CINTHYA IVONNE MOTA HERNÁNDEZ***

**DIRECTOR:**

***DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS***



**MÉXICO, ENERO 2011**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 13:00 horas del día 9 del mes de MARZO del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.M.E. – ZAC. para examinar la tesis titulada:

**“METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICO-FINANCIEROS. CASO MEXDER”**

Presentada por el alumno:

**MOTA**

Apellido paterno

**HERNÁNDEZ**

Apellido materno

**CINTHYA IVONNE**

Nombre(s)

Con registro:

A	0	8	0	4	0	8
---	---	---	---	---	---	---

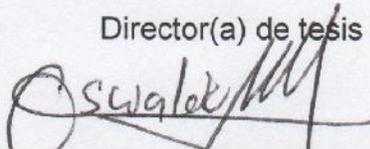
aspirante de:

### DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

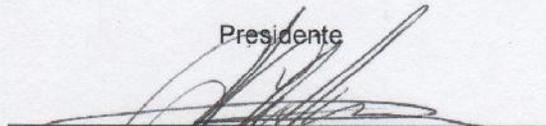
Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

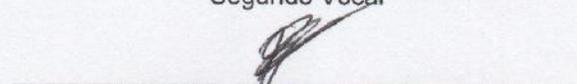
Director(a) de tesis

  
DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS

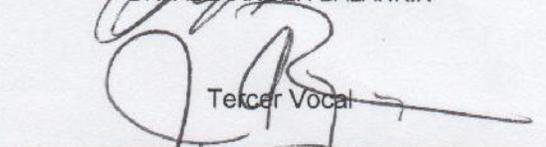
Presidente

  
DR. ALEXANDER BALANKIN

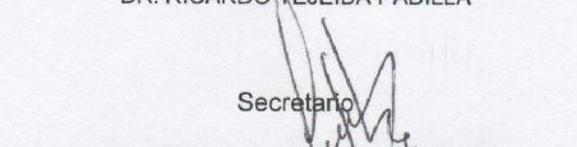
Segundo Vocal

  
DR. RICARDO TEJEIDA PADILLA

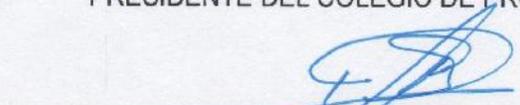
Tercer Vocal

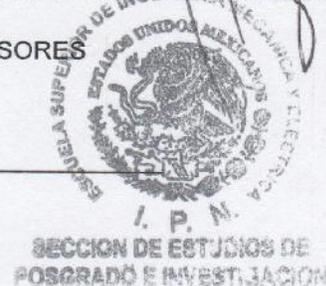
  
DR. JORGE ARMANDO ROJAS RAMIREZ

Secretario

  
DR. LUIS MANUEL HERNANDEZ SIMÓN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
DR. JAIME ROBLES GARCÍA





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 13 del mes diciembre del año 2011, la que suscribe M. en C. Cinthya Ivonne Mota Hernández alumna del Programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas con número de registro A080408, adscrita a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME-Z, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Oswaldo Morales Matamoros y cede los derechos del trabajo intitulado "**METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICO-FINANCIEROS. CASO MEXDER**", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: [curthis@hotmail.com](mailto:curthis@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

Cinthya Ivonne Mota Hernández

## INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	6
INDICE DE TABLAS .....	8
GLOSARIO .....	9
INTRODUCCIÓN.....	24
Estado del Arte .....	26
Justificación .....	29
Metodología .....	30
Objetivo General .....	32
Objetivos Particulares .....	32
CAPÍTULO 1: METODOLOGÍAS SISTÉMICAS .....	33
1.1.    METODOLOGÍA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICOS – FINANCIEROS.....	34
PARTE 1. PENSAMIENTO EPISTEMOLÓGICO .....	36
ETAPA 1: PLANTEAMIENTO .....	36
PROBLEMÁTICA .....	38
CONCEPTOS.....	39
TEORIA.....	39
OBJETIVOS .....	40
PARTE 2 VISIÓN REAL DE LA PROBLEMÁTICA .....	41
ETAPA 2: ANÁLISIS.....	41
ANÁLISIS DEL SISTEMA .....	41
ANÁLISIS DE LAS RELACIONES .....	44
CATWOE .....	46
ETAPA 3: DESARROLLO.....	49
PROPUESTA SOLUCIÓN .....	49
METODOLOGÍA DE SISTEMAS DUROS.....	50
ANÁLISIS DE RIESGOS .....	51
ETAPA 4: IMPLEMENTACIÓN.....	53

INSTALACION DEL SISTEMA.....	53
ETAPA 5: MEJORAS CONTINUAS .....	54
MEJORAS CONTINUAS DEL SISTEMA DURO .....	54
MEJORAS CONTINUAS DEL SISTEMA SUAVE.....	54
1.2. METODOLOGÍA ECLÉCTICA PARA DESARROLLAR UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL ....	55
PLANEACION DEL SISTEMA .....	57
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	57
INVESTIGACIÓN DE NECESIDADES .....	58
ANÁLISIS DEL MEDIO AMBIENTE.....	59
SELECCIÓN DE OBJETIVOS.....	60
RECOPIACIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN .....	60
ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	61
DESARROLLO FUNCIONAL.....	63
DESARROLLO DE LAS MEDIDAS DEL DESEMPEÑO .....	63
DISEÑO DEL SISTEMA .....	63
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA .....	67
ANALISIS Y COMPARACIÓN DEL SISTEMAS.....	67
SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	69
AUTORIZACION DEL SISTEMA .....	69
INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....	70
INSTALACIÓN DE LA RNA.....	70
OPERACIÓN Y MONITOREO CONSTANTE.....	70
I. VISIÓN EPISTEMOLÓGICO .....	72
CAPÍTULO 2: ETAPA DE PLANTEAMIENTO .....	72
2.1. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS .....	73
ENFOQUE SISTÉMICO .....	77
METODOLOGÍA SISTEMICA .....	80
2.2. PRODUCTOS FINANCIEROS DERIVADOS.....	82
RIESGO.....	82

---

MERCADO DE DERIVADOS .....	84
Mercado Mexicano de Derivados (MexDer) .....	90
2.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	108
REDES NEURONALES ARTIFICIALES .....	110
II. VISIÓN REAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	117
Capítulo 3: ANÁLISIS.....	117
3.1. SISTEMA EN ESTUDIO .....	118
Descripción del Problema no Estructurado .....	118
Análisis de las Relaciones .....	121
Esquematizar el CATWOE.....	122
CAPITULO 4 DESARROLLO .....	126
PROPUESTA SOLUCIÓN .....	127
METODOLOGÍA DE SISTEMAS DUROS.....	128
ANÁLISIS DE RIESGOS .....	129
CAPITULO 5: INSTALACIÓN.....	131
CONCLUSIONES .....	137
MEJORAS CONTINUAS (SISTEMA SUAVE Y SISTEMA DURO).....	139
REFERENCIAS.....	139
ANEXOS .....	143
ANEXO A: CRONOLOGÍA DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS .....	144
ANEXO B: METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES CHECKLAND (SSM) .....	147
ANEXO C: METODOLOGÍA DE JENKINS.....	150
ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE REDES NEURONALES MÁS IMPORTANTES.....	154



---

ANEXO E: HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	157
ANEXO F: GRAFICAS DE ENTRENAMIENTO .....	160
ANEXO G: VALIDACION .....	177
ANEXO H: PRODUCCION .....	195

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de tesis.....	31
Figura 2 Metodología Para Solucionar Problemas Economico-Financieros .....	36
Figura 3 Sistema no estructurado .....	44
Figura 4 Visión Rica.....	46
Figura 5 Transformación del sistema .....	48
Figura 6 Esquematación del CATOE.....	49
Figura 7. Taxonomía de Sistemas Fuente: Van Gigch, 1987 .....	76
Figura 8 Elementos de un Sistema .....	79
Figura 9. Tipología de problemas .....	81
Figura 10. Tipos de Riesgo.....	83
Figura 11. Diagrama de flujo acerca de las partes que conforman el funcionamiento del MexDer.....	107
Figura 12. Ciclo de Retroalimentación para programas de Inteligencia Artificial .....	109
Figura 13. Componentes de una Neurona y conexión entre neuronas.....	110
Figura 14. Funcionamiento de una RNA mediante el modelo de Mc Culloch-Pitts .....	111
Figura 15. Evolución del error a lo largo del proceso de aprendizaje .....	115
Figura 16. Evolución de los errores de entrenamiento y validación a lo largo del proceso de aprendizaje .....	116
Figura 17. Visión rica del sistema en estudio y su entorno.....	119
Figura 18. Visión de los conflictos principales del sistema en estudio y su entorno .....	122
Figura 19. Diagrama de Transformación.....	123
Figura 20. MLP realizado en Neurosolution v.5.0 con 5 capas ocultas con tres variables de entrada y cuatro de salida.....	128
Figura 21. Conjunto de entrenamiento. a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el dólar. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el euro.....	132
Figura 22. Conjunto de entrenamiento. a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida para la TTIIE. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para CETES .....	133
Figura 23. Conjunto de validación a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el dólar. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el euro.....	134

---

Figura 24. Conjunto de validación a)Gráfica comparativa de la información generada obtenida para la TIIIE. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para CETES .....	135
Figura 25. Metodología de Chekland .....	147
Figura 26. Metodología de Jenkins para sistemas duros .....	151

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las RNA's .....	58
Tabla 2. Desempeño de una RNA en computadoras con diferentes características. ....	61
Tabla 3. Ejemplos de reglas de propagación de acuerdo a si esquema de aprendizaje. 64	
Tabla 4. Funciones de activación más utilizadas para el entrenamiento de una RNA. ....	66
Tabla 5. Problemas de dualidad que surgen al aplicar el enfoque sistémico.....	78
Tabla 6. Clasificación de sistemas.....	79
Tabla 7. Clasificación de sistemas de Keneth Boulding .....	80
Tabla 8. Características del Contrato de futuros sobre divisas.....	93
Tabla 9. Características del Contrato de futuros sobre Índices .....	94
Tabla 10. Características del Contrato de futuros sobre deudas.....	94
Tabla 11. Características del Contrato de futuros sobre Acciones. ....	97
Tabla 12. Características del Contrato Opciones sobre Futuros de Índices .....	98
Tabla 13. Características del Contrato Opciones sobre Acciones.....	98
Tabla 14. Características del Contrato Opciones sobre futuros del Índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.....	100
Tabla 15. Características del Contrato Swap .....	101
Tabla 16. Descripción de los iconos utilizados como agentes.....	120
Tabla 17. Visión rica: conflictos principales del sistema y su entorno.....	121
Tabla 18. Visión resumida de los involucrados .....	124
Tabla 19. Características de la estructura de la RNA desarrollada .....	128
Tabla 20. Características del entrenamiento de la RNA diseñada.....	129
Tabla 21. Errores obtenidos en el entrenamiento y la validación de la RNA diseñada. ...	136
Tabla 22. Descripción de los estadios de la Metodología de Sistemas Saves de Checkland .....	148
Tabla 23. Metodología de Jenkins .....	152
Tabla 24. Características del Tipos de Redes Neuronales más Importantes .....	154

## GLOSARIO

**Activo Subyacente** Es el activo financiero que es objeto de un Contrato negociado en el Mercado de Futuros.

**Adaptabilidad:** Es la propiedad que tiene un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a las modificaciones que sufre el contexto. Esto se logra a través de un mecanismo de adaptación que permita responder a los cambios internos y externos a través del tiempo.

Para que un sistema pueda ser adaptable debe tener un fluido intercambio con el medio en el que se desarrolla.

**Algoritmo.** Representación simbólica de instrucciones consistentes y lógicas que buscan dar solución a un problema. Conjunto de pasos lógicos para solucionar un problema.

**Análisis.** Estudio de los requerimientos dados por el usuario de la información de los procesos que tienen como fin desarrollar un software.

**Aprendizaje.** Adquisición de conocimiento por medio de estudio o experiencias. Cambio adaptativo que permite, al repetir una tarea sobre la misma población, realizarla más efectivamente. Proceso de las RNA's de modificar los pesos entre elementos de procesamiento según el error. Proceso (en seres humanos) de adquirir conocimiento y utilizarlo para solucionar problemas.

**Armonía:** Es la propiedad de los sistemas que mide el nivel de compatibilidad con su medio o contexto. Un sistema altamente armónico es aquel que sufre modificaciones en su estructura, proceso o características en la medida que el medio se lo exige y es estático cuando el medio también lo es.

**Artificial.** Algo no natural hecho por el ser humano.

**Atributos:** Son las características que definen al sistema tal como lo conocemos u observamos. Pueden ser cualitativos o cuantitativos.

**Contexto, medio o ambiente.** Es el conjunto de elementos fuera del sistema que influyen en él, y a su vez el sistema influye, aunque en una menor proporción, hablando así de una relación contexto-sistema. Un sistema siempre estará relacionado con los objetos exteriores que influyen en él.

**Capa o nivel.** Conjunto de neuronas cuyas entradas provienen de la misma fuente y cuyas salidas son dirigidas a otras neuronas.

**Centralización y descentralización:** Un sistema se dice centralizado cuando tiene un núcleo que comanda a todos los demás, y estos dependen para su activación del primero, ya que por sí solos no son capaces de generar ningún proceso.

Por el contrario los sistemas descentralizados son aquellos donde el núcleo de comando y decisión está formado por varios subsistemas. En dicho caso el sistema no es tan dependiente, sino que puede llegar a contar con subsistemas que actúan de reserva y que sólo se ponen en funcionamiento cuando falla el sistema que debería actuar en dicho caso.

Los sistemas centralizados se controlan más fácilmente que los descentralizados, son más sumisos, requieren menos recursos, pero son más lentos en su adaptación al contexto. Por el contrario los sistemas descentralizados tienen una mayor velocidad de respuesta al medio ambiente pero requieren mayor cantidad de recursos y métodos de coordinación y de control más elaborados y complejos.

**Cerrar (un Contrato):** Realizar una transacción opuesta a la que dio origen al Contrato, comprando un Contrato idéntico al previamente vendido o vendiendo uno idéntico al previamente comprado. Para que dos Contratos sean idénticos deben coincidir en Clase, Tipo y Serie.

**Clase de Contratos:** Contratos de Futuro y de Opción referidos al mismo Activo Subyacente.

**Cliente:** Persona física o jurídica que realiza Transacciones de compra-venta de Contratos en el Mercado accediendo a él a través de un Miembro.

**Condiciones Generales:** Normas del Mercado que describen las características concretas de cada uno de los contratos negociados.

**Conexión.** Elemento que un dos neuronas en una red neuronal; permite el paso de la salida de la neurona origen a la neurona destino.

**Contrato:** Término genérico que incluye todos los Futuros y Opciones admitidos a negociación en el Mercado.

**Contrato de Futuros:** Contrato normalizado a plazo, por el que el comprador se obliga a comprar el Activo Subyacente a un precio pactado (Precio de Futuro) en una fecha futura (Fecha de Liquidación). Como contrapartida, el vendedor se obliga a vender el mismo Activo Subyacente al mismo precio pactado (Precio de Futuro) y en la misma fecha futura (Fecha de Liquidación). Hasta dicha fecha o hasta que se realice una transacción de cierre, se realizan las Liquidaciones Diarias de Pérdidas y Ganancias.

La obligación de comprar y vender el Activo Subyacente en la fecha futura se puede sustituir por la obligación de cumplir con la Liquidación por Diferencias, en los casos en que el activo no sea entregable o se pueda realizar la entrega por diferencias.

**Contrato de Opción:** Contrato normalizado a través del cual, el comprador adquiere el derecho, pero no la obligación, de comprar (CALL) o vender (PUT) el Activo Subyacente a un precio pactado (Precio de Ejercicio) en una fecha futura (Fecha de Liquidación). Dicho Contrato se puede ejercitar sólo en la Fecha de Vencimiento (Opción de Estilo Europeo) o en cualquier momento antes de la Fecha de Vencimiento (Opción de Estilo Americano), según establezcan las Condiciones Generales de cada Contrato.

El vendedor del contrato de opción se obliga a vender el Activo subyacente en la fecha de vencimiento si el comprador exige el ejercicio de la opción. A cambio, el vendedor recibe una prima.

Puesto que la liquidación del Contrato puede realizarse por diferencias, la obligación de comprar y vender se puede sustituir en ese caso por la obligación de cumplir con la Liquidación por Diferencias.

**Creador o Creador de Mercado (Market to maker):** Es un miembro del Mercado que ha acordado, mediante Contrato con MEXX, que cotizará precios de compra y de venta en

forma continuada y que en el cumplimiento de esta función únicamente actuará por cuenta propia.

**Criterio.** Característica que permite reconocer la veracidad material o formal de una proposición.

**Cuenta de Compensación:** Registro contable en el que se anotan las Transacciones realizadas por su titular y las posiciones abiertas que resultan de las mismas.

**Cuenta Diaria:** Cuenta en la que se registran durante una sesión las Transacciones realizadas por un Miembro para su posterior asimilación a cuentas propias, en su caso, o de Clientes.

**Cuenta Global:** Esta cuenta recoge las Transacciones que un Cliente ha realizado utilizando diferentes Identidades Comerciales a efectos de que las liquidaciones y Depósitos en Garantía puedan ser calculados sobre el saldo que dicha cuenta arroje.

**Dato.** Es lo fundamental u objeto indivisible en una aplicación de computador.

**Depósitos en Garantía:** Importe de garantías exigidas por MEFF cuya función es cubrir los riesgos que MEFF asume por los Contratos registrados en cada Cuenta.

**Día Hábil:** Aquel día establecido como tal en el calendario que MEFF publicará antes del inicio de cada año natural.

**Elementos.** Son los componentes del sistema, éstos pueden ser a su vez subsistemas (sistemas).

**Entradas:** Son los elementos que ingresan al sistema sobre los cuales se aplican los procesos del sistema pudiendo ser físicos humanos o información. Son los requerimientos de arranque para que el sistema comience a procesar la información.

Si la salida (y/o resultado) de un sistema ingresa a otro sistema el cual está relacionado en forma directa, es una entrada en serie. Se dice que es aleatoria cuando intervienen métodos estadísticos en donde se utiliza el término “azar”. Sin embargo, si la salida de un sistema ingresa en sí mismo, entonces estamos hablando de una entrada de retroacción.

**Entropía:** Es la tendencia que los sistemas tienen al desgaste, a la desintegración, para el relajamiento de los estándares y para un aumento de la aleatoriedad. A medida que la entropía aumenta, los sistemas se descomponen en estados más simples. La segunda ley de la termodinámica explica que la entropía en los sistemas aumenta con el correr del tiempo. A medida que aumenta la información, disminuye la entropía, pues la información es la base de la configuración y del orden. Si por falta de comunicación o por ignorancia, los estándares de autoridad, las funciones, la jerarquía, etc. de una organización formal pasan a ser gradualmente abandonados, la entropía aumenta y la organización se va reduciendo a formas gradualmente más simples y rudimentarias de individuos y de grupos. De ahí el concepto de negentropía o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema.

**Ejecución de una Orden:** Acto por el cual se da cumplimiento a la orden de compra o de venta transmitida por un Miembro del Mercado.

**Ejercicio:** Acto por el cual el comprador de una opción hace uso de su derecho a comprar o vender el Activo Subyacente.

**Error Cuadrático Medio (MSE).** Se define el error cuadrático medio como el valor esperado del cuadrado de la diferencia entre el estimador  $T$  y el parámetro  $q$  que trata de estimar.

**Error Cuadrático Medio Normalizado (NMSE).** Relación entre el exceso de error cuadrático medio en el estado estacionario y el mínimo error cuadrático medio.

**Estabilidad:** Un sistema se dice estable cuando puede mantenerse en equilibrio a través del flujo continuo de materiales, energía e información.

La estabilidad de los sistemas ocurre mientras los mismos pueden mantener su funcionamiento y trabajen de manera efectiva.

**Éxito:** El éxito de los sistemas es la medida en que los mismos alcanzan sus objetivos.

La falta de éxito exige una revisión del sistema ya que no cumple con los objetivos propuestos para el mismo, de modo que se modifique dicho sistema de forma tal que el mismo pueda alcanzar los objetivos determinados.

**Fecha de Ejercicio:** Día en que una Opción puede ser ejercida. La Fecha de Ejercicio vendrá establecida en las Condiciones Generales de cada Contrato.

**Fecha de Liquidación:** Día en que se liquida el Contrato de Futuro o de Opción. La Fecha de Liquidación vendrá establecida en las Condiciones Generales de cada Contrato.

**Fecha de Vencimiento:** Es el último día en que un Contrato de Opción o de Futuro puede ser registrado en el Mercado. La Fecha de Vencimiento vendrá establecida en las Condiciones Generales de cada Contrato.

**Feed-forward o alimentación delantera:** Es una forma de control de los sistemas, donde dicho control se realiza a la entrada del sistema, de tal manera que el mismo no tenga entradas corruptas o malas, de esta forma al no haber entradas malas en el sistema, las fallas no serán consecuencia de las entradas sino de los procesos mismos que componen al sistema.

**Fronteras.** Es la línea que separa al sistema de su entorno y define lo que pertenece al sistema y aquello que está fuera de él.

**Función de Activación.** Función aplicada por la neurona a la suma ponderada de sus entradas para producir un valor de salida.

**Futuro:** Contrato de Futuro.

**Garantías:** Depósitos en Garantía.

**Globalismo o totalidad:** todo sistema tiene una naturaleza orgánica, por la cual una acción que produzca cambio en una de las unidades del sistema, con mucha probabilidad producirá cambios en todas las otras unidades de éste. En otros términos, cualquier estimulación en cualquier unidad del sistema afectará todas las demás unidades, debido a la relación existente entre ellas. El efecto total de esos cambios o alteraciones se

presentará como un ajuste del todo al sistema. El sistema siempre reaccionará globalmente a cualquier estímulo producido en cualquier parte o unidad. Existe una relación de causa y efecto entre las diferentes partes del sistema. Así, el Sistema sufre cambios y el ajuste sistemático es continuo. De los cambios y de los ajustes continuos del sistema se derivan dos fenómenos el de la entropía y el de la homeostasia.

**Homeostasis:** Es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. Los sistemas tienen una tendencia adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios externos del medio ambiente. La definición de un sistema depende del interés de la persona que pretenda analizarlo.

**Identidad Comercial:** Código de cada Cliente a efectos de la realización de Transacciones en el Mercado.

**Información.** Es la organización metódica y sistemática de conocimiento expresado por símbolos o caracteres perfectamente cuantificables y transmisibles. Colección de símbolos o signos que poseen un significado.

**Inteligencia.** Facultad de comprender y conocer.

**Inteligencia Artificial.** Rama de las ciencias de la computación que busca con métodos heurísticos de procesamiento de información, diseñar y construir máquinas que exhiban características asociadas con la inteligencia humana.

**Integración e independencia:** Se denomina sistema integrado a aquel en el cual su nivel de coherencia interna hace que un cambio producido en cualquiera de sus subsistemas produzca cambios en los demás subsistemas y hasta en el sistema mismo.

**Intervalo de Valoración:** Son todos los puntos comprendidos entre el precio máximo y mínimo del Activo Subyacente para los que MEF calcula los precios de mercado de las Opciones y Futuros que posteriormente son utilizados para el cálculo de Garantías.

**Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias:** Liquidación diaria en efectivo de las diferencias entre el Precio de Futuro pactado en los Futuros negociados el mismo día del cálculo y el Precio de Liquidación Diaria de ese día, o entre el Precio de Liquidación Diaria del día anterior y el del día del cálculo para los Futuros que ya estuviesen abiertos al inicio

del día del cálculo. Tras este proceso, todos los Contratos de Futuros, se consideran pactados al Precio de Liquidación Diaria.

**Liquidación a Vencimiento:** Cumplimiento del Contrato en la Fecha de Liquidación. Si la liquidación es por entrega, supone la transmisión del Activo Subyacente a cambio del precio que corresponda. Si la liquidación es por diferencias, supone la transmisión de dinero correspondiente a la diferencia entre el Precio de Ejercicio o el de Futuro, en su caso, y el de Liquidación a Vencimiento.

**Liquidación de Transacciones:** Sistema por el cual los compradores de Opciones pagan a MEFF las Primas correspondientes a dichas compras y los vendedores reciben de MEFF dichas Primas, y los compradores y vendedores de Futuros liquidan con MEFF su correspondiente Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias, mientras mantengan Contratos de Futuros abiertos.

**Liquidación por Diferencias:** Procedimiento por el cual el cumplimiento del Contrato en la Fecha de Liquidación se produce únicamente mediante la transmisión en efectivo de la diferencia entre el precio pactado en el Contrato y el Precio de Liquidación a Vencimiento. Los intercambios de efectivo al vencimiento tendrán en cuenta, según el caso, el proceso de Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias.

**Liquidación por Entrega:** Procedimiento por el cual el cumplimiento del Contrato, en la Fecha de Liquidación, se produce mediante la Entrega del Activo Subyacente por la parte que debe vender a la parte que debe comprar, a cambio del precio pactado en el Contrato. Los intercambios de efectivo al vencimiento tendrán en cuenta, según el caso, el proceso de Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias.

**Mantenibilidad:** Es la propiedad que tiene un sistema de mantenerse constantemente en funcionamiento. Para ello utiliza un mecanismo de mantenimiento que asegure que los distintos subsistemas están balanceados y que el sistema total se mantiene en equilibrio con su medio.

**Miembro:** Participante en el Mercado con acceso directo al mismo.

**Miembro Liquidador:** Clase de Miembro cuyas funciones propias son negociar, realizar pagos y cobros de efectivos y realizar compra-ventas de Activo Subyacente, en los términos y condiciones del presente Reglamento.

**Miembro Liquidador Custodio:** Miembro Liquidador que, además de las funciones propias de un Miembro Liquidador, tiene la de recibir y custodiar Garantías.

**Miembro Negociador:** Clase de Miembro cuya función es negociar en el Mercado.

**Modelo.** Representación esquemática y simplificada de la realidad.

**Momentum.** Parámetro del algoritmo de aprendizaje de propagación inversa.

**Neurona.** Célula nerviosa especializada en conducir impulsos electroquímicos.

**Neurona Artificial.** Modelo matemático de una neurona biológica.

**Opción:** Contrato de Opción.

**Opción de Compra:** También denominada Opción CALL. El tenedor de esta Opción tiene el derecho, pero no la obligación, de comprar el Activo Subyacente objeto del Contrato al Precio de Ejercicio. El vendedor de la Opción tiene la obligación de vender dicho Activo Subyacente si el comprador ejercita su derecho. Puesto que la liquidación puede realizarse por diferencias, en el caso de ejercer la opción no se produciría una compra-venta, sino sólo una transmisión de efectivo.

**Opción de Venta:** También denominada Opción PUT. El tenedor tiene el derecho de vender el Activo Subyacente objeto del Contrato al Precio de Ejercicio. El vendedor tiene la obligación de comprar dicho Activo Subyacente si el comprador ejerce su derecho. Puesto que la liquidación puede realizarse por diferencias, en el caso de ejercer la opción no se produciría una compra-venta, sino sólo una transmisión de efectivo.

**Operadores:** Otro comportamiento es el de operador, que son las variables que activan a las demás y logran influir decisivamente en el proceso para que este se ponga en marcha. Se puede decir que estas variables actúan como líderes de las restantes y por consiguiente son privilegiadas respecto a las demás variables. Cabe aquí una aclaración: las restantes variables no solamente son influidas por los operadores, sino que también

son influenciadas por el resto de las variables y estas tienen también influencia sobre los operadores.

**Optimización y sub-optimización:** Optimización se refiere a modificar el sistema para lograr el alcance de los objetivos. Suboptimización, en cambio, es el proceso inverso, se presenta cuando un sistema no alcanza sus objetivos por las restricciones del medio o porque el sistema tiene varios objetivos y los mismos son excluyentes, en dicho caso se deben restringir los alcances de los objetivos o eliminar los de menor importancia si estos son excluyentes con otros más importantes.

**Orden Combinada:** Orden de compra o venta de Contratos de más de una Serie y que está condicionada al cumplimiento total de la Orden.

**Orden Simple:** Orden de compra o venta de Contratos de una misma Serie que no incluye ninguna otra condición que la descripción mínima de una Orden.

**Parámetro:** Uno de los comportamientos que puede tener una variable es el de parámetro, que es cuando una variable no tiene cambios ante alguna circunstancia específica, no quiere decir que la variable es estática ni mucho menos, ya que sólo permanece inactiva o estática frente a una situación determinada.

**Permeabilidad:** La permeabilidad de un sistema mide la interacción que este recibe del medio, se dice que a mayor o menor permeabilidad del sistema el mismo será más o menos abierto. Los sistemas que tienen mucha relación con el medio en el cuál se desarrollan son sistemas altamente permeables, por el contrario los sistemas de permeabilidad casi nula se denominan sistemas cerrados.

**Plazo de Reacción:** Es el período de tiempo que se estima sería necesario para que MEFF pueda cerrar todos los Contratos registrados en una Cuenta.

**Porcentaje de error.** Porcentaje de inexactitud o equivocación al realizar una operación matemática.

**Precio de Ejercicio:** Precio pactado en el Contrato de Opción al que el comprador de una Opción puede comprar (caso de haber adquirido una Opción CALL) o vender (si hubiera

adquirido una Opción PUT) el Activo Subyacente. El vendedor de la Opción se obliga, respectivamente, a vender o comprar, en caso de que el comprador ejerza el derecho.

**Precio de Futuro:** Precio pactado en un Contrato de Futuro. El precio pactado es ajustado diariamente de acuerdo al proceso de Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias.

**Precio de Liquidación a Vencimiento:** Precio de referencia sobre el que se calcula la Liquidación por Diferencias en la Fecha de Ejercicio, si se trata de Opciones, o en la Fecha de Vencimiento, si son Futuros.

**Precio Técnico de Entrega:** Precio, de utilidad únicamente técnica, al que se realizan todas las compras-ventas del Activo Subyacente en los casos de Liquidaciones por Entrega, ajustándose en efectivo las diferencias entre el precio pactado en el Contrato y el Precio Técnico de Entrega, y teniendo en cuenta, en su caso, el proceso de Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias.

**Precio de Liquidación Diaria:** Precio de referencia sobre el que se calculan los Depósitos en Garantía y la Liquidación Diaria de Pérdidas y Ganancias.

**Prima:** Importe que el comprador de una Opción paga al vendedor de la misma.

**Primer Día de Cotización:** Es el primer día en que un Contrato de Opción o de Futuro puede ser negociado en MEFF. Será siempre un Día Hábil.

**Proceso:** Proceso de conversión que cambia de estado los elementos del sistema, es decir, transforma una entrada en salida. Cuando se conoce cómo se efectúa el cambio, el proceso se llama “caja blanca”. Generalmente, no se conoce en sus detalles el proceso porque la transformación es demasiado compleja, en este caso se llama “caja negra”.

**Propósito u objetivo:** Todo sistema tiene uno o algunos propósitos u objetivos. Las unidades o elementos (u Objetos), como también las relaciones, definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo.

**Punto de Valoración:** Es un punto del Intervalo de Valoración.

**Rango:** Marca la dimensión de los sistemas y subsistemas respectivos, establece los diferentes subsistemas y puede ser fraccionado en partes sobre la base de un elemento común o en función de un método lógico de detección. Estableciendo la relación con el sistema mayor.

**Red.** Conjunto de elementos interconectados para cumplir un objetivo.

**Red neuronal artificial.** Red de neuronas artificiales compuesta de un gran número interconectado de elementos de procesamiento que trabajan en cooperación para resolver problemas específicos.

**Registro:** Acto por el que MEFF anota los datos de una Transacción en las cuentas correspondientes de su sistema para su posterior compensación, liquidación y cálculo de Garantías.

**Regla.** Enunciado que indica cómo hay que proceder en un ambiente real y lógico.

**Relaciones:** Son los enlaces que vinculan entre sí a los objetos sistemas y/o subsistemas que componen a un sistema complejo. Las relaciones se clasifican en:

- Simbióticas: los sistemas conectados no pueden seguir funcionando solos. Se dividen en: unipolar (parasitaria), en el cual un sistema (parásito) no puede vivir sin el otro (planta); bipolar (mutual), en donde ambos sistemas dependen entre sí.
- Sinérgica (acción combinada): relación no necesaria pero útil para el funcionamiento, mejorando el desempeño del sistema.
- Superflua: repiten otras relaciones, teniendo como objetivo la confiabilidad aumentando la probabilidad del funcionamiento todo el tiempo sin embargo el costo puede ser una de sus limitantes.

**Retroalimentación:** Se produce cuando las salidas del sistema o la influencia de las salidas del sistema en el contexto, vuelven a ingresar al sistema como recursos o información, permite el control de un sistema y que el mismo tome medidas de corrección en base a la información retroalimentada.

**Salidas:** Son los resultados, éxitos o beneficios de los elementos que entraron al sistema después de pasar por un proceso de conversión adoptando forma de productos, servicios y/o información.

**Serie (Series):** Dentro de cada Clase de Contratos, Serie son aquellas Opciones que tienen el mismo Precio de Ejercicio y la misma Fecha de Vencimiento, y aquellos Futuros que tienen la misma Fecha de Vencimiento.

**Sinergia.** Acción conjunta de dos o más órganos, elementos o sistemas hacia un fin común.

**Sistema.** Conjunto de objetos interrelacionados que buscan cumplir un objetivo.

**Subsistemas:** Estos conjuntos o partes pueden ser a su vez sistemas (en este caso serían subsistemas del sistema de definición), ya que conforman un todo en sí mismos. Si los sistemas forman parte de un sistema mayor, estos se vuelven subsistemas y el mayor se denomina **macrosistema**.

**Supervisor de la Sesión:** Persona que desempeña la función de vigilar el ordenado desarrollo de la Sesión, aplicando el Reglamento.

**Tenedor de Cuenta:** Miembro que administra Cuentas Globales.

**Tipos de Opciones:** Son Opciones de Compra (CALL) y Opciones de Venta (PUT).

**Transacción:** Acto por el cual se casan dos órdenes.

**Transmisión de una Orden:** Acto mediante el cual un Miembro hace llegar una Orden al Mercado.

**Variables:** Cada sistema y subsistema contiene un proceso interno que se desarrolla sobre la base de la acción, interacción y reacción de distintos elementos que deben necesariamente conocerse. Dado que dicho proceso es dinámico, suele denominarse como variable, a cada elemento que compone o existe dentro de los sistemas y subsistemas.

## **Resumen**

En esta investigación se propone un modelo para pronosticar la tendencia de los futuros del Mercado Mexicano de Derivados (MexDer), mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales. La principal aportación es demostrar que el modelo propuesto basado en una técnica de Inteligencia Artificial, es capaz de obtener buenas aproximaciones en el pronóstico. Así también, el trabajo contiene dos propuestas metodológicas: una de ellas para la aplicación e implementación de las redes neuronales artificiales (RNA's), y la otra es para el análisis y el desarrollo de soluciones a problemas económicos-financieros.

Se consideran 16 variables de salida, debido a que son las variables a pronosticar y las que se cotizaban en el MexDer hasta Agosto de 2009. Siendo los subyacentes las divisas, los índices de deuda, índices y acciones. Las redes más convenientes a utilizar en este tipo de problemas son: redes recurrentes en series de tiempo, perceptrón multicapa, redes Hopfield y radial, debido a que se trata de predecir variables a corto mediano y largo plazo en el tiempo. Las variables de entrada que se consideraron para el entrenamiento de cada modelo son: fecha actual, inflación actual, IPC actual y fecha de predicción. Las RNA's se entrenan con datos históricos de 10 años a Agosto de 2009. Los datos de las variables se comparan con datos reales a partir de Septiembre de 2009 a la fecha (Diciembre 2011).

## ***Abstract***

This research proposes a model to predict the future trend of the Mexican Derivatives Market (MexDer), by using Artificial Neural Networks (ANN's) The main contribution is to demonstrate that the proposed model based on artificial intelligence is able to obtain good approximations in prognosis. Also, the work contains a proposed methodology for the application of neural networks to financial time series.

The variables evaluated at the moment are four, since these currencies Dollar and Euro and rates as interest the TIIE and CETES. The networks most convenient to use in this type of problems are recurrent networks for time series, multilayer perceptrón and Self-organized maps, because these are variables to predict mid and long term in time. This research used the multilayer perceptrón. The input data for each network model takes into account: the current date, current inflation, and the date of prediction. The ANN's are be trained with historical data from the last 10 years to 2008. The variable data are be compared with actual data from the current year (2009).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Ciencia de Sistemas ha dejado de ser interdisciplinaria y multidisciplinaria, para convertirse en transdisciplinaria. La interdisciplina no existe sin las disciplinas ni tampoco se puede prescindir de los especialistas. El desarrollo de las ciencias ha estado marcado por un continuo proceso de diferenciación e integración que genera cambios constantes. Muchos campos interdisciplinarios constituyen formas de especialización que poseen el potencial de, eventualmente, convertirse en nuevas disciplinas. Así mismo, la interacción de varias disciplinas, característica común en la mayoría de las definiciones de interdisciplina, puede presentar toda una gama de posibilidades cuyos casos extremos son la multidisciplinaria y la transdisciplina.

El proyecto global es multidisciplinario en su conjunto porque involucra la participación de trabajadores de diversas disciplinas, pero cada campo mantiene su método, lenguaje y perspectiva. La multidisciplinaria es meramente aditiva y no conlleva la integración ni el enriquecimiento mutuo. En cambio, en la interdisciplina la colaboración traspasa las fronteras disciplinarias y, aunque los especialistas participantes mantienen la identidad de sus ramas, existe la disposición de estudiar lo necesario de las otras ramas con el propósito de sentar las bases para una comprensión mutua. Con el desarrollo, en todas las áreas, surgen interrogantes nuevas que no se les ocurrían a los investigadores por separado, y se crean o definen viejos conceptos como complejidad, caos y frustración, hasta eventualmente llegar a la creación de nuevas especialidades institucionalizadas. La interdisciplina puede considerarse como el resultado de un proceso de sinergia que requiere el concurso de las partes y propicia la emergencia de cosas nuevas.

Así como en la multidisciplinaria los campos del saber marchan en conjunto, pero sin revolve y en la interdisciplina la colaboración permite saltar los muros que separan las disciplinas, en la transdisciplina las metas son mucho más ambiciosas: la desaparición de las fronteras. Por ahora, esta propuesta es la más progresista y la más cercana de aquella unidad perdida o nunca alcanzada de las ciencias. La transdisciplina penetra el sistema entero de la ciencia y, al eliminar la fragmentación arbitraria, lleva a la búsqueda ya no de leyes particulares de la física, la biología o la sociedad, sino de leyes de la naturaleza.

Dado lo anterior, en esta investigación se plantea optimizar el proceso de cálculo para determinar el comportamiento de un sistema financiero (medir), mediante el uso de la Inteligencia Artificial. (IA)

La IA comenzó como el resultado de la investigación en psicología cognitiva y lógica matemática, es combinación del computador, fisiología y filosofía debido a que interactúa en varios campos como los sistemas expertos.

El objetivo es tratar de reproducir la manera en que las personas identifican, estructuran y resuelven problemas; en otras palabras, se estableció como conclusión fundamental la posibilidad de simular inteligencia humana en una máquina.

El algoritmo genético utiliza la cruce como operador principal, mutación como operador secundario u opcional funciona recibiendo ciertas entradas y produce las salidas deseadas, no necesitan entrenarse puesto que son capaces de generar la evolución a partir de poblaciones iniciales.

Los mecanismos de selección del más apto y de reproducción sexual del algoritmo genético preservan las características más adecuadas.

Un conjunto de neuronas no sirve para nada si previamente no se le enseña qué debe hacer; el proceso de aprendizaje implica mucho tiempo, debido a eso todavía no se ha estudiado a fondo. Aunque las redes neuronales se han desarrollado desde hace tiempo, aún se debe estudiar para qué sirven realmente, conocer en qué tareas pueden resultar realmente útiles, ya que, por ejemplo, es difícil saber cuánto tiempo necesita una red para aprender cierta tarea, cuántas neuronas se necesitan como mínimo para realizar cierta tarea, etc. A continuación se presenta una breve semblanza del desarrollo de algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales.

## Estado del Arte

En forma general, un sistema es definido común grupo de elementos interrelacionados que realizan una actividad específica. De una manera formal, la palabra sistema designa cualquier colección de elementos independientes e interrelacionados que forman un todo complejo para alcanzar un propósito común. Este sistema incluye las relaciones entre todos sus elementos y las características que los relacionan entre sí; de esta manera las propiedades del sistema no pueden ser descritas por cualquiera de sus elementos por separado. Su comprensión es posible cuando son estudiados bajo un enfoque holístico, de tal forma que se hacen relevantes las relaciones y los grupos que emergen de su interrelación (Bertalanffy, 2006) (Ackoff, 1999).

Investigadores de diferentes disciplinas han estado interesados en los mercados, las empresas y la interface que existe entre estos. Dichos investigadores pertenecen a una gran variedad de disciplinas, tales como negocios, economía, psicología y sociología, lo que provee un rango muy amplio de técnicas de investigación dependiendo de su campo de desarrollo y aplicándolas al contexto en el que se encuentre. Sin ninguna duda, esto ha expandido la naturaleza de las investigaciones en el campo. Diferentes metodologías han sido adaptadas para ser utilizadas en la naturaleza de las compañías y han sido usadas en las investigaciones de mercado y su relación con la actividad de los negocios. (Gilmore, 2010)

El marco general en donde se desarrolla la actividad económica de un país constituye su sistema económico, que se define como “la colección de principios, instituciones y regulaciones que dirigen el carácter de la organización económica en una sociedad particular”. De aquí, se sigue que dentro del sistema económico están interrelacionados la actividad económica, la producción de bienes y servicios y su distribución entre sus miembros, este sistema requiere no sólo de la aceptación de un conjunto de principios, sino también de la aceptación y la adopción de una serie de decisiones básicas, comúnmente, estas incluyen desde la definición de los derechos de los diferentes agentes sobre las cosas hasta los mecanismos que sean considerados los más adecuados para asignar los recursos, la distribución de los bienes producidos entre los

participantes del proceso productivo, , sin perder la relación, para aquellos a quienes les corresponde la responsabilidad de enfrentar y resolver los problemas económicos del país o el abastecimiento de bienes específicos. (Samuelson, 1979) (Samuelson & Nordhaus, 1980).

Un sistema económico saludable depende de la eficiencia en la transferencia de los recursos financieros entre los ahorradores, los inversionistas y las personas, compañías o gobiernos que necesitan dinero para promover su producción y su consumo. La mayoría de estas transacciones se realizan a través de instituciones financieras tales como los bancos (ya sean comerciales, de inversiones o desarrollo), las compañías de seguros, los fondos de inversión, las instituciones financieras o los bancos de ahorro., que fungen como intermediarios entre los usuarios y los proveedores de los recursos económicos que integran el sistema financiero. El sistema financiero es un sistema dinámico complejo en constante evolución que abarca los instrumentos financieros, los mercados en donde éstos se desarrollan y realizan, los intermediarios, las instituciones financieras y otras instituciones (como las autoridades monetarias y financieras, las instituciones reguladoras) cuyo propósito es realizar las decisiones financieras de las personas, las empresas y el gobierno, para facilitar la emisión y transacción de los instrumentos financieros.

El sistema económico-financiero actual tiene un alcance global debido a que los mercados y sus intermediarios están interconectados a través de una vasta red internacional de comunicaciones, de tal forma que los pagos de transferencias y las transacciones seguras pueden hacerse en un tiempo continuo. En este sistema los fondos fluyen de de los agentes que tienen una plusvalía o excedente de efectivo hacia aquellos que tienen un déficit, la mayoría del tiempo, el flujo de efectivo ocurre a través de los mercados financieros. (Samuelson, 1979) (Samuelson & Nordhaus, 1980).

El sistema económico financiero ha sido analizado bajo enfoques de sistemas duros, sin embargo, debido al carácter global del sistema económico-financiero y las decisiones sociales, económicas y políticas que son tomadas en este sistema, es necesario estudiarlo y en lo posible, modelarlo usando metodologías de sistemas suaves que permitan caracterizar al forma en que sus elementos se interrelacionan para producir su dinámica global. Es difícil identificar la mejor forma para resolver un problema dado o el

mejor método a usar, esto puede depender de la naturaleza del problema, de su linealidad, de su tamaño, si la cantidad de control usada o el tiempo requerido por el método son correcto, y otros muchos factores. (Beeler, Tran, & Bank, 2000). En este trabajo se propone una metodología para establecer y resolver diferentes problemas económico-financieros bajo un enfoque sistémico, que ayude a tomar mejores decisiones bajo riesgo un una forma holística e integrada.

La metodología propuesta fue creada a partir de algunas etapas de la Metodología de Sistemas Suaves de Checkland, sin ser considerada como una metametodología puesto que la forma en que se propone la implementación de las etapas, difiere de las que estableció Checkland, se debe recordar que una metametodología debe combinar ideas y procedimientos de una familia de metodologías (González, McBride, & Henderson, 2005).

## Justificación

La elaboración de pronósticos es una técnica estadística que surgió en el siglo XIX, y fue tomando fuerza con técnicas más complejas y la introducción de las computadoras en los siglos siguientes.

La predicción de series financieras ha adquirido gran atención dentro de las nuevas investigaciones. La importancia de saber el comportamiento de activos financieros derivado en un futuro permite tomar previsiones para evitar tomar riesgos innecesarios o tener la oportunidad de obtener mayores beneficios.

Se entiende por pronóstico el establecer una afirmación de lo que es probable que ocurra en el futuro sobre eventos inciertos. El proceso de predecir y/o restablecer pronósticos se han hecho cada vez más importantes en la planeación de un proyecto y en el área de toma de decisiones.

Es raro que los pronósticos coincidan al pie de la letra con el futuro, una vez llegado este, quienes pronostican solo pueden intentar que los inevitables errores sean tan pequeños como sea posible.

Es muy común encontrar trabajos enfocados a la predicción de activos financieros utilizando diversos métodos econométricos. Por otro lado, cada vez es mas frecuente encontrar investigaciones en donde se aplican técnicas innovadoras como es el uso de la Inteligencia artificial, para pronosticar variables financieras.

Hasta ahora no se tiene conocimiento de un modelo basado en redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos aplicados conjuntamente en el mercado mexicano de derivados para predecir todas sus variables. Se espera un mejor desempeño de esta técnica en comparación a utilizar métodos estadísticos y una sola técnica de Inteligencia artificial ya que las redes neuronales artificiales son capaces de identificar relaciones no lineales, y los algoritmos genéticos de proponer posibles escenarios financieros.

Para emplear técnicas de pronóstico es posible clasificarlas: en corto mediano y largo plazo, al implementar técnicas de Inteligencia Artificial se pretende abarcar las tres.

El uso de redes neuronales artificiales, ha venido proliferándose debido a la masificación del uso de la computadora personal y a la aparición de herramientas de desarrollo cada vez más versátiles. La construcción de un modelo dinámico para pronosticar permite

alternativas de solución con niveles de incertidumbre mejores de los que suministra las técnicas convencionales. El programa que se pretende realizar tiene como ventaja que será bastante sencillo para introducir a las personas en el mundo del Mercado Mexicano de Derivados, con el objeto de apoyar la toma de decisiones.

Esto se apoya con el propósito de dar respuesta al requerimiento de que en el mundo empresarial acostumbra a contar con diversos mecanismos de apoyo a la toma de decisiones, de forma que el equilibrio económico de las empresas no sufra el riesgo de ser desestabilizado por el conjunto de diversas y complejas variables que (de manera natural) influyen en su desempeño.

El modelo dinámico a obtener permite pronosticar, estimar o predecir el comportamiento de los activos subyacentes negociados en el MexDer posibilitando la elección adecuada de contratos a futuros y de opción, con base en la información que se obtenga del modelo, se pueden hacer inversiones hoy que permitan enfrentar con mayor éxito la creciente inflación, y el clima de inestabilidad económico político y social que se está previendo para los años venideros en el espectro financiero mexicano.

## Metodología

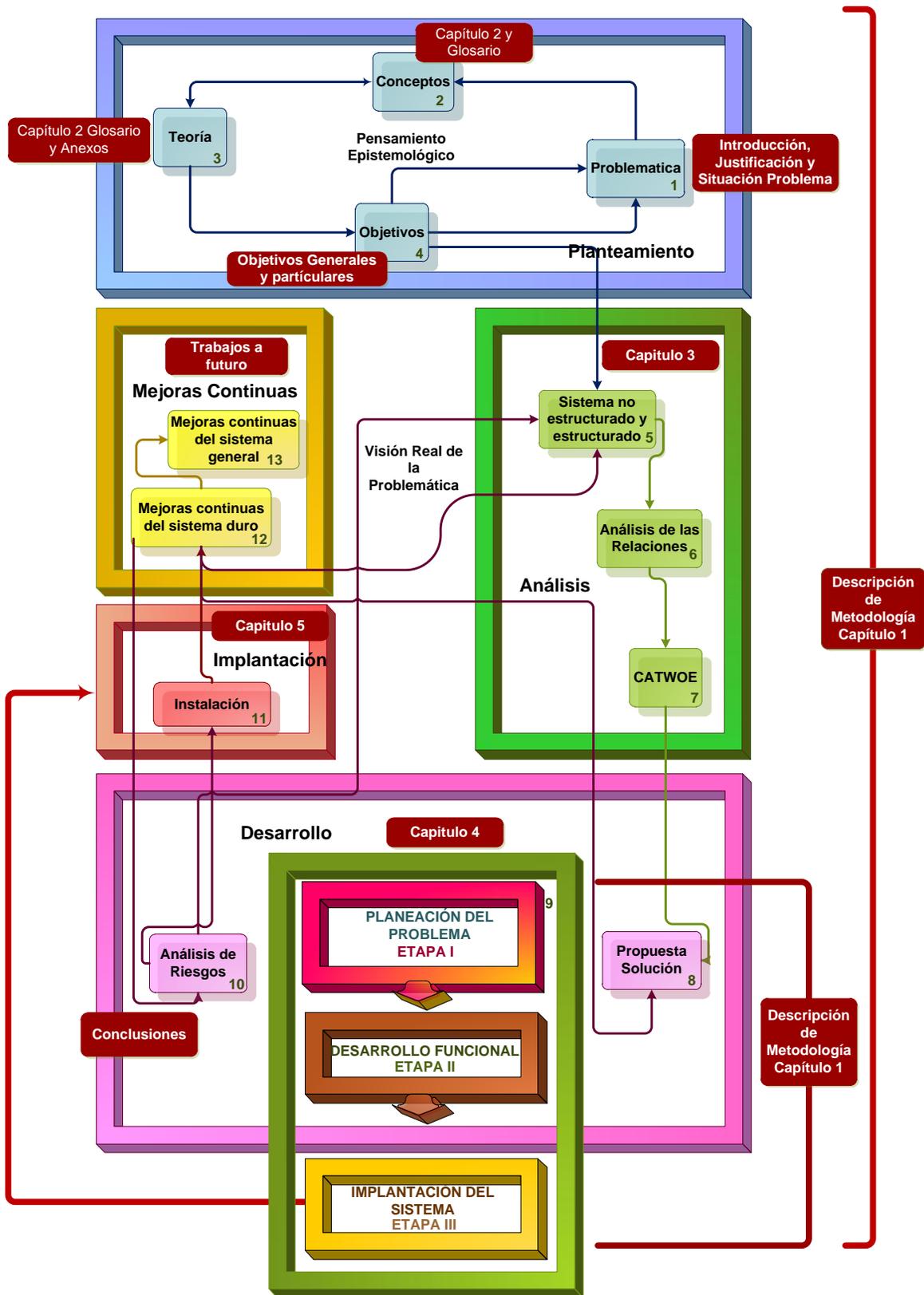


Figura 1. Metodología de tesis

## Objetivo General

Desarrollar un modelo computacional, utilizando redes neuronales artificiales para predecir la dinámica de los activos subyacentes negociados en el MexDer, a fin de mejorar la eficiencia en la administración de riesgos financieros en las empresas.

### Objetivos Particulares

1. Desarrollar una Metodología de Sistemas que permita solucionar problemas económicos-financieros.
2. Desarrollar una metodología para el desarrollo y aplicación de redes neuronales artificiales.
3. Implementar la metodología para solucionar problemas económicos-financieros a fin de analizar y desarrollar una propuesta solución.
4. Construir redes neuronales artificiales para predecir la dinámica de los activos subyacentes, negociados en el MexDer con el menor error posible, implementando la metodología propuesta.
5. Reducir la exposición a los riesgos de mercado de las empresas mexicanas.



# **CAPÍTULO 1: METODOLOGÍAS SISTÉMICAS**

## 1.1. Metodología para solucionar problemas económicos – financieros

Debido a la mayor globalización del sistema económico, los mercados financieros afectan a la sociedad y las familias en todo el mundo; de esta forma, es necesario enfrentar el nuevo mercado financiero global y entender su desarrollo global y sustentable desde un punto de vista holístico, el cual se utiliza sistemas rígidos para enfrentar problemas del mundo real de los sistemas.

Un mercado financiero es un lugar donde vendedores y compradores están preparados para intercambiar valor tipos de productos financieros. Los mercados financieros comúnmente se dicen en: capital (mercado de acciones y el mercado de bonos), dinero, derivados, futuros, seguros y divisas. Los mercados financieros son sistemas complejos que han sido analizados bajo enfoques de sistemas rígidos, entonces, es necesario desarrollar y/o aplicar modelos que consideren al sistema bajo un enfoque holístico que incluya las relaciones sociales entre los participantes de mercado, tales como inversionistas, compradores, operadores, corredores de bolsa, administradores, reguladores y estructuralistas.

Como un punto de inicio en una nueva forma de pensamiento, para encontrar nuevas formas de analizar el mercado financiero global y el sistema económico, para reavivar los negocios entre comunidades, la política pública del gobierno sobre el ahorro de los ciudadanos en general y de las empresas privadas, en esta investigación se propone entender la dinámica del mercado financiero, así como su rol en el sistema económico.

En este trabajo se propone un enfoque sistémica para sentar las bases para analizar la dinámica global del sistema de los mercados económico-financieros y sus problemas bajo los enfoques holístico, complejo y sistemas suaves, a través de una propuesta de metodología elaborada a partir de la Metodología de Sistemas Suaves, para alcanzar un desarrollo global sustentable. Se dice que esta nueva metodología puede extenderse no sólo para analizar el sistema de mercados financieros, también puede ser usado para el sistema financiero en general.

La metodología se divide en dos partes, 5 etapas y 13 pasos. La primera contiene la primer etapa llamada planteamiento la cual consta de los 4 primeros pasos: problemática, conceptos, teoría y objetivos. La segunda parte se compone de 4 etapas las cuales son Análisis, que consta de 3 pasos: análisis del sistema, análisis de las relaciones y CATWOE; desarrollo con 3 pasos: propuesta solución, Metodología de sistemas duros y análisis de riesgos; implantación con un solo paso que es instalación; y mejoras con los 2 últimos pasos: mejoras continuas al sistema suave y mejoras continuas al sistema duro. La figura muestra el esquema general de la metodología.

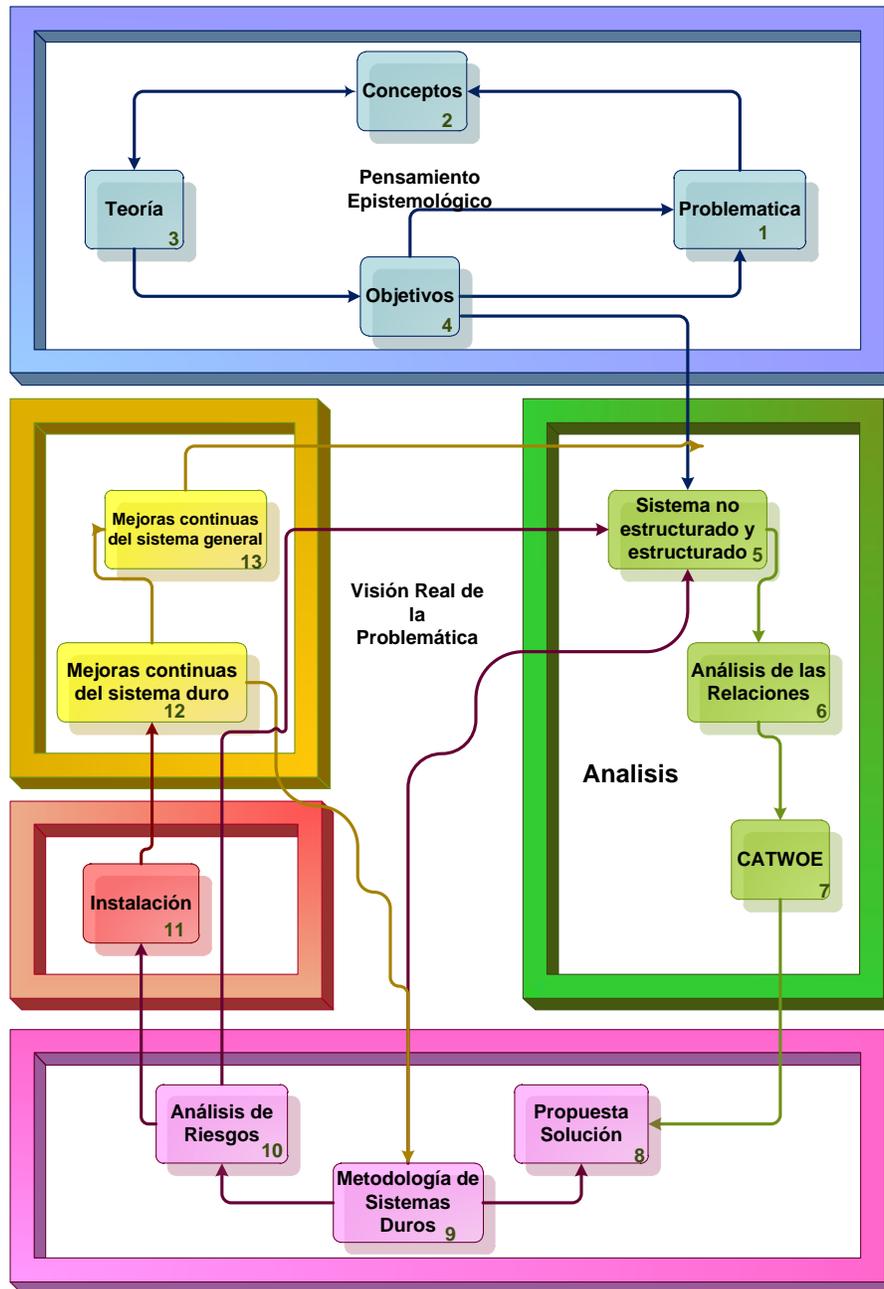


Figura 2 Metodología Para Solucionar Problemas Economico-Financieros

A continuación se explica la forma correcta de implementar cada uno de los pasos de la metodología.

## PARTE 1. PENSAMIENTO EPISTEMOLÓGICO

### ETAPA 1: PLANTEAMIENTO

La epistemología es la disciplina que estudia la naturaleza del conocimiento, sus posibilidades, su esencia y su origen. La epistemología considera a tres elementos que forman parte del proceso del conocimiento: el sujeto cognitivo, el objeto cognitivo y la imagen mental representada a partir del objeto cognitivo que emerge en los seres humanos como medio de sus funciones y sus operaciones intelectuales, su abstracción, conceptualización, sus propuestas desarrolladas, etc. (Hessen, 2003).

El pensamiento científico aparece de la necesidad humana de explicar cualquier fenómeno natural que era atribuido a fuerzas mágicas, al mismo tiempo, se desarrolla de la teología aristotélica, que se refiere a que el todo es más que la suma de sus partes. A partir de Descartes el método científico ha progresado bajo dos consideraciones: la primera indica que un sistema puede ser partido en sus componentes individuales de tal forma que cada componente puede ser analizado como una entidad independiente, y la segunda dice que los componentes puede ser agregados en una forma lineal para describir la totalidad del sistema (Bertalanffy, 2006) (Bertalanffy, Klir, Ashby, & Weingberg, 1987). Von Bertalanffy propuso que ambas consideraciones eran incorrectas; indicó que un sistema es caracterizado por las interrelaciones entre sus componentes y la no linealidad entre éstas.

La teoría de sistemas es un estudio transdisciplinario de los sistemas en general con el objetivo de integrar las ciencias naturales y sociales, que abarca sistemas vivos y no vivos a través de principios de isomorfismos, dejando intactas las interrelaciones individuales, estudiando el sistema como un todo y abarcando su complejidad (Van Gigch, System Design and Metamodeling, 1991). El enfoque sistémico está basado en dos ideas fundamentales: primero, el fenómeno puede ser visto como una red de interrelaciones entre sus elementos. Segundo, todo sistema, ya sea eléctrico, biológico, económico o social, tiene patrones comunes, comportamientos y propiedades que pueden ser entendidas y usadas para desarrollar una visión más amplia del comportamiento del fenómeno complejo y para acercarse más y más a una ciencia unificada. La filosofía de los sistemas, su metodología y aplicación son complementarias para la ciencia (Laszlo 1974). Se puede decir que, en la ciencia de sistemas, el término metodología significa la aproximación creativa para entender el fenómeno de la realidad. La metodología

establece los modelos, estrategias, métodos y herramientas que la teoría de sistemas y la filosofía usan para sentar las bases del estudio de sistemas.

Se han desarrollado varias metodologías sistémicas, la mayoría de ellas, de modelos cualitativos donde es fundamental la importancia de la interpretación de los datos bajo un enfoque de sistema duro (Husserl, 2005, Heidergger en Gaos 1996). Pero cuando un sistema se refiere a personas, es necesario estudiarlo bajo enfoques de sistemas suaves.

## **PROBLEMÁTICA**

Un diverso número de metodologías ha sido utilizado como apoyo en la toma de decisiones en las empresas, que tratan de estandarizar e integrar datos de la organización para explotarla de una forma simple, detallando su representación y extrayendo información relevante. Sin embargo, si las herramientas apropiadas no son aplicadas para explorar, el proceso de extracción de los datos fundamentales es pobre, lo que ocasionará que el sistema entero falle el objetivo de proveer una solución correcta (Husserl, 2005, Heidergger en Gaos 1996). Por ello, es importante identificar los problemas financieros que se generan tanto en organizaciones e instituciones de gobierno como en la iniciativa privada.

Se puede considerar que existe un problema financiero cuando se generan pérdidas monetarias debidas a diferentes causas. Esto genera la necesidad de implantar actividades para tomar decisiones y/o generar medidas que contribuyan con la solución a dicho problema. Sin embargo, en muchos de los casos el origen y la solución al problema no está precisamente en donde está causando estragos. Por esta razón el primer paso de esta metodología es iniciar con un análisis de lo que está sucediendo y por qué está sucediendo, ubicando el ambiente, las necesidades existentes, lo que está causando el problema y las dificultades pertenecientes al problema bajo estudio. Es importante mencionar que en esta etapa la opinión de expertos en la materia es fundamental para entender la naturaleza en la que se genera la situación problemática.

Bajo estas circunstancias hay algunas interrogantes que se deben contestar para identificar debidamente la situación problemática y posteriormente darle una solución en las etapas subsecuentes:

- ¿Cuál es el problema a resolver?
- ¿En dónde se está presentando el mayor impacto?
- ¿Cómo se originó el problema o qué está causando el problema?
- ¿Quiénes son los involucrados?

## CONCEPTOS

Debido a que el análisis propuesto es bajo un enfoque sistémico, los conceptos generados por la teoría de sistemas son indispensables en este paso. Así como las palabras involucradas en el sistema bajo estudio estableciendo significados e ideas con el propósito de integrar conocimientos y experiencias nuevas con conocimientos y experiencias almacenadas en la memoria, es decir, se definen todos los conceptos involucrados en la problemática incluyendo ideas necesarias para el entendimiento de ésta y de la solución que no tengan un nombre en el idioma en el que se está analizando (constructos). Los datos no solamente se requieren para proporcionar información acerca de la operación del sistema sino también para pronosticar el ambiente en el que el sistema operará en el futuro. Las preguntas necesarias en esta etapa son:

- ¿Cuáles son los conceptos necesarios para el análisis y la solución del problema?
- ¿Es necesario crear un concepto nuevo para satisfacer un propósito (constructo)?

## TEORIA

De igual forma que en la etapa 2 la teoría de sistemas se establece como necesaria para el análisis de la situación problemática. Posteriormente se especifica el ámbito de conocimiento o campo de aplicación al que se refiere la problemática, definiendo teorías necesarias para que en etapas posteriores se proceda a la solución deduciendo y

postulando otros hechos mediante reglas y razonamientos que formen la base para el análisis del sistema y la modelación de la solución.

Las interrogantes necesarias para esta etapa son:

- ¿En qué teorías están involucrados los conceptos?
- ¿Cuál es la definición de las teorías involucradas?
- ¿Cuál es el objetivo de utilizar dichas teorías involucradas?

## OBJETIVOS

Al identificar la problemática se determinan las características del ambiente dentro del cual tiene que operar el sistema identificando las necesidades a cubrir para proceder a la solución.

En la mayoría de los casos los objetivos de un sistema presentan diversos conflictos por lo que se recomienda realizar una lista de las necesidades de los involucrados para la solución de la problemática para posteriormente en base a ellas plantear objetivos.

Existen varias metodologías para plantear objetivos las cuales pueden ser implementadas en esta etapa. En el caso de no implementarse una metodología las preguntas que se proponen para el planteamiento de buenos objetivos particulares son:

- ¿Qué se va a realizar para la solución de la problemática?
- ¿Cómo se va a realizar el sistema solución?
- ¿Para qué se va a realizar el sistema solución?
- ¿En cuánto tiempo se va a realizar el sistema solución?

Con base en los objetivos particulares es esencial formular un objetivo general claro, real y específico. Entre más precisos sean los objetivos más fácil será definir una medida o indicador del desempeño del sistema solución.

En esta etapa existe una retroalimentación hacia la etapa 1 puesto que en muchos casos algunas de las necesidades existentes consideradas no se pueden cubrir con la solución del problema o surgen nuevas necesidades que no se habían tomado en cuenta.

## **PARTE 2 VISIÓN REAL DE LA PROBLEMÁTICA**

La economía de los negocios y la dirección estratégica buscan metodologías que analicen la complejidad generada por el fenómeno de los negocios. De esta forma, es necesario combinar la información cualitativa y la cuantitativa; subjetiva y objetiva; ambas, interna y externa al mismo fenómeno estudiado. (Husserl, 2005, Heidegger en Gaos 1996). A través de la segunda parte de la metodología se propone un análisis cuantitativo del medio ambiente, en el cual se presenta el problema y los actores envueltos en el mismo, y de esta forma implementar un análisis y desarrollo cuantitativo que genere resultados que resuelvan el problema.

### **ETAPA 2: ANÁLISIS**

#### **ANÁLISIS DEL SISTEMA**

Debido a la estructura de los sistemas financieros, el problema está relacionado con actividad humana causando así, sistemas desordenados. Las personas entidades, y otros factores que intervengan en la problemática se deben ubicar como agentes involucrados en el contexto mediante una representación (Visión rica) por medio de holones identificando los subsistemas y enumerando las relaciones que existen en el entorno hasta el macrosistema como se muestra en la figura 1 con la finalidad de entender mejor cómo está compuesto el sistema y cómo opera. Es necesario elaborar una tabla definiendo los agentes mediante figuras que los representen con su descripción correspondiente a fin de utilizarlos en la representación de la Visión rica del sistema. Por último, hay que establecer las relaciones que existen entre los implicados y observar la aparición de relaciones emergentes. Dentro de las relaciones emergentes se consideran las retroalimentaciones negativas necesarias que se deben proponer para equilibrar el sistema.

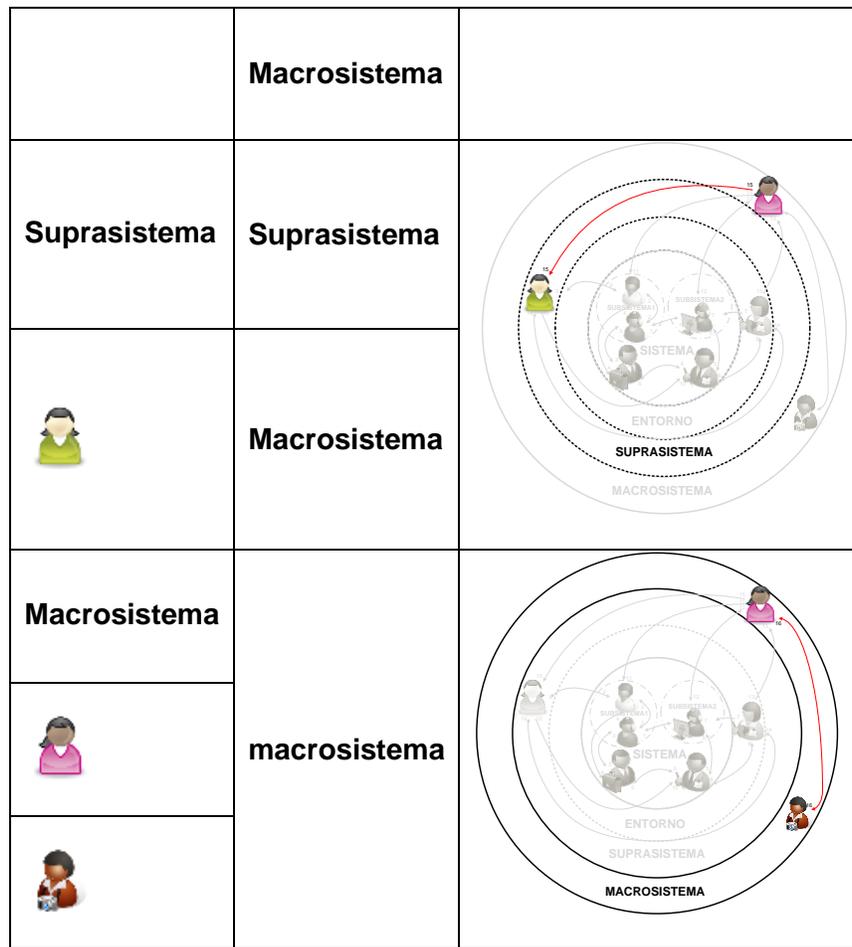
Como se observa en la figura 1 existen relaciones unidireccionales y bidireccionales las cuales se representan con dos flechas en direcciones opuestas entre los agentes, dependiendo de las interrelaciones que guardan entre sí.

Las siguientes preguntas son para asegurar que se ha realizado el esquema adecuadamente:

- ¿Cuál es el sistema que se está estudiando?
- ¿En qué ambiente está operando el sistema?
- ¿Cuáles son los subsistemas?
- ¿Cómo interactúa el sistema con el entorno?
- ¿Cuáles son las conectividades entre el sistema con el suprasistema y el macrosistema del cual forma parte?
- ¿Está equilibrado el sistema o cuáles son las relaciones emergentes necesarias para equilibrar el sistema?

La forma correcta de realizar la representación de la visión rica se presenta en la tabla 1.

<b>Sistema</b>	<b>Sistema</b>	<p>Este diagrama muestra un sistema central con dos subsistemas (SUBSISTEMA1 y SUBSISTEMA2) dentro de él. El sistema está rodeado por tres niveles de entorno: ENTORNO (línea interna), SUPRASISTEMA (línea intermedia) y MACROSISTEMA (línea externa). Se ven flechas bidireccionales entre los actores del sistema y los actores de los niveles superiores.</p>
	<b>Entorno</b>	
	<b>Suprasistema</b>	
	<b>Macrosistema</b>	
<b>Entorno</b>	<b>Entorno</b>	<p>Este diagrama muestra un sistema central con dos subsistemas (SUBSISTEMA1 y SUBSISTEMA2) dentro de él. El sistema está rodeado por tres niveles de entorno: ENTORNO (línea interna), SUPRASISTEMA (línea intermedia) y MACROSISTEMA (línea externa). Se ven flechas unidireccionales que apuntan desde los actores del sistema hacia los actores de los niveles superiores.</p>
	<b>Suprasistema</b>	



De tal forma que la visión rica del sistema debe quedar como se muestra en la figura 1

NO. DE ICONO	AGENTE	DESCRIPCIÓN
<b>Sistema</b>		
1.		<b>Agente 1</b>
2.		<b>Agente 2</b>
3.		<b>Agente 3</b>

4.		Agente 4
5.		Agente 5
<b>Entorno</b>		
6.		Agente 6
<b>Suprasistema</b>		
7.		Agente 7
<b>Macrosistema</b>		
8.		Agente 8
9.		Agente 9

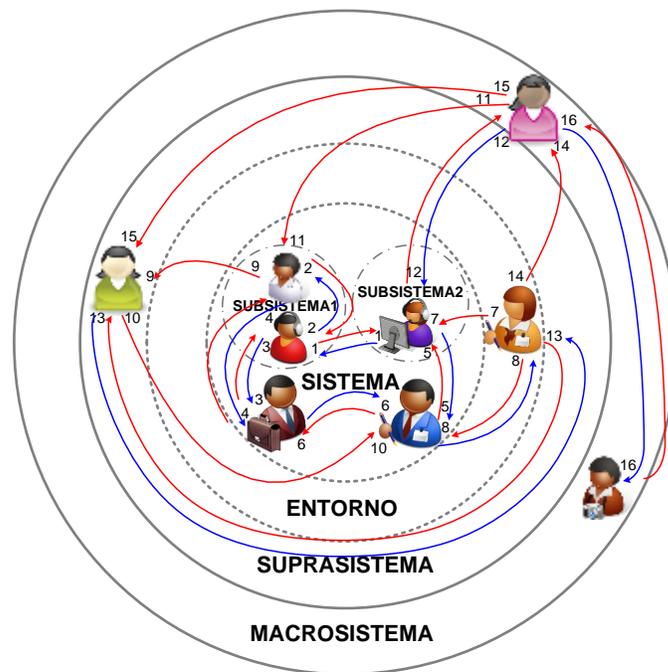


Figura 3 Sistema no estructurado

### ANÁLISIS DE LAS RELACIONES

Una vez que se ha esquematizado el ambiente, el alcance de la problemática, y cómo están relacionados los agentes involucrados, se debe identificar la forma en que se va a confrontar ubicando las necesidades del problema. En la figura 1 se pueden observar las relaciones que existen entre los elementos con el entorno, el macrosistema y el macrosistema. Se debe analizar cada una de las relaciones que se representaron en la visión rica con la finalidad de identificar y comprender el funcionamiento de cada una y el conflicto que existe entre los agentes, si es que existe. La tabla 2 muestra un ejemplo de análisis de relaciones.

NO. DE RELACIÓN	ORIGEN – DESTINO	CONFLICTO
<b>Conflictos del Sistema</b>		
<b>Sistema – Sistema</b>		
1.	Agente 1 ↔ Agente 2	Se describen y especifican los conflictos de cada una de las relaciones entre los agentes
2.	Agente 2 ↔ Agente 3	
3.	Agente 2 ↔ Agente 4	

4.	Agente 3 ↔ Agente 4	involucrados, con la finalidad de destacar las que afectan directamente al problema.
5.	Agente 1 ↔ Agente 5	
6.	Agente 4 ↔ Agente 5	
<b>Sistema – Entorno</b>		
7.	Agente 1 ← Agente 6	
8.	Agente 5 ↔ Agente 6	
<b>Sistema – Suprasistema</b>		
9.	Agente 1 → Agente 7	
10.	Agente 5 ← Agente 7	
<b>Sistema – Macrosistema</b>		
11.	Agente 3 ← Agente 9	
12.	Agente 1 ↔ Agente 9	
<b>Conflictos del Entorno</b>		
<b>Entorno – Entorno</b>		
No existe		
<b>Entorno – Suprasistema</b>		
13.	Agente 6 ↔ Agente 7	
<b>Entorno – Macrosistema</b>		
14.	Agente 6 → Agente 8	
<b>Conflictos del Suprasistema</b>		
<b>Suprasistema – Suprasistema</b>		
No existe		
<b>Suprasistema – Macrosistema</b>		
15.	Agente 7 ← Agente 8	
<b>Conflictos del Macrosistema</b>		
<b>Macrosistema – Macrosistema</b>		
16.	Agente 8 ↔ Agente 9	

Al analizar las relaciones entre los distintos agentes se podrá apreciar que no siempre responden a las mismas necesidades y objetivos. Por esta razón en esta etapa se realiza la eliminación de relaciones e incluso agentes que no son relevantes y/o indispensables para dar solución a la problemática. La figura 2 muestra la nueva reestructuración de la situación, en donde sólo se muestran los agentes, los elementos y las relaciones necesarias para la solución del problema.

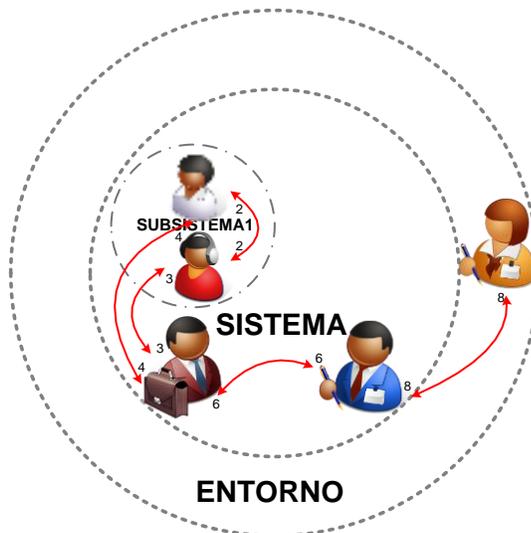


Figura 4 Visión Rica

Las interrogantes que se proponen para un buen análisis de relaciones de esta etapa son:

- ¿Cómo es la relación que existe entre los agentes?
- ¿Existe algún conflicto en esta relación?
- ¿Afecta directamente esta relación en la problemática?
- ¿Es relevante esta relación para la solución del problema?

### CATWOE

Esta etapa se basa en el tercer estadio de la metodología de sistemas suaves de Checkland, la cual es llamada definición raíz de los sistemas relevantes, aquí se elaboran las definiciones raíz como sentencias que efectúan transformación desde diferentes perspectivas en donde se fundamentan seis factores agrupados en las siglas CATWOE. En la Tabla 3 se presentan las definiciones de cada una de las siglas.

SIGLAS	SIGNIFICADO	DEFINICION
C	Clientes	Agentes involucrados que pueden obtener beneficios y desventajas de un sistema
A	Actores	Son todos los agentes que intervienen en la transformación de un sistema. Los actores pueden ser inclusive los clientes y

		los dueños.
T	Transformación	Es la conversión que los agentes realizan para transformar entradas en salidas.
W	Weltanschauung	Se refiere al punto de vista que se tiene desde la perspectiva del cliente y del dueño, la visión positiva y negativa desde los diferentes roles para hacer el proceso de transformación significativo en el contexto.
O	Dueño	Cada sistema tiene un propietario el cual es el que toma la decisión de comenzar o cerrar un sistema.
E	Ambiente	Los elementos externos que se deben considerar, que pueden ser normas políticas, aspectos legales y éticos.

La figura 3 muestra un diagrama que ejemplifica la transformación, sigla T del CATWOE, en la metodología para solucionar problemas económicos – financieros, en el cual se aprecia cómo se da solución a un problema considerado como suave, por la existencia de actividad humana, a través de una metodología de sistemas duros.

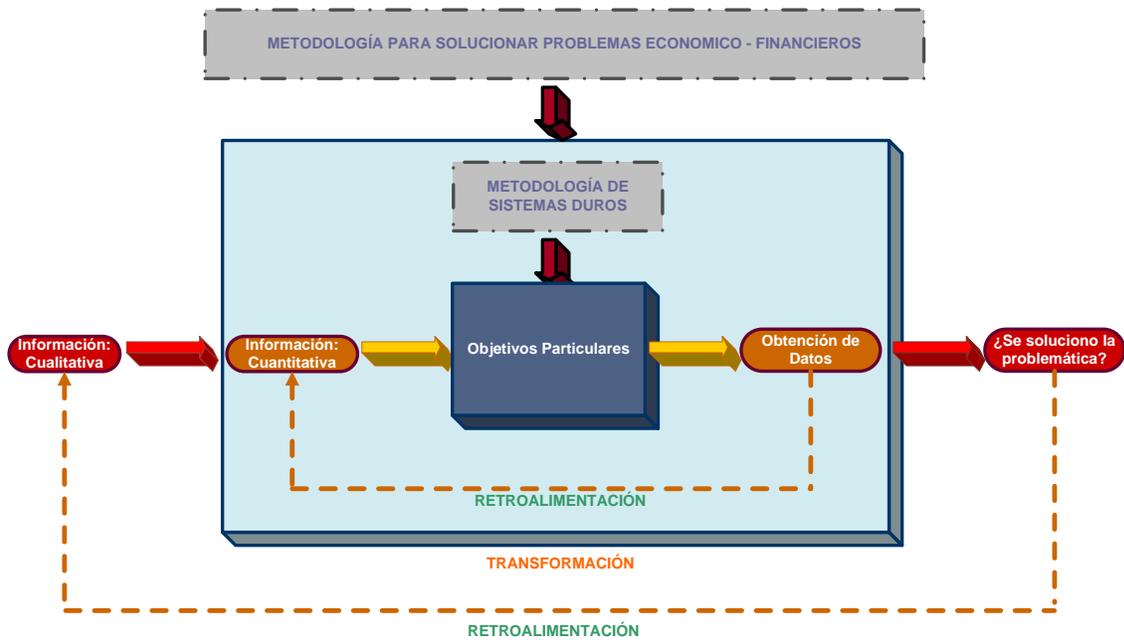


Figura 5 Transformación del sistema

Para clasificar la opinión de los involucrados en esta metodología y mostrar la visión del mundo, sigla W (Weltanschauung) del CATWOE, se propone la tabla 3, la cual se divide entre visión positiva y negativa desde el punto de vista del dueño y del cliente.

Tabla Visión del mundo (Weltanschauung).

Agente	Dueño		Cliente	
	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
Agente 2				
Agente 3				
Agente 4				
Agente 5				
Agente 6				

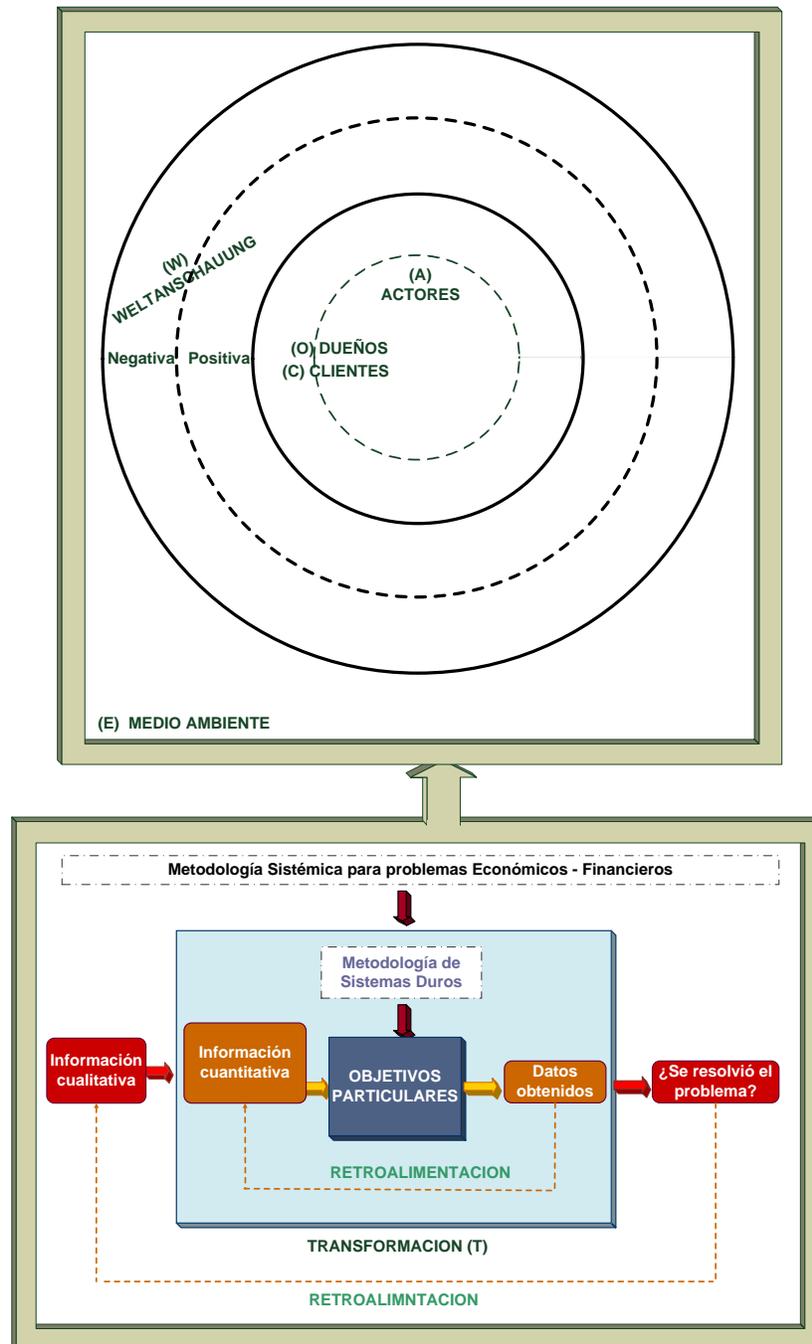


Figura 6 Esquematización del CATOE

### ETAPA 3: DESARROLLO

#### PROPUESTA SOLUCIÓN

Después de hacer el análisis cualitativo (etapas 5,6 y 7) se hace el análisis cuantitativo al implementar la metodología dura que más se adecue al conflicto en cuestión. En esta etapa, las metodologías duras que utilicen la implementación en uno de sus pasos deberá

ser simulado debido a que se propone un análisis de riesgos antes de implementarse en la etapa 10.

La forma en que los estudiantes, lectores o investigadores intentan establecer si las soluciones propuestas o implementadas son beneficiosas, es debido aun proceso de investigación científica, tareas, o estudios experimentales en caso de estudio especiales. (Husserl, 2005, Heidergger en Gaos 1996).

Por otro lado, los proyectos deben tener claramente definidos los costos y beneficios. Este hecho enfatiza la importancia de planear el alcance que el proyecto tendrá, y si es necesario re evaluarlo dependiendo de los costos y beneficios generados por los cambios significativos (Husserl, 2005, Heidergger en Gaos 1996).

Las preguntas que se proponen para elegir una metodología de sistemas duros adecuada son:

¿En qué área de la empresa se va a implementar la solución?

¿Qué tipo de información es la que se tiene?

¿Cuál es la mejor forma de presentar toda la información?

¿Qué se desea realizar (pronostico, crear controles normativos o tecnológicos, inversiones, logística y cadena de suministro, etc)?

## **METODOLOGÍA DE SISTEMAS DUROS**

Muchas organizaciones tratan de implementar soluciones tales como el desarrollo de un software, análisis estadístico, optimización matemática, entre otras, en los cuales se utilizan metodologías de sistemas duros o cerrados, en donde el factor humano es difícilmente tomado en cuenta como un agente importante; muchas veces la mayor barrera que se presenta en la solución a un problema, se refiere a la aversión al cambio que ocurre entre los individuos. Por otro lado, es posible implementar soluciones sin estudios previos y sin la aplicación de una metodología. Sin embargo, estos factores podrían causar incertidumbre en la efectividad de la solución y los costos. (Riemenschneider, Hardgrave, & Davis, 2002).

Debido a esto, después de hacer un análisis cualitativo y utilizando la solución propuesta de la etapa 8, se considera el desarrollo de una metodología de sistemas duros para resolver el problema económico-financiero, de aquí, que sea importante ubicar a todos los actores involucrados en el problema en las etapas anteriores, y de esta forma proceder a la implementación de la metodología dura que genere datos e información necesaria para soportar la toma de decisiones del factor humano.

Las preguntas propuestas para elegir una metodología apropiada podrían ser:

¿en qué área se implementará la solución?

¿qué tipo de solución será implementada?

¿A qué área pertenece el sistema solución (tecnológica, reguladora de controles, inversiones, cadena de abastecimiento, etc.?)

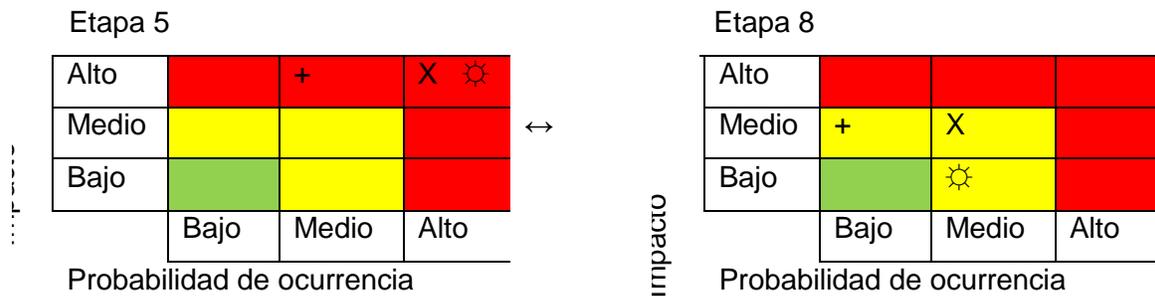
¿La metodología seleccionada abarca completamente al sistema solución?

## ANÁLISIS DE RIESGOS

Existen nuevos métodos de administración de riesgo que han sido benéficos para los intereses de un gran número de empresas, las cuales operan en los mercados financieros. Es imposible alcanzar una solución completamente satisfactoria a los problemas por varias razones, tomando en cuenta que el riesgo jamás desaparece, éste sólo puede disminuirse, así sólo se pueden desarrollar métodos intuitivos y efectivos en la práctica, basados en la evidencia anterior en los mercados actuales (Nerouppos, Saunders, & Zenios, 2010).

Dentro de los conflictos financieros el análisis del riesgo es un elemento a considerar ya que antes de implementar el sistema solución se debe tomar en cuenta si se reducen significativamente las vulnerabilidades financieras para que estas no sean explotadas por una amenaza. Existen varias metodologías que se aplican para análisis de riesgos financieros, las cuales pueden ser utilizadas para esta etapa. En este momento se hace una comparación entre los resultados obtenidos al aplicar la metodología de análisis de riesgos financieros tanto en la etapa 5 y la información obtenida hasta esa etapa, como en la simulación de la etapa 8 para retroalimentar a la etapa 5 y así hacer las modificaciones necesarias o en su caso proceder a la implementación en la etapa 10. Esta comparativo se ejemplifica en la figura 4





### ETAPA 4: IMPLEMENTACIÓN INSTALACION DEL SISTEMA

Es necesario que todo sistema propuesto se implante apropiadamente para que sea de utilidad. En el producto final se deben enfatizar propuestas concretas para tomar acciones. Que los resultados sean simples, directos y lógicos, mostrar un plan concreto para la implantación del sistema. Es importante darse cuenta que la etapa de implementación del sistema diseñado, forma también parte del diseño global del sistema.

Se debe notar que existen sistemas, tales como los computacionales o artificiales, entre otros, en los cuales el análisis se realiza en la simulación, y algunas veces, la implementación y la simulación se deben hacer en el mismo paso, porque es un proceso de diseño y se está creando un sistema solución. Esto se puede ver en áreas como la investigación y la ingeniería. En muchos proyectos económico-financieros es mejor utilizar la simulación, debido a que las compañías deben adaptarse a los avances tecnológicos que ocurren en el mundo por la información y las tecnologías de información (Plana, Cersa, & Per, 2006), y son mucho más baratos tomando en cuenta el costo del resultado y el tiempo reducido en comparación con los prototipos físicos y la experimentación (Shakeri & Brown, 2004). Debido a ello, esta etapa puede realizarse con la 9, que se refiere a la aplicación de la metodología de sistemas duros.

Las preguntas que se recomiendan para esta etapa son:

- ¿Se llegó a un acuerdo para la implementación del diseño propuesto?
- ¿Existe un plan para implementar el diseño propuesto?
- ¿Entienden todas las personas involucradas que se está proponiendo para hacer?
- ¿Se han especificado a detalle los procedimientos y recursos necesarios para implantar el diseño propuesto?

## ETAPA 5: MEJORAS CONTINUAS

### MEJORAS CONTINUAS DEL SISTEMA DURO

En esta etapa se detectan cambios que son posibles de llevar a cabo en el sistema duro implantado para su mejoramiento si la apreciación retrospectiva del sistema duro muestra que el desempeño no es el esperado y se propicia un cuestionamiento de todos los factores que se presentan. En esta etapa se presenta un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, al retroalimentar a la etapa 8, siempre tendientes a mejorar el sistema duro.

Las preguntas propuestas para esta etapa son:

¿Qué sistema de control se necesita para lograr y mantener las condiciones de operación óptimas?

¿Dónde debe controlarse la operación del sistema?

¿Están todas las responsabilidades de los usuarios del sistema diseñado bien claras y establecidas?

¿Están convencidos los usuarios de que es posible operar el sistema diseñado?

¿Está operando el sistema en la forma predicha en la fase de diseño?

Si no, ¿por qué no? Exactamente, ¿qué fue lo que falló?

¿Necesitan algunos aspectos de la operación del sistema atención posterior?

¿Necesita el sistema re-diseñarse o re-optimizarse?

Si es así, ¿cómo debe hacerse?

Finalmente, ¿es la operación mejorada resultante adecuada?

### MEJORAS CONTINUAS DEL SISTEMA SUAVE

De igual forma que en la etapa anterior se deben detectar cambios en el sistema general con el fin de mejorar constantemente el desempeño del sistema ya que ciertos parámetros en el diseño podrían conocerse a partir de la operación de dicho sistema. En

esta etapa la retroalimentación se generó hacia el paso 5 para representar la conceptualización continua y habilitación de cambios en el sistema suave

Las preguntas propuestas para esta etapa son las mismas que se realizan para la metodología de sistemas duros pero enfocadas al sistema suave.

La figura 5 representa la metodología para solucionar problemas económicos – financieros propuesta.

## **1.2. Metodología ecléctica para desarrollar una Red Neuronal Artificial**

Actualmente uno de los problemas más grandes que se encuentran al desarrollar e implementar Redes Neuronales Artificiales (RNA's) es la carencia de una metodología que garantice el desarrollo de la RNA óptima, debido a que el desempeño de su funcionamiento es medido a prueba y error, ocasionando muchas veces pérdida de tiempo en el entrenamiento de redes que no logran el porcentaje de error esperado y por consiguiente el desempeño adecuado. Sin embargo, se pueden implementar etapas de metodologías de sistemas duros con la finalidad de analizar las características de las variables necesarias para el entrenamiento de la RNA y la correlación existente entre ellas para disminuir el tiempo de búsqueda de la más óptima. El presente trabajo propone una metodología para la construcción y desarrollo de una RNA a partir de las metodologías de Hall y Jenkins.

Dentro de las metodologías de sistemas duros existen diversas metodologías como la de optimización matemática sistemas viables, Jenkins, hall, también depende del área a tratar, sistemas híbridos, como mort en donde se trata de metodologías de diagnóstico. Sin embargo ninguna de estas metodologías se adapta para la realización de una correcta red neuronal artificial

La propuesta se basa en algunas de las fases y subfases de las metodologías de Hall, y Jenkins obteniendo así una metodología de 14 pasos agrupados en 3 etapas. La figura muestra la propuesta metodológica:

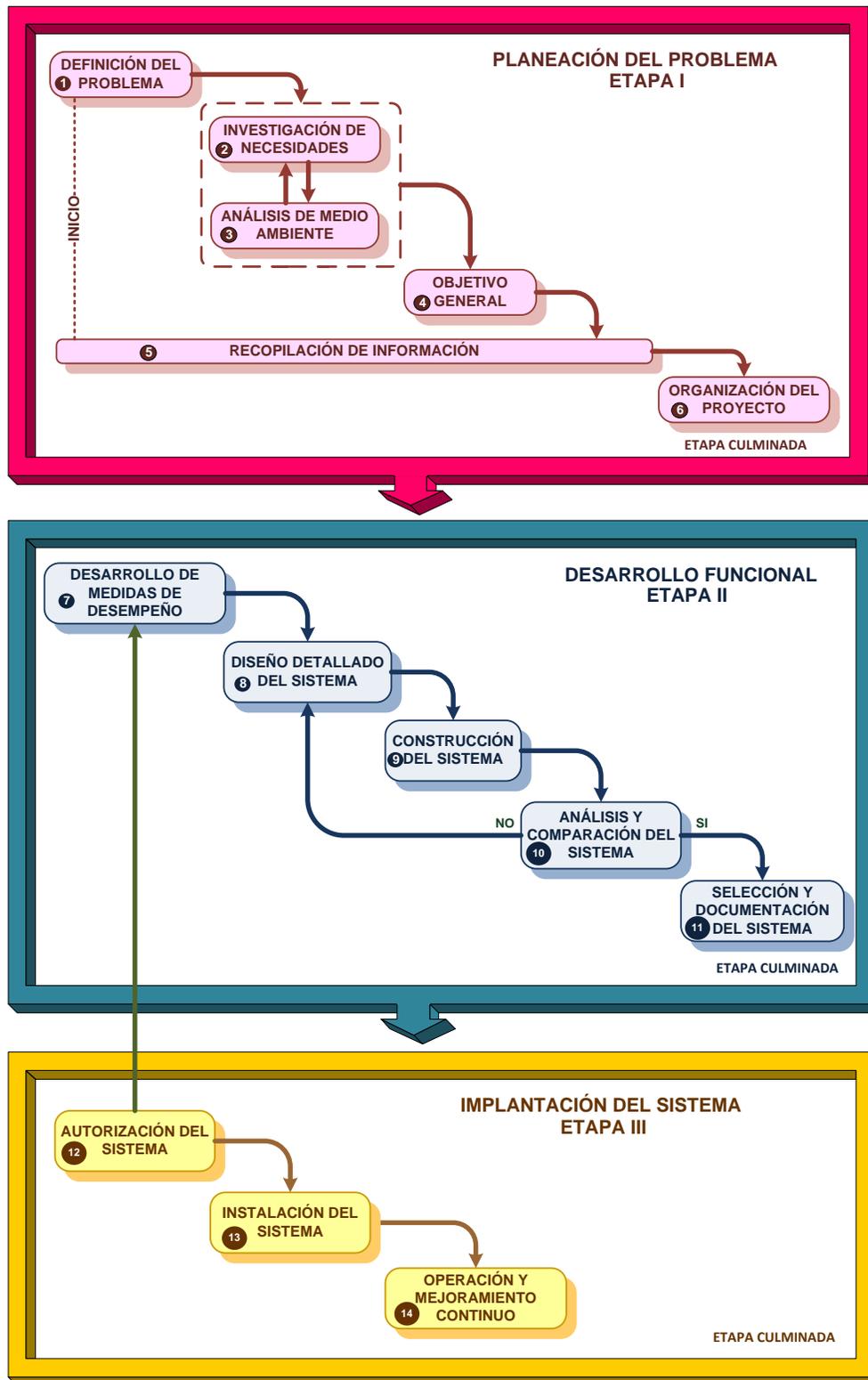


Figura 1. Metodología para el desarrollo de Redes Neuronales Artificiales

A continuación se explica el correcto desarrollo de cada una de las subfases del sistema.

## **PLANEACION DEL SISTEMA**

La planeación del sistema está conformada con la definición del problema, el cual nos proporcionará la información necesaria con respecto al conflicto que se busca solucionar; análisis del medio ambiente e investigación de mercado que a pesar de que son pasos independientes los dos sirven para identificar el sistema con su entorno y la disponibilidad de los datos que alimentarán la red; recopilación de información, la cual inicia desde la definición de la problemática, y la organización del proyecto, el cual toma en cuenta diversas características de hardware y software para proceder al entrenamiento de la red.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Uno de los principales problemas para la construcción de una red neuronal artificial es el identificar su correcto manejo y aplicación, ya que aunque existe literatura que explica su funcionamiento, la falta de experiencia en el manejo y aplicación de las RNA's ocasiona un desarrollo incorrecto y la obtención de datos erróneos.

El objetivo de las RNA's es llegar a diseñar maquinas con elementos neuronales de procesamiento paralelo, de modo que el comportamiento global emule, de la forma más fiel, los sistemas neuronales naturales (Viñuela, enfoque práctico); se han implementado como respuesta a aproximar el comportamiento y el pensamiento humano, a diversos sistemas, para la solución de determinadas problemáticas en diversas áreas (Ponce Cruz inteligencia artificial).

Conforme a lo anterior, el definir la problemática es de vital importancia para implementar la RNA adecuada; de acuerdo a su clasificación y la selección de las variables correctas, las cuales fungirán como las entradas y salidas de la RNA. Esto genera la necesidad de realizar actividades para tomar decisiones y generar medidas que contribuyan con la solución a dicho problema. Sin embargo, en muchos de los casos el origen y la solución al problema no está propiamente en donde está causando estragos. Es importante mencionar que en esta etapa la opinión de expertos en la materia es fundamental para entender la naturaleza en la que se genera la situación problemática. (peon).

## INVESTIGACIÓN DE NECESIDADES

Este paso se realiza simultáneamente con el paso 3, ya que al investigar las necesidades del sistema se tiene que analizar el medio ambiente, el cual se explica en el siguiente paso. Se deben identificar las necesidades de los agentes afectados de la problemática, que serán beneficiados con la RNA, a fin de identificar las variables que fungirán como entradas y salidas. Es importante mencionar que se deben proponer variables que cuenten con un significativo número de datos y se tenga acceso a ellos. Posteriormente se debe elegir la clasificación del contemplar el tipo de problema a solucionar, ya que la clasificación de las RNA's dependen de esto, posteriormente dentro de la clasificación, se deben elegir los modelos aplicables de acuerdo a las características de las variables disponibles y necesarias para el desarrollo de la RNA. Es en esta subfase en donde se debe identificar las variables necesarias para solucionar el problema, y definir las como entradas y salidas. Existen diversas aplicaciones de las RNA's dependiendo el tipo de problema y el área a implementar, de las cuales se pueden identificar 4 categorías principales, las cuales son: predicción, aproximación de funciones, minería de datos y clasificación. El identificar la categoría de la RNA que se desea construir delimita el rango de estructuras posibles ya que existen diversos modelos aplicables dependiendo de la misma y las características del conjunto de muestras que se van generando con las variables elegidas para su construcción. La clasificación de las RNA's se muestran en la Tabla 1 con algunos ejemplos de estructuras y aplicación. El anexo A contiene una descripción más amplia de los modelos de RNA's con sus características principales.

Tabla 1. Clasificación de las RNA's

Tipo de Clasificación	Ejemplo de estructura	Ejemplo área de aplicación
Minería de datos Agrupa o visualiza datos sin conocimiento de los grupos deseados.	Mapas auto organizados de Kohonen. Counter propagation.	Reconocimiento del Habla Reconocimiento de huellas digitales
Clasificación Determinar una clase o grupo para cada patrón de entrada.	Neocognitron. Perceptrón multicapas.	Clasificación en entornos sociales, médicos, etc.
Aproximación de funciones Determina un valor constante	Perceptrón Multicapa Red de base radial	Eliminación de pruebas experimentales en diversas,

para cada patrón de entrada.		elaboración de hojas de especificación de materiales y equipos.
Predicción Determinar valores de series de tiempo usando información del pasado.	Perceptrón multicapa recurrente Hopfield	Predicción de variables financieras

## ANÁLISIS DEL MEDIO AMBIENTE

Los resultados que se buscan obtener con la implementación de RNA's son para solucionar un sistema mayor en donde, incluso en ocasiones, el problema está relacionado con actividad humana causando así sistemas desordenados.(.). El análisis del medio ambiente se comienza a realizar conforme se van identificando las necesidades, debido a que tanto la clasificación de la red y el acceso a los datos están relacionados, de acuerdo a la disponibilidad de la información necesaria. Es por esta razón que los pasos 2 y 3 se realizan simultáneamente puesto que ambos se complementan.

El diagrama propuesto para la representación del sistema es similar al que propone Checkland en su Metodología de Sistema Suaves, el cual es por medio de una representación, visión rica, a través de holones identificando el sistema y su entorno. En este caso, el sistema está conformado por los modelos de RNA's adecuados y los datos necesarios para su desarrollo, mientras que el entorno son los agentes que se ven afectados con los resultados generados por la red y los que proveen la información necesaria para crear los conjuntos de datos de entrenamiento y validación.

La figura 1 muestra un ejemplo de la representación del medio ambiente. El sistema está conformado de los modelos de red que pueden dar solución a la problemática y las variables necesarias elegidas en el paso 2, y el entorno está conformado por los agentes que proporcionan la información para el entrenamiento y construcción de las RNA's y a su vez, de los involucrados y beneficiados por los resultados que la red genere.

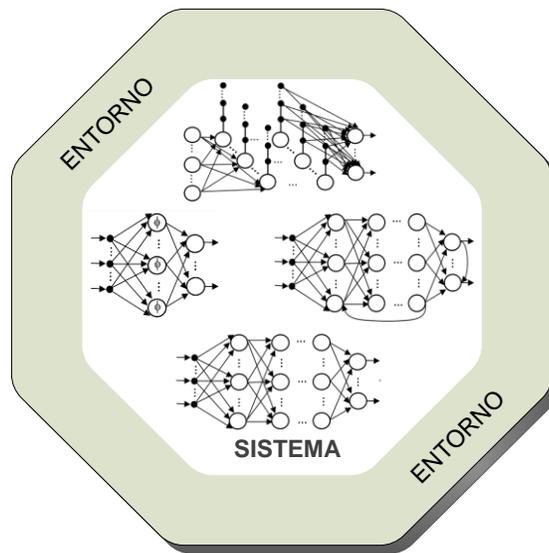


Figura 2. Diagrama para la identificación del medio ambiente.

## SELECCIÓN DE OBJETIVOS

Para comenzar el paso tres los puntos anteriores ya deben de haber quedado bien definidos, para poder delimitar correctamente el alcance de la RNA. En el caso de los objetivos todas las metodologías coinciden en que deben ser claros y específicos. Incluso existen métodos para realizar buenos objetivos como es el método Smart entre otros (). Sin embargo, es indispensable en esta metodología que el objetivo principal sea para dar solución a la problemática. Se debe establecer el criterio de convergencia de la red, el cual depende del área y del tipo de RNA que se va a implementar, por ejemplo, el porcentaje de error admisible para una RNA de predicción de alguna variable financiera es mayor que para una red de aproximación de funciones para determinar algún coeficiente físico, debido a que estamos hablando de diferentes tipos de red y las variables financieras son más volátiles que varias de las ciencias exactas.

## RECOPIACIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Se debe considerar el tiempo de recopilación de los datos que servirán para hacer las muestras que entrenarán y validarán la red ya que una de las características que debe cubrir el conjunto de muestras es que debe ser significativo, es decir, debe ser un número considerable de muestras.

Este paso inicia junto con el paso 1, puesto que desde el momento en que se presenta una problemática, es indispensable el comenzar a identificar las variables que se pueden utilizar para el desarrollo de la red, ya que una de las situaciones conflictivas en este aspecto son las restricciones y la dificultad que se puede encontrar el diseñador para la obtención de los datos que generarán las muestras.

## ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

En la organización del proyecto se consideran algunos puntos importantes antes de iniciar el diseño funcional de la RNA, los cuales se describen a continuación.

1. Se deben considerar las características de la computadora en donde se estarán generando las redes, ya que de esta depende el número de capas ocultas y los elementos en cada capa con los que funcionará la red con un buen desempeño durante el entrenamiento y la validación, tomando en cuenta que a mayor cantidad de elementos, más tiempo le tomará procesar la información y llevar a cabo el aprendizaje. (users) En la tabla 2 se observa el desempeño de una RNA entrenada en diferentes equipos para un perceptrón multicapa de 5 capas ocultas con 100, 200, 300, 200 y 100 elementos en cada capa respectivamente para 6 variables de entrada y 16 de salida.

**Tabla 2. Desempeño de una RNA en computadoras con diferentes características.**

No.	Núcleos del procesador	Velocidad del Procesador (Ghz)	Memoria Cache (Kb)	Memoria RAM (Gb)	Velocidad de entrenamiento
1	2	1.66 Ghz.	512	2Gb	6 meses 3 semanas
2	2	1.86 Ghz.	1702	4 Gb	4 meses 1

					semana
3	4	1.66 Ghz.	999	2Gb	4 meses 3 semanas
4	4	2.33 Ghz.	3786	8 Gb	3 meses 2 semanas

- Si se consideran a los conjuntos de datos que servirán para entrenar y validar la RNA como una tabla de una base de datos en donde cada una de las variables, tanto de entrada como de salida, son los campos y las muestras son cada uno de los registros. Se debe considerar que para cada muestra se debe tener un valor en cada una de las variables, en caso de que alguna muestra no tenga un valor en alguna de sus variables dicha muestra se debe de eliminar por completo, ya que de lo contrario la red puede ser afectada en el funcionamiento o generar datos erróneos.

ENTRADAS					SALIDAS						
E1	E2	E3	E4	E5	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>0.1</b>	<b>1.0</b>	<b>3</b>	<b>4.0</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>4.0</b>	<b>7.0</b>	<b>7.15</b>	<b>7.8</b>	<b>7.9</b>	<b>7.8</b>
	1.2	3.2	4.1	11	3.1	4.5	8.0	7.16	10	20.1	
0.3	3.0		4.6	13	3.0	6.0	7.2	7.9	11	19.8	14
<b>0.4</b>	<b>1.4</b>	<b>3.6</b>	<b>4.7</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>6.7</b>	<b>9.0</b>	<b>7.4</b>	<b>10.2</b>	<b>14.5</b>	<b>15</b>
0.3	5.0	3.7	4.9	16	3.0		7.0	7.3	17	19.2	16

MUESTRA VÁLIDA

←

MUESTRA VÁLIDA

←

**Figura 3. Selección de muestras válidas para la construcción de una RNA.**

- Se deben eliminar muestras en las que sus datos sean iguales o exista poca diferencia entre ellos, ya que entre las características del conjunto de muestras es que deben ser representativos, lo que significa que los componentes del conjunto de aprendizaje deberán ser diversos.
- Si las variables, tanto de entrada como de salida, se encuentran en rangos muy variados, se deben escalar cada una de tal forma que todas queden en el mismo

rango, ya que de no hacerlo se crea un desbalance en los pesos de cada elemento de la RNA, y la disminución del error será mínima.

## **DESARROLLO FUNCIONAL**

Para poder comenzar la etapa de Desarrollo Funcional es necesario haber cubierto en su totalidad los pasos de la etapa de Planeación del Sistema, ya que en esta etapa existe una retroalimentación constante del paso 10 al 8 hasta encontrar la red que cubra con las medidas de desempeño establecidas en el paso 7.

## **DESARROLLO DE LAS MEDIDAS DEL DESEMPEÑO**

Para desarrollar las medidas del desempeño de la RNA se debe establecer un criterio de convergencia, el cual es el punto en el cual el periodo de aprendizaje finaliza y depende del tipo de red utilizado o del tipo de problema a resolver. Este puede estar determinado por 3 situaciones diferentes: mediante un número fijo de ciclos, cuando la modificación de los pesos sea irrelevante o cuando el error en la validación de la RNA desciende por debajo de una cantidad preestablecida. Este último es el más utilizado y suele medirse mediante diferentes fórmulas de error, de los cuales los más utilizados son:

- Error cuadrático medio
- Error cuadrático medio normalizado
- Porcentaje de error
- Valor medio del error absoluto
- Valor medio porcentual del error absoluto

Cabe señalar que el error promedio generado en las RNA's, para más de dos salidas, no garantiza que sea la más adecuada, ya que se debe considerar que el rango de error generado por cada una de las variables de salida tiene que ser lo menos disperso posible o estar por debajo del error propuesto para toda las salidas de la red.

## **DISEÑO DEL SISTEMA**

Es indispensable que para iniciar este paso se hayan cubierto en su totalidad los puntos anteriores. En el diseño de la RNA se abordan: número de neuronas y capas, la regla de propagación, el tipo de entrenamiento y la función de activación.

Número de neuronas y capas: El número de neuronas en la capa de entrada y la capa de salida están determinadas por las variables que definen el problema y que se puntualizaron en el paso 2. El número de capas ocultas y el número de neuronas en estas capas deben ser elegidos por el diseñador, con base en los puntos establecidos en los pasos 2 y 6, tomando en cuenta que a mayor número de elementos y capas, mayor será el tiempo de entrenamiento y mayor la posibilidad de que la red o la computadora disminuya su rendimiento hasta que deje de responder. Si bien el número de neuronas ocultas puede influir en el comportamiento de la red, generalmente, el número de neuronas ocultas no es parámetro significativo, puesto que en un problema, pueden existir una gran cantidad de arquitecturas capaces de resolver de manera adecuada dicho problema (22).

Esquemas de aprendizaje y regla de propagación. El esquema de propagación depende del problema a resolver y del modelo que se eligió para la construcción de la RNA, el cual puede ser de tres tipos, y estos a su vez se dividen en diversas reglas de propagación. La tabla 3 menciona las características principales de los tres esquemas de aprendizaje con algunas de las reglas de propagación más utilizadas:

**Tabla 3. Ejemplos de reglas de propagación de acuerdo a su esquema de aprendizaje.**

Esquema de aprendizaje	Regla de propagación
<p style="text-align: center;">Supervisado</p> <p>El proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo (supervisor o maestro) que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una entrada</p>	<p>Aprendizaje por corrección de error. Ajusta los pesos de las conexiones en función de la diferencia entre los valores deseados y los obtenidos en la salida de la red. [16].</p>
	<p>Aprendizaje por refuerzo. El supervisor se reduce a indicar mediante una señal de refuerzo si la salida obtenida en la red se ajusta a la deseada (éxito=+1 o fracaso=-1) para ajustar los pesos, por medio de</p>

determinada. Existen diferentes métodos de aprendizaje supervisado los cuales se explican a continuación	probabilidades [16].
	Aprendizaje estocástico. Realiza cambios aleatorios en los pesos de las conexiones de la red y evaluar su efecto a partir del objetivo deseado y de distribuciones de probabilidad [14].
<p style="text-align: center;">No Supervisado</p> <p>Las redes con dicho aprendizaje no requieren de influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas. La red no recibe ninguna información por parte del entorno que le indique si la salida generada en respuesta de una entrada es o no correcta. Suele decirse que estas redes son capaces de auto-organizarse [16].</p>	Aprendizaje hebbiano. Cuando un axón de una celda A está suficientemente cerca como para conseguir excitar a una celda B y repetidamente toma parte en su activación, algún proceso de crecimiento o cambio metabólico tiene lugares en una o ambas celdas, de tal forma que la eficiencia de A, cuando la celda a activar es B, aumenta [14].
	Aprendizaje competitivo y cooperativo. Las neuronas compiten (y cooperan) unas con otras entre todas las capas de la red, con el fin de llevar a cabo una tarea dada. Existiendo en estas neuronas conexiones recurrentes de auto-excitación y conexiones de inhibición por parte de neuronas vecinas. Si el aprendizaje es cooperativo, estas conexiones con las vecinas serán de excitación [14].
<p style="text-align: center;">Híbrido.</p> <p>Cuando hay una combinación de aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado [16].</p>	Combinación de reglas

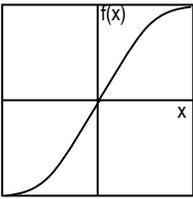
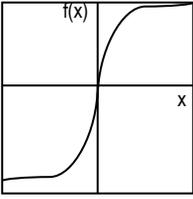
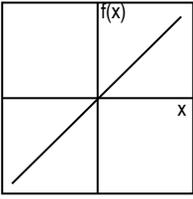
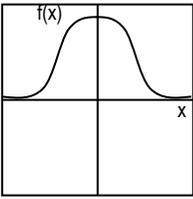
Existen otras reglas de propagación comúnmente utilizadas como la Regla bar delta, utilizadas en las redes de tipo Perceptrón multicapa volviéndola una red backpropagation; propagación rápida; momentum, entre otras. Incluso el diseñador puede proponer su propia regla de aprendizaje el cual puede influir en el resultado de la RNA.

**Función de Activación.** La elección de la función de activación se suele hacer basándose en el recorrido deseado, y el hecho de elegir una u otra, generalmente, no

influye en la capacidad de la red para resolver el problema. Muestra el procedimiento a seguir para combinar las entradas con el estado actual de la neurona para producir un nuevo estado de activación a partir de la regla de propagación [16].

Las funciones de activación más comunes pueden ser de las formas que se muestran en la tabla [14,16,17,18].

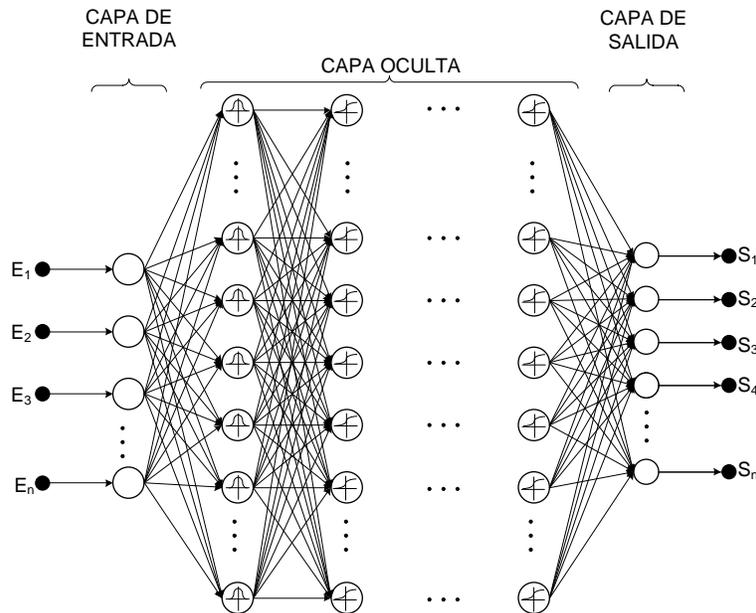
**Tabla 4. Funciones de activación más utilizadas para el entrenamiento de una RNA.**

	FUNCIÓN	GRÁFICA
Sigmoidal	$f_1(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$	 <p style="text-align: center;">Figura 4. Función de activación Sigmoidal.</p>
Tangente hiperbólica	$f_2(x) = \frac{1-e^{-x}}{1+e^{-x}}$	 <p style="text-align: center;">Figura 5. Función de activación Tnhl.</p>
Lineal o identidad	$f_4(x) = x$	 <p style="text-align: center;">Figura 6. Función de activación Identidad.</p>
Gaussiana	$\phi_1(r) = e^{-\frac{r^2}{2}}$	 <p style="text-align: center;">Figura 7. Función de activación Gaussiana.</p>

Aunque estas funciones son las más utilizadas como función de activación en la mayoría de RNA's existen otras funciones de activación que se presentan en el Anexo B e incluso

el diseñador puede ocupar alguna propia, se puede proponer una creada por el diseñador de la red.

Después de establecer los puntos anteriores se procede a generar el diseño de la RNA. La figura () es un ejemplo del diseño de una RNA, antes de elegir la herramienta para la construcción.



**Figura 8. Diseño preliminar del sistema.**

### CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Existe diverso software para crear y desarrollar RNA's algunos traen modelos de red específicos y solamente permiten elegir el número de capas y elementos en cada una; otros, permiten la creación de nuevos modelos o la combinación entre los ya existentes, y también existe la posibilidad de programarlas en algún lenguaje de programación. Sin embargo, es fundamental mencionar que lo importante es dominar la técnica para posteriormente saber elegir la herramienta que nos permita crear la RNA de acuerdo a las características definidas en los pasos anteriores.

### ANALISIS Y COMPARACIÓN DEL SISTEMAS.

En este paso, se evalúa el desempeño de la RNA creada, de acuerdo a los objetivos y las medidas de desempeño establecidos en los pasos 4 y 7. La función del análisis es calcular la confiabilidad de la RNA creada por medio de tablas comparativas de los datos reales con los datos generados por la RNA en el conjunto de entrenamiento y validación. Es importante evaluar el desempeño total de la RNA y el desempeño en cada una de las variables de salida, en caso de que sean más de 2. La información que se obtiene en este paso, permite apreciar si el funcionamiento de la RNA es el esperado, en caso contrario se retroalimenta hacia el paso 7, en donde se propondrá un nuevo diseño, el cual puede ser diferente en número de elementos y capas ocultas o con respecto al modelo de RNA. La retroalimentación terminará hasta que el funcionamiento de la RNA sea el que se planteó.

Para poder elegir la RNA más adecuada y determinar el final de la retroalimentación se propone realizar una tabla comparativa, la cual se genera de acuerdo a los errores obtenidos en cada RNA que se va creando, incluyendo cada una de sus salidas. Se debe obtener la Diferencia de Error Total dada por:

$$DET_{R_i} = \sum_{j=1}^m DE_{R_i S_j} \quad \begin{matrix} j = 1, 2, 3, \dots, m \\ i = 1, 2, 3, \dots, n \end{matrix}$$

En donde  $DE_{R_i S_j}$  es la diferencia de error en cada una de las salidas de la red con respecto al límite de error propuesto (EL), como se muestra en la siguiente ecuación.

$$DE_{R_i S_i} \begin{cases} E_{R_i S_i} - E_L & E_{R_i S_i} > E_L \\ 0 & E_{R_i S_i} \leq E_L \end{cases}$$

No. RNA	% Error de Validación						DET <sub>i</sub>	E <sub>L</sub> ≤ 8%	DET <sub>i</sub>	No. RNA	% Error de Validación						
	Total	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	...	S <sub>n</sub>					Total	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	...	S <sub>n</sub>	
1	9.25	12	11	6	...	8	7	←	14	2	8.75	2	1	18	...	14	
1	9.25	12	11	6	...	8	7		→	5	3	9	11	10	18	...	14
4	8.75	10	9	6	...	10	5		→	5	3	9	11	10	18	...	14
5	7.5	14	9	4	...	3	7		→	5	3	9	11	10	18	...	14
6	7.8	9	7	8	...	7.2	1		←	5	3	9	11	10	18	...	14

RED MÁS APTA

Figura 9. Tabla comparativa para elegir la RNA más adecuada.

### SELECCIÓN DEL SISTEMA

Una vez elegida la RNA apropiada se deben desarrollar los documentos que contengan información sobre sus características y operación, gráficas comparativas entre los datos generados por la RNA con los datos reales para el conjunto de entrenamiento, validación y producción de datos y la demostración que los datos generados por la red están cumpliendo con los objetivos y las medidas de desempeño indicadas.

### AUTORIZACION DEL SISTEMA

En este paso se deben presentar los resultados obtenidos de tal forma que los agentes afectados o los responsables de la aprobación del proyecto evalúen el desempeño de la red de acuerdo a las necesidades planteadas en la etapa 1. Es importante representar los alcances de la red para evitar crear expectativas muy altas, ya que en el reporte se debe justificar de manera clara y precisa, dependiendo el área de implantación, la razón de que se consideren aceptables los datos generados en la RNA. En caso de que sea rechazado el proyecto se considera una retroalimentación hacia los objetivos en el paso 7, para replantear los criterios de convergencia en las medidas de desempeño. Si el proyecto es autorizado, se deben considerar las pruebas pertinentes en la infraestructura necesaria,

para asegurar resultados exitosos. Posteriormente se tendrá que probar el funcionamiento del nuevo sistema para comprobar el buen desempeño.

## **INSTALACIÓN DEL SISTEMA**

### **INSTALACIÓN DE LA RNA**

La facilidad de instalación de las RNA's dependerá del área y función que se le dará, por ejemplo, no es lo mismo implantar una software basado en RNA's en donde se necesitan lenguajes de programación para realizar la interfaz del usuario con la computadora como es el caso de algún software financiero, a implantar un sistema de RNA's en algún tipo de aparato para control digital como un brazo mecánico. En este apartado se considera pertinente hacer un recopilado del material que se utilizó junto con los precios, para que sirva de apoyo en futuras mejoras, y fallos en el sistema.

### **OPERACIÓN Y MONITOREO CONSTANTE**

Después de implantada la RNA, se debe vigilar la operación del nuevo sistema y recopilar nuevos datos para actualización posterior, esto no implica que cada muestra nueva generada retroalimentará inmediatamente la RNA, ya que el principio de la redes neuronales artificiales es el entrenamiento a partir de un significativo número de muestras. También se deben considerar mejoras en el diseño, acceso a variables que antes se tenía denegado, cambios del medio ambiente y asistencia continua.



---

# I. VISIÓN EPISTEMOLÓGICO

## CAPÍTULO 2: ETAPA DE PLANTEAMIENTO

## 2.1. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Ludwing von Bertalanffy (1930) trato de crear una metodología que integrará los problemas científicos a fin de tratarlos a detalle utilizando modelos logrados en diferentes países y ciencias, entre las cuales se encuentran la teoría de conjuntos (Mesarovic), la teoría de las redes (Rapoport), la cibernética (Wiener), la teoría de la información (Shannon y Weaver), teoría de los autómatas (Turing), la teoría de juegos (von Neumann), entre otras. Surgiendo con esto la creación de la Teoría General de Sistemas (TGS).

La TGS es una teoría de principios universales aplicables a los sistemas en general, la cual, busca construir teorías y formulaciones conceptuales que representen la realidad para formas de trabajo transdisciplinario. La TGS considerada como una ciencia de la globalidad ya que las ciencias rigurosas y exactas (como la ingeniería y la organización) pueden convivir con las ciencias humanas (ciencias políticas y morales, sociología, psicología) ó las que han sido integradas casi desde su nacimiento, (informática, inteligencia artificial y ecología); destacando así su perspectiva holística e integradora por las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas, emergen, ofreciendo así un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación entre especialistas y especialidades al promover la unidad de las ciencias y obtener la uniformidad del lenguaje científico. Logrando así, impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos, así como desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y promover una formalización (matemática) de estas leyes (Bertalanffy, 1976).

Con el desarrollo de la terminología general y del conjunto de las leyes, se estableció la Ciencia de Sistemas o Sistémica, la cual es la ciencia que estudia, en forma colegiada, todos los elementos de un sistema y sus interrelaciones, construye modelos y simula con ellos, permitiendo tomar las decisiones óptimas para mejorar los escenarios futuros del sistema real. Al experto en la TGS se le denomina Sistémico o sistemista, lo que implica pasar de especialista a generalista a través del conocimiento de la Sistémica. El Anexo B contiene los antecedentes históricos de cómo surgió la TGS, así como su desarrollo y evolución a lo largo de los años.

Si bien el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales se advierte que sus raíces están en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias sean reconocidas entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, mayores serán las posibilidades para aplicar correctamente el enfoque de la TGS (Bertalanffy, 1976).

Los supuestos básicos de la teoría general de sistemas son:

- a) Existe una nítida tendencia hacia la integración de diversas ciencias no sociales.
- b) Esa integración parece orientarse rumbo a una teoría de sistemas.
- c) Dicha teoría de sistemas puede ser una manera más amplia de estudiar los campos no-físicos del conocimiento científico, especialmente en las ciencias.
- d) Con esa teoría de los sistemas, al desarrollar principios unificadores que san verticalmente los universos particulares de las diversas ciencias involucradas nos aproximamos al objetivo de la unidad de la ciencia.
- e) Esto puede generar una integración muy necesaria en la educación científica.

La T.G.S. Se fundamentan en tres premisas básicas, a saber:

- a) Los sistemas existen dentro de sistemas.
- b) Los sistemas son abiertos. Cada sistema que se examine, excepto el menor o mayor, recibe y descarga algo en los otros sistemas, generalmente en aquellos que le son contiguos. Los sistemas abiertos son caracterizados por un proceso de intercambio infinito con su ambiente, que son los otros sistemas.
- c) Las funciones de un sistema dependen de su estructura.

La TGS se divide en dos aportes:

- a) Semánticos: Se refiere a un lenguaje propio de especialistas de una materia. Cuando surgen proyectos interdisciplinarios este lenguaje especializado complica el trabajo por

la diversidad de especialistas. La TGS ayuda a solucionar estos inconvenientes debido a la introducción de semántica científica universal.

- b) Metodológicos: Se refiere al análisis de diversos procedimientos empleadas en las investigaciones acerca de las características de un sistema y las formas particulares de investigación que se utilizan para resolver problemas específicos de indagación. Teniendo como finalidad el mejoramiento permanente de los procedimientos y criterios usados para contestar preguntas y/o resolver problemas.

El objetivo primordial de von Bertalanffy, el desarrollo y difusión de una única teoría de sistemas formalizada matemáticamente, no ha llegado a cumplirse. En su lugar, se puede hablar de un enfoque de sistemas o un pensamiento sistémico que se basa en la utilización del concepto de sistema como un todo irreducible.

La TGS proporciona la capacidad de investigación al enfoque de sistemas. Esta investiga los conceptos, métodos y conocimientos pertenecientes a los campos y pensamientos de sistemas. Las propiedades de los sistemas y diferencias en su dominio pueden estudiarse en el contexto de una taxonomía (ver figura 1.1.) que considera a la TGS como una ciencia general, a la par de las matemáticas y la filosofía. El dominio de los sistemas es el campo sobre el cual se extienden. Los sistemas pueden clasificarse de varias maneras, bajo los enfoques de la TGS (Arnold y Osorio, 1998).

Al aplicar la TGS, esto se hace a través del enfoque de sistemas que se explica a continuación, el cual es básicamente una metodología de diseño y, como tal, cuestiona la naturaleza del sistema y su papel en el contexto de un sistema mayor. Para el enfoque de sistemas se hace necesario buscar el propósito de la existencia del sistema, la comprensión del mismo en relación con todos los demás sistemas mayores y que están en interfaz con éste (Van Gigch, 1987).

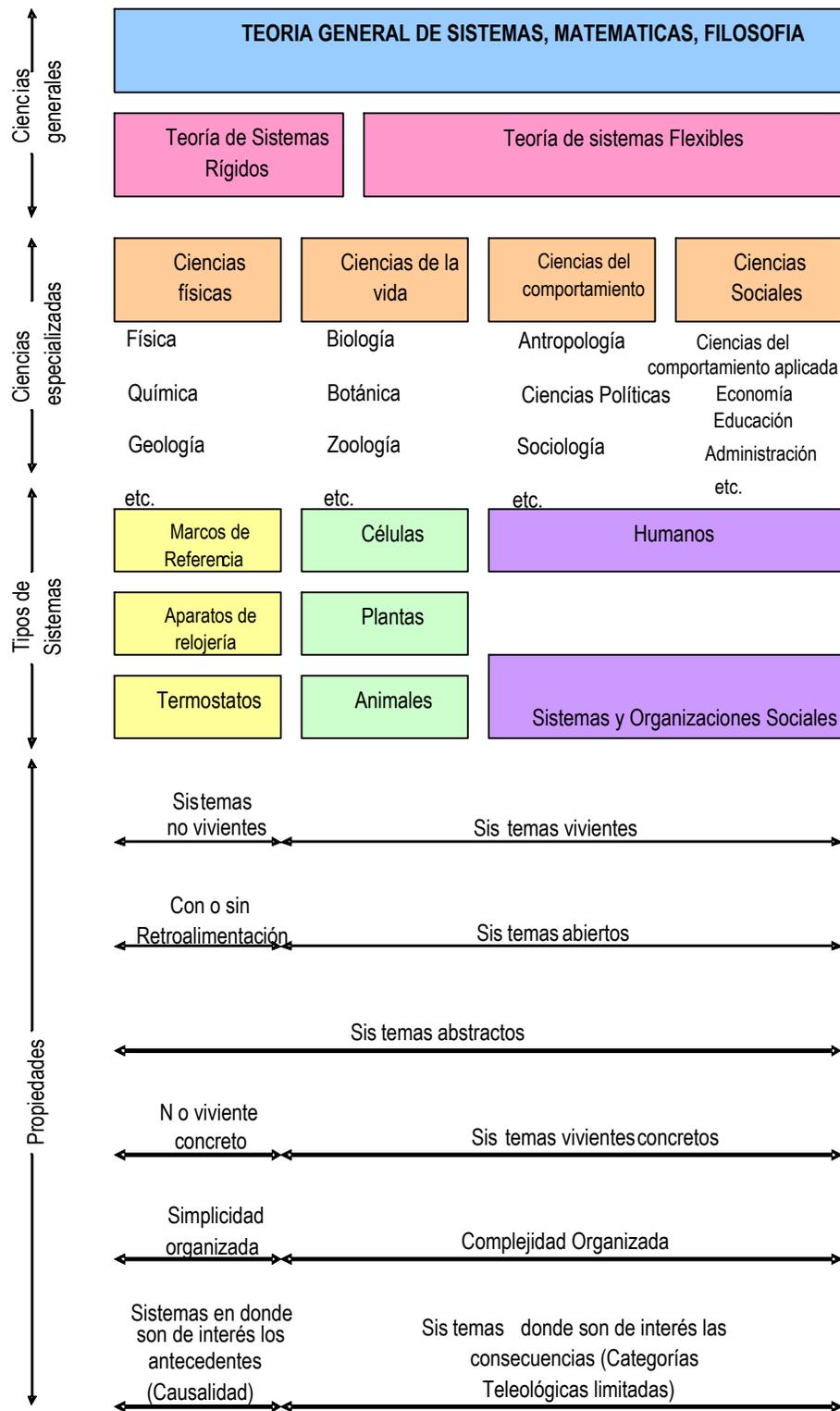


Figura 7. Taxonomía de Sistemas Fuente: Van Gigch, 1987

## **ENFOQUE SISTÉMICO**

El enfoque de sistemas surge de los esfuerzos de la investigación y la conceptualización de diversas ciencias como son la física, la biología y las ciencias sociales a fin de integrarlas como una teoría organizacional moderna. Es una manera de enfrentar un problema que toma una amplia visión, que trata de abarcar todos los aspectos, que se concentra en las interacciones entre las partes de un problema considerado como "el todo". Se requiere de enfoque integral porque al utilizar simultáneamente los puntos de vista de diversas disciplinas, se tiende hacia el análisis de la totalidad de los componentes o aspectos bajo estudio, así como de sus interrelaciones. Está dirigido principalmente a estudiar a las organizaciones de diseño-sistemas elaborados por el hombre y orientado a objetivos que han servido a la humanidad. Asimismo, este enfoque proporciona una nueva forma de pensamiento a las organizaciones que completan las escuelas previas de la teoría de la organización. También busca unir el punto de vista conductual con el estrictamente mecánico y considerar a la organización como un todo integrado, cuyo objetivo sea lograr la eficacia total de todo el sistema, además de armonizar los objetivos en conflicto de sus componentes.

Tiende hacia la aplicación de una perspectiva global en el sentido que no aborda detalladamente un subsistema o aspecto específico del sistema sino cuenta previamente con sus objetivos, recursos y principales características. Describiéndose como:

1. Una metodología de diseño
2. Un marco de trabajo conceptual común
3. Una nueva clase de método científico
4. Una teoría de organizaciones
5. Dirección de sistemas
6. Un método relacionado a la ingeniería de sistemas, investigación de operaciones, eficiencia de costos, etc.
7. Teoría general de sistemas aplicada

Sin embargo, tan pronto se adopta el enfoque de sistemas, surgen problemas de dualidad (tabla 1.1).

Tabla 5. Problemas de dualidad que surgen al aplicar el enfoque sistémico

Tipos de problemas de dualidad						
Simplicidad contra complejidad	Optimización y sub-optimización	Idealismo contra realismo	Incrementalismo contra innovación	Política y ciencia	intervención y neutralidad	Acuerdo y consenso.
Al simplificar las soluciones, éstas pierden realismo, por lo que es difícil resolver problemas complejos.	Es posible optimizar sistemas cerrados, por conocer sus limitantes. Pero, en la realidad los sistemas son abiertos, y parcialmente optimizados. Sub-optimizar los sistemas no garantiza el sistema total óptimo y, la optimización del sistema total no garantiza la sub-optimización de los sistemas.	No es posible alcanzar lo óptimo. Si va a tener lugar la implantación, debemos aceptar versiones más realistas de lo óptimo.	Se buscan soluciones cercanas a las actualmente aceptadas (incrementalismo) y se cree mejorar los sistemas existentes mediante el análisis de operación de los subsistemas (mejoramiento de sistemas).	Se debe decidir si las ciencias deben permanecer libres de valores, o si la ciencia debe orientarse a un objetivo.	Se debe decidir si se debe permanecer libre de valores, o orientarse a un objetivo, buscar influir en los resultados y preocuparse en la ética de las consecuencias que imponen en los receptores.	La planeación requiere que todos los involucrados contribuyan a la solución de los problemas y su implantación. Para lo cual es necesario un consenso que no se logra fácilmente cuando se apremia la individualidad.

Fuente: Elaboración propia

Las posibles situaciones que uno puede enfrentarse al aplicar el enfoque de sistemas, (tabla 1.1) nos permitirán estudiar, de mejor manera, fenómenos de cualquier índole, al considerarlos como sistemas. Por lo tanto, a continuación se describe lo que son los sistemas y su clasificación.

### 1.1. SISTEMAS

Es frecuente escuchar en la vida cotidiana la palabra “sistema”, se habla del sistema financiero, el sistema bancario, sistemas informáticos, etc. y a pesar de que la mayoría de las personas la utilizan no saben cuan compleja puede llegar a ser. En lo que se refiere a la ciencia de sistemas se puede definir como el conjunto de elementos interdependientes con un fin común. En la figura 1.2 se presenta un esquema de cómo se desarrolla un sistema y sus elementos.



En 1956 el economista Keneth Boulding propuso otro tipo de clasificación de sistemas en el cual distinguía nueve *niveles distintos*, ordenados de menor a mayor complejidad, entendiendo por complejidad tanto el grado de diversidad o variabilidad de los elementos que conforman el sistema como la aparición de nuevas propiedades sistémicas. Estos nueve niveles van desde las estructuras estáticas hasta sistemas aún por descubrir que se presentan en la tabla 1.3. (Bertalanffy, 2003):

Tabla 7. Clasificación de sistemas de Keneth Boulding

<b>Clasificación de Keneth Boulding</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Nombre del Nivel</b>	<b>Descripción</b>
1.	estructura estática	Se le puede llamar nivel de los marcos de referencia. Se trata de sistemas estáticos con propiedades estructurales
2.	sistema dinámico simple	Considera movimientos necesarios y predeterminados. Se puede denominar reloj de trabajo.
3.	mecanismo de control o sistema cibernético	El sistema se autorregula para mantener su equilibrio. se incluyen mecanismos de control
4.	"sistema abierto" o auto estructurado	En este nivel se comienza a diferenciar la vida. Puede de considerarse nivel de célula. Mantienen una diferenciación interna gracias a la relación que tienen con el entorno.
5.	organismos inferiores, genético-social	Presentan una diferenciación creciente dentro del sistema en los que se puede distinguir entre la reproducción del propio sistema y el individuo funcional. Está caracterizado por las plantas.
6.	sistema animal	Presentan mayor capacidad en el procesamiento de la información exterior, la evolución de subsistemas receptores, de un sistema nervioso, y en la organización de la propia información en cuanto a la generación de una imagen o conocimiento estructurado sobre el entorno. Se caracteriza por su creciente movilidad, comportamiento teleológico y su autoconciencia.
7.	sistema humano	Incluye las capacidades de autoconciencia, auto-sensibilidad, y simbolismo como medio de comunicación. Todo ello gracias a la capacidad de manejo del lenguaje y símbolos
8.	Sistemas socioculturales u organizaciones sociales, sistema social o sistema de organizaciones humanas	Constituye, y considera el contenido y significado de mensajes, la naturaleza y dimensiones del sistema de valores, la transcripción de imágenes en registros históricos, sutiles simbolizaciones artísticas, música, poesía y la compleja gama de emociones humanas. El nivel 8 abarca los sistemas de nivel 7 en interacción, con lo cual aparecen (emergen) las propiedades sistémicas.
9.	sistemas trascendentales	Completan los niveles de clasificación: estos son los últimos y absolutos, los ineludibles y desconocidos, los cuales también presentan estructuras sistemáticas e interrelaciones. Este noveno nivel sería más complejo que los precedentes (Bertalanffy, 2003).

Fuente: Elaboración propia

## **METODOLOGÍA SISTEMICA**

La Metodología Sistémica, el enfoque de sistemas y la intertransdisciplina, forman los tres conjuntos que interactúan formando un sistema que integra los conceptos básicos fundamentales para el desarrollo del estudio y aplicación de sistemas.

Podemos llegar a la conclusión de que la mejor manera de conocer la realidad es construyendo modelos, réplicas de la realidad. que la realidad está formada por sistemas y

subsistemas, es una forma de ver esa realidad a la que nos invita la Ciencia de los Sistemas o Sistémica. La realidad no entiende de esas cosas, tiene una forma natural de organizarse a la que nosotros, para comprenderla, decimos que se constituye en sistemas.

La metodología sistémica a través del análisis sistémico, como paso previo a la construcción del modelo permite conocer un sistema y los fenómenos futuros que pueda producir, considera suministrar también un lenguaje que aporta nuevas formas de ver los problemas complejos. Cuanto más exacto sea el modelo, con más aproximación lo predecirá.

El movimiento de sistemas ha venido desarrollando diversos métodos y metodologías orientados a solucionar diferentes tipos de problemas que surgen en estos sistemas más complejos. Por esta razón se puede argumentar que la investigación moderna en el área de sistemas se puede dividir en dos campos: teoría matemática de sistemas duros y los sistemas suaves de actividad humana (ver figura 1.3).



Figura 9. Tipología de problemas

### 1.1.2. Sistemas Duros (rígidos)

Un problema duro es aquel que *define con claridad la situación por resolver*, de manera que no hay cuestionamiento a la definición del problema planteado; el “qué” y el “cómo” son claramente distinguibles y no existen dudas acerca de uno u otro proceso. Son problemas que se encuentran en las ciencias exactas y requiere dejar muy en claro qué se está definiendo como problema. La solución de un problema duro implicará el establecimiento estructurado de unos pasos claramente definidos a través de los cuales se buscará obtener la solución previamente establecida.

Las metodologías de sistemas duros como puede ser la de investigación de operaciones (OR por sus siglas en Ingles), pueden ser apropiadas para casos donde los problemas estructurados se pueden formular explícitamente en un lenguaje que implique que está disponible una teoría referente a sus soluciones.

### 1.1.3. Sistemas Suaves (blandos)

Un problema blando es *aquel en que tanto el “qué” como el “cómo” son difíciles de definir*. Uno de los hallazgos de las investigaciones de Checkland fue que la metodología de la Ingeniería de Sistemas partía del supuesto de que el problema ya estaba definido antes del inicio del estudio de sistemas; es decir, el “qué” ya estaba dado. Sin embargo, el primer problema consiste precisamente en definir el “qué”. Una de las metodologías utilizadas para resolver problemas de sistemas suaves es precisamente la metodología de sistemas suaves (SSM por sus siglas en ingles).

Se dice que las “ciencias duras” tienen éxito dado que se ocupan de problemas blandos; las “ciencias blandas” tienen problemas pues deben ocuparse de problemas duros.

De acuerdo a lo visto anteriormente el tipo de sistema en este trabajo es un modelo artificial y es abierto, ya que se trata de modelos no lineales. Además al ser un sistema en donde se involucra el riesgo y la toma de decisiones de inversionistas se refiere a un sistema suave o blando, pero a su vez es un sistema rígido ya que involucra relaciones matemáticas no lineales (ciencias exactas). Por lo tanto, la metodología propuesta para la solución de problemas económicos- financieros se apoya en algunos estadios de la metodología desarrollada en 1981 por Peter Checkland y Scholes denominada Metodología de Sistemas Suaves (SSM, por sus siglas en ingles) que consta de 7 estadios. La metodología de Sistemas Suaves se encuentra en el anexo C.

## 2.2. PRODUCTOS FINANCIEROS DERIVADOS

### RIESGO

A través de los años muchas empresas han sufrido grandes pérdidas debido a decisiones mal tomadas o pronósticos equivocados sobre los tipos de cambio; por tal razón muchas empresas están tratando de minimizar los riesgos y para ello tienen que tomar medidas de seguridad que den confianza a los inversionistas y los directivos se despreocupen de esta situación. Tomando en cuenta lo anterior muchas empresas optan por tener administradores de riesgos siempre bajo la supervisión del director de finanzas, ya sea para pronosticar utilidades con variables que pueden fluctuar como el tipo de cambio o simplemente para conseguir más tranquilidad al ya estar asegurados precio futuros, de donde surgen los derivados como herramienta para protegerse contra riesgos financieros.

La manera en que una empresa puede cubrirse ante el riesgo es utilizando los mercados de derivados.

Riesgo es la posibilidad de que ocurra un evento que ocasione una pérdida en los recursos o flujos de efectivo futuros de una Entidad Organización o individuo.

En la figura 2.1 se muestra un diagrama de clasificación de riesgos



Figura 10. Tipos de Riesgo

De acuerdo al diagrama de la figura 2.1 los dos más importantes que se pretende disminuir en un mercado de derivados son los siguientes:

**Riesgo de Mercado.** Pérdida potencial ocasionada por movimientos adversos en los precios o tasas de los activos subyacentes.

Las medidas preventivas y correctivas al respecto, se relacionan con:

- Monitoreo permanente de los activos subyacentes y los precios de los contratos.
- Valuación diaria de posiciones y ejercicios
- Simulación de situaciones extremas
- Difusión de parámetros de valuación y riesgos
- Monitoreo de riesgos
- Liquidación diaria de pérdidas y ganancias
- Suspensiones y subastas
- Llamadas de margen en casos de alta volatilidad.

**Riesgo de liquidez.** Costo asociado con falta de liquidez, discontinuidad en la formación de precios, amplio spread de compraventa, retraso en la recepción de fondos. Las medidas preventivas y correctivas al respecto, se relacionan con:

- Inversión líquida de corto plazo
- Fideicomiso para ejecución de garantías
- Formadores de mercado
- Vigilancia de quebrantos o falta de pago
- Suspensiones, cierres o sanciones
- Vigilancia diaria de variaciones de garantías
- Adecuado manejo de desviaciones de precio teórico y de mercado
- Modificación de spread de formadores de mercado

## **MERCADO DE DERIVADOS**

Los instrumentos derivados, son instrumentos financieros negociables, en donde el precio o valor estará en función de una o más variables relacionadas con el activo en cuestión

Las variables de la cual se derivan los instrumentos derivados, son varias, pero las comúnmente utilizadas son: moneda, commodity, producto, tasa de interés, instrumentos de deuda, divisas y acciones.

El objetivo de un mercado de derivados es proteger a los tenedores (empresarios, productores, consumidores de materia prima, bancos, seguros, etc.), contra los riesgos financieros del mercado, provocado por la volatilidad en el tipo de cambio, tasa de interés, divisa, acciones, etc. Permitiéndoles a estos tomar decisiones con un alto grado de certidumbre con respecto a sus planes futuros (Díaz, 2004).

Función de los instrumentos derivados:

- 1) Mejorar la eficiencia del mecanismo del mercado.- mediante la compra y venta de productos derivados, se genera un nivel de competitividad favorable, produciendo con esto una reducción en los costos de transacciones de mercado físico.
- 2) Reduce la volatilidad.- esto sucede, puesto que en el mercado de derivados, controla el riesgo de mercado ante fluctuaciones en la tasa de interés y los tipos de cambio, trayendo consigo la estabilidad del mercado.
- 3) Genera nuevos productos. La mayor parte de las innovaciones financieras producidas en los últimos años han sido provocadas por los productos derivados.
- 4) Contribuye a la formación de capital.
- 5) Según la teoría macroeconómica, menciona que cuando hay un incremento en la inflación y la incertidumbre económica, genera una disminución de la producción y en las tasas de ahorro y de inversión.

Los tipos de instrumentos que se manejan en un mercado de derivados son:

- forwards
- futuros
- opciones
- Swaps

#### 1.1.4. Forwards

Son contratos que se celebran entre bancos, o entre un banco y alguno de sus clientes. Los inversionistas normalmente utilizan los forward para “cubrir préstamos

futuros o como medio de negociar un contrato de futuros no estandarizado, “over the counter” (OTC).

No requiere el pago de garantías y las características del contrato, como son calidad, cantidad, fecha y lugar de entrega del activo son negociadas entre el comprador y el vendedor. En los forward no existe flujo de efectivo entre las partes hasta el vencimiento del contrato. Los más utilizados son sobre tipos de cambio y sobre tasas de interés.

### 1.1.5. Futuros

Son contratos cuya función es fijar el precio actual del activo de referencia para ser pagado y entregado en una fecha futura. Estos instrumentos sirven para cubrir riesgos, ya sea de tipo de interés, de tipo de cambio, o de variación de precios. En la negociación de futuros, tanto el comprador como el vendedor están obligados a intercambiar el subyacente. Dicho subyacente debe ser de una cantidad, calidad, plazo, lugar de entrega y forma de liquidación estandarizado. Sin embargo, su precio es negociable. Al momento de vender contratos de futuros, se dice que se produce una cobertura o *posición corta*. Cuando se compran contratos de futuros, se adopta una *posición larga* (Santillan, 2007).

En los futuros, cada una de las partes debe pagar una garantía a la Cámara de Compensación, la cual actúa como intermediario que respalda el cumplimiento de las obligaciones adquiridas al firmar el contrato. Esta garantía representa un pequeño porcentaje del total de la operación. Es muy común que estos derivados se liquiden antes del vencimiento. Sin embargo, si llega la fecha de vencimiento, la entrega del activo subyacente se puede hacer de tres formas distintas:

a) Si el activo no se puede entregar físicamente, el contrato se liquida mediante la devolución del depósito en garantía inicial, más las ganancias o menos las pérdidas que se originen el último día de negociación.

- b) Si el activo sí es entregable, la Cámara de Compensación lleva a cabo sus funciones de intermediario, comprando el activo al vendedor y vendiéndolo al comprador. Además, la Cámara se encarga de pagar al vendedor el dinero entregado por el comprador.
- c) Si existen varios activos entregables, el vendedor decide cuáles de ellos entregará a la Cámara para que ésta los traspase al comprador.

Actualmente los futuros sobre índices, sobre tipos de interés y sobre tipos de cambio son los que se negocian más comúnmente en los mercados financieros. Los Futuros sobre índices bursátiles son contratos cuyo precio depende de los movimientos de una canasta de acciones utilizada para calcular dichos índices. El instrumento financiero no tiene una existencia física, por lo que la liquidación se realiza mediante la entrega de dinero. Este tipo de instrumentos se utilizan mucho para cubrir el riesgo de precio al adquirir una cartera de acciones.

Los futuros sobre tipos de interés se negocian con el objetivo de fijar un tipo de interés sobre los títulos de deuda emitidos. Al vencimiento del futuro, el vendedor se compromete a entregar la cantidad de títulos de deuda especificados en el contrato a la tasa pactada, y el comprador entrega dinero y recibe los títulos.

Los futuros sobre tipo de cambio son contratos sobre monedas extranjeras que se utilizan para cubrir los riesgos que originan los movimientos en los tipos de cambio. La actividad en la que principalmente se utilizan los futuros sobre divisas, es la de exportación-importación. Los inversionistas pueden realizar transacciones en moneda extranjera, para ser pagadas o cobradas en una fecha futura, sin preocuparse por la volatilidad del mercado.

#### **1.1.6. Opciones**

Las opciones otorgan a su poseedor el derecho de comprar o vender un activo a un precio fijo, en un momento específico en el futuro. Si el tenedor de la opción no desea ejercerla, no está obligado a hacerlo. “Cuando el derecho que se adquiere es para vender, la opción se conoce como *put*. Cuando el derecho que se adquiere es de

comprar, la opción se conoce como *call*". Este tipo de contratos pueden ser ejercidos en la fecha de vencimiento o antes. Si se ejercen en cualquier momento desde la fecha de su adquisición hasta la fecha de vencimiento, se denominan *opciones americanas*; si se ejercen únicamente en el momento del vencimiento, reciben el nombre de *opciones europeas* (Santillan, 2007).

Si la opción no se ejerce, la única pérdida adquirida es equivalente al valor de la prima pagada al inicio de la operación. El vendedor de opciones está obligado a pagar un margen de garantía a la Cámara de Compensación para que el comprador esté seguro de que obtendrá las acciones o el dinero cuando así se lo requiera. Según Diez y Mascareñas (1994), la diferencia entre un accionista y un inversionista que posee opciones, es que el accionista tiene derechos sobre una parte de los activos de la empresa. Por el contrario, los inversionistas que compran o venden opciones no tienen injerencia alguna sobre la empresa; sólo tienen un derecho sobre los títulos representativos de las acciones. Las opciones se pueden emitir sobre un gran número de bienes. Sin embargo, las más comunes son las acciones, los índices, las divisas extranjeras, y los futuros.

Los contratos de opciones sobre acciones dan a su poseedor el derecho de comprar o vender el número de acciones que se estipule en cada contrato.

Mediante las opciones sobre índices se puede comprar o vender un índice de mercado al precio de ejercicio. El precio de ejercicio es el monto al cual se ejercerá la opción. En caso de que se ejerza, se producirá un pago entre el comprador y el vendedor por la diferencia entre el índice y el precio de ejercicio.

Las opciones sobre índices permiten a los inversionistas cubrir el riesgo de mercado de sus inversiones. Este tipo de opciones representan una gran ventaja para los que tienen experiencia prediciendo los movimientos del mercado, ya que los índices bursátiles se comportan en forma paralela. Otro tipo muy popular de opciones son las que se negocian sobre divisas. Estos contratos, al igual que los de futuros, transfieren el riesgo de las variaciones del tipo de cambio a aquellos que estén dispuestos a asumirlos.

Las opciones sobre divisas ayudarán al inversionista "...a proteger el poder adquisitivo de su dinero a cambio de pagar una cantidad conocida (la prima)".

### 1.1.7. Swaps

Los llamados swaps o permuta financiera son productos derivados que sirven para administrar riesgos tanto de tipo de cambio como de tipos de interés. Las partes integrantes de estas operaciones acuerdan intercambiar una divisa por otra, o pagar un tipo de tasa de interés a cambio de recibir otro tipo de tasa de interés. Estas negociaciones se llevan a cabo, entre otras razones, por la dificultad que enfrentan las empresas para obtener financiamiento a un tipo de interés fijo, o en una divisa determinada. Por lo tanto, dichas empresas acuden a un intermediario financiero para encontrar a otros inversionistas que cubran sus expectativas. Una de las ventajas de los swaps es que al realizar un intercambio de flujos de efectivo se logra reducir costos de financiamiento. Además, las partes contractuales se benefician mutuamente reduciendo sus riesgos financieros de acuerdo con sus necesidades (Santillan,2007).

En los swaps de tipos de interés, los involucrados pagan intereses a su contraparte de intereses sobre obligaciones de deuda. Estos pagos son en una misma moneda y no se transfiere el monto del principal.

Estos productos derivados se pueden clasificar en dos categorías:

a) *Swaps fijo/flotante*. Una parte paga los intereses a tipo fijo y recibe de la otra parte intereses a tipo variable. Estos intereses son pagados a través de un banco intermediario, sobre un importe especificado en el contrato.

b) *Swaps flotante/flotante*. Los participantes realizan los pagos a un tipo de interés variable. "Además de las ventajas de costo, los swaps de tipo de interés también proporcionan a las empresas una forma para introducirse en mercados a los que de otro modo no podrían acceder, bien sea por razón de su solvencia, no ser conocida en el mercado o su elevado grado de endeudamiento"

Por otro lado, los inversionistas interesados en los swaps sobre divisas desean negociar en una moneda distinta a la que manejan normalmente. A través de un intermediario financiero, los partícipes de esta operación acuerdan realizar pagos periódicos sobre un principal, así como de los intereses devengados. El total de la suma de estos pagos debe ser igual al valor del principal. Los tipos de interés devengados pueden ser fijos para ambas partes, variables para ambas partes, o mixtos (fijo-variable o variable-fijo).

Cabe señalar que el tipo de cambio utilizado durante el tiempo que dure la operación será el mismo desde la fecha en la que se inició la obligación hasta su vencimiento.

### **Mercado Mexicano de Derivados (MexDer)**

Es la *Bolsa de Derivados de México*, la cual inició operaciones el 15 de diciembre de 1998 al listar contratos de futuros sobre subyacentes financieros, siendo constituida como una sociedad anónima de capital variable, autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Este hecho, constituye uno de los avances más significativos en el proceso de desarrollo e internacionalización del Sistema Financiero Mexicano (MexDer, 2009).

#### **1.1.8. Origen**

La planeación de un Mercado de derivados en nuestro país ha sido el resultado del esfuerzo de varias instituciones, tales como la Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles (AMIB), la S.D. Ineval, así como la Bolsa Mexicana de Valores, las cuales, son responsables de este mercado, y son las que dieron forma a su estructura, tanto operativa, a nivel de normatividad y vigilancia. Esta última de parte de autoridades como la SHCP, la CNBV, y el BANXICO, quienes se encargan de ver el cumplimiento de cierto tipo de requerimientos a nivel operativo, prudencial, tecnológico y jurídico. El esfuerzo hecho por estos organismos para poder establecer un proyecto como el MexDer, ha sido digno de reconocimiento, ya que no hace mucho que el país pasó por una gran crisis financiera, por lo cual se tuvo que fortalecer la estructura regulatoria para la

implementación de este mercado. Lo anterior contribuyó a que este mercado una mayor estabilidad y existiera una mayor confianza de parte de los inversionistas a participar en este mercado.

La creación de este Mercado Mexicano de Derivados inició en 1994, financiado por la Bolsa Mexicana de Valores. Además se inició la cámara de compensación con el nombre de “Asigna, Compensación y Liquidación”, bajo la responsabilidad de Indeval. El inicio del mercado de derivados en nuestro país ha sido bien visto en el panorama internacional, en especial por organismos como el Fondo Monetario Internacional, así como del IFC (International Finance Corporation), quienes han estado a favor del manejo de derivados financieros como herramienta para controlar riesgos financieros e impulsar la estabilidad económica de los países que cuenten con este tipo de mercados.

Los primeros contratos a futuro que se comenzaron a negociar en nuestro país fueron a través de la Bolsa Mexicana de Valores, estos contratos fueron sobre el tipo de cambio entre el peso mexicano y el dólar, que más tarde, en 1982, fueron suspendidos, después de 6 años que duraron estos contratos.

Fue un año más tarde cuando se emitieron contratos a futuro referentes acerca de acciones individuales y petrobonos, pero no fue hasta 1986 que se registraron operaciones de estos contratos. El gobierno federal ha emitido instrumentos híbridos, los cuales han sido de gran importancia en la conformación de carteras de inversión. Entre los instrumentos híbridos podemos destacar los siguientes:

- Petrobonos (1977 a 1991).
- Pagafes (1986 a 1991).
- Tesobonos (1989 hasta nuestros días).

En el año de 1992 se suspendieron los contratos “forward Over The Counter”, debido a la carencia de un marco operativo formal. Los cuales comenzaron a principios de los 90. En 1994, el Banco de México emitió normas sobre los contratos forward relacionados a las tasas de interés interbancaria promedio y sobre el índice nacional de precios al consumidor.

Comenzaron a operarse en la Bolsa Mexicana de Valores en el año de 1992 los warrants, que comprendían acciones individuales sobre índices accionarios. Sobre estos índices mexicanos se comenzó a operar entre los años de 1992 y 1994 en bolsas de valores a nivel internacional como Luxemburgo y Londres.

### DERIVADOS SOBRE SUBYACENTES MEXICANOS:

En 1994 se negociaron opciones acerca de acciones mexicanas en mercados como el CBOE, AMEX, NYOE, NYSE entre otros. Entre los contratos que más prevalecieron por su éxito estuvo sin duda el de Telmex L, ya que en ese tiempo que se negoció en el CBOE, se operaron más de 30 millones de contratos. Más tarde, en el tiempo comprendido entre 1994 y 1997, se lograron avances muy significativos para la puesta en marcha del MexDer, tales como el lograr una conexión en el tiempo real entre la BMV y la S.D. Indeval, donde se llegó a una valuación diaria de instrumentos, tanto de capital, como de deuda.

Hubo una incorporación de intermediarios internacionales en la BMV, así como la participación de parte de los bancos en títulos de deuda sobre la misma BMV, así como la publicación de reglas, emitidas por las autoridades financieras. Estas reglas, publicadas en 1996 en el Diario Oficial de la Federación definen la estructura, y las formas de operación de los participantes de este mercado. Un año más tarde, se definieron las normas de carácter prudencial de los participantes y organismos como MexDer y Asigna, dichas normas fueron publicadas en un documento por la CNBV.

La reglamentación de este mercado en nuestro país comprendió normas de operación, procedimientos para la admisión de socios, procesos arbitrales y disciplinarios, mecanismos de auditoría, sanciones por incumplimiento y la supervisión y vigilancia de MexDer y Asigna.

Es así como en septiembre de 1997 comenzó, después de varias juntas preconstitutivas, en las que se marcó la estructura corporativa de este mercado, la solicitud para constituir el Mercado Mexicano de Derivados y Asigna.

El mercado Mexicano de Derivados, que es la Bolsa de Derivados de México, inició sus operaciones el 15 de Diciembre de 1998 listando contratos de futuros sobre subyacentes financieros.

### 1.1.9. Tipos de contratos negociados en el MexDer

Hoy en día, los productos que son negociados en el MexDer son los siguientes:

#### CONTRATOS DE FUTUROS

- Divisas

La tabla 2.1. Muestra las características de los contratos de divisas.

**Tabla 8. Características del Contrato de futuros sobre divisas**

Tabla 2.1. Características del Contrato de futuros sobre divisas		
Características del Contrato	FUTUROS SOBRE DIVISAS	
	Dólar de los Estados Unidos de América	Euro: moneda de curso legal de la Unión Monetaria Europea
Tamaño del contrato	\$10,000.00 Dólares americanos	10,000.00 Euros
Periodo del contrato	Ciclo mensual hasta por tres años	Ciclo mensual hasta por un año.
Clave de pizarra	DA más mes y año de vencimiento: DA MR06 (marzo de 2006)	EURO más mes y año de vencimiento: EURO MR06 (marzo de 2006)
Unidad de cotización	Pesos por Dólar	Pesos por Euro
Fluctuación mínima	0.0001 pesos, valor de la puja por contrato 1.00 pesos	0.0001 pesos, valor de la puja por contrato 1.00 pesos
Horario de negociación	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México
Último día de negociación y vencimiento	lunes en la semana que corresponda al tercer miércoles del mes de vencimiento y si fuera inhábil sería el día hábil inmediato anterior.	Dos días hábiles antes de la fecha de liquidación.
Liquidación al vencimiento	Segundo día hábil siguiente a la fecha de vencimiento.	Tercer miércoles hábil del mes de vencimiento.

Fuente: MexDer, 2009

- Índices

La tabla 2.2. Muestra las características de los contratos de Índices.

**Tabla 9. Características del Contrato de futuros sobre Índices**

Tabla 2.2. Características del Contrato de futuros sobre Índices	
Características del Contrato	FUTUROS SOBRE INDICES ACCIONARIOS
	Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores
<b>Tamaño del contrato</b>	\$10.00 (diez pesos 00/100) multiplicados por el valor del IPC
<b>Periodo del contrato</b>	Ciclo trimestral: marzo, junio, septiembre, diciembre hasta por un año
<b>Clave de pizarra</b>	IPC más mes y año de vencimiento: IPC JN05 (junio de 2005)
<b>Unidad de cotización</b>	Puntos del IPC
<b>Fluctuación mínima</b>	5.00 (cinco puntos del IPC) por el valor de un punto del IPC (10.00 pesos)
<b>Horario de negociación</b>	7:30 a 15:00 horas tiempo de la Cd. de México.
<b>Último día de negociación y vencimiento</b>	Tercer viernes del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior, si dicho viernes es inhábil
<b>Liquidación al vencimiento</b>	Es el día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento

Fuente: MexDer, 2009

- Deuda

La tabla 2.3. Muestra las características de los contratos de deuda.

**Tabla 10. Características del Contrato de futuros sobre deudas**

Tabla 2.3. Características del Contrato de futuros sobre deuda						
	FUTUROS SOBRE DEUDA					
	TIIE	CETES	BONO M3	BONO M10	BONO M20	UDI
<b>Características del Contrato</b>	Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 28 días (TIIE)	Certificados de la Tesorería de la Federación a 91 días (CETES)	Bono de Desarrollo del Gobierno Federal de 3 años a tasa fija (liquidación en especie)	Bono de Desarrollo del Gobierno Federal de 10 años a tasa fija (liquidación en especie)	Bono de Desarrollo del Gobierno Federal de 20 años a tasa fija (liquidación en especie)	Unidades de Inversión
<b>Tamaño del contrato</b>	100,000.00 Pesos	10,000 Cetes (Equivalente a \$100,000.00 pesos)	1,000 Bonos (Equivalente a \$100,000.00 pesos)	1,000 Bonos (Equivalente a \$100,000.00 pesos)	1,000 Bonos (Equivalente a \$100,000.00 pesos)	50,000 UDI's
<b>Periodo del contrato</b>	Ciclo mensual por 120 meses (10 años)	Ciclo mensual por 12 meses y 24 trimestrales (7 años)	Ciclo trimestral: Hasta por 12 periodos (3 años)	Ciclo trimestral: Hasta por 12 periodos (3 años)	Ciclo trimestral: Hasta por 12 periodos (3 años)	Ciclo mensual por 12 meses y 16 trimestrales (4 años)

**Tabla 2.3. Características del Contrato de futuros sobre deuda**

FUTUROS SOBRE DEUDA						
	TIIE	CETES	BONO M3	BONO M10	BONO M20	UDI
Clave de pizarra	TE28 más mes y año de vencimiento  TE28 FB09 (febrero de 2009)	CE91 más mes y año de vencimiento: CE91 FB09 (febrero de 2009)	M3 más mes y año de vencimiento: M3 DC09 (diciembre de 2009)	M10 más mes y año de vencimiento: M10 DC09 (diciembre de 2009)	M20 más mes y año de vencimiento: M10 DC09 (diciembre de 2009)	UDI más mes y año de vencimiento UDI DC09 (diciembre de 2009)
Unidad de cotización	La Tasa Futura a la tasa porcentual de rendimiento anualizada, expresada en tantos por ciento, con dos dígitos después del punto decimal.	La Tasa Futura a la tasa porcentual de rendimiento anualizada, expresada en tantos por ciento, con dos dígitos después del punto decimal.	A precio, expresado en pesos, con tres decimales después del punto decimal	A precio, expresado en pesos, con tres decimales después del punto decimal.	A precio, expresado en pesos, con tres decimales después del punto decimal.	Valor de la UDI expresado en pesos, multiplicado por un factor de 100.
Fluctuación mínima	1 Punto Base.	1 Punto Base	0.025 Pesos.	0.025 Pesos.	0.025 Pesos.	0.001 Pesos por UDI.
Horario de negociación	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México.	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México.	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México.	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México	7:30 a 15:00 horas tiempo de la Cd. de México
Último día de negociación y vencimiento	Día hábil siguiente a la subasta primaria en la semana del tercer miércoles del mes de vencimiento.	Día de la subasta primaria en la semana del tercer miércoles de cada mes.	El último día de negociación, será el tercer día hábil previo a la fecha de vencimiento de la serie. La fecha de vencimiento será el último día hábil del mes de vencimiento de la serie.	El último día de negociación, será el tercer día hábil previo a la fecha de vencimiento de la serie. La fecha de vencimiento será el último día hábil del mes de vencimiento de la serie.	El último día de negociación, será el tercer día hábil previo a la fecha de vencimiento de la serie. La fecha de vencimiento será el último día hábil del mes de vencimiento de la serie.	El día 10 del mes de vencimiento, si este fuera inhábil, sería el día hábil inmediato anterior.

Tabla 2.3. Características del Contrato de futuros sobre deuda						
FUTUROS SOBRE DEUDA						
	TIIE	CETES	BONO M3	BONO M10	BONO M20	UDI
Liquidación al vencimiento	Día hábil siguiente a la fecha de vencimiento.	Día hábil siguiente a la fecha de vencimiento.	Liquidación en especie según Condiciones Generales de Contratación.	Liquidación en especie según Condiciones Generales de Contratación.	Liquidación en especie según Condiciones Generales de Contratación.	Liquidación en efectivo al día hábil siguiente de la fecha de vencimiento.

Fuente: MexDer,2009

- Acciones

La tabla 2.4. Muestra las características de los contratos de Índices.

**Tabla 11. Características del Contrato de futuros sobre Acciones.**

Tabla 2.4. Características del Contrato de futuros sobre Acciones	
Características del Contrato	FUTUROS SOBRE ACCIONES INDIVIDUALES
	América Móvil, S.A. de C.V.
	<a href="#">Cementos Mexicanos, S.A. de C.V. (CEMEX CPO) CXC</a>
	Fomento Económico Mexicano, S.A. de C.V. (FEMSA UBD)
	Grupo Carso, S.A. de C.V. (GCARSO A1)
	<a href="#">Teléfonos de México, S.A. de C.V. (TELMEX L) TXL</a>
	Wal-Mart de México, S.A.B. de C.V. (Walmex V)
	(Liquidación en especie)
Tamaño del contrato	100 acciones
Periodo del contrato	Ciclo trimestral: marzo, junio, septiembre y diciembre, hasta por un año.
Clave de pizarra	Tres letras relacionadas a la acción + mes y año de vencimiento, por Ej:
	AXL DC06                      CXC DC06
	FEM DC06                      GCA DC06
	TXL DC06
Unidad de cotización	Pesos y centavos de peso por acción.
Fluctuación mínima	El tamaño de la puja será igual a la utilizada en la negociación del subyacente en la BMV.
Horario de negociación	7:30 a 15:00 horas tiempo de la Cd. de México.
Último día de negociación y vencimiento	Tercer viernes del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior, si dicho viernes es inhábil.
Liquidación al vencimiento	Es el tercer Día Hábil posterior a la Fecha de Vencimiento.

Fuente: MexDer,2009

### CONTRATOS DE OPCIONES

- Índices
- La tabla 2.5. Muestra las características de los contratos de opción de Índices.

**Tabla 12. Características del Contrato Opciones sobre Futuros de Índices**

Tabla 2.5. Características del Contrato Opciones sobre Futuros de Índices			
<b>Características del Contrato</b>	<b>OPCIONES SOBRE FUTUROS DE INDICES ACCIONARIOS</b>		
	Opciones sobre Futuros del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores		
<b>Tamaño del contrato</b>	\$10.00 (diez pesos 00/100) multiplicados por el Precio o Prima del Contrato de Opción.		
<b>Tipos de Contratos</b>	Opción de compra (Call)		
	Opción de venta (Put)		
<b>Estilo del Contrato</b>	Europeo		
<b>Periodo del contrato</b>	Ciclo trimestral: marzo, junio, septiembre y diciembre hasta por un año.		
<b>Precios de Ejercicio</b>	Se expresarán en puntos enteros del IPC y serán múltiplos de 50 puntos.		
<b>Claves del mes de vencimiento</b>		<b>CALL</b>	<b>PUT</b>
	MAR	C	O
	JUN	F	R
	SEP	I	U
	DIC	L	X
<b>Clave de pizarra</b>	IP más cinco dígitos para especificar el precio de ejercicio y un dígito que especifica el tipo de Contrato de Opción y el mes de vencimiento: IP 10500C Opción CALL con vencimiento en Marzo. IP 10500X Opción PUT con vencimiento en Diciembre		
<b>Unidad de cotización</b>	Puntos del IPC		
<b>Fluctuación mínima</b>	Fluctuación mínima de la Prima de 1.00 puntos de índice (IPC).		
<b>Horario de negociación</b>	7:30 a 15:00 horas tiempo de la Cd. de México.		
<b>Último día de negociación y vencimiento</b>	Tercer viernes del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior, si dicho viernes es inhábil		
<b>Liquidación al vencimiento</b>	Es el día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento		

Fuente: MexDer, 2009

- Acciones

La tabla 2.6. Muestra las características de los contratos de opción sobre acciones.

**Tabla 13. Características del Contrato Opciones sobre Acciones**

Tabla 2.6. Características del Contrato Opciones sobre Acciones						
<b>Características del Contrato</b>	<b>OPCIONES SOBRE ACCIONES INDIVIDUALES</b>					
	América Móvil, S.A. de C.V.	Cementos Mexicanos, S.A.B. de C.V. serie CPO	Grupo Televisa, S.A.B.	Grupo México, S.A.B. de C.V., Serie B	Wal-Mart de México, S.A.B. de C.V. serie V	Naftrac 02
	(liquidación en especie)					
<b>Tamaño del contrato</b>	100 acciones					
<b>Tipos de Contratos</b>	Opción de compra (Call)					

**Tabla 2.6. Características del Contrato Opciones sobre Acciones**

OPCIONES SOBRE ACCIONES INDIVIDUALES						
<b>Características del Contrato</b>	América Móvil, S.A. de C.V.	Cementos Mexicanos, S.A.B. de C.V. serie CPO	Grupo Televisa, S.A.B.	Grupo México, S.A.B. de C.V., Serie B	Wal-Mart de México, S.A.B. de C.V. serie V	Naftlac 02
	(liquidación en especie)					
	Opción de venta (Put)					
<b>Estilo del Contrato</b>	Americano					
<b>Periodo del contrato</b>	Ciclo trimestral: marzo, junio, septiembre y diciembre hasta por un año.					
<b>Precios de Ejercicio</b>	Distarán uno del otro dependiendo del precio de la Acción que sea el Activo Subyacente y siempre serán múltiplos de un intervalo.					
<b>Claves del mes de vencimiento</b>				<b>CALL</b>	<b>PUT</b>	
	MAR			C	O	
	JUN			F	R	
	SEP			I	U	
	DIC			L	X	
<b>Clave de pizarra</b>	Los primeros dos dígitos serán característicos del nombre del Activo Subyacente, se agregarán hasta 5 dígitos para especificar Precio de Ejercicio (tres enteros y dos decimales) y un dígito más Tipo de Contrato de Opción y el mes de vencimiento:					
	AX 2400F Opción CALL con vencimiento en Junio.	CX 2400F Opción CALL con vencimiento en Junio.	TV 2400F Opción CALL con vencimiento en Junio.	GM 2400F Opción CALL con vencimiento en Junio.	WA 2400F Opción CALL con vencimiento en Junio.	NA 1030F Opción CALL con vencimiento en Junio.
	AX 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre	CX 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre	TV 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre	GM 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre	WA 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre	NA 1010U Opción PUT con vencimiento en Septiembre
<b>Unidad de cotización</b>	Pesos y Centavos de Peso por unidad de Activo Subyacente.					
<b>Fluctuación mínima</b>	Fluctuación mínima de la Prima de \$0.01 (un centavo de Peso).					
<b>Horario de negociación</b>	7:30 a 15:00 horas tiempo de la Cd. de México.					
<b>Último día de negociación y vencimiento</b>	Tercer viernes del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior, si dicho viernes es inhábil.					
<b>Liquidación al vencimiento</b>	Es el tercer día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.					

Fuente: MexDer, 2009

- Divisas

La tabla 2.7. Muestra las características de los contratos de opción sobre divisas.

**Tabla 14. Características del Contrato Opciones sobre futuros del Índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores**

Tabla 2.7. Características del Contrato Opciones sobre Futuros del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores			
<b>Características del Contrato</b>	<b>OPCIONES SOBRE EL DÓLAR DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA</b>		
	Dólar de los Estados Unidos de América		
	DA		
<b>Tamaño del contrato</b>	\$10,000.00 (diez mil dólares 00/100)		
<b>Tipos de Contratos</b>	Opción de compra (Call)		
	Opción de venta (Put)		
<b>Estilo del Contrato</b>	Europeo		
<b>Periodo del contrato</b>	Ciclo trimestral: marzo, junio, septiembre y diciembre hasta por un año.		
<b>Precios de Ejercicio</b>	Se expresarán en pesos de acuerdo al precio del Dólar fecha valor spot y serán múltiplos de 0.05 pesos.		
<b>Claves del mes de vencimiento</b>		<b>CALL</b>	<b>PUT</b>
		C	O
	MAR		
	JUN	F	R
	SEP	I	U
	DIC	L	X
<b>Clave de pizarra</b>	DA más cinco dígitos para especificar el precio de ejercicio y un dígito que especifica el tipo de Contrato de Opción y el mes de vencimiento:		
	DA 11250C Opción CALL con vencimiento en Marzo.		
	DA 11200X Opción PUT con vencimiento en Diciembre.		
<b>Unidad de cotización</b>	Pesos y Centavos de peso por unidad de Activo Subyacente.		
<b>Fluctuación mínima</b>	Fluctuación mínima de la Prima de \$0.001 (Un milésimo de Peso).		
<b>Horario de negociación</b>	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México.		
<b>Último día de negociación y vencimiento</b>	Día de vencimiento del contrato de futuro mensual sobre el dólar de los Estados Unidos de América listado en MexDer para el mes de vencimiento de dicha Serie.		
<b>Liquidación al vencimiento</b>	El segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento		

Fuente: MexDer,2009

## SWAPS

La tabla 2.8. Muestra las características de los contratos swap.

**Tabla 15. Características del Contrato Swap**

Tabla 2.8. Características del Contrato Swap								
Características del Contrato	Tamaño del contrato	Periodo del contrato	Unidad de cotización	Fluctuación mínima	Horario de negociación	Último día de negociación y vencimiento	Liquidación al vencimiento	
<a href="#">TIIE 10</a>	Swap de Tasa de Interés a un plazo de 10 años	1'000,000.00 Pesos	Ciclo mensual o trimestral hasta por 1 año	La Tasa Futura de rendimiento o anualizado expresada en puntos porcentuales con tres dígitos después del punto decimal.	0.5 Puntos Base.	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México	Día hábil siguiente a la subasta primaria en la semana del tercer miércoles del mes de vencimiento	Día hábil siguiente a la fecha de vencimiento .
<a href="#">TIIE 2</a>	Swap de Tasa de Interés a un plazo de 2 años	1'000,000.00 Pesos	Ciclo mensual o trimestral hasta por 1 año	La Tasa Futura de rendimiento o anualizado expresada en puntos porcentuales con tres dígitos después del punto decimal	0.5 Puntos Base.	7:30 a 14:15 horas tiempo de la Cd. de México.	Día hábil siguiente a la subasta primaria en la semana del tercer miércoles del mes de vencimiento	Día hábil siguiente a la fecha de vencimiento .

Fuente: MexDer, 2009

Actualmente, Asigna presenta una gran solvencia y seguridad, es por eso que cuenta con la mejor calidad crediticia en México (AAA), respaldada principalmente por sus socios, los cuales son instituciones como BBVA-Bancomer, Banamex-Citigroup, Santander- Serfín y Scotiabank-Inverlat.

Debido a la gran fortaleza y rentabilidad de Asigna, el MexDer es un mercado seguro y con credibilidad para los inversionistas. Todo esto junto a la incorporación de las AFORES y aseguradoras para operar con instrumentos derivados ha hecho que actualmente en nuestro país haya un Mercado de Derivados en pleno crecimiento que va teniendo una mayor consolidación, y que cada vez despierta un mayor interés y un incremento en cuanto al número de participantes.

#### 1.1.10. Funcionamiento del Mercado de Derivados en México

A continuación se describe la organización y la normatividad del mercado de derivados en nuestro país.

### ORGANIZACIÓN DEL MEXDER:

Los participantes del MexDer son los siguientes ( MexDer,2009):

- **Operadores:** Personas morales, quienes operan en función de comisionistas de Socios Liquidadores contratos en el MexDer a través de su Sistema Electrónico de Negociación.
- **Formadores de Mercado:** Su principal finalidad es la de promover la negociación de cotizaciones, ya sean de compra o venta de Contratos de Futuros y Opciones, los Formadores de Mercado son operadores que cuentan con la aprobación del MexDer para desempeñar las funciones antes mencionadas.
- **Socios Liquidadores:** Tienen como principal finalidad el liquidar contratos de futuros por cuenta de instituciones de Banca Múltiple, Casas de Bolsa y clientes, aportando el patrimonio de Asigna Compensación y Liquidación, así como, por cuenta de clientes, celebrar contratos de Futuros y Opciones. Estos Socios Liquidadores son fideicomisos, los cuales están en el MexDer como accionistas, aparte de especializarse en la evaluación de riesgos.

La estructura y el funcionamiento del MexDer, Asigna, de los Socios Liquidadores y Operadores están determinados por las reglas emitidas de carácter prudencial. En cuanto al control de riesgos, el MexDer y Asigna son las instituciones que están a cargo de supervisar el cumplimiento, de parte de los Socios Liquidadores, Operadores y las demás personas que están acreditadas, de establecer la normatividad, con el fin de asegurar la transparencia y la seguridad de los que están interesados en participar en este mercado.

Este control de riesgos se lleva a cabo mediante auditorias, certificación del personal de Socios Liquidadores y Operadores, la disposición y validación de sistemas, aplicación del Código de Ética Profesional de la Comunidad Bursátil Mexicana y aplicación de medidas preventivas y de emergencia, entre otras. La estructura corporativa del MexDer consta principalmente de una Asamblea de Accionistas, un Consejo de Administración, Comités y Funcionarios. Las divisiones y funciones de cada una de las anteriores se describen a continuación:

- **Asamblea de Accionistas:** Es el órgano de mayor rango, ya que las resoluciones a las que se llegan ahí, deben ser obligatorias para los accionistas.

- **Consejo de Administración:** Entre las funciones que desempeña este consejo se destacan el resolver la admisión de nuevos participantes por medio de solicitudes, este consejo es el encargado de formar los comités que sirvan para la solución de problemas, de dictaminar la forma en que estos comités se van a integrar y la manera en que van a funcionar.
- Otra función referente a este consejo, es la de autorizar o suspender la inscripción de los Operadores y Socios Liquidadores, así como el solucionar cualquier clase de problema que pueda interrumpir alguna negociación. La división de los Comités es la siguiente:
- **Comité Ejecutivo:** Está conformado por el Presidente del Consejo de Administración, Socios Liquidadores y Operadores, las funciones de este comité son el elaborar planes con el fin de crear estrategias a favor del desarrollo de este mercado, presentar propuestas de servicios, tarifas, comisiones y derechos, revisar o proponer cambios en los presupuestos de ingresos, egresos e inversión institucional.
- **Comité de Admisión de Nuevos Productos:** Este comité ayuda al consejo en sus facultades técnicas, como el admitir a Socios Liquidadores y Operadores, así como el autorizar a nuevos miembros y acreditar al personal de estos.
- **Comité Normativo y de Ética:** Integrado por personas especializadas a nivel regulatorio, ayuda al Consejo Administrativo a nivel normativo.
- **Comité de Auditoría:** Se encarga de realizar la auditoria para Operadores, Cámara de Compensación y Socios Liquidadores por medio de la implantación de diversos programas.
- **Comité Disciplinario y Arbitral:** Este comité, con base en la normatividad establecida se encarga de la vigilancia, así como de sancionar a los infractores que no cumplan con dicha normatividad.
- **Comité de Certificación:** De acuerdo al Reglamento Interior y el Manual de Políticas y Procedimientos de este mercado, se encarga de la supervisión del proceso de certificar a Operadores y Socios Liquidadores.
- **Comité de Cámara de Compensación:** Se encarga de las tarifas y comisiones cobradas por la prestación de servicios que son contratados entre Asigna y el Mercado Mexicano de Derivados.
- **Comité de Promoción:** La principal función de este comité es de darle difusión al mercado de derivados, a través de diversas estrategias que tiendan a acrecentar la

cultura general y el conocimiento de este tipo de mercados en nuestro país. Los funcionarios que conforman la estructura corporativa son los siguientes:

- **Director General:** Esta persona determina las funciones y los cargos que van a tener los responsables de cada área, así como de los colaboradores de estas personas, establece en general programas de trabajo, también determina las metas y funcionamiento de cada área de trabajo. Esta persona es definida por parte del Consejo de Administración.
- **Contralor Normativo:** La función que desempeña esta persona es la vigilancia de las disposiciones emitidas por el MexDer y las autoridades financieras mexicanas, propone al Consejo modificaciones o adiciones enfocadas a prevenir conflictos de interés, hacer buen uso de información, así como definir requerimientos en la elaboración de manuales donde se definen los procedimientos internos.
- **Responsables de Área:** Comandados por el Director General, tienen como función principal el llevar a cabo las funciones que sean necesarias, las cuales están establecidas en los Manuales Operativos y Reglamentos Internos.

#### NORMATIVIDAD DEL MEXDER

Los clientes que participan en el MexDer están constituidos por personas físicas y personas morales, y pueden ser de nacionalidad mexicana o extranjera. Para poder convertirse en cliente y participar en este mercado, la persona interesada debe acudir con algún intermediario acreditado que esté registrado y autorizado por el Mexder, para obtener información suficiente acerca de los productos derivados, así como para conocer diferentes opciones de operación en este mercado, de acuerdo a las condiciones del cliente, e informarse de los riesgos que estas operaciones implican.

Una vez que la persona recibe la información necesaria, y sigue interesada en convertirse en un cliente, se le realizan diferentes estudios de parte del Socio Operador o el Socio Liquidador. El que esta persona elija, para determinar si es apto o no para realizar operaciones con productos derivados, y si es así, se determinan las condiciones y límites que tendrá la persona de acuerdo a su calidad crediticia, evaluada con anterioridad por el Socio Liquidador o Socio Operador.

Después de esto, el cliente debe firmar con el Socio Operador o Liquidador que haya elegido, el contrato de intermediación correspondiente, así como un contrato de adhesión al fideicomiso indicado para liquidar las operaciones que se lleven a cabo.

Una vez que se hayan firmado dichos contratos, el cliente deberá otorgar a su intermediario (Socio Operador o Socio Liquidador) una aportación que de seguridad al compromiso, dicha aportación dependerá de su calidad crediticia. Las aportaciones se

dividen en dos, las “Aportaciones Iniciales Mínimas”, y los “Excedentes de Aportaciones Iniciales Mínimas”, que son garantías que aseguran el cumplimiento ante las variaciones del activo subyacente en el día, por cada contrato establecido.

Aparte de estas aportaciones, el cliente proporcionará también las cuotas de operación, de liquidación y compensación, así como las retenciones fiscales, de acuerdo al monto de la operación y a la posición que se tenga.

Una vez que se han cumplido los requisitos anteriores, el cliente ya está en posibilidad de poder comprar o vender contratos, a través de su intermediario. A la operación de apertura se le llama “iniciar una posición”, la cual puede ser de dos tipos: larga o corta.

- Posición Larga: En esta posición se tiene que comprar el activo subyacente a la fecha de vencimiento del contrato.
- Posición corta: En esta, se debe entregar el activo subyacente al plazo de vencimiento del contrato.

En dado caso de que el cliente desee el no comprar o vender el activo a la fecha de vencimiento establecida solicita a su intermediario lo que se denomina como un “cierre o cancelación de la posición”, por lo que el intermediario del cliente procederá a realizar la operación contraria a la posición que se tenía antes.

Asigna, Compensación y Liquidación, realiza lo que se llama “Liquidación de Pérdidas y Ganancias”, esto es con la finalidad de que los contratos de futuros estén directamente relacionados con el cambio de precios que experimentan los contratos en ese día. Esta liquidación diaria debe ser cumplida, de lo contrario Asigna va a exigirle al intermediario el cierre de todas las posiciones, es por eso que es importante que se mantengan informados los clientes de las operaciones realizadas, ya que de no hacer los depósitos indicados por sus intermediarios sus cuentas podrían ser canceladas. Si el cliente desea mantener sus contratos hasta llegar el plazo de vencimiento, sea la posición que sea, se deberá liquidar el activo subyacente que esté marcado en el contrato.

Si se trató de una posición larga, se adquiere el activo subyacente o se compensa el diferencial de precio para adquirirlo, en caso contrario, una posición corta, se entrega el activo subyacente o se compensa de igual forma el diferencial de precio al que se hubiera comprado. El cliente, al operar contratos de derivados debe recibir la información mensual, de parte de su intermediario, en su estado de cuenta, y contará con el número de contratos abiertos que se tenga, con sus respectivos precios. Se deberán especificar las ganancias o pérdidas que se tengan hasta ese momento, aparte del monto de aportaciones recibidas y entregadas, y se debe definir la posición que se tenía al principio, y la posición de los contratos que se tenga hasta ese momento, así como la fecha en que

se realizaron las operaciones, los montos de cada una de estas y los volúmenes manejados en cada contrato, también se especificarán las comisiones y cargos que han sido cobrados. Otros derechos de los cuales goza el cliente, aparte de los que estén establecidos en los contratos que firmó son los siguientes:

- Denunciar actos ilícitos en las operaciones realizadas, para poder apelar las decisiones tomadas por las autoridades reguladoras.
- Tener la información completa de los riesgos que conlleva cada operación realizada, para que de esta forma, el cliente pueda tomar la decisión que más le sea conveniente.

Las obligaciones que tiene el cliente al operar contratos de opciones y futuros son las siguientes:

- Debe estar consciente de la información que está contenida en los contratos que realizó con su intermediario, además de adherirse al fideicomiso correspondiente por medio de otro contrato en el cual se especifican las condiciones de entrega y liquidación.
- Debe otorgar la información financiera (como líneas de crédito con ciertos bancos), así como los datos personales que le sean solicitados de parte de su intermediario, con el fin de que se establezca el nivel crediticio de cada cliente y los excedentes de las aportaciones mínimas que deberá realizar.
- Debe estar consciente al respecto de las cuotas, comisiones y cargos a los que se hará responsable.
- Antes de ordenar cualquier operación de contratos, deberá pagar a su intermediario las comisiones y cuotas correspondientes por los servicios que le son proporcionados.
- En caso de residir fuera del país, debe proporcionar más información, aparte de la ya mencionada anteriormente. Esta información le es sea solicitada por las autoridades fiscales de este país.

Los intermediarios que participen en el MexDer, ya sean Socios Operadores o Socios Liquidadores deben informar a sus clientes acerca de la manera en que se organizan, la solvencia con la que cuentan y los procedimientos que ellos llevan a cabo, y deben proporcionar al cliente la asesoría necesaria en cuanto a las operaciones a realizar y los riesgos y beneficios que conlleva cada operación.

Al firmar un contrato de intermediación, estos Socios respetarán las condiciones establecidas, deberán hacer caso a las órdenes que el cliente demande, siempre y cuando estén dentro de los límites de las normas vigentes establecidas. Deben confirmar con el cliente las operaciones efectuadas, y en caso de no poder realizar las órdenes de los clientes, deben notificarles las causas que impidieron la realización de dichas órdenes. En la figura 2.2 se puede apreciar cuales son las autoridades que informan y respaldan al cliente que opera instrumentos derivados.

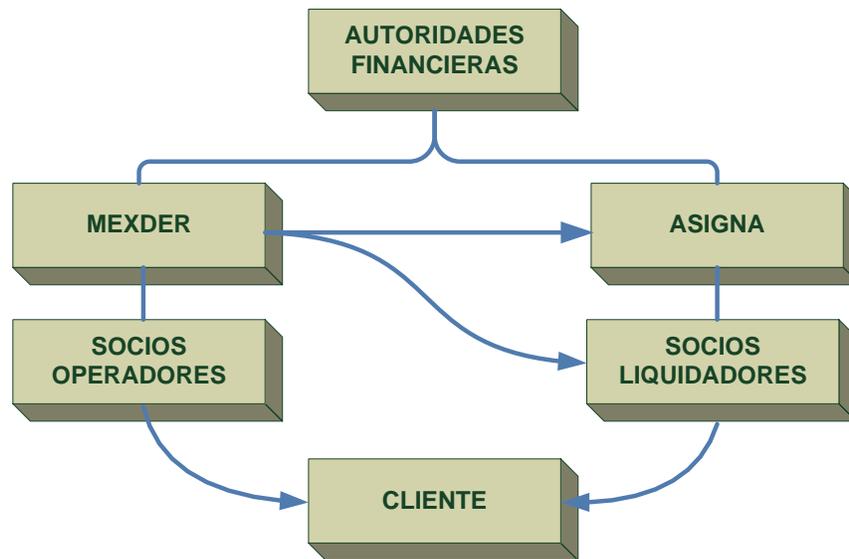


Figura 11. Diagrama de flujo acerca de las partes que conforman el funcionamiento del MexDer

Para poder autorizar la constitución de Bolsas y Cámaras de Compensación que celebren contratos de futuros y opciones, las autoridades financieras como la SHCP, la CNVB y el Banco de México deben evaluar la solvencia de las personas que soliciten la constitución de estas Bolsas y Cámaras de Compensación.

También es necesario que dichas autoridades obliguen a los Socios Liquidadores y a las Cámaras de Compensación a tener un capital mínimo requerido, el cual va a ser proporcional a los riesgos a los que estén expuestos.

La Bolsa autorizada, en este caso el MexDer, debe de cumplir con obligaciones como el contar con instalaciones suficientes para que se puedan operar contratos de derivados, contar con comités que se encarguen de situaciones referentes a la Cámara de Compensación, disciplina, autorregulación, conciliación y arbitraje.

También debe realizar auditorías a Operadores y Socios Liquidadores, así como mantener vigiladas las operaciones que la Cámara de Compensación lleve a cabo, dar a

conocer la información financiera a las autoridades competentes como estados financieros, y además reportar los resultados que resulten de auditorías externas ordenadas por dichas autoridades.

Por último, el MexDer debe contar con sistemas que puedan controlar cada una de las transacciones realizadas para contar con información suficiente y poder informar a las autoridades acerca de todas las actividades realizadas. Para tener la seguridad de que las operaciones se cumplan, los socios liquidadores deberán proporcionar a la Cámara de Compensación Aportaciones Iniciales Mínimas, liquidaciones diarias y extraordinarias, aparte de otras sumas requeridas por el Fondo de Compensación.

Los Socios Liquidadores tienen la obligación de darle o pedirle al cliente las liquidaciones diarias y extraordinarias que sean necesarias, deben regresarle al cliente sus aportaciones cuando las obligaciones que se tienen con éstos hayan terminado. Están obligados a informar a las autoridades cuando su patrimonio mínimo es menor al requerido, así como del incumplimiento de sus clientes. Estos socios deberán someterse a programas externos de auditorías y publicar trimestralmente sus estados financieros.

Las Cámaras de Compensación autorizadas tienen como obligaciones el compensar y liquidar operaciones de futuros y opciones, actuar como contraparte de instituciones de crédito, casas de bolsa o clientes por las operaciones que lleven los Socios Liquidadores por cuenta de estas personas.

## 2.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Al hablar de Inteligencia Artificial viene a la mente de la mayoría de las personas un robot con la misma capacidad de una persona para integrarse en la sociedad al igual que un ser humano. Sin embargo es una técnica considerada dentro de las ciencias computacionales que permite facilitar el trabajo en diferentes áreas, incluso en nuestra propia casa es posible contar con aparatos que ocupan ramas de esta técnica.

La inteligencia artificial consiste en la búsqueda y desarrollo de sistemas de procesamientos de datos que sean capaces de imitar a la inteligencia humana, realizando tareas que requieran aprendizaje, solución de problemas y decisiones. La meta final consiste en crear un sistema capaz de reproducir todas las facetas de la inteligencia humana (Winston, 1994).

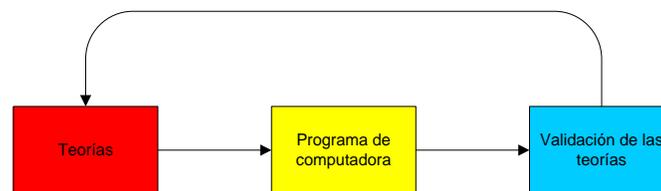
Douglas Hofstadter, ganador del Pulitzer, dijo que una entidad inteligente debe:

- Responder de manera flexible

- Darle seguimiento a mensajes ambiguos o contradictorios
- Reconocer la importancia de los elementos de una situación
- Encontrar similitudes entre situaciones diferentes
- Encontrar diferencias entre situaciones similares.

Los seres humanos se destacan al entender la información en lugar de procesarla. Una computadora emulara el comportamiento humano. Los científicos cognositivos estudian los procesos de los seres humanos para posteriormente tratar de programarlos por computadora para simular el comportamiento inteligente denominado modelado o simulación. Al generar la simulación es difícil que se logre correctamente al primer intento así que se procede a realizar una segunda simulación de tal manera que se seguirán haciendo hasta lograr un modelado correcto llamándose a este proceso ciclo de retroalimentación (Figura 3.1), el cual, consta de tres etapas:

1. Se desarrollan teorías del comportamiento humano
2. Son programadas en la computadora
3. Se realizan pruebas de la validez de dicha teoría



**Figura 12. Ciclo de Retroalimentación para programas de Inteligencia Artificial**

En esta disciplina científico-técnica, que trata de crear sistemas artificiales capaces de comportamientos inteligentes, se conocen diferentes metodologías, entre las que destacan:

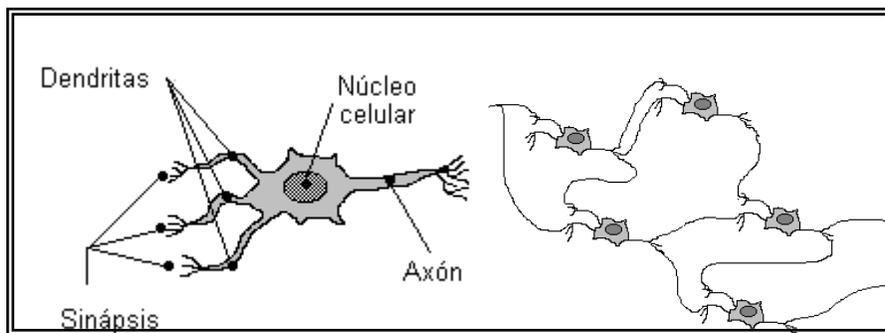
- La lógica difusa: permite tomar decisiones bajo condiciones de incertidumbre.
- Redes Neuronales Artificiales: esta tecnología es poderosa en ciertas tareas como la clasificación y reconocimiento de patrones, funciones de aproximación y agrupamientos, entre otros, y está basada en el concepto de "aprender" por agregación de un gran número de elementos muy simples.
- Algoritmos Genéticos: copian la forma como la evolución trabaja, con cada nueva generación, obtenemos una mejor solución al problema, ya que cada generación evoluciona con el tiempo.

- **Sistemas Expertos:** intenta trabajar como si fuera un experto en alguna clase particular de conocimiento y utilizar el tipo de reglas que el experto humano usaría para resolver el problema.
- **Robótica:** Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. combinando diversas disciplinas.

En este capítulo, y a lo largo del desarrollo de este trabajo, el enfoque que se verá será de redes neuronales artificiales (RNA's), por lo que más adelante se describen éstas. El anexo

## **REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

Debido a que las RNA's toman como modelo la estructura básica de una neurona natural. En la figura 3.1 se presentan los principales elementos involucrados con la misma.



**Figura 13. Componentes de una Neurona y conexión entre neuronas**

Cada neurona puede tener infinitas entradas, llamadas dendritas, que condicionan el estado de su única salida, el axón. Este axón puede ir conectado a una dendrita de otra neurona mediante la sinapsis correspondiente como se observa en la figura 3.2.

El axón da un nivel eléctrico correspondiente a sus entradas y a la importancia que le da a cada una de ellas. De esta forma, una neurona puede no reaccionar ante un nivel muy alto de una de sus entradas, o dar una salida muy favorable cuando otra de ellas está mínimamente activa (Hilera, Martínez, 2000).

Por lo tanto, en esta investigación se puede definir una RNA como: “estructura basada en la biofísica del cerebro humano, que intenta reproducir su comportamiento permitiendo optimizar diversas tareas y realizar Funciones complejas en variados campos de aplicación”.

El funcionamiento de una RNA que intenta simular el de una neurona biológica se representa en la figura 3.2, en donde se puede ver que el cuerpo de la neurona se representa como un sumador lineal de los estímulos externos,  $z_j$ , seguida de una función no lineal,  $y_j = f(z_j)$  (Viñuela, Galván, 2004).

La función  $f(z_j)$ , llamada la función de activación, utiliza la suma de estímulos para determinar la actividad de salida de la neurona (Viñuela, Galván, 2004).

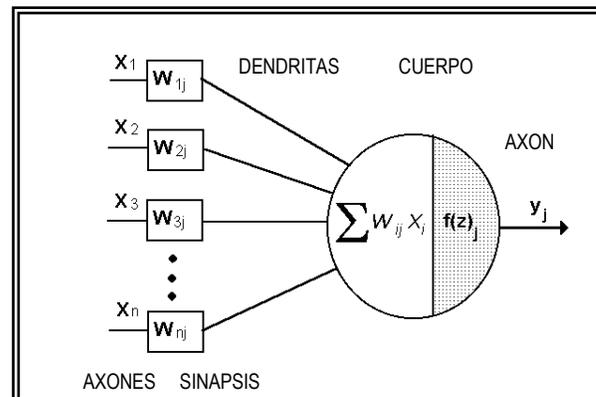


Figura 14. Funcionamiento de una RNA mediante el modelo de Mc Culloch-Pitts

Este modelo se conoce como perceptrón de McCulloch-Pitts, y es la base de la mayor parte de las arquitecturas de las RNA's que se interconectan entre sí. Las neuronas emplean Funciones de activación diferentes, según la aplicación. La eficiencia sináptica se representa por factores de peso de interconexión,  $w_{ij}$ , desde la neurona  $i$  hasta la neurona  $j$  (Viñuela, Galván, 2004).

Los pesos pueden ser positivos (excitación) o negativos (inhibición). Los pesos, junto con las funciones  $f(z)$ , dictan la operación de la red neuronal. Normalmente, las funciones no se modifican, de tal forma que el estado de la red neuronal depende del valor de los factores de peso (sinapsis) que se aplica a los estímulos de la neurona (Viñuela, Galván, 2004).

En un perceptrón cada entrada es multiplicada por el peso  $W$  correspondiente, y los resultados son sumados, siendo evaluados contra el valor de umbral, si el resultado es mayor al mismo, el perceptrón se activa (Viñuela, Galván, 2004).

Para poder crear una RNA es importante conocer, antes que nada, los elementos que la componen, siendo los mismos para todas. Los componentes más importantes de una RNA son siete (Hilera, Martínez, 2000; Viñuela, Galván, 2004).

#### 1. Unidades de procesamiento.

Cualquier modelo de red neuronal consta de su unidad básica, que son las neuronas. Dentro de la estructura de las RNA's se pueden encontrar tres tipos de

neuronas que agrupadas se denominan capa o nivel, el cual consta de un conjunto de neuronas cuyas entradas provienen de la misma fuente y cuyas salidas se dirigen al mismo destino:

- Las que reciben estímulos externos, es decir, información del exterior denominadas de entrada o capa de entrada.
- Las que reciben la información de la capa de entrada a elementos internos para procesarse, llamadas neuronas ocultas o pertenecientes a las capas ocultas.
- Y por último, aquellas que se encargan de dar la respuesta del sistema, llamadas de salida o pertenecientes a la capa de salida (Hilera, Martínez,2000).

## 2. Estado de activación de cada neurona.

Cada neurona artificial es un elemento que posee un estado interno, llamado nivel de activación, y recibe señales que le permiten cambiar de estado, a esta función que les permite cambiar dicho nivel partiendo de las señales recibidas se le conoce como función o estado de activación. El nivel de activación de una neurona depende de las entradas recibidas y de los valores de las conexiones (sinapsis); asociado a cada neurona (Hilera, Martínez,2000).

## 3. Patrón de conectividad entre cada neurona.

Entre las neuronas que forman una RNA existe un conjunto de conexiones (sinapsis), las cuales tiene asociadas un peso, que unen unas con otras. Cada neurona transmite señales a aquellas que están conectadas a su salida (Hilera, Martínez,2000).

## 4. Regla de propagación.

Muestra el procedimiento a seguir para combinar los valores de entrada a una neurona con los pesos de las conexiones que le llegan (Hilera, Martínez,2000).

## 5. Función de activación.

Muestra el procedimiento a seguir para combinar las entradas con el estado actual de la neurona para producir un nuevo estado de activación a partir de la regla de propagación (Hilera, Martínez,2000).

Existe una función de salida, que transforma el estado actual de activación en una señal de salida. Dicha señal es enviada a través de las conexiones a otras neuronas de la red, modificándose de acuerdo sus pesos según una determinada regla (Hilera, Martínez,2000).

Las funciones de activación más comunes pueden ser de las formas que se muestran en la tabla 3.1. antes vistas en el capítulo 1, y existen otras mas que se enumeran en el anexo

## 6. Regla de aprendizaje ((Hilera, Martinez,2000).

Dentro de la regla de aprendizaje se deben considerar:

- Características del conjunto de ejemplos o muestras. Las RNA's son sistemas de aprendizaje basados en ejemplos o muestras. La capacidad de una red de resolver un problema está ligada al tipo de ejemplos y éstos, a su vez, deben de poseer las siguientes características:
  - \* Ser significativo: debe ser un número suficiente de ejemplos.
  - \* Ser representativos: los componentes del conjunto de aprendizaje deberán ser diversos.
- Criterio de convergencia. Es el punto en el cual el periodo de aprendizaje finaliza y depende del tipo de red utilizado o del tipo de problema a resolver. Este puede ser determinado: (Winston, 1994).
  - \* Mediante un número fijo de ciclos: se decide cuántas veces será introducido todo el conjunto de muestras y, una vez alcanzado dicho número, se detiene el proceso y se da por aceptada la red resultante.
  - \* Cuando el error desciende por debajo de una cantidad preestablecida: habrá que definir una función de error. Se decide un valor aceptable para dicho error, y sólo para el proceso de aprendizaje cuando la red produzca un valor de error por debajo del prefijado.
  - \* Cuando la modificación de los pesos sea irrelevante: en alguno de los modelos se define un esquema de aprendizaje que hace que las conexiones, modificándose cada vez con menor intensidad. Si el proceso de aprendizaje continua, llegará un momento en que ya no se producirán variaciones de los pesos de ninguna conexión; en ese momento se detiene el proceso (Winston, 1994).

## 7. Esquemas de aprendizaje.

Dependiendo del esquema de aprendizaje y del problema a resolver Se pueden distinguir:

- Aprendizaje supervisado. El proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo (supervisor o maestro) que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una entrada determinada. El supervisor comprueba la salida de la red y en caso de que ésta no coincida con la deseada, se procederá a modificar los pesos de las conexiones, con el fin de que la salida obtenida se aproxime a la deseada.
- Aprendizaje por corrección de error. Consiste en ajustar los pesos de las conexiones de la red en función de la diferencia entre los valores deseados y los obtenidos en la salida de la red; es decir, en función del error cometido en la salida (Hilera, Martinez,2000).
- Aprendizaje por refuerzo. Es un aprendizaje más lento que el anterior, que se basa en la idea de no disponer de un ejemplo completo del comportamiento deseado; es decir, de no indicar durante el entrenamiento exactamente la salida que se desea

que proporcione la red ante una determinada entrada. En el aprendizaje por refuerzo la función del supervisor se reduce a indicar mediante una señal de refuerzo si la salida obtenida en la red se ajusta a la deseada (éxito=+1 o fracaso=-1) y, en función de ello, se ajustan los pesos, basándose en un mecanismo de probabilidades (Hilera, Martínez,2000).

- Aprendizaje estocástico. Este tipo de aprendizaje consiste básicamente en realizar cambios aleatorios en los valores de los pesos de las conexiones de la red y evaluar su efecto a partir del objetivo deseado y de distribuciones de probabilidad [5].
- Aprendizaje no supervisado. Las redes con dicho aprendizaje no requieren de influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas. La red no recibe ninguna información por parte del entorno que le indique si la salida generada en respuesta de una entrada es o no correcta. Suele decirse que estas redes son capaces de auto-organizarse (Hilera, Martínez,2000).
- Aprendizaje hebbiano. Este tipo de aprendizaje se basa en el postulado formulado por Donald O. Hebb en 1949: “Cuando un axón de una celda A está suficientemente cerca como para conseguir excitar a una celda B y repetidamente toma parte en su activación, algún proceso de crecimiento o cambio metabólico tiene lugares en una o ambas celdas, de tal forma que la eficiencia de A, cuando la celda a activar es B, aumenta (Hilera, Martínez,2000).
- Aprendizaje competitivo y cooperativo. En dicho aprendizaje suele decirse que las neuronas compiten (y cooperan) unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea dada. La competición entre neuronas se realiza en todas las capas de la red, existiendo en estas neuronas conexiones recurrentes de auto-excitación y conexiones de inhibición por parte de neuronas vecinas. Si el aprendizaje es cooperativo, estas conexiones con las vecinas serán de excitación (Hilera, Martínez,2000).
- Aprendizaje híbrido. Cuando hay una combinación de aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado (Hilera, Martínez,2000).

Sin embargo, desde un punto de vista y a la hora de implementar el proceso de aprendizaje en una RNA, se suele fijar un número de ciclos para detener el proceso. En este punto se analiza si es necesario realizar o no más ciclos de aprendizaje basándose en observar si el error cometido por la red se mantiene prácticamente constante de una iteración a otra o si, por el contrario, el error sigue decreciendo. Así, por ejemplo, si se representa el error de entrenamiento cometido por la red en función del número de ciclos, en el caso de la situación presentada en la figura 3.4(a), sería necesario realizar más ciclos de aprendizaje, mientras que en el caso de la figura 3.4(b), es posible detener el proceso de aprendizaje de la red.

Al evaluar el comportamiento de una red de neuronas, más que una red que haya aprendido correctamente las muestras de entrenamiento, se necesita una red que responda correctamente a muestras diferentes. Esto se conoce como la capacidad de la red para generalizar las características presentes en el conjunto de muestras o capacidad de generalización de la red, que es imprescindible en el proceso.

Por tanto, es necesario disponer de dos conjuntos de muestras o patrones; uno para entrenar la red y modificar sus pesos y umbrales -conjunto de entrenamiento-, y

otro para medir la capacidad de la red para responder correctamente ante patrones que no han sido utilizados durante el entrenamiento -conjunto de validación o test-. Estos conjuntos se obtienen de las muestras disponibles sobre el problema y es conveniente que la separación sea aleatoria, con el fin de tener conjuntos lo más representativos posible, tanto de entrenamiento como de validación. Ambos conjuntos deben cumplir con las características de las muestras [16].

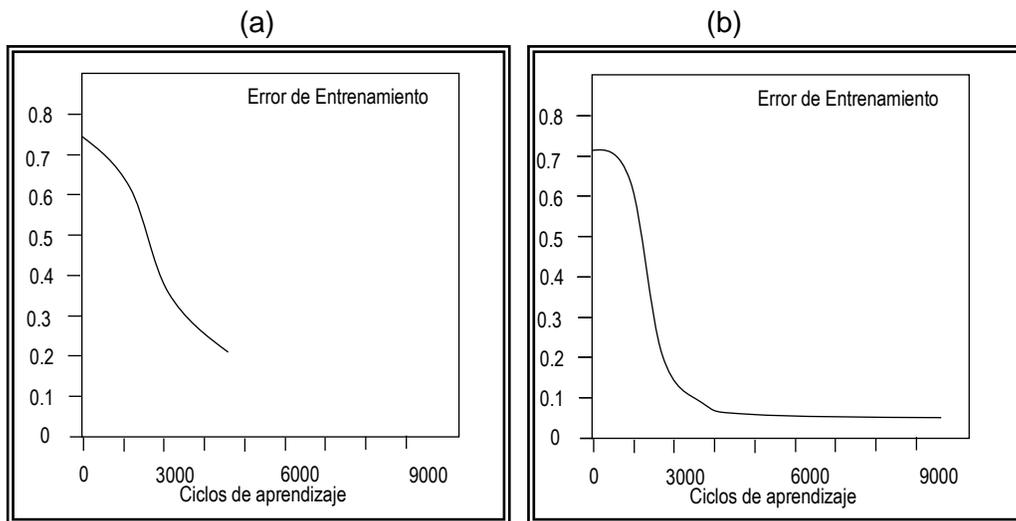
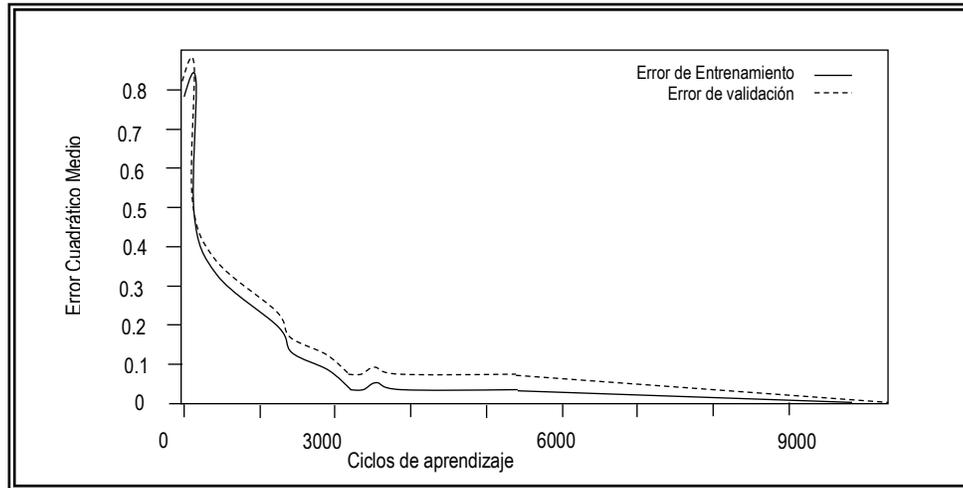


Figura 15. Evolución del error a lo largo del proceso de aprendizaje

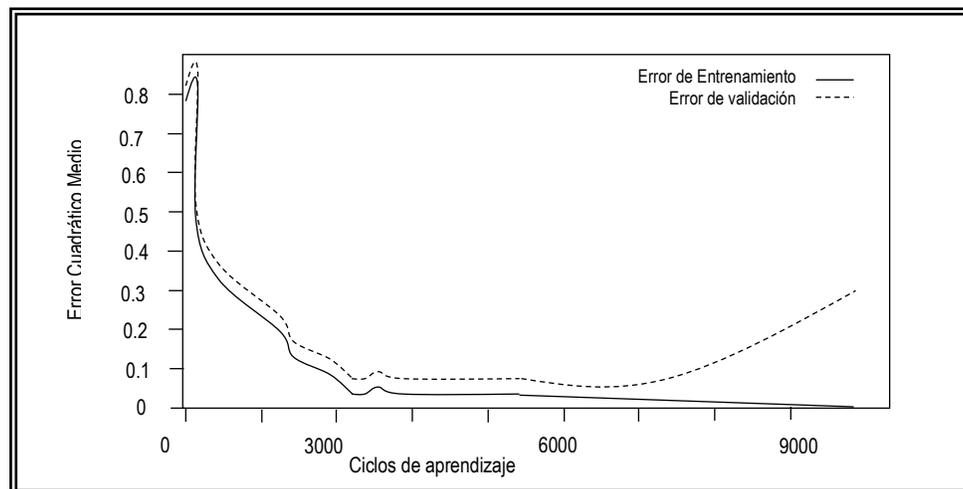
Al igual que se analiza la evolución del error de entrenamiento a lo largo de los ciclos de aprendizaje, se debe analizar también la evolución del error de validación. Al observar la evolución de ambos errores, se pueden encontrar las siguientes situaciones. Primera, ambos errores, de entrenamiento y validación, permanecen estables después de un cierto número de ciclos (figura 3.5(a)). En este caso, se puede decir que el aprendizaje ha acabado con éxito, pues la red ha sido capaz de extraer las características del problema, alcanzando un buen nivel de generalización [(Hilera, Martínez,2000)].

Y segunda, a partir de un cierto número de ciclos, el error de validación comienza a aumentar (figura 3.9(b)). En este caso, se puede decir que el número de ciclos realizado es adecuado para encontrar un mínimo del error de entrenamiento, pero a costa de perder propiedades de generalización de la red. Por tanto, no se puede afirmar que el aprendizaje haya acabado con éxito, sino que hubiera sido conveniente detener el proceso de aprendizaje en el momento en el que el error de validación comienza a crecer, para poder disponer así de una red con mejor capacidad de generalización. En estas situaciones se suele decir que se ha producido sobreentrenamiento, y por lo tanto sobreaprendizaje en la red (Hilera, Martínez,2000).

(a)



(b)



**Figura 16. Evolución de los errores de entrenamiento y validación a lo largo del proceso de aprendizaje**

### 1.1.11. Modelos de redes neuronales artificiales

Para crear una RNA lo primordial es identificar el tipo de tarea a realizar, la cual puede ser de cuatro tipos: clasificación, predicción, minería de datos y aproximación de funciones.

Dependiendo del tipo de tarea a realizar, se elige el modelo de RNA que más se adapte a nuestras necesidades. En el anexo () se muestran los diferentes tipos de Redes Neuronales que existen su aplicación y una breve descripción.

## II. VISIÓN REAL DE LA PROBLEMÁTICA

### Capítulo 3: ANÁLISIS

## 3.1. SISTEMA EN ESTUDIO

En el presente trabajo el sistema en estudio son las variables financieras que se manejan en los contratos de futuros y de opciones en el Mercado Mexicano de Derivados conocidos como activos subyacentes a fin de predecir su comportamiento futuro de tal manera que les permita a las empresas, inversionistas y cualquier persona tomar decisiones para aumentar su participación en el mercado.

Con base en el Enfoque de Sistemas y para estudiar nuestro sistema y cumplir con el objetivo general, se buscó desarrollar una metodología para pronosticar los activos subyacentes basados en técnicas de inteligencia artificial, específicamente algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales que sea: (i) lo más simple posibles pero apegados a la realidad; (ii) confiables en los resultados que arrojen; (iii) realistas, ya que deben de ser una herramienta confiable para soportar decisiones de inversión.

A continuación se describe el sistema en estudio implementando segunda etapa de la metodología propuesta la cual es parte, cisión real de la problemática y consta de las etapas 5, 6 y 7.

### **Descripción del Problema no Estructurado**

A través de la utilización de la metodología de los sistemas suaves (figura 1.6) se presenta en la situación en la cual se percibe el problema, es decir, el sistema en estudio y su entorno, a través de figuras enriquecidas, que son los medios para capturar tanta información como sea posible, con el fin de mostrar el sistema humano detrás de la actividad, y además indicar cómo la estructura y el proceso se relacionan entre sí. Para ello también nos apoyamos en la tabla 1.6, la cual muestra el significado de cada icono utilizado en el sistema.

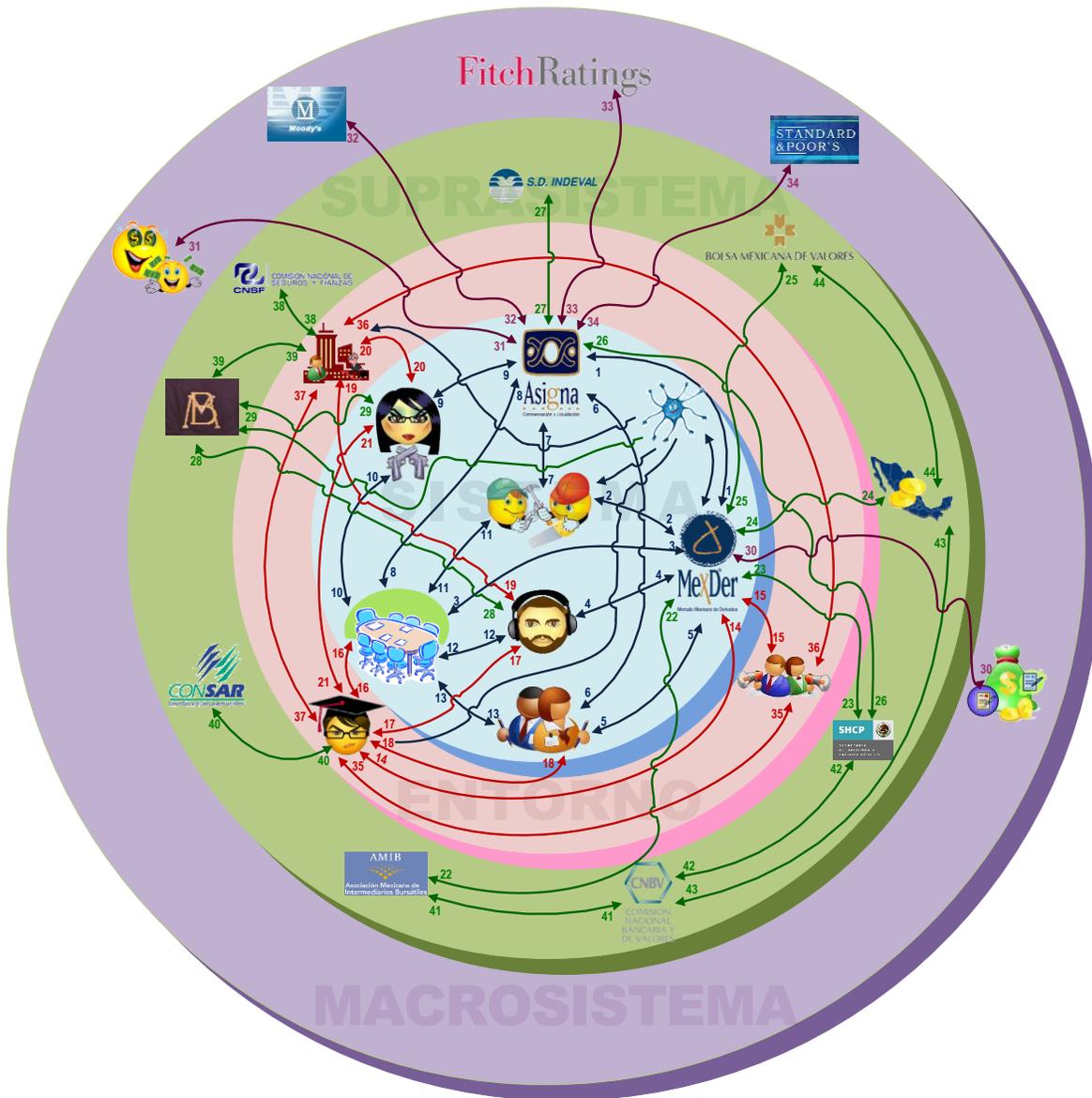


Figura 17. Visión rica del sistema en estudio y su entorno

Tabla 16. Descripción de los iconos utilizados como agentes

No. de icono	Icono	Descripción	No. de icono	Icono	Descripción
<b>SISTEMA</b>					
1.		Mercado Mexicano de Derivados (MexDer)	2.		Cámara Compensadora del MexDer (Asigna)
3.		Operadores	4.		Socios Liquidadores
5.		Formadores del Mercado	6.		Otros Accionistas
7.		Comités			
<b>ENTORNO</b>					
8.		Expertos en la Materia	9.		Inversionistas
10.		Promotores			
<b>SUPRASISTEMA</b>					
11.		Bolsa Mexicana de Valores	12.		Instituto para el Depósito de Valores
13.		Sistema Financiero Mexicano	14.		Secretaría de Hacienda y Crédito Público
15.		Banco de México (Banxico)	16.		Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles
17.		Comisión Nacional Bancaria y de Valores	18.		Comisión Nacional de Seguros y Fianzas
19.					
<b>MACROSISTEMA</b>					
20.		Mercado de Derivados	21.		Cámaras de Compensación
22.		Calificadora Fitch Ratings	23.		Calificadora Moody's Investors Services

**24.**



Calificadora Standard &  
Poor's

### Análisis de las Relaciones

Se evalúan los conflictos principales del sistema no estructurado para crear la visión rica del sistema que ayudaran a dar solución.

Dichos conflictos se mencionan en la tabla 1.7

**Tabla 17. Visión rica: conflictos principales del sistema y su entorno**

No. Relación	ORIGEN-DESTINO	Descripción de la relación con la problemática
<b>Conflictos dentro del Sistema</b>		
1.	Asigna – MexDer	
2.	Formadores de Mercado – MexDer	
3.	Comités – MexDer	
4.	Socios operadores – MexDer	
5.	Comités – Asigna	
6.	Socios liquidadores – Asigna	
7.	Comités – Socios liquidadores	
8.	Comités – Formadores del Mercado	
9.	Comités – Socios operadores	
<b>Conflictos Sistema – Entorno – Sistema</b>		
10.	Expertos en la materia – MexDer	
11.	Expertos en la materia – Comités	
12.	Expertos en la materia – Socios operadores	
13.	Inversionistas – Socios operadores	
14.	Expertos en la materia – Socios liquidadores	
<b>Conflictos Sistema – Suprasistema – Sistema</b>		
28.	Banco de México – MexDer	
<b>Conflictos en el Entorno</b>		
35.	Promotores – Expertos en la materia	
36.	Promotores – Inversionistas	
37.	Expertos en la materia – Inversionistas	
<b>Conflictos Entorno – Suprasistema – Entorno</b>		
39.	Banco de México – Inversionistas	



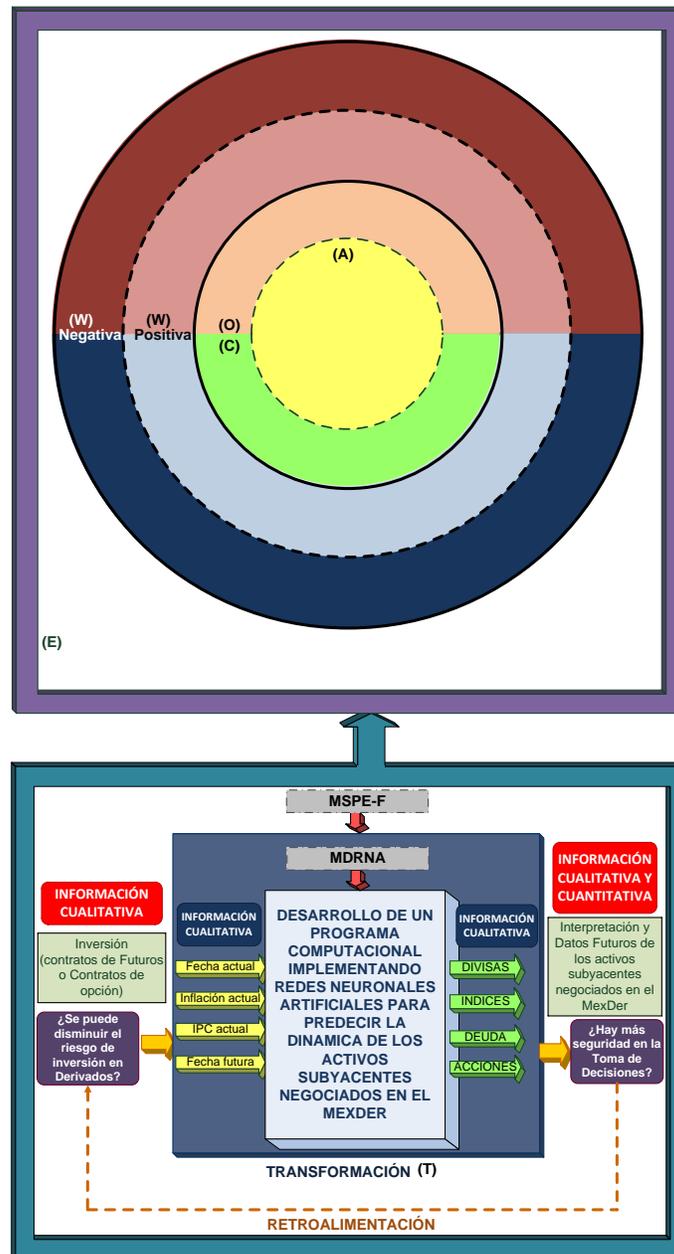


Figura 19. Diagrama de Transformación

W=Weltanschauung: la visión del mundo, que hace el proceso significativo de transformación en el contexto, se presenta en la tabla 1.8. Para ello, se partió de los conflictos del sistema (dinámica de los activos subyacentes negociados en el MexDer) y su entorno (inversionistas, promotores y expertos en la materia que directa o indirectamente, en la realización de contratos a futuro y de opción en el MexDer, tanto a

nivel nacional como internacional) propiciados por la incertidumbre actual debido a crisis económico-financiera que se vive en el mundo y México.

El Mercado de Productos Derivados implica mecanismos operativos, estrategias y esquemas de administración de riesgos bastante más complejos que los usuales en los mercados tradicionales de valores.

La inversión en contratos de Futuros no puede ser al azar. Los participantes necesitan tener una clara visión del tipo de negociación que requieren efectuar, de acuerdo con sus expectativas, disponibilidad de recursos y tolerancia al riesgo.

Para realizar inversiones en productos derivados, como los futuros, es conveniente contar con la asesoría de profesionales que sean expertos en la materia, certificados por MexDer para operar este tipo de instrumentos. El inversionista debe ser informado de los riesgos asociados a este tipo de productos.

**Tabla 18. Visión resumida de los involucrados**

Agente	Visión positiva	Visión Negativa
MexDer	Les permitirá fijar hoy el precio de compra o venta de un activo financiero para ser pagado o entregado en una fecha futura. Esto da la posibilidad de planear, cubrir y administrar riesgos financieros, así como optimizar el rendimiento de los portafolios.	Solo se tiene acceso a los contratos por medio de un intermediarios que sea operador o socio liquidador del MexDer, Se necesita de mucha experiencia y habilidad para operar o un buen asesor financiero.
Asigna	Es un Fideicomiso de administración y pago. Sus fideicomitentes son los principales Grupos Financieros del país; Banamex Citigroup, BBVA Bancomer, JPMorgan, Santander-Serfin, Scotiabank Inverlat, así como el Instituto para el Depósito de Valores S.D. Indeval.	Solo tienen acceso a la información socios Liquidadores que también pueden operar en el MexDer.
Formadores del Mercado	Se ha observado un incremento importante en la liquidez del MexDer en los instrumentos de deuda, facilitando así que los inversionistas de estos títulos puedan realizar operaciones de compra y venta en cualquier momento.	Es un alto costo. Siempre es un monto importante la inversión necesaria para reclutar, motivar y dirigir una fuerza de ventas. Tener la gente adecuada puede significar un egreso elevado de recursos:
Comités	El Consejo de Administración es apoyado por diversos comités para el desahogo y resolución de asuntos de naturaleza específica, previstos en las Reglas y Disposiciones de carácter prudencial emitidas por las Autoridades Financieras, así como en los Estatutos y el Reglamento Interior de MexDer.	Solo los accionistas, socios liquidadores y socios operadores pueden intervenir
Socios operadores	Los Operadores son personas morales facultadas para operar Contratos en el Sistema Electrónico de Negociación de MexDer, en calidad de comisionistas de uno o más Socios Liquidadores, pueden operar con o sin acciones.	No tienen acceso a toda la información del MexDer, en el caso de que no sean socios.

Agente	Visión positiva	Visión Negativa
Socios liquidadores	Los Socios Liquidadores son fideicomisos que participan como accionistas de MexDer y aportan el patrimonio de Asigna; teniendo como finalidad liquidar y, en su caso, celebrar por cuenta de clientes, contratos de futuros y opciones operados en MexDer. Para lo cual requieren cubrir los requisitos financieros, crediticios y operativos que establece la normatividad aplicable al mercado de derivados. Los Socios Liquidadores tienen capitalización independiente, son especialistas en evaluación de riesgos contraparte, segmentan garantías y evitan conflictos de intereses al diferenciar las operaciones de cuenta propia y de terceros.	Están obligados a ser accionistas del MexDer, ya que son los únicos que tienen acceso a la información de ASIGNA (la cámara de compensación)
Expertos en la materia	Asegurar la independencia entre las áreas de operación y las de administración y control de riesgos. Definir la tolerancia máxima de riesgo de mercado, de crédito y otros riesgos considerados como aceptables por el propio intermediario. Establecer los parámetros de actuación de su personal y las consecuencias de cualquier violación a la normatividad. Administrar y controlar los riesgos relacionados con las operaciones celebradas en MexDer.  Analizar y evaluar en tiempo real los contratos abiertos de sus clientes, mediante modelos que permitan simular riesgos máximos. .	Suelen ser catalogados como enemigos públicos, debido a que se piensa que son uno de los factores primordiales para la volatilidad del mercado financiero
Promotores	Se encarga de incitar al cliente a que haga contratos en el MexDer	No trabaja como intermediario a menos que sea socio, accionista o formador de mercado
Inversionistas	Puede ser cualquier persona física o moral, nacional o extranjera celebra contratos de futuros y/o contratos de opciones en MexDer	Solo puede realizar los contratos a través de un Socio Liquidador o de un Operador que actúe como comisionista de un Socio Liquidador, y cuya contraparte es la Cámara de Compensación.
Banco de México	Se obtienen los datos históricos de los activos subyacentes que se negocian en el MexDer.	Solo se tiene acceso a la información más relevante

Fuente: Elaboración propia

O=dueño: inversionistas, expertos en la materia, MexDer

E=medio ambiente: Expertos en la Materia, Promotores e Inversionistas (figura 1.6 y tabla1.6).

## **CAPITULO 4 DESARROLLO**

## PROPUESTA SOLUCIÓN

La metodología para el desarrollo de Redes Neuronales Artificiales se implementó para buscar la RNA más adecuada para lo solución de la problemática a continuación se desarrolla la RNA para la búsqueda de RNA que dé solución a la problemática vista en la Introducción. El capítulo 4 se divide en dos partes. La primera parte consiste en la creación y desarrollo de los modelos de redes neuronales para determinar el comportamiento de las Divisas, Acciones, IPC y tasas que se manejan en el MexDer. La segunda parte se mostrara el desarrollo del modelo de algoritmo genético y las redes neuronales artificiales que predecirán la dinámica de los activos subyacentes antes mencionados. La predicción de series financieras ha adquirido gran atención dentro de las investigaciones empíricas. La importancia de saber el comportamiento de activos financieros derivado en un futuro permite tomar previsiones para evitar tomar riesgos innecesarios o tener la oportunidad de obtener mayores beneficios.

Entre las técnicas estadísticas comúnmente empleadas para el pronóstico de series de tiempo se encuentran: la metodología Box-Jenkins, la cual permite obtener buenas aproximaciones en el caso de que dicho método sea bien aplicado, ya que ésta metodología tiene una parte de arte en el sentido de que el proceso es iterativo hasta alcanzar el mejor modelo de acuerdo a la experiencia del investigador; los modelos estadísticos ARIMA, los modelos GARCH y mixtos.

Por otro lado, cada vez es más frecuente encontrar trabajos e investigaciones en donde se aplican técnicas innovadoras como es el uso de la Inteligencia artificial, para pronosticar variables financieras.

Hasta ahora no se tiene conocimiento de un modelo basado en redes neuronales y algoritmos genéticos aplicados conjuntamente en el mercado mexicano de derivados para predecir todas sus variables. Se espera un mejor desempeño de esta técnica en comparación a utilizar métodos estadísticos y una sola técnica de Inteligencia artificial ya que las redes neuronales son capaces de identificar relaciones no lineales, y los algoritmos genéticos proponer posibles escenarios financieros. Resulta muy recomendable también, saber cuáles son las virtudes de cada una de las técnicas disponibles, por lo que en este trabajo se presentan las fortalezas y debilidades del

modelo que emplea RNA como instrumento de predicción aplicado a series de tiempo financieras.

### METODOLOGÍA DE SISTEMAS DUROS

Para esta investigación se utilizó el modelo de Red perceptrón multicapa por ser la más popular y apropiada para una gran variedad de problemas en ingeniería, con entrenamiento supervisado.

- El Diseño del MLP utilizado para la obtención de las variables utilizadas en el MexDer de divisas: Dólar y Euro, TIIIE y CETES se ilustra en la figura 4.1.

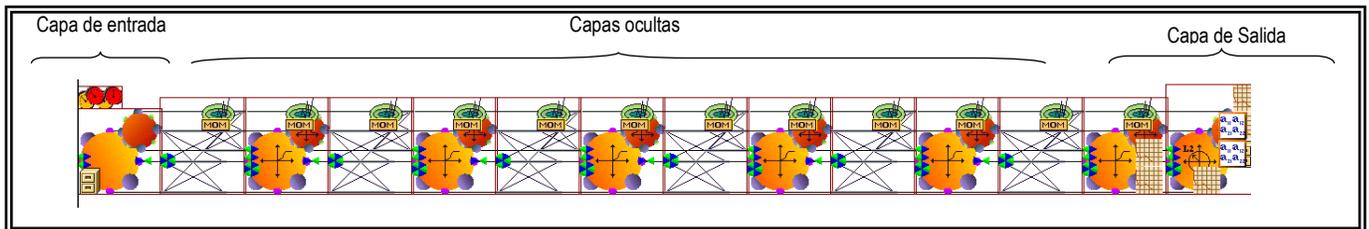


Figura 20. MLP realizado en Neurosolution v.5.0 con 5 capas ocultas con tres variables de entrada y cuatro de salida

El MLP está adiestrado con el algoritmo estándar de retropropagación del error con la fecha actual, la inflación actual y la fecha de predicción como variables de entrada teniendo como salidas el Dólar, Euro, TIIIE y CETES.

Las características del MLP se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 19. Características de la estructura de la RNA desarrollada

	No. De Neuronas		Función de activación
<b>CAPA DE ENTRADA</b>	3		$a_1^1=EC; a_2^1=d; a_3^1=P$
<b>CAPAS OCULTAS</b>	1ª capa oculta	420	Sigmoidal
	2ª capa oculta	210	Sigmoidal
	3ª capa oculta	140	Sigmoidal
	4ª capa oculta	100	Sigmoidal
	5ª capa oculta	80	Sigmoidal
<b>CAPA DE SALIDA</b>	1		$a_1^6=EC; a_2^6=d; a_3^6=P; a_4^6=d; a_5^6=P$

## ANÁLISIS DE RIESGOS

**TABLA 4.2.** Características del entrenamiento de la RNA diseñada.

Tabla 20. Características del entrenamiento de la RNA diseñada

	<b>Multicapa</b>
<b>Número de ciclos para el entrenamiento</b>	1,000,000
<b>Número de muestras para el entrenamiento</b>	198
<b>Número de muestras para la validación</b>	37
<b>Tipo de regla utilizada:</b>	Momentum
<b>Fin del entrenamiento:</b>	1,000,000

Al aplicar técnicas de Inteligencia Artificial, en este caso, Redes Neuronales Artificiales, se busca pronosticar el comportamiento de cada una de estas variables.

Las fases que se sugieren realizar durante el entrenamiento de una RNA son tres.

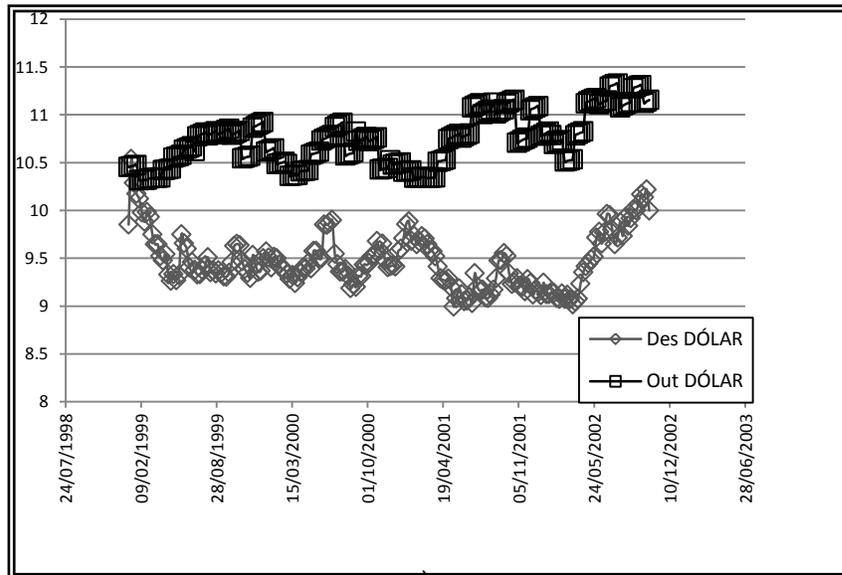
- Primera Fase: se entrena la red hasta que se obtienen los mejores pesos y se estabiliza. Durante la etapa de entrenamiento, al número de veces que se deben ingresar los datos de entrada y los deseados se le conoce como número de ciclos. Cuando la red aprende, el error tiende a cero.
- Segunda Fase: se valida la red. Durante el entrenamiento, la red es alimentada también con los datos de entrada del conjunto de validación, y la información generada es comparada con los datos de salida del mismo conjunto de validación. El rendimiento de la red es recopilado y se crea un informe que exhibe los resultados, tanto del entrenamiento como de la comprobación dentro de la validación. El informe generado en el entrenamiento y la validación contiene la información siguiente:
  1. Gráfica de salida en la red y salida deseada, ambas se grafican.
  2. Se informa el error cuadrático medio (MSE), el error cuadrático medio normalizado (NMSE) y el porcentaje de error generado.
- Tercera Fase: se aplican los datos desconocidos a la RNA, ya entrenada y validada, para observar los resultados que brinda la RNA.

Dentro de las características del entrenamiento se considera el número de ciclos, el número de muestras obtenidas y el tipo de regla de aprendizaje.

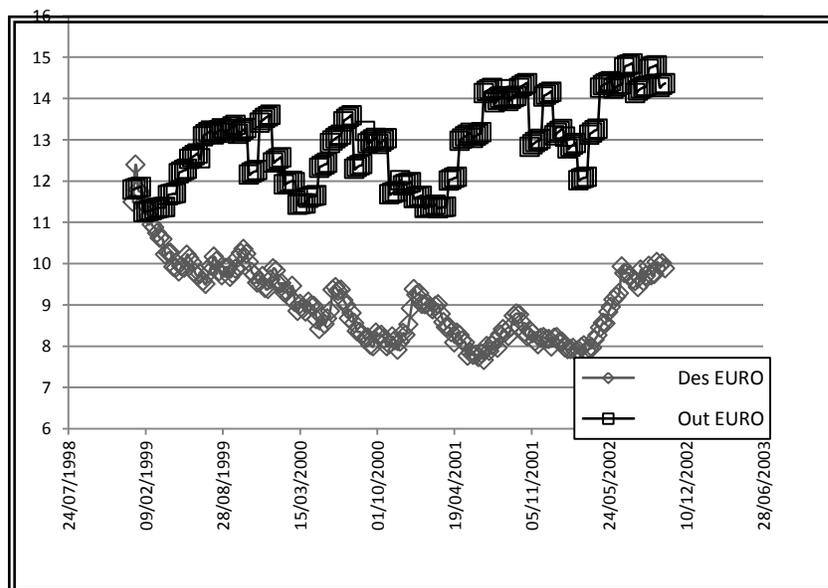
En la etapa de entrenamiento de la RNA desarrollada los valores generados se muestran en las figuras 4.2. y 4.3.



## **CAPITULO 5: INSTALACIÓN**

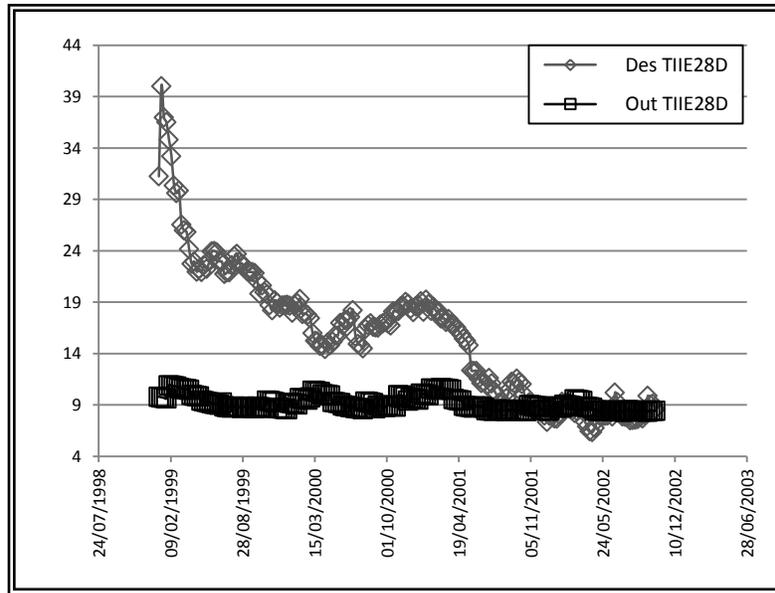


a)

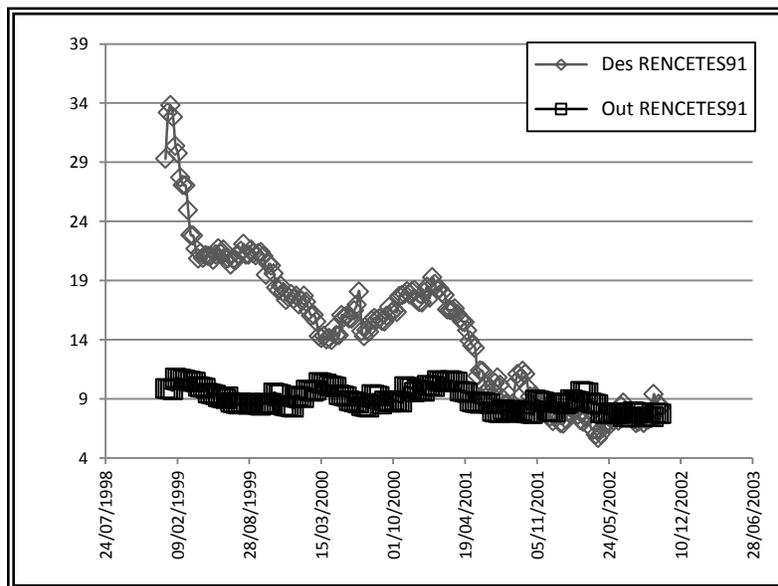


b)

Figura 21. Conjunto de entrenamiento. a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el dólar. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el euro



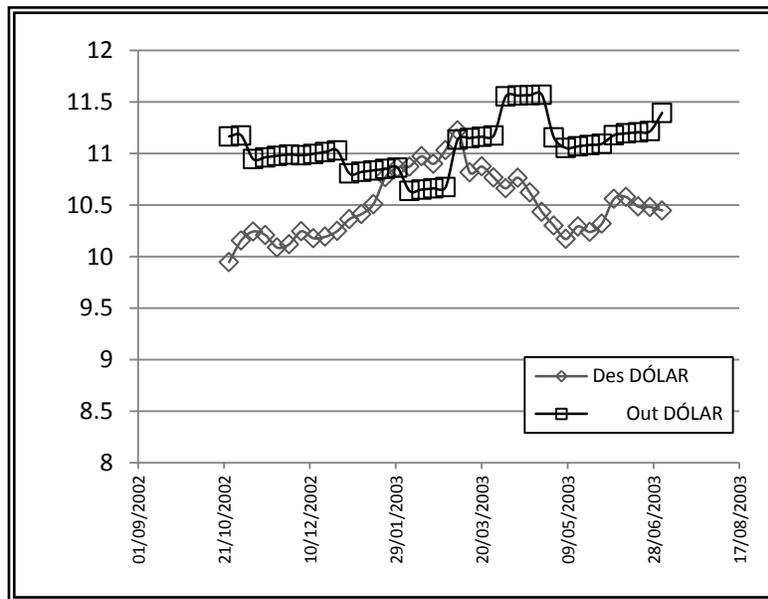
a)



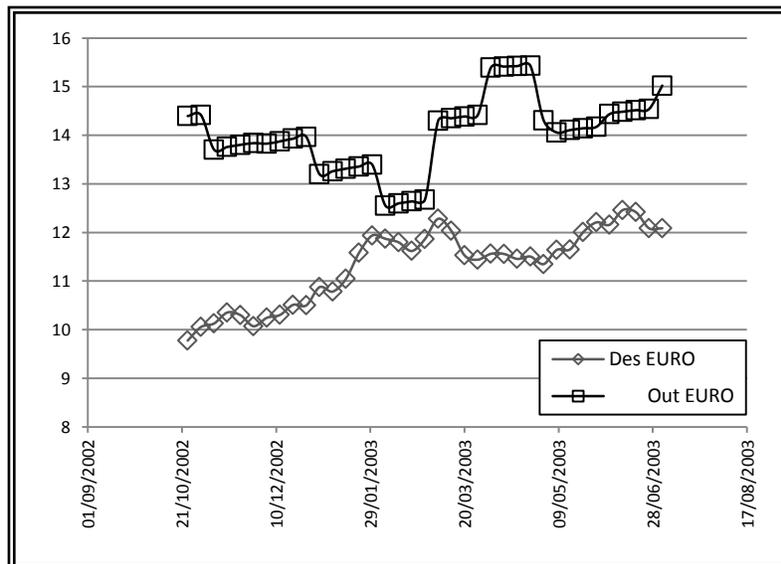
b)

Figura 22. Conjunto de entrenamiento. a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida para la TIIIE. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para CETES

En las figuras 4.4 y 4.5 se observa la salida deseada para el conjunto de validación, comparada con la información generada por la RNA al finalizar el entrenamiento.

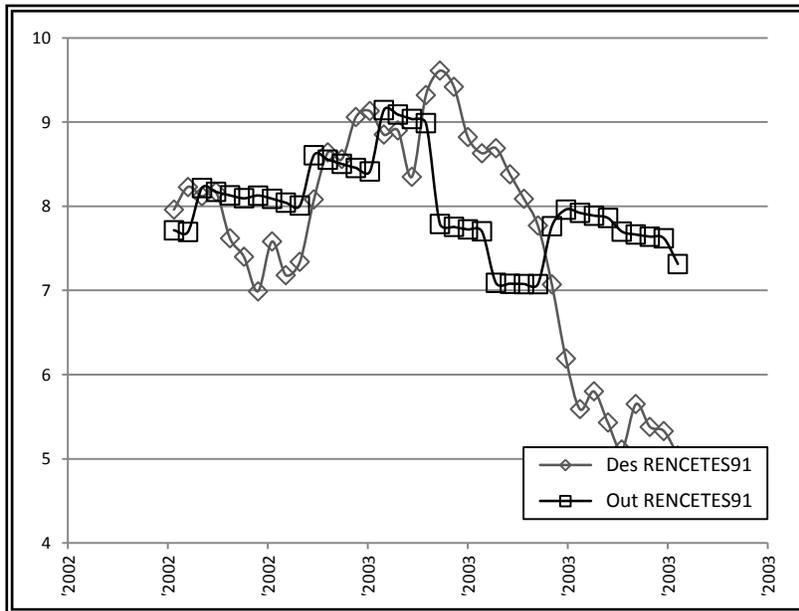


a)

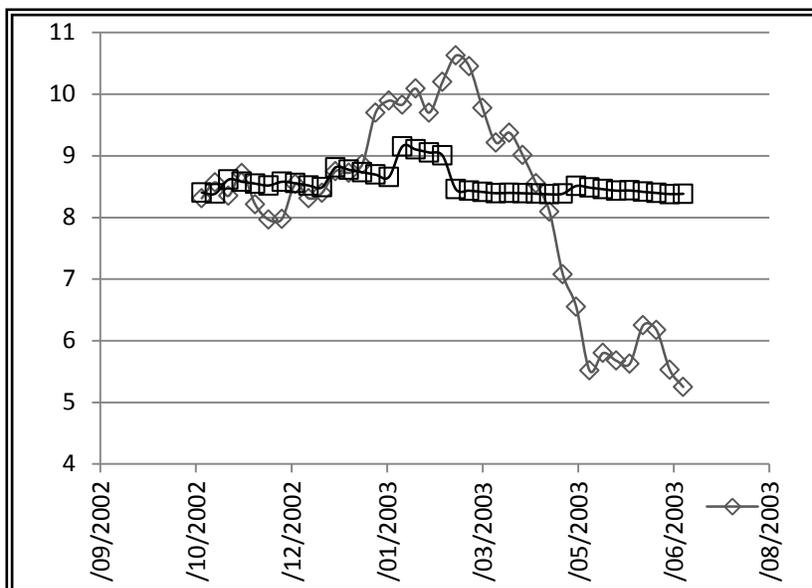


b)

**Figura 23. Conjunto de validación a) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el dólar. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para el euro**



a)



b)

Figura 24. Conjunto de validación a)Gráfica comparativa de la información generada obtenida para la TIIE. b) Gráfica comparativa de la información generada obtenida por el MLP para CETES

En la tabla 4.4. Se observa el porcentaje de error del conjunto de validación comparado con el porcentaje de error del conjunto de entrenamiento.

Algunos factores que intervinieron para obtener porcentajes de error bajos fueron el número de capas ocultas y el número de neuronas contenidas en cada capa oculta. Cabe señalar que, para el caso del MLP, mayor número de capas ocultas generará mayor exactitud en el resultado obtenido.

**TABLA 4.3.** Errores obtenidos en el entrenamiento y la validación de la RNA diseñada.

**Tabla 21.** Errores obtenidos en el entrenamiento y la validación de la RNA diseñada.

	<b>Multicapa</b>	
	<b>entrenamiento</b>	<b>Validación</b>
<b>MSE</b>	0.011	0.011
<b>NMSE</b>	0.078	0.078
<b>% Error</b>	15.91	16.01

## CONCLUSIONES

Si bien la aplicación de la Metodología de Sistemas descrita puede resultar en un proceso de diseño extenso, lo cual no es del agrado de muchos desarrolladores, redundando en una adecuada exploración de los requerimientos del sistema y en una, también adecuada, adaptación del sistema diseñado a estos requerimientos.

Los beneficios de utilizar una metodología de sistemas duros como lo es la de Jenkins dentro de la metodología de sistemas suaves, en este caso son grandes. La SSM da la estructura a sistemas organizacionales y políticos complejos y permite tratarlos de forma organizada, forzando a utilizar una solución que no sea solo técnica. Sin embargo, se necesita una metodología de sistemas duros para poder abordar la solución, ya que, a pesar de que interactúan hombres y máquinas, se le da más importancia a la parte tecnológica, como son los AG y las RNA's, tomando como generador de estadísticas la componente social.

## **MEJORAS CONTINUAS** **(SISTEMA SUAVE Y SISTEMA DURO)**

En este apartado se presentan las conclusiones finales a través del desarrollo de esta investigación. También se justifica el cumplimiento de los objetivos particulares, las metas establecidas al inicio de la investigación y la explicación del correcto funcionamiento del Sistema. Para el diseño de una red neuronal artificial se tiene que escoger el modelo de red que más se adecue a la resolución del problema, al número de muestras que se tienen, al error esperado. Posteriormente también es importante la elección de la función de activación que se van a utilizar en el caso de las redes del tipo MLP, el número de capas y para ambos modelos de red el número de neuronas en las capas ocultas. También hay que contemplar el tipo de regla de aprendizaje y considerar que es también importante utilizar de las muestras un porcentaje para el entrenamiento y otro para la valoración de la red creada

Se puede ver que para ambas redes el número de neuronas de entrada y de salida viene dado por el número de variables que definen el problema, y a pesar de que actualmente hay fórmulas para calcular el comportamiento de la red por capas el mejoramiento y perfeccionamiento de una red se realiza más bien por prueba y error

Para la implementación de las redes neuronales es imprescindible escoger el modelo de red que más se adecue a la resolución del problema, al número de muestras que se tienen y al error esperado.

El MLP es un modelo RNA que ha sido utilizado para resolver diferentes tipos de problemas sin embargo es una red cuyo entrenamiento es lento dependiendo del número de capas y neuronas utilizadas es x eso que el error hasta ahorita es del 16% pero sigue decreciendo, haciendo énfasis en q el entrenamiento de la red lleva hasta ahora 4 meses de entrenamiento.

## REFERENCIAS

- Acosta Q. Maria Paz G. (2007). Metodología de Jenkins. Recuperado [http://www.itson.mx/dii/mpacosta/Metodologia\\_de\\_Jenkins.doc](http://www.itson.mx/dii/mpacosta/Metodologia_de_Jenkins.doc)
- Ávila y Lugo, José. (2007). Introducción a la Economía. México D.F, México: Plaza y Valdés Editores.
- Banco de México. Recuperado de: <http://www.banxico.org.mx>
- Bertalanffy, Ludwing von. (1976). Teoría General de los Sistemas. México: FCE.
- Bolsa Mexicana de Valores. Recuperado de: <http://www.bmv.com.mx>
- Checkland, Peter y Scholes Jim. (1994). La metodología de sistemas suaves en acción. México D.F, México: Grupo Noriega Editores
- Díaz Carmen (2004). Futuros y Opciones: Futuros Financieros. Teoría y Práctica. Mexico. Prentice Hall.
- Díaz, M. Alfredo y Hernández, A. Luis A. (1999) Sistemas Financieros Mexicano e Internacional en Internet. México D.F, México: SICCO.
- Gigch, John P. von. (1987). Teoría General de Sistemas (2a Ed.). México: Trillas.
- González, S. José. (2009). Manual de Fórmulas Financieras. Una herramienta para el mundo actual. México D.F, México: Alfaomega.
- Herrera, A. Carlos E. (1998). Fuentes de Financiamiento. México D.F, México: SICCO.
- Hilera Jose R. y Martinez Víctor J. (2000). Redes Neuronales Artificiales. Madrid, España. Alfaomega.
- Mercado Mexicano de Derivados. Recuperado de: <http://www.mexder.com.mx>
- Monroy, A. Germán S. (1995). Una introducción a la metodología de sistemas. Recuperado de [http://cese.edu.mx/revista/metodologia\\_de\\_sistemas.htm](http://cese.edu.mx/revista/metodologia_de_sistemas.htm)
- Santillan G. Arturo (2007). Sistema Financiero Mexicano y el Mercado Mexicano de Derivados. México. Serie: Finanzas, Contaduría y Administración.
- Winston Patrick H.(1994). Inteligencia Artificial. Addison- Wesley Iberoamericana.
- Viñuela Pedro y Galván Ines (2004). Redes Neuronales Artificiales. Un enfoque práctico.Madrid España. Prentice Hall
- Bonafio Martín(2001). Redes neuronales y Sistemas Difusos. Madrid, España. Alfaomega.

---

Dr. C. Carlos Trichet y Dr. C. Rafael Manuel Trinchet Soler. La definición del problema: el paso primero y fundamental del proceso de investigación científica. Agosto, 2007. Acimed .

Revista Cubana de los profesionales de la información y de la comunicación en Salud  
Cuba Journal of Health Information and Communication Professionals:  
[http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16\\_2\\_07/aci09807.html](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16_2_07/aci09807.html)

## **ANEXOS**

## ANEXO A: CRONOLOGÍA DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

- 1930-1940: L. Von Bertalanffy, uno de los fundadores de la TGS y uno de los precursores del movimiento de sistemas.
- 1940: Sociólogos del Instituto Tavistock, inspirados y animados por el psicólogo social Kurt Lewin, empeñaron sus esfuerzos en hacerlo, interviniendo en las organizaciones, aplicando el proceso de investigación-acción desarrollado por Lewin.
- 1951: P. M. Morse y G. E. Kimball publican uno de los primeros libros de Investigación de Operaciones y mencionan, al mismo tiempo la utilización métodos estadísticos, la experimentación y métodos analíticos (teóricos).
- 1953: R.I. Ackoff publica su obra metodológica sobre el diseño de la investigación social.
- 1954-1956: J.G. Mc Closkey y F .N. Trefethen editaron dos volúmenes con problemas resueltos aplicando modelos, técnicas y herramientas de la investigación de operaciones en la administración de sistemas.
- 1957: Se publicó la Introducción a la Investigación de Operaciones de C.W. Churchman y R.I. Ackoff que contiene uno de los primeros esfuerzos sistemáticos más relevantes sobre la metodología de sistemas. H.H. Goode y R.E. Machol publicaron el primer libro sobre Ingeniería de Sistemas.
- 1959: A. Kaufmann comenzó a publicar su serie de libros sobre métodos y modelos de la investigación de operaciones.
- 1960: Ch, D. Flagle, W.H, Hugging y R.H. Roy publicaron su obra en que integran la Investigación de Operaciones y la Ingeniería de Sistemas.
- 1962: Ackoff publica su libro sobre método científico y amplía la relevancia de su aportación metodológica. A. D. Hall hace otro de los primeros esfuerzos relevantes sobre metodología de sistemas, integra los conceptos de ciencia, tecnología y creatividad en su definición de las fases de su metodología de la Ingeniería de Sistemas.
- 1965: W. Boumol publicó su obra remarcando primordialmente la relación entre la Investigación de Operaciones, el Análisis de Operaciones y la Teoría Económica, a través sólo de los modelos matemáticos, técnicas y herramientas en el estudio de esos fenómenos y en la toma de decisiones para resolver problemas sin hacer

- algún énfasis metodológico. H. Chestnut publica su libro sobre herramientas de la Ingeniería de Sistemas.
- 1966: S. Beer hace una aportación significativa al formalizar la interacción entre la Investigación de Operaciones, la Cibernética y la Administración a través de los conceptos de sistemas, complejidad, modelos, decisión, comunicación y control de manera integral, ampliando y consolidando las bases para el modelo general que en años subsiguientes construiría y propondría como el modelo de sistema viable.
- 1967: Chestnut y Van Court Hare publicaron sus libros sobre método de Ingeniería de Sistemas y Método para el Análisis de Sistemas respectivamente.
- 1968: Ackoff junto con M. Sasieni publican una versión actualizada a la obra en que participó el primero en 1957.
- 1969: G.M. Jenkins presentó otro de los esfuerzos significativos en la definición del método de la Ingeniería de Sistemas. Su trabajo, aún cuando corto en extensión presenta de manera destacada su definición del método.
- 1970-1980: Empezó a gestarse lo que se ha identificado como el movimiento crítico y pensamiento sistémico. Destacando la participación de R. L., Flood, M. C. Jackson y W. Ulrich.
- 1971: R. de Neufville y J.H. Stafford abordan el análisis de sistemas para la resolución de problemas y la toma de decisiones en los sistemas relacionados con la ingeniería y la administración. Churchman publicó su libro Diseño de Sistemas de Indagación retornando.
- 1972: P.B. Checkland comenzó a señalar la necesidad de desarrollar métodos apropiados para los sistemas suaves y a empeñar su esfuerzo en definir uno, explícito que para ello se basó en la investigación acción entre otros conceptos.
- 1974: Ackoff enriqueció su concepto de planeación estratégica analizando las posibilidades de diferentes filosofías, actitudes y tipologías de planeación, hasta llegar a proponer e impulsar lo que llamó la planeación interactiva para enfrentar sistemas de problemas.
- 1980: Flood y Jackson alentaron su ataque a construir las bases sólidas de conocimiento teórico del pensamiento sistémico crítico,
- 1981: P.B. Checkland publica un libro en el que describe su metodología de sistemas suaves.

- 
- 1983: W. Ulrich publica su promesa como heurística crítica de sistemas para la planeación social.
- 1989: A. D. Hall expande, adapta y actualiza su metodología de la Ingeniería de Sistemas en su metodología de metasistemas.
- 1991: J.P. van Gigch adapta y actualiza su Teoría General de Sistemas Aplicada presentándola como la modelación y meta-modelación en el diseño de sistemas, haciendo claro su énfasis y los modelos matemáticos, técnicas y herramientas de sistemas. Flood y Jackson presentan su propuesta como un nuevo modo para planear, diseñar y evaluar en su Intervención Total en Sistemas. Entre estos caminos proponen el concepto de Liberalidad en Teoría de Sistemas en que se posibilita la "Liberalidad en Teoría" de Sistemas o la Liberalidad en "Teoría de Sistemas" o cualquier otra combinación.

## ANEXO B: METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES CHECKLAND (SSM)

La SSM de Peter Checkland es una metodología sistémica fundamentada en el concepto de perspectiva o en el lenguaje de la metodología “Weltanschauung”, el cual representa la visión propia de un observador, o grupo de ellos, sobre un objeto de estudio, para proponer cambios sobre el sistema que en teoría deberían tender a mejorar su funcionamiento (Checkland, 1994).

Es una técnica cualitativa que se puede utilizar para aplicar los sistemas estructurados a las situaciones asistémicas. Es una manera de ocuparse de problemas situacionales en los cuales hay una actividad con un alto componente social, político y humano. Esto distingue el SSM de otras metodologías que se ocupan de los problemas duros que están a menudo más orientados a la tecnología. La SSM es una manera útil de acercarse a situaciones complejas y está conformada por siete estadios, ver figura 1.4, cuyo orden puede variar de acuerdo a las características del estudio.

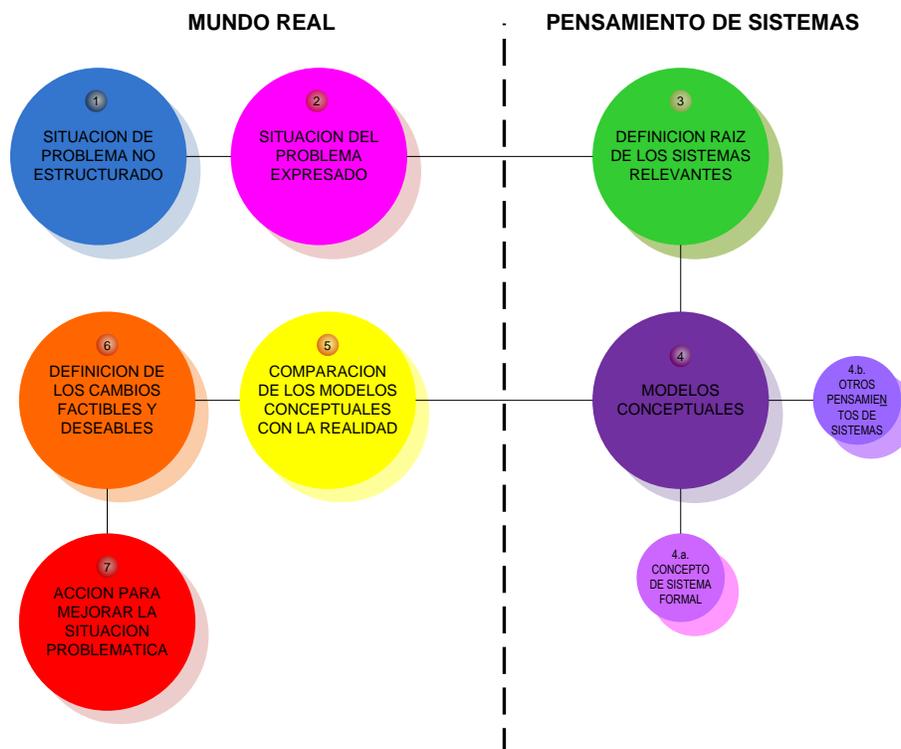


Figura 25. Metodología de Chekland  
 Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1.4 se describen brevemente estos estadios.

Tabla 22. Descripción de los estadios de la Metodología de Sistemas Saves de Checkland

No. de Estadio	Nombre del Estadio	Descripción
<i>Primero</i>	<i>La Situación del Problema no Estructurado</i>	Se refiere a la descripción de la situación donde se percibe la existencia de un problema sin dar ningún tipo de estructura a la situación. El proceso se puede examinar en términos de las actividades básicas requeridas para decidir hacer algo, los efectos externos y la implementación de las acciones correctivas adecuadas.
<i>Segundo</i>	<i>La Situación Problema Expresada</i>	Se describe su estructura organizativa, actividades e interrelación de éstas, flujos de entrada y salida, etc. Se explica cómo se relaciona la estructura y el proceso con relación a la situación planteada. La relación prescrita es una característica de las situaciones en las cuales se perciben problemas entre la interacción estructura-proceso.
<i>Tercero</i>	Definiciones Raíz de Sistemas Pertinentes	<p>La definición raíz debe ser una descripción concisa de un sistema de la actividad humana que capture una visión particular de éste, con un propósito determinado, concebido como un proceso de transformación.</p> <p>Se elaboran definiciones de lo que, idealmente, según los diferentes "weltanschauung" involucrados, es el sistema. La construcción de estas definiciones se fundamenta en seis factores que deben aparecer explícitos en todas ellas, estos se agrupan bajo el nemónico de sus siglas en ingles CATWOE (Bergvall-Kåreborn et. al. 2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cliente: Todos los que pueden ganar algún beneficio del sistema son considerados clientes del sistema. Si el sistema implica sacrificios tales como despidos, entonces esas víctimas deben ser contadas como clientes.</li> <li>Actores: Los agentes que transforman las entradas en salidas y realizan las actividades definidas en el sistema.</li> <li>Proceso de transformación: Este se muestra como la conversión de las entradas en salidas.</li> <li>Weltanschauung. La expresión alemana para la visión del mundo. Esta visión del mundo hace el proceso de transformación significativo en el contexto.</li> <li>Dueño. Cada sistema tiene algún propietario, que tiene el poder de comenzar y de cerrar el sistema (poder de veto).</li> <li>Restricciones Ambientales. Estos son los elementos externos que deben ser considerados. Estas restricciones incluyen políticas organizacionales así como temas legales y éticos</li> </ul>

No. de Estadio	Nombre del Estadio	Descripción	
Cuarto	Confección y Verificación de Modelos Conceptuales	Consiste en la creación de modelos de los sistemas de actividad humana nombrados y definidos en la definición raíz, realizando un reporte de lo que el sistema es. Se construye un modelo que logrará llevar a cabo lo que se especifica en la definición raíz y por lo tanto el modelo conceptual es un conjunto de actividades de lo que el sistema debe hacer con el fin de cumplir el objetivo definido. Este estadio se asiste de los subestadios 4a y 4b.	<p style="text-align: center;">Estadio 4a</p> <p>Es un modelo conceptual utilizado para verificar que el modelo construido no sea deficiente.</p>
			<p style="text-align: center;">Estadio 4b</p> <p>Consiste en la modificación del modelo obtenido en alguna otra forma de pensamiento sistémico adecuado en la solución de un problema puntual.</p>
Quinto	Comparación de los modelos conceptuales con la realidad	Se Comparan el estadio 4 contra el 2, es decir, se comparan los modelos conceptuales con la situación actual del sistema expresado, dicha comparación pretende hacer emerger las diferencias existentes entre lo descrito en los modelos conceptuales y lo que existe en la actualidad en el sistema. Se introducen nuevos modelos conceptuales del mundo real y se confrontan con el fin de analizar las percepciones existentes.	
Sexto	Diseño de Cambios Deseables, Viables	De las diferencias emergidas entre la situación actual y los modelos conceptuales, se proponen cambios tendientes a superarlas, dichos cambios deben ser evaluados y aprobados por las personas que conforman el sistema humano, para garantizar con esto que sean deseables y viables. Aplica a los cambios asociados con la solución del problema analizado:	<p>En estructura: Son los cambios que se hacen a aquellas partes de la realidad que a corto plazo no cambian.</p>
			<p>En procedimientos: Son cambios en los elementos dinámicos, o sea sobre todas las actividades que se llevan a cabo dentro de las estructuras estáticas.</p>
			<p>En actitud: Son cambios en las situaciones percibidas como problemas teniendo en cuenta que los "actores involucrados" estén de acuerdo en que se logrará una mejoría en la situación.</p>
Séptimo	Acciones para Mejorar la Situación Problema	<p>Se aplican los cambios planteados al modelo, dando origen de esta manera a "un nuevo problema". Este estadio comprende la puesta en marcha de los cambios diseñados, tendientes a solucionar la situación problema, y el control de los mismos. Este estadio no representa el fin de la aplicación de la metodología, pues en su aplicación se transforma en un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, siempre tendiendo a mejorar la situación.</p> <p>Se le puede llamar nivel de los marcos de referencia. Se trata de sistemas estáticos con propiedades estructurales</p>	

Fuente: Elaboración propia

Debido a que esta metodología es aplicable a sistemas suaves en donde interviene el factor humano, se explica a continuación una metodología útil para sistemas duros en donde el factor puede ser tecnológico.

---

## ANEXO C: METODOLOGÍA DE JENKINS

La metodología de Jenkins establece que la Ingeniería de Sistemas es la ciencia de diseñar sistemas complejos en su totalidad, para asegurar que sus subsistemas componentes puedan diseñarse, ensamblarse y operarse de tal forma que logren los objetivos globales del sistema de la manera más eficiente.

Con el enfoque sistémico, la ingeniería de Sistemas enfatiza el desempeño global del sistema como un todo, en contraposición al desempeño de partes individuales del sistema. Una característica importante de la Ingeniería de Sistemas es el desarrollo de modelos cuantitativos, de tal forma que una medida de desempeño del sistema pueda optimizarse.

La importancia de la Ingeniería de Sistemas en la solución de problemas va en aumento, paralelamente al aumento en la complejidad de los problemas que tienen que confrontar las organizaciones e instituciones en la actualidad. Muchos problemas que aparecían como independientes, ya no pueden solucionarse aisladamente; así mismo, muchos sistemas aparentemente independientes, necesitan ensamblarse adecuadamente si se desea obtener soluciones satisfactorias a los problemas complejos Acosta, (2007).

Esta metodología consta de cuatro fases, como se muestra en la figura 1.5, y a su vez cada una está dividida en subfases:

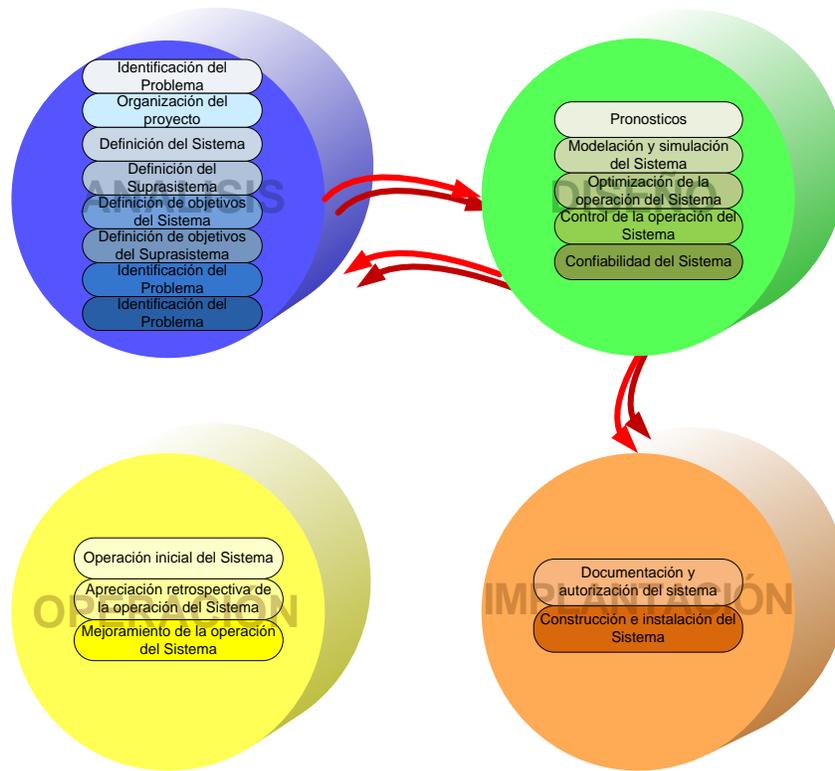


Figura 26. Metodología de Jenkins para sistemas duros

Figura 1.5. Metodología de Jenkins para sistemas duros  
 Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1.5 se muestran las preguntas que se deben contestar en cada subfase al utilizar la metodología de Jenkins.

Tabla 23. Metodología de Jenkins

Tabla 1. 5. Metodología de Jenkins

FASES	SUBFASES	PREGUNTAS
<b>ANÁLISIS DE SISTEMAS</b> El Ingeniero de Sistemas inicia su actividad con un análisis de lo que está sucediendo y por qué está sucediendo, así como también de cómo puede hacerse mejor. De esta manera el sistema y sus objetivos podrán definirse, de forma tal que resuelva el problema identificado	Identificación y formulación del problema	¿Cómo se originó el problema?
		¿Cuál es su naturaleza?
		¿Quiénes son las personas que creen que es un problema?
		¿Es el problema correcto? ó ¿es tan sólo un síntoma de un problema mayor?
		Si el problema involucra ultimadamente la toma de decisiones, ¿cuál sería la serie de argumentos y consideraciones que conducirían a la toma de decisiones?
		¿Por qué es importante resolver el problema?
		¿Justifica la solución del problema el costo involucrado?
	Organización del proyecto	¿Cuántos en el grupo?
		¿Quiénes deben ser?
		¿Quién debe dirigirlos?
	Definición del sistema	¿Cuál es el sistema que se está estudiando?
		¿Cuáles son los subsistemas?
		¿Cómo interactúan los subsistemas?
		¿Puede mapearse el sistema?
		¿Puede plantearse el problema en términos de sistemas?
	Definición del suprasistema	¿En qué ambiente está operando el sistema?
		¿Cuáles son las conectividades entre el sistema y el suprasistema del cual forma parte?
		Se están tomando en cuenta los efectos posibles de otros suprasistemas?
	Definición de los objetivos del suprasistema	¿Pueden identificarse claramente los objetivos del sistema?
		¿Pueden ponerse en orden de importancia?
		¿Pueden identificarse las limitaciones impuestas al sistema?
		¿Son los objetivos del sistema compatibles con los de su suprasistema?
		¿Pueden cuantificarse los objetivos del sistema?
	Definición de los objetivos del sistema	¿Pueden identificarse claramente los objetivos del sistema?
		¿Pueden ponerse en orden de importancia?
		¿Pueden identificarse las limitaciones impuestas al sistema?
		¿Son los objetivos del sistema compatibles con los de su suprasistema?
		¿Pueden cuantificarse los objetivos del sistema?
	Definición de las medidas de desempeño del sistema	¿Pueden ponderarse objetivos en conflicto?
		¿Existen limitaciones impuestas al sistema?, ¿cuáles son?
		¿Existen medidas de desempeño concretas y directas?
		Aunque esas medidas de desempeño fueran cualitativas, ¿podrían identificarse?, ¿cuáles son?
Recopilación de datos e información	¿Qué datos se requieren para la modelación del sistema?	
	¿Están disponibles? ¿Quién los tiene?	
	¿Quién recopilará la información?	
	¿Se tiene información de pronósticos?	
	¿Cuál es la mejor forma de presentar toda la información?	
	¿Es confiable la información?	
<b>DISEÑO DE SISTEMA</b> Primeramente se pronostica el ambiente futuro del sistema. Luego se desarrolla un modelo cuantitativo del sistema y se usa para simular o	Pronósticos	¿Cuál es el futuro esperado del sistema y su ambiente?
		¿Está garantizada la "existencia" del sistema?
		¿Existe información disponible para pronósticos exactos?
		¿Qué tan exactos son esos pronósticos?
	Modelación y simulación del sistema	¿Qué tipo de modelo se requiere para representar el sistema?
		¿Están los objetivos para la creación del modelo bien claros?
		¿Se está concentrando el modelo en los aspectos más importantes del sistema bajo estudio?
		¿Está describiendo el modelo la situación real en forma adecuada?
		¿Está de acuerdo la simulación de la operación del sistema por medio del modelo, con la operación real del sistema en tiempos pasados y con la esperada a través de pronósticos?

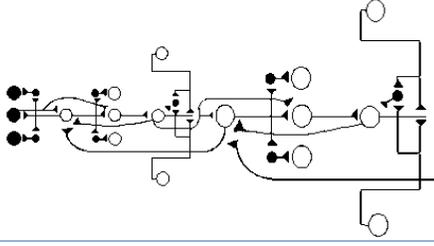
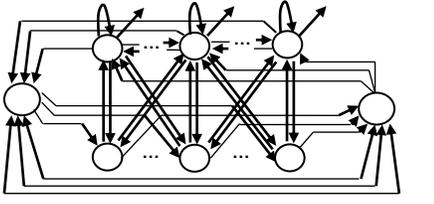
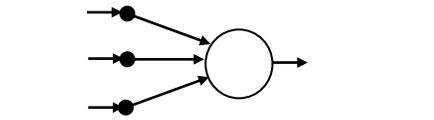
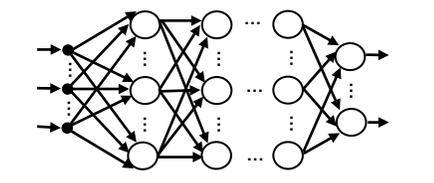
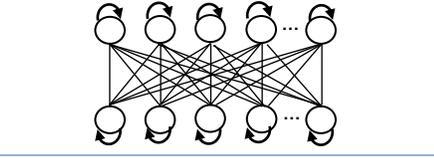
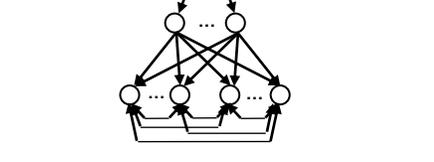
**Tabla 1. 5. Metodología de Jenkins**

FASES	SUBFASES	PREGUNTAS
<p>explorar formas diferentes de operarlo, creando de esta manera alternativas de solución. Por último, en base a una evaluación de las alternativas generadas, se selecciona la que optimice la operación del sistema.</p>	Optimización de la operación del sistema	¿Es el modelo lo suficientemente adecuado como para intentar el estudio de la optimización de la operación del sistema?
		¿Qué técnica de optimización debe usarse?
		Si la optimización no es formada, ¿cómo pueden generarse las alternativas?
		¿Son los criterios para juzgar los mejoramientos de la operación del sistema lo suficientemente sensibles?
		¿Se ha probado la operación optimizada del sistema (a través del modelo) con las suposiciones involucradas en el modelo?
	Control de la operación del sistema	¿Ayudaría un análisis de riesgos?
		¿Qué sistema de control se necesita para lograr y mantener las condiciones de operación óptimas?
		¿Es este sistema de control económico comparado al mejoramiento que asegura?
		¿Dónde debe controlarse la operación del sistema?
	Confiabilidad del sistema	¿Qué tipo de sistema de control se requiere? ¿Control instrumental?, ¿reportes?, ¿otros?
		¿Qué tan simple debe ser el sistema de control?
		¿Se ha tomado en consideración el efecto de la incertidumbre (eventos impredecibles no esperados) sobre la confiabilidad del sistema?
		Se puede probar la confiabilidad del sistema con una simulación posterior, ¿debe modificarse la simulación del sistema efectuada anteriormente?
<p><b>IMPLANTACION DE SISTEMAS</b> Después de que el sistema se haya diseñado en detalle, tendrá que probarse para comprobar el buen desempeño de su operación, confiabilidad, etc.</p>	Documentación y autorización del sistema	¿Qué puede hacerse para mejorar la confiabilidad del sistema?
		¿Se ha reducido la no-confiabilidad del sistema a un nivel aceptable?
		¿Está de acuerdo el grupo acerca de las conclusiones y recomendaciones?
		¿Se han comunicado las conclusiones y recomendaciones al tomador de decisiones, (a) verbalmente, (b) a través de reportes bien escritos para causar el máximo impacto posible?
		¿Se ha llegado a un acuerdo para la implantación del diseño propuesto?
	Construcción e instalación del sistema	¿Existe un plan para implantar el diseño propuesto?
		¿Entienden todas las personas involucradas en el problema, qué es lo que se ha hecho y qué es lo que se está proponiendo para hacer?
		¿Se han especificado con todo detalle los procedimientos y recursos necesarios para implantar el diseño propuesto?
		¿Se tiene un plan para construir e instalar el diseño propuesto?
		¿Entienden todas las personas involucradas en la construcción e instalación del diseño propuesto, sus funciones?
<p><b>OPERACIÓN Y APRECIACION RETROSPECTIVA DE SISTEMAS</b> La eficiencia de la operación del sistema debe apreciarse, dado que estará operando en un ambiente dinámico y cambiante que probablemente tendrá características diferentes a las que tenía cuando el sistema fue diseñado</p>	Operación inicial del sistema	¿Existen un plan para la operación inicial?
		¿Están todas las responsabilidades de los usuarios del sistema diseñado bien claras y establecidas?
		¿Están convencidos los usuarios de que es posible operar el sistema diseñado?
	Apreciación retrospectiva de la operación del sistema	¿Existe algún acuerdo en cómo documentar la operación inicial?
		¿Está operando el sistema en la forma predicha en la fase de diseño?
		Si no, ¿por qué no? Exactamente, ¿qué fue lo que falló?
		¿Necesitan algunos aspectos de la operación del sistema atención posterior?
	Mejoramiento de la operación del sistema diseñado	¿Se ha documentado adecuadamente la apreciación retrospectiva de la operación del sistema?
		¿Necesita el sistema re-diseñarse o re-optimizarse?
		Si es así, ¿cómo debe hacerse?
		Finalmente, ¿es la operación mejorada resultante adecuada?

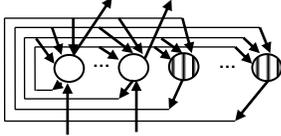
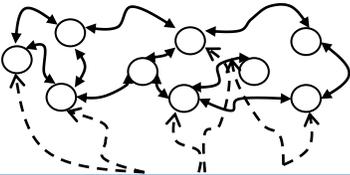
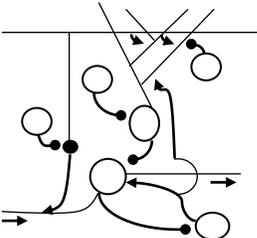
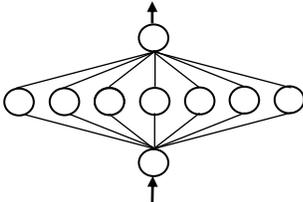
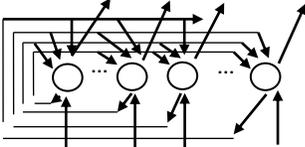
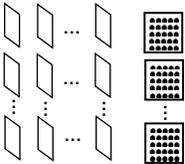
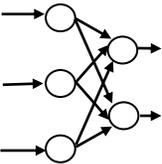
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DEL TIPOS DE REDES NEURONALES MÁS IMPORTANTES

Tabla 24. Características del Tipos de Redes Neuronales más Importantes

TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE REDES NEURONALES MÁS IMPORTANTES.					
RED	ESTRUCTURA	APLICACION	DESCRIPCIÓN	LIMITACIONES	CREADOR
<b>Avalancha (1967)</b>		Reconocimiento de habla continua. Control de Brazos	Ninguna red sencilla puede hacer todo esto	No es fácil alterar la velocidad o interpolar el movimiento	Stephen Grossberg
<b>ART Teoría de Resonancia Adaptativa (1986)</b>		Reconocimiento de Patrones (radar, sonar, etc.)	Sofisticada. Poco utilizada	Sensible a la translación, distorsión y escala	Gail Carpenter, Stephen Grossberg
<b>Adaline/ Madaline (1960)</b>		Filtrado de señales. Ecuador adaptativo, módems	Rápida, fácil de implementar con circuitos analógicos	Sólo es posible clasificar espacios linealmente separados	Bernard Widrow
<b>Multicapa (1974-1986)</b>		Síntesis de voz desde texto. Control de robots. Predicción. Reconocimiento de patrones.	Red más popular. Numerosas aplicaciones con éxito. Facilidad de aprendizaje Potente	Necesita mucho tiempo para el aprendizaje y muchos ejemplos	Paul Werbos, David Parker, David Rumelhart
<b>Memoria Asociativa bidireccional (1985)</b>		Memoria heteroasociativa de acceso por contenido	Aprendizaje y arquitectura simples	Baja capacidad de almacenamiento. Los datos deben ser codificados	Bart Kosko
<b>Maquina de Boltzmann y Cauchy (1985-1986)</b>		Reconocimiento de patrones (imágenes, sonar y radar). Optimización	Redes simples. Capacidad de representación optima de patrones	Necesita un tiempo muy largo de aprendizaje	Jeffrey hinton, terry sejnowski, harold szu.

**TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE REDES NEURONALES MÁS IMPORTANTES.**

RED	ESTRUCTURA	APLICACION	DESCRIPCIÓN	LIMITACIONES	CREADOR
					
<b>Brain-State-in-a-Box (1977)</b>		Extracción de conocimiento de bases de datos	Posiblemente mejor realización que las redes de Hopfield	Aplicaciones no estudiadas totalmente	James Anderson
<b>Cerebellatron (1969)</b>		Control de movimiento de los brazos de un robot	Semejante a Avalancha	Requiere complicadas entradas de control	David Marr, James Albus, Andrés Pellionez
<b>Counter-propagation (1986)</b>		Comprensión de imágenes	Combinación de Perceptron y mapas de Kohonen	Numerosas neuronas y conexiones	Robert Hecht-Nielsen
<b>Hopfield (1982)</b>		Reconstrucción de patrones y optimización	Fácil de conceptualizar	Capacidad y estabilidad	John Hopfield.
<b>Neocognitron (1978-1984)</b>		Reconocimiento de caracteres manuscritos	Insensible a traslación rotación y escala	Requiere muchos elementos de proceso, niveles y conexiones	K. Fukushima.
<b>Perceptron (1957)</b>		Reconocimiento de caracteres impresos	La red más antigua	No puede reconocer caracteres complejos	Frank Rosenblat

**TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE REDES NEURONALES MÁS IMPORTANTES.**

RED	ESTRUCTURA	APLICACION	DESCRIPCIÓN	LIMITACIONES	CREADOR
<b>Mapas auto-organizativos de Kohonen (1980-1984)</b>		Reconocimiento de patrones, codificación de datos, optimización	Realiza mapas de características comunes de los datos aprendidos	Requiere mucho entrenamiento	Teuvo Kohonen
<b>Red de Neuronas de Base Radial (1985-1988)</b>		- Aproximación Funcional - Reconocimiento de patrones	Interpretación matemática directa, realizar una buena inicialización de los pesos de la red, acelera el proceso de aprendizaje. Estima la Salida	El procesamiento realizado es algo más complejo que en el caso del perceptrón multicapa	M.J.D. Powell D.S. Broomhead y D. Lowe
<b>Red de Ligaduras Funcionales (1988)</b>		- Aproximación Funcional - Reconocimiento de patrones	Sólo consta de dos capas de elementos de proceso Entrenamiento muy rápido	Es difícil identificar las Funciones de las ligaduras	Y.H. Pao
<b>Perceptrón Multicapa Recurrente (1987)</b>		- Control - Reconocimiento del habla - Predicción de secuencias	Capaz de tratar información temporal	Estructuras muy complicadas. El aprendizaje puede resultar muy difícil	Almeida Pineda
<b>Red de Retardos Temporales (1987)</b>		Reconocimiento del habla	Reconocimiento con una rapidez de proceso mucho Mayor	La ventana temporal es de tamaño fijo	D.W. Tank y J.J. Hopfield K.J. Lang y G.E. Hinton

## ANEXO E: HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

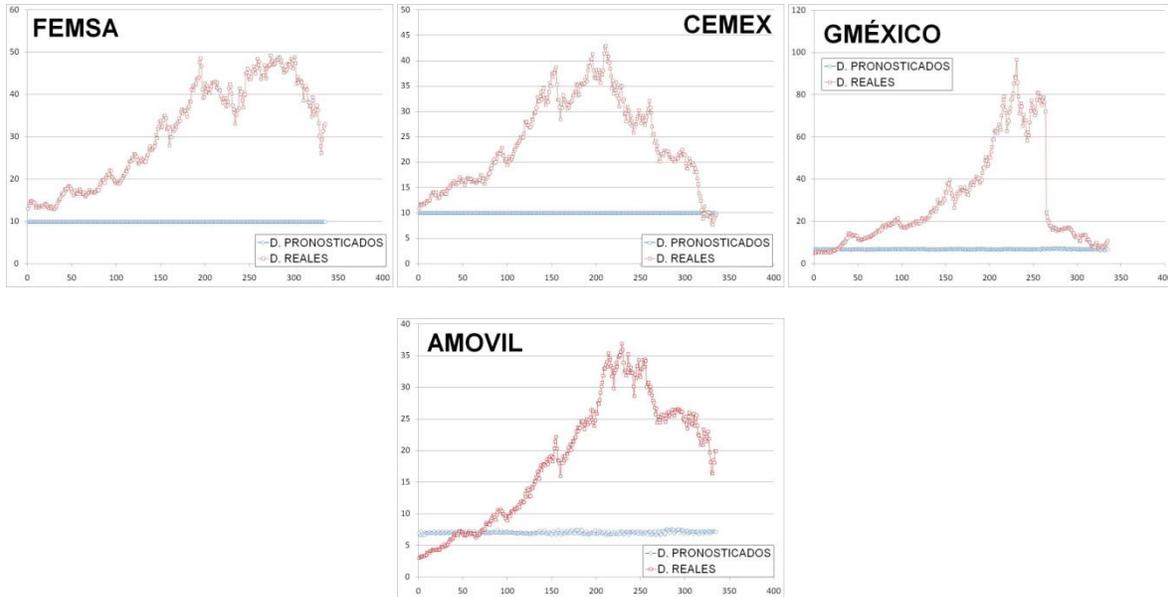
- 1673 - Gottfried Leibniz creó el primer sistema formal de lógica al construir máquinas que realicen cálculos en forma automática,
- 1736 - Euler sentó las bases para la teoría de grafos,
- 1812 - Charles Babbage creó la máquina diferencial para calcular valores de determinadas funciones.
- 1822 - La diseñó y un año después la construyó
- 1833-1842 – También creó la máquina analítica que presenta las bases de la arquitectura de las computadoras actuales.
- 1854 - George Boole sentó las bases de las leyes de la lógica denominada álgebra de Boole o booleana
- 1879 - Gottlob Frege creó un lenguaje de especificaciones matemáticas para describir la aritmética conocida como predicados de primer orden
- 1930 - En 1930 Russell & Whitehead trabajaron en un sistema matemático por medio de operaciones y axiomas
- 1936 - Alan Turing. Primero en estudiar el cerebro como una forma de ver el mundo de la computación.
- 1943 - Warren McCulloch/Walter Pitts. Lanzaron una teoría acerca de la forma de trabajar de las neuronas y modelaron una red neuronal simple mediante circuitos eléctricos.
- 1949 - Donald Hebb. Primero en explicar los procesos del aprendizaje desarrollando una regla de cómo ocurría. Estableció las bases de la Teoría de las Redes Neuronales.
- 1950 - Karl Lashley. Encontró que la información era distribuida en el cerebro.
- 1956 - Congreso de Dartmouth. Indica el nacimiento de la Inteligencia Artificial.
- 1957 - Frank Rosenblatt. Comenzó el desarrollo del Perceptrón.
- 1959 - Frank Rosenblatt. Teorema de Convergencia del Perceptrón.
- Los primeros ejemplos de lo que hoy podríamos llamar algoritmos genéticos aparecieron a finales de los 50 y principios de los 60, programados en computadoras por biólogos evolutivos que buscaban explícitamente realizar modelos de aspectos de la evolución natural
- 1960 - Bernard Widrow/Marcial Hoff. Desarrollaron el modelo Adaline (ADAPTATIVE LINear Elements).
- 1961 - Karl Steinbeck: Die Lernmatrix. memoria asociativa.
- 1962 - G.E.P. Box, G.J. Friedman, W.W. Bledsoe y H.J. Bremermann desarrollaron algoritmos inspirados en la evolución para optimización de funciones y aprendizaje automático. John Holland desarrolla un trabajo sobre sistemas adaptativos y también propone explícitamente el cruzamiento y otros operadores de recombinación.
- 1963 - Quillian desarrolla las redes semánticas como modelo de representación del conocimiento.

- 1964 - Bertrand Raphael construye el sistema SIR (Semantic Information Retrieval) capaz de inferir conocimiento basado en información que se le suministra. Bobrow desarrolla STUDENT.
- 1965 Buchanan, Feigenbaum y Lederberg, desarrollan el primer Sistema Experto.
- 1965 - Ingo Rechenberg, introdujo la estrategia evolutiva.
- 1966 - L.J. Fogel, A.J. Owens y M.J. Walsh introdujeron en América la programación evolutiva.
- 1967 - Stephen Grossberg. Realiza Avalancha para reconocimiento continuo de habla y aprendizaje de los brazos de un robot.
- 1968 - Minsky publica *Semantic Information Processing*. Seymour Papert, Danny Bobrow y Wally Feurzeig, desarrollan el lenguaje de programación LOGO. En este año y hasta 1970 Terry Winograd desarrolló el sistema SHRDLU, que permitía interrogar y dar órdenes a un robot que se movía dentro de un mundo de bloques.
- 1969 - Alan Kay desarrolla el lenguaje Smalltalk en Xerox PARC. Surgieron críticas que frenaron, hasta 1982, el crecimiento de las investigaciones sobre redes neuronales.
- 1970 - John Henry Holland, surgen los algoritmos genéticos. En este año y hasta 1980 creció el uso de sistemas expertos, como MYCIN: R1/XCON, ABRL, PIP, PUFF, CASNET, INTERNIST/CADUCEUS, etc. Algunos permanecen hasta hoy (shells) como EMYCIN, EXPERT, OPSS.
- 1973 - Alain Colmenauer y su equipo de investigación en la Universidad de Aix-Marseille crean PROLOG (del francés *PRO*grammation en *LOG*ique) un lenguaje de programación ampliamente utilizados en IA.
- 1973 - Shank y Abelson desarrollan los guiones, o scripts.
- 1974 - Edward Shortliffe escribe su tesis con MYCIN, uno de los Sistemas Expertos más conocidos, que asistió a médicos en el diagnóstico y tratamiento de infecciones en la sangre. Paul Werbos. Desarrolló la idea básica del algoritmo backpropagation.
- 1975 - John Holland publica del libro "Adaptación en Sistemas Naturales y Artificiales". Kenneth De Jong estableció el potencial de los AGs demostrando que podían desenvolverse bien en una gran variedad de funciones de prueba, incluyendo paisajes de búsqueda ruidosos, discontinuos y multimodales.
- 1977 - Stephen Grossberg. Teoría de Resonancia Adaptada (TRA): memoria a largo y corto plazo. Teuvo Kohonen. Desarrolló los modelos conocidos como los mapas de Kohonen.
- 1980 - se publica el lenguaje Smalltalk en Xerox PARC . Kunihiko Fukushima. Desarrollo de RNA para el reconocimiento de patrones visuales.
- 1981 - Kazuhiro Fuchi anuncia el proyecto japonés de la quinta generación de computadoras.
- 1985 - John Hopfield. "Computación neuronal de decisiones en problemas de optimización."
- 1986 - David Rumelhart/G. Hinton. Redescubrieron el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation) [13]. McClelland y Rumelhart's publican *Parallel Distributed Processing* (Redes Neuronales).

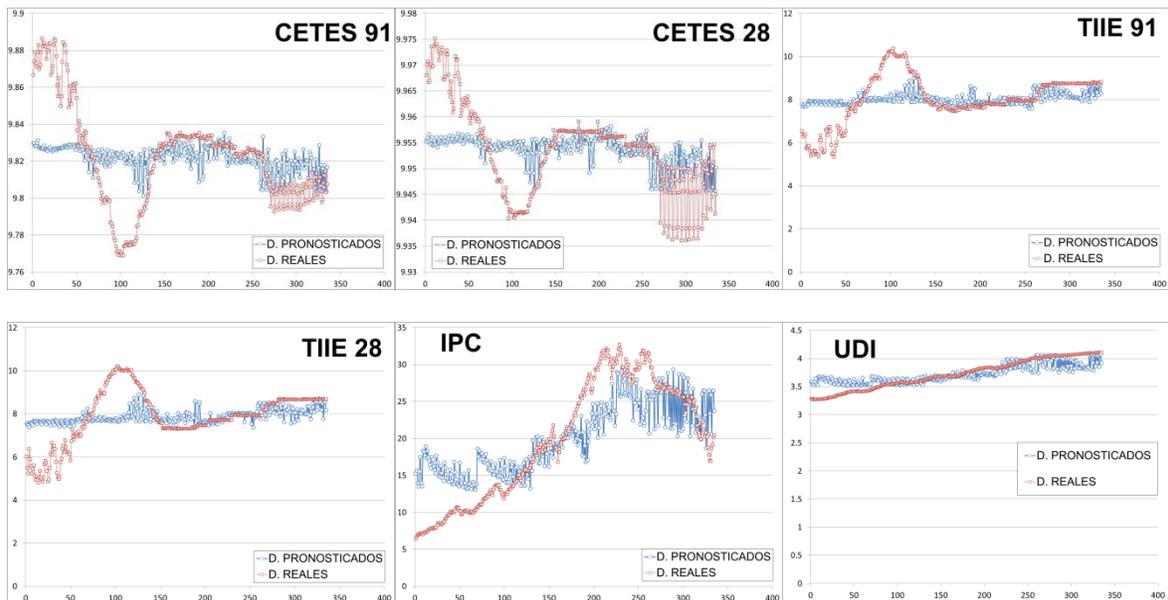
- 1988 - se establecen los lenguajes Orientados a Objetos.
- 1999 - por primera vez en la historia, se concedió una patente a un invento no realizado directamente por un ser humano: se trata de una antena de forma extraña
- 2006 - se celebró el aniversario con el Congreso en español 50 años de Inteligencia Artificial - Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia 2006.
- 2009 - ya hay en desarrollo sistemas inteligentes terapéuticos que permitan detectar emociones para poder interactuar con niños autistas.

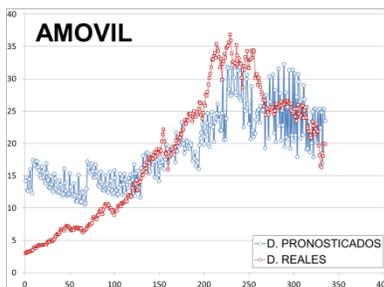
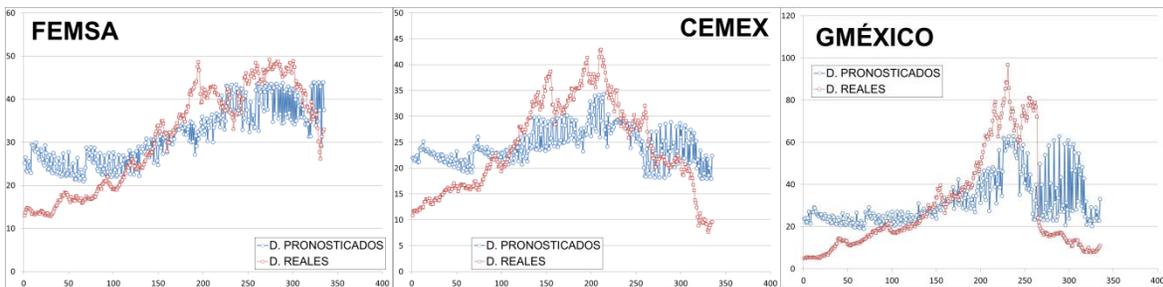
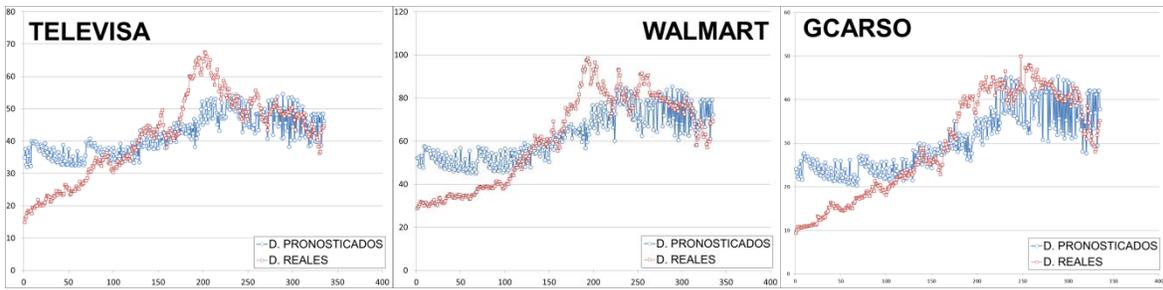
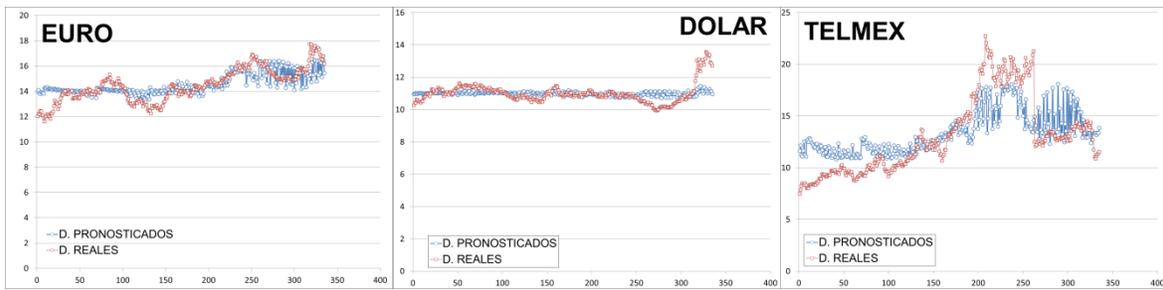
## ANEXO F: GRÁFICAS DE ENTRENAMIENTO

### RADIAL 8 (1)

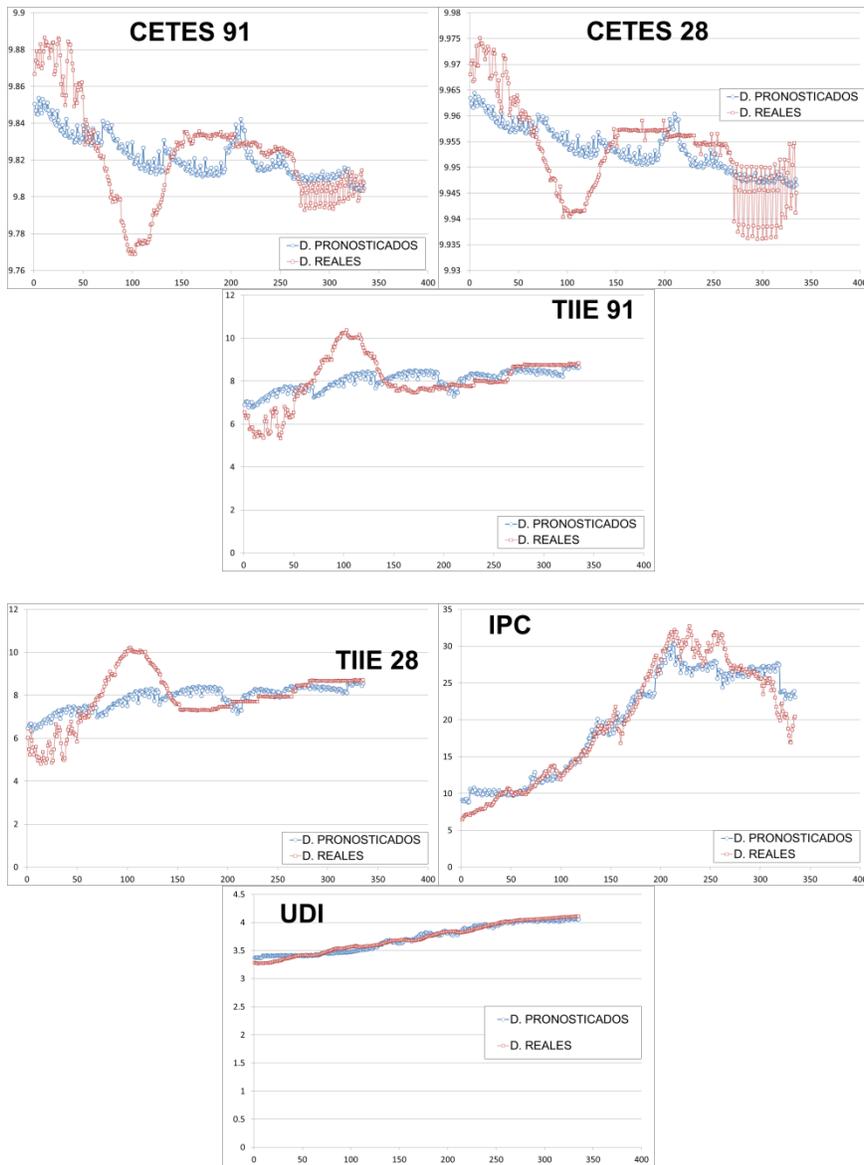


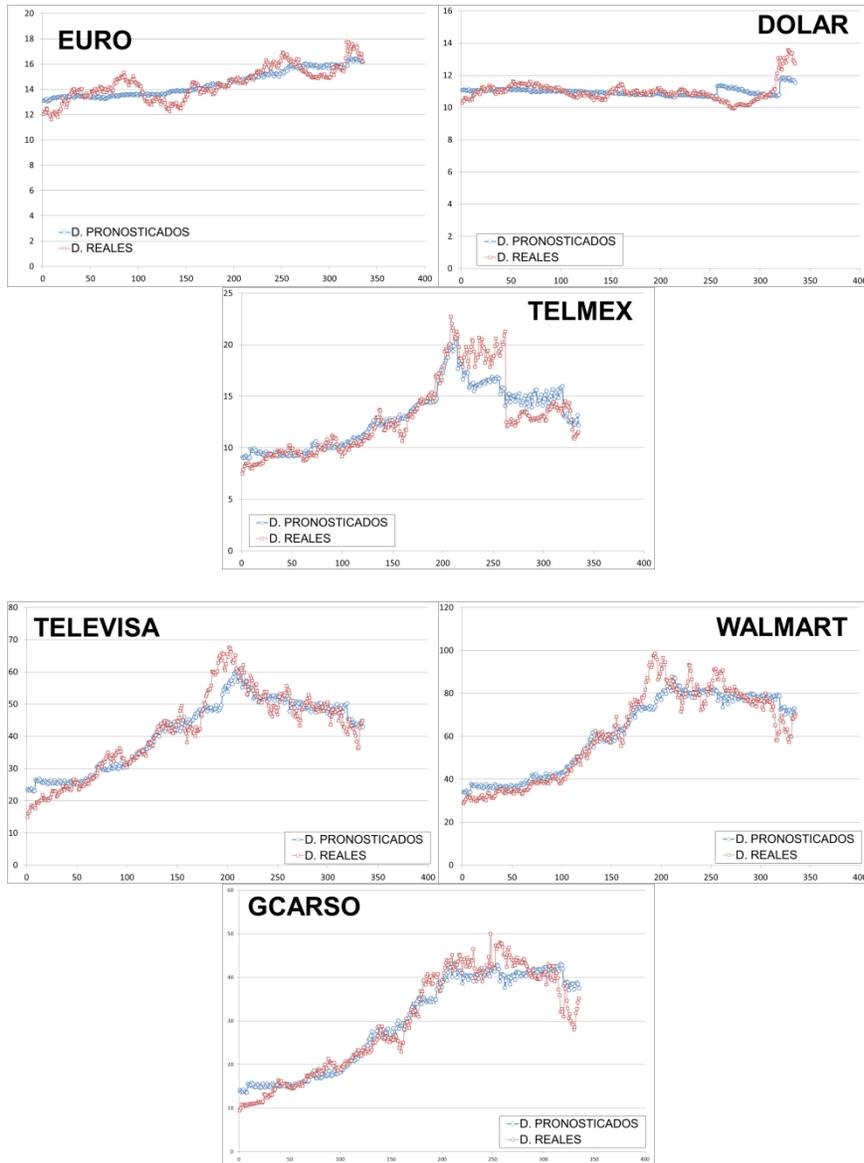
### RADIAL 116

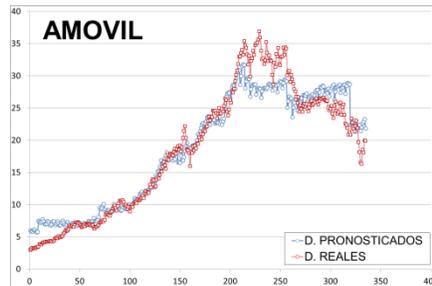
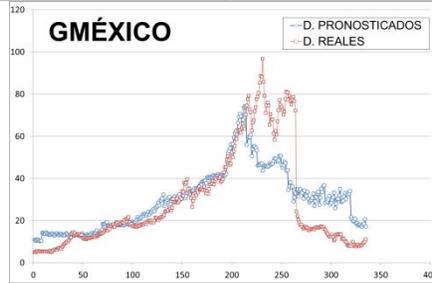
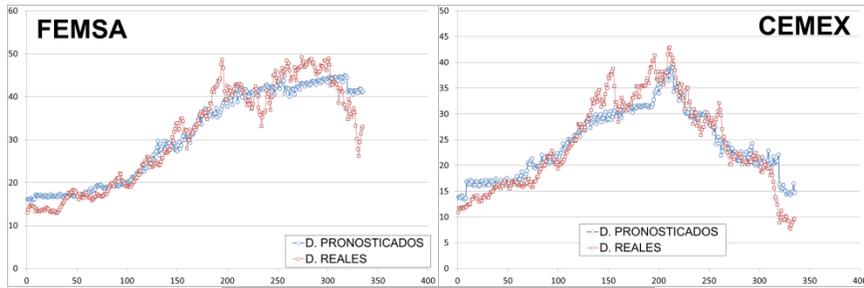




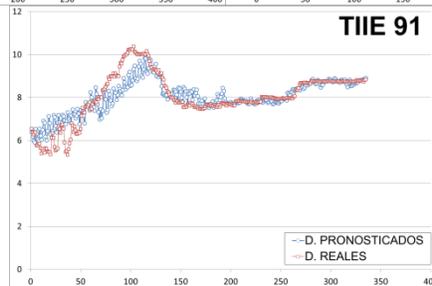
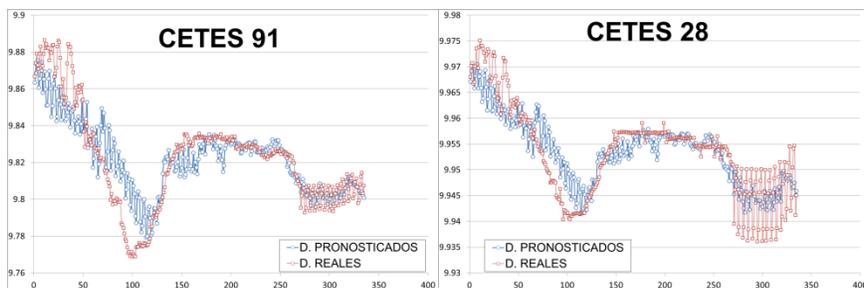
**RADIAL FINANZAS**

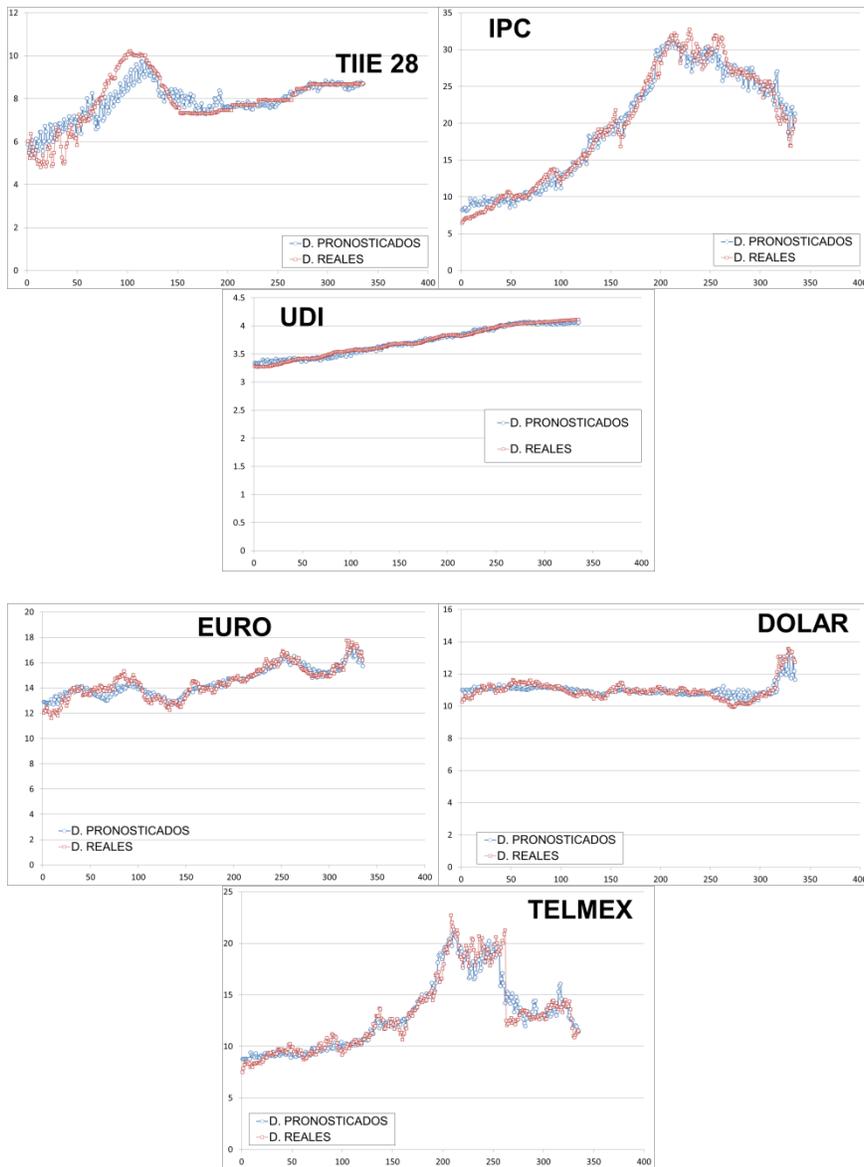


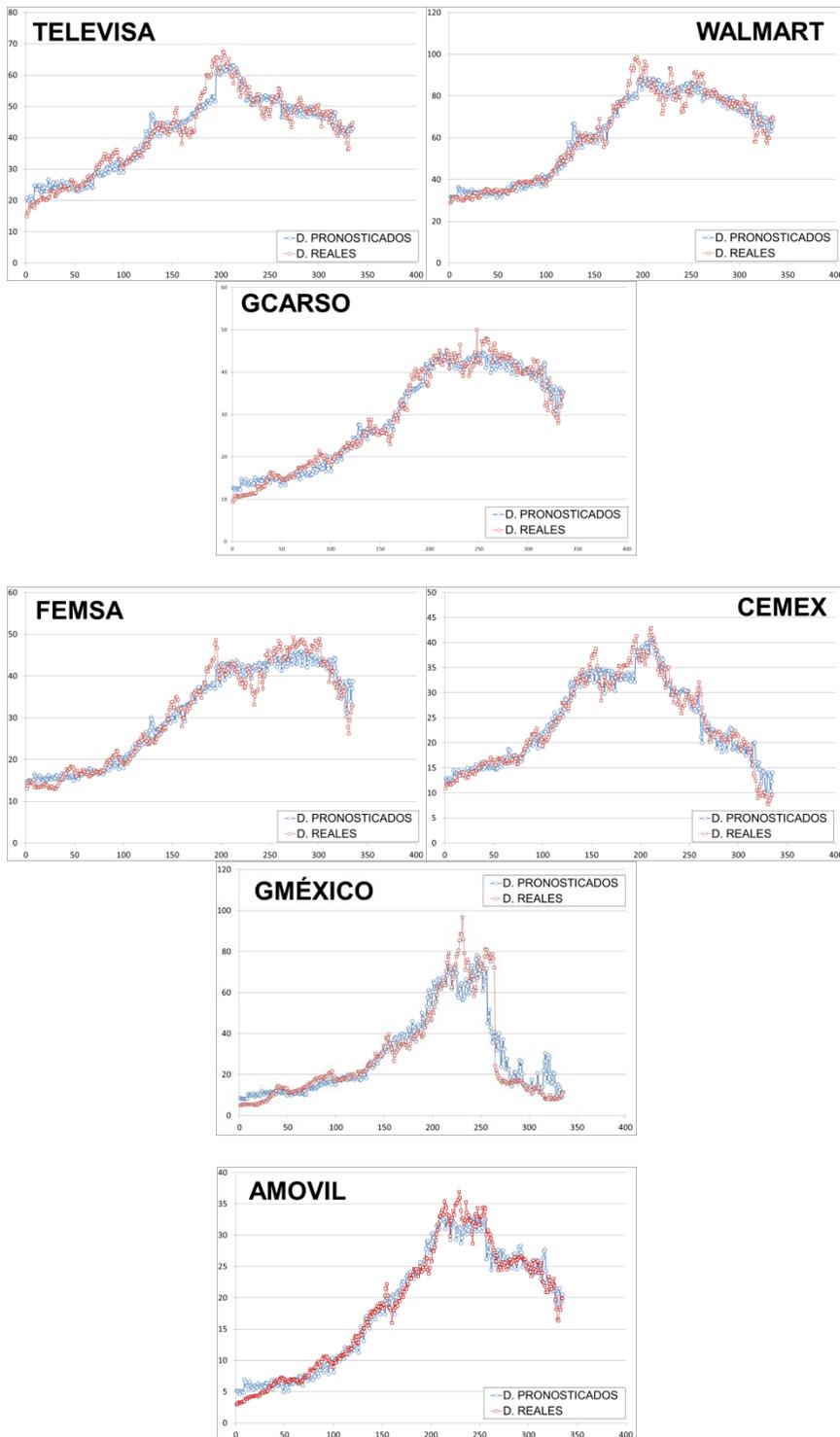




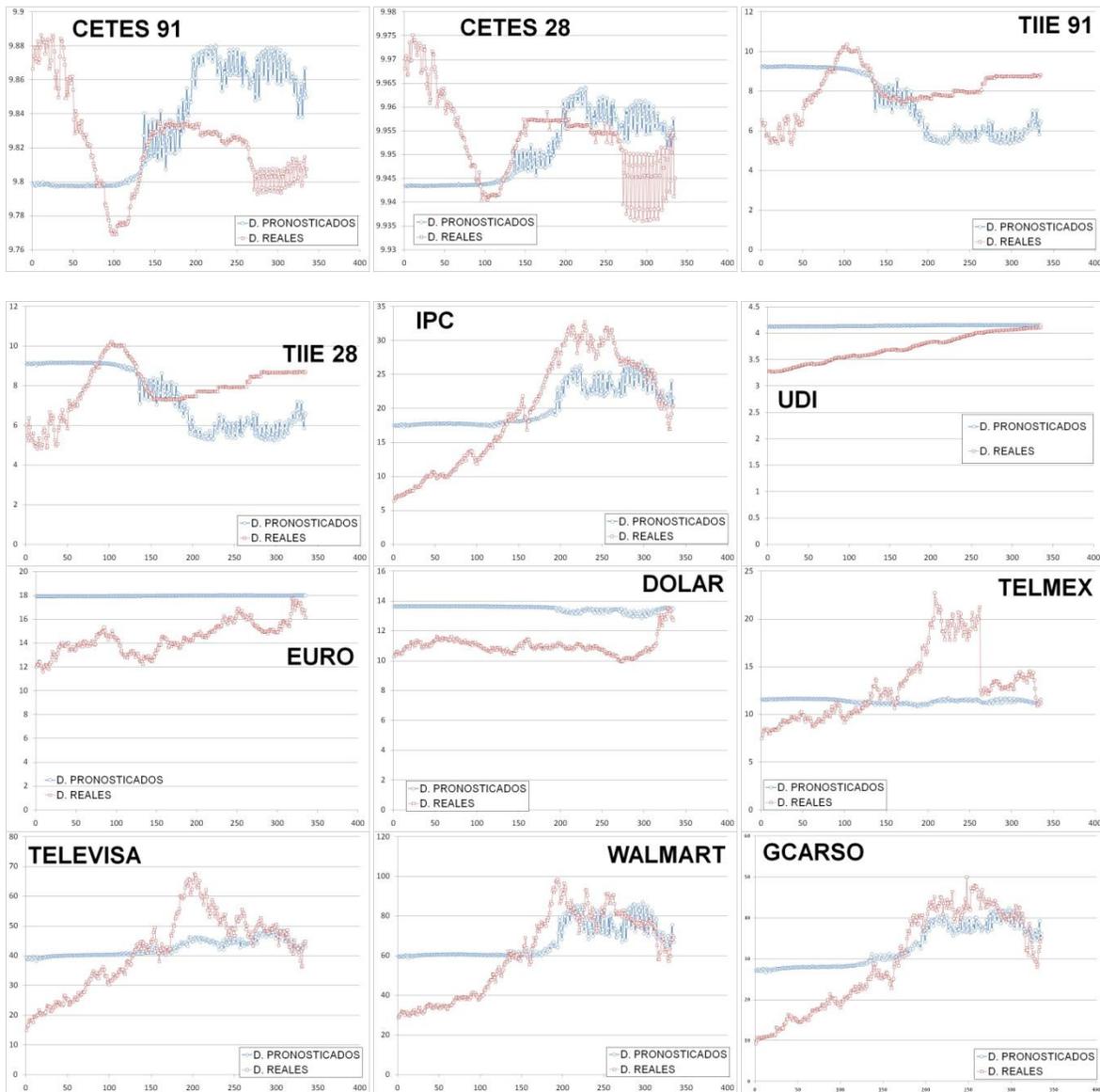
**RADIAL FINANZAS 2**

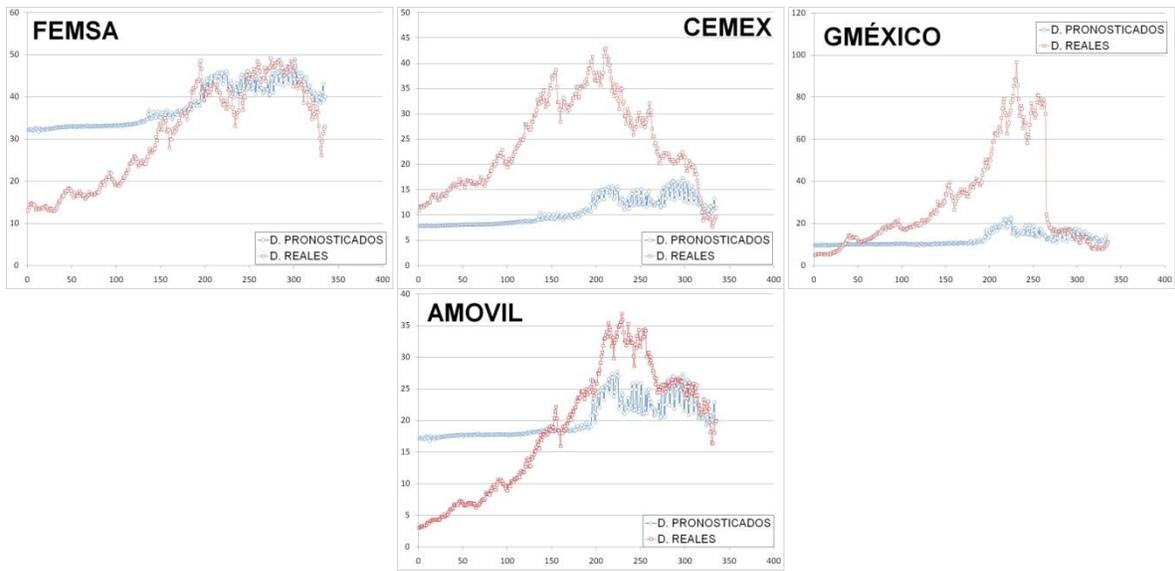




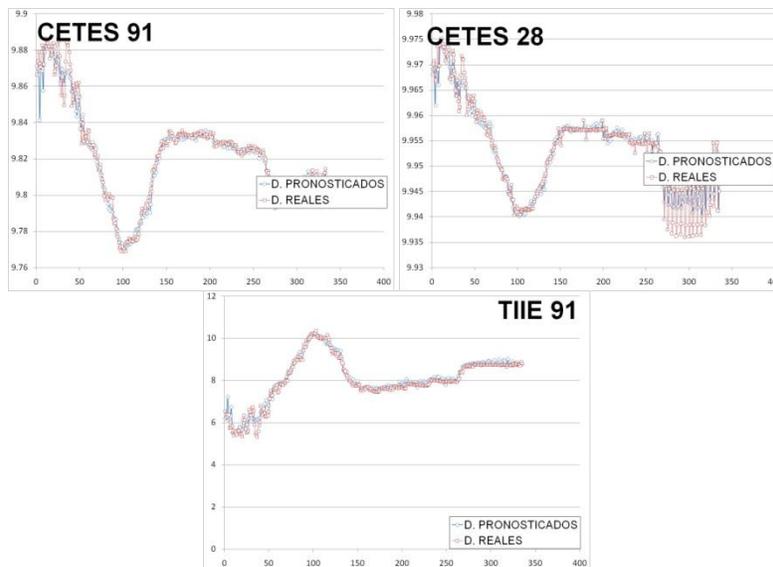


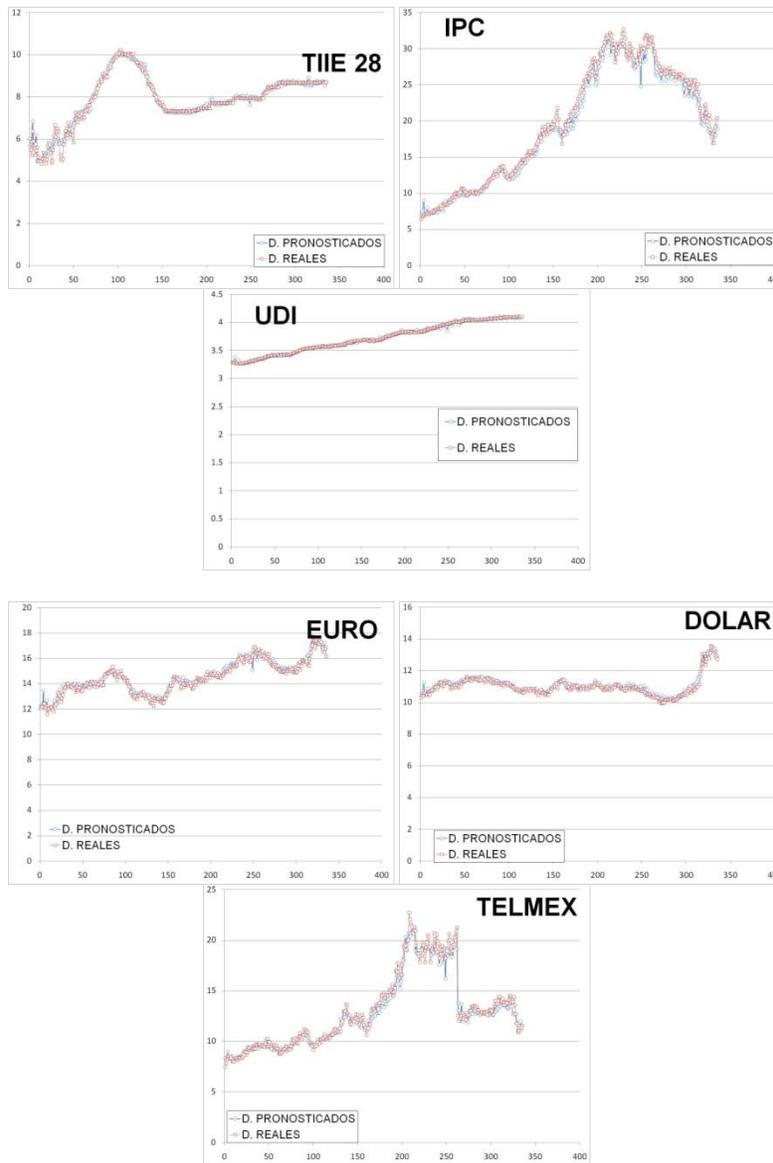
**RADIAL MLP3**

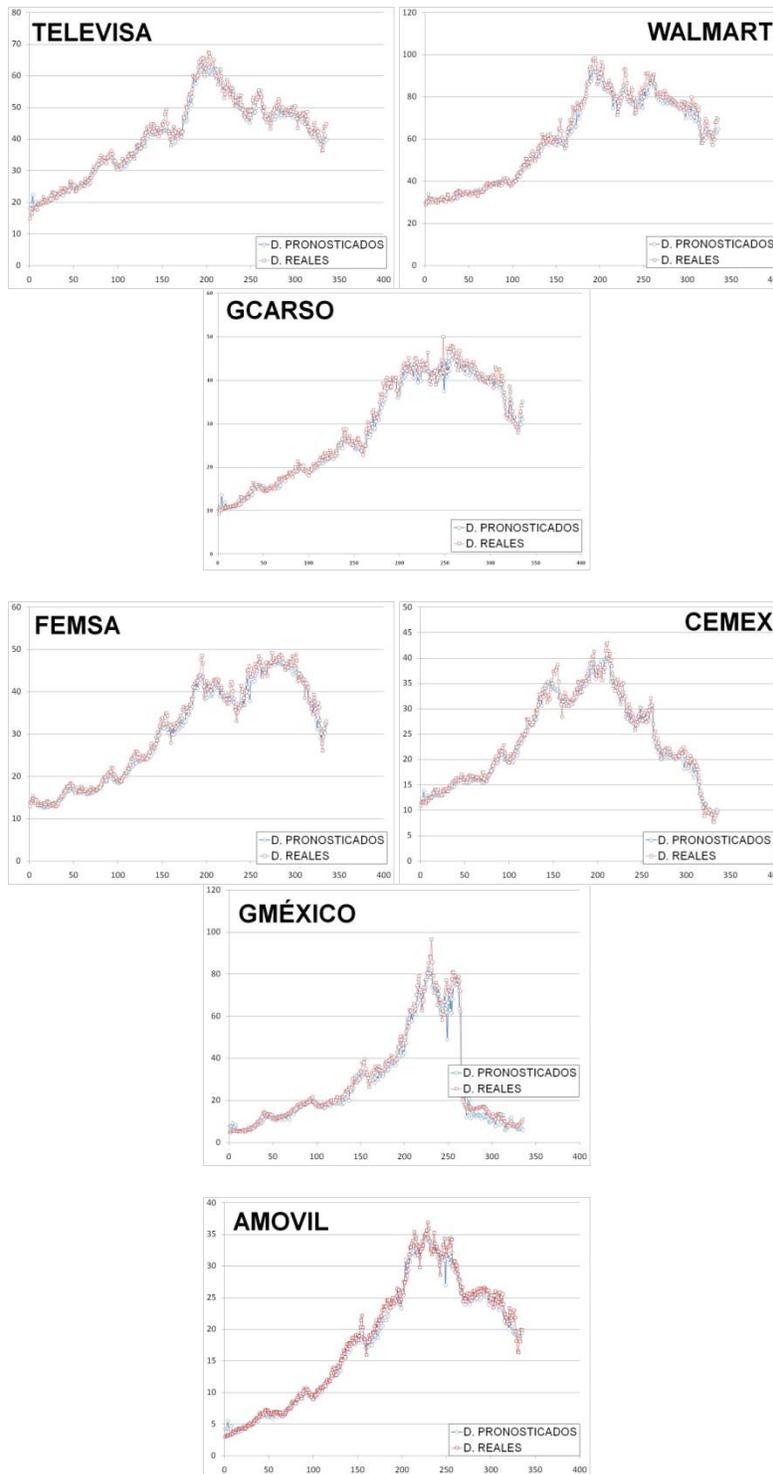




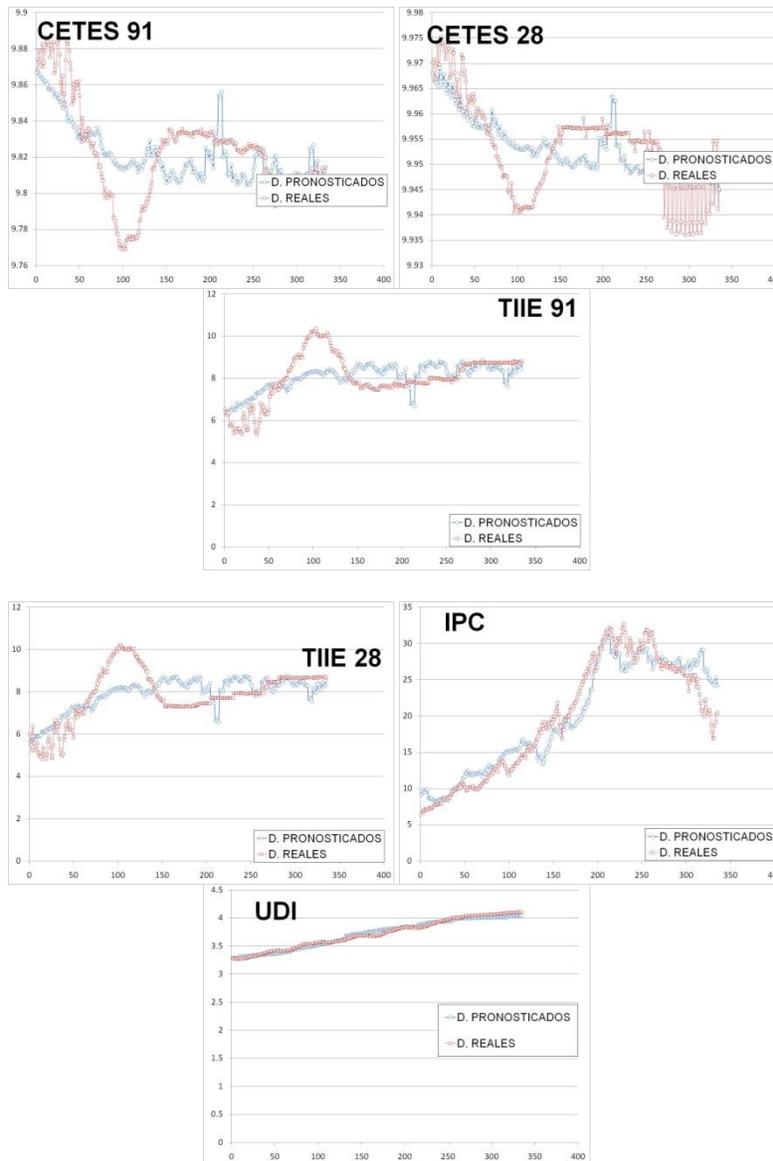
**RDLRNA 2**

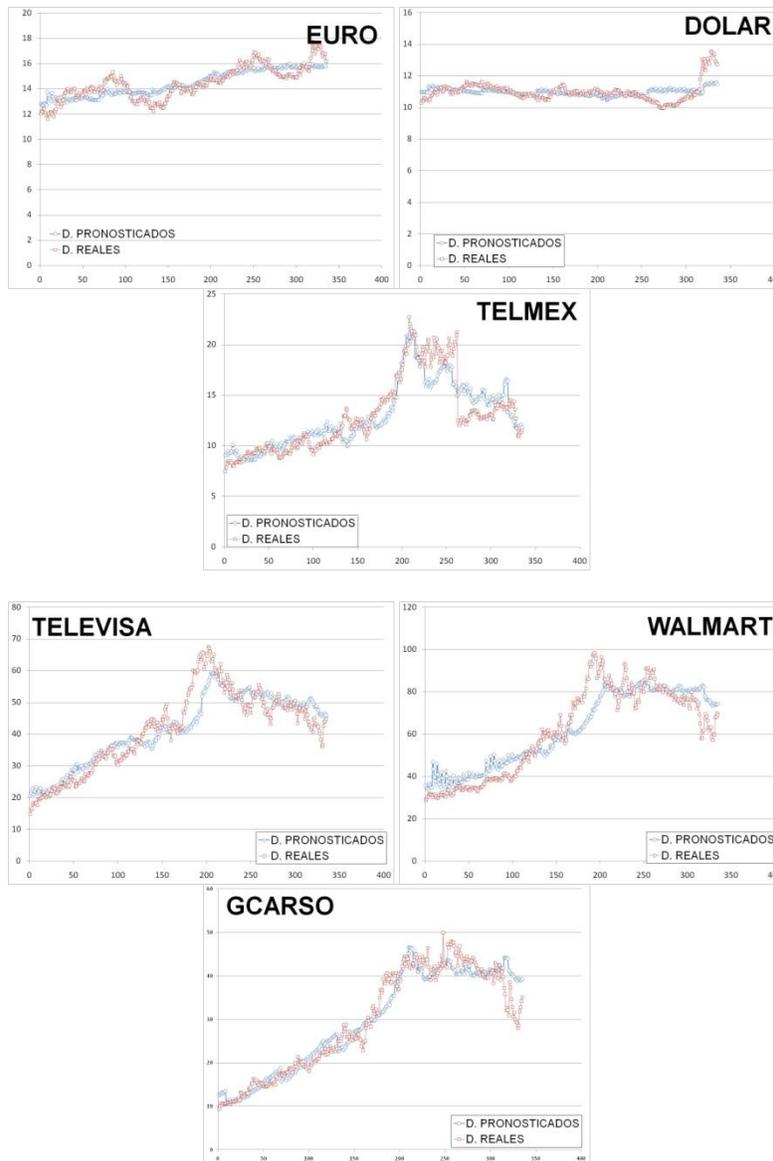


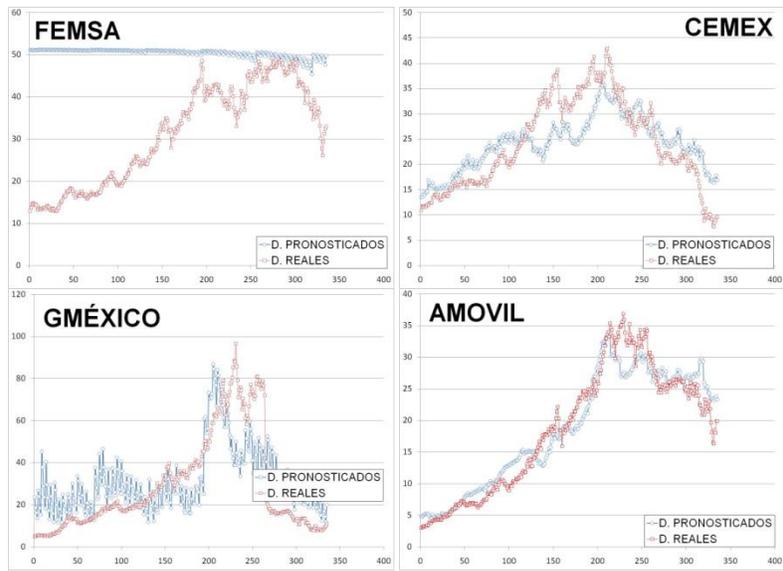




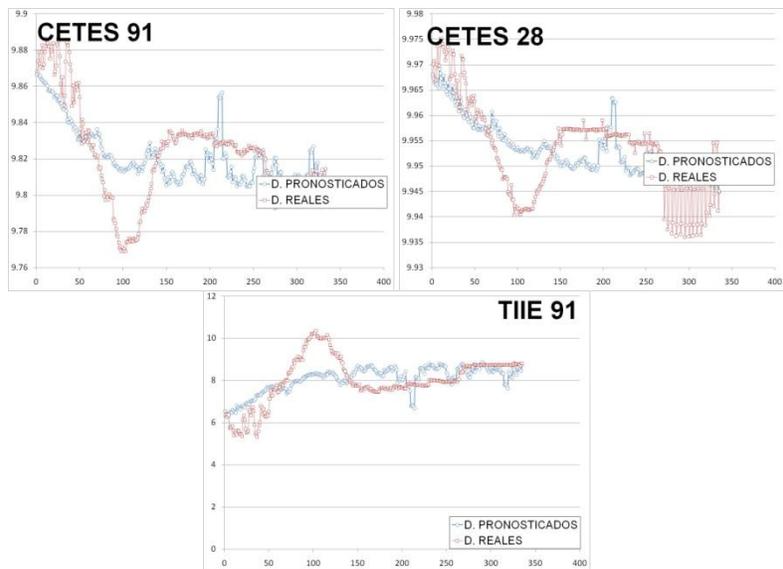
**RECURRENTE**

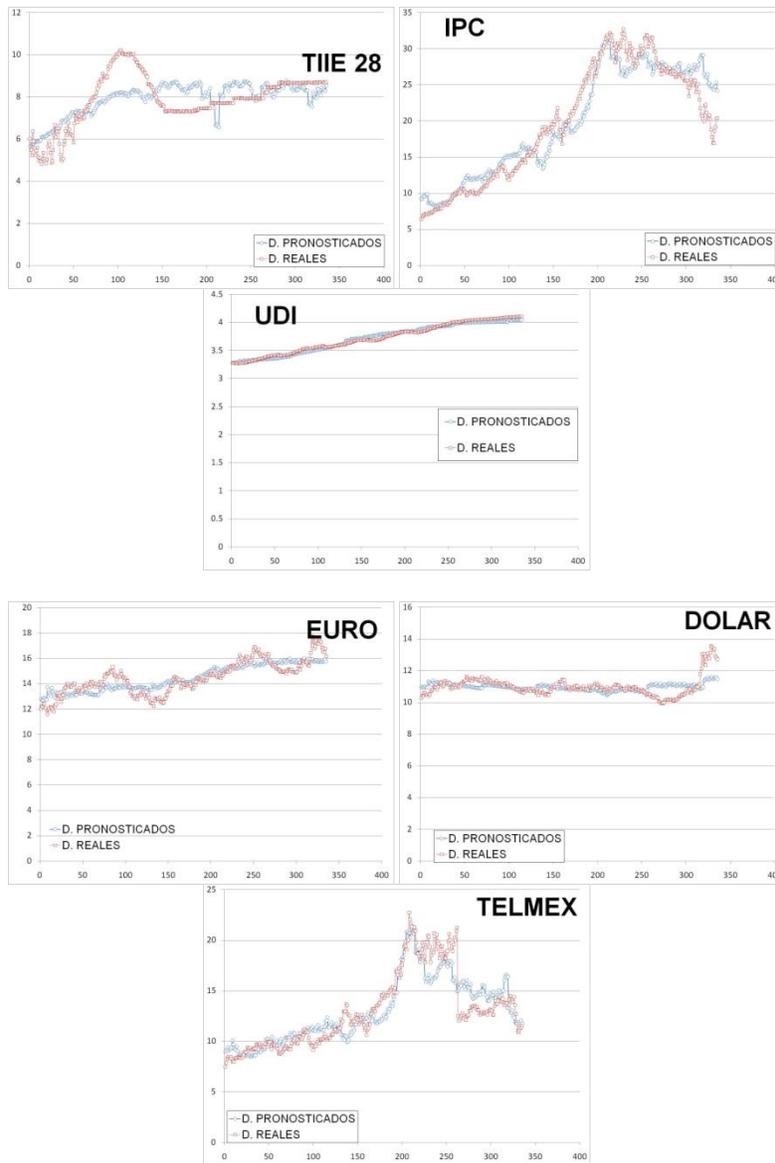


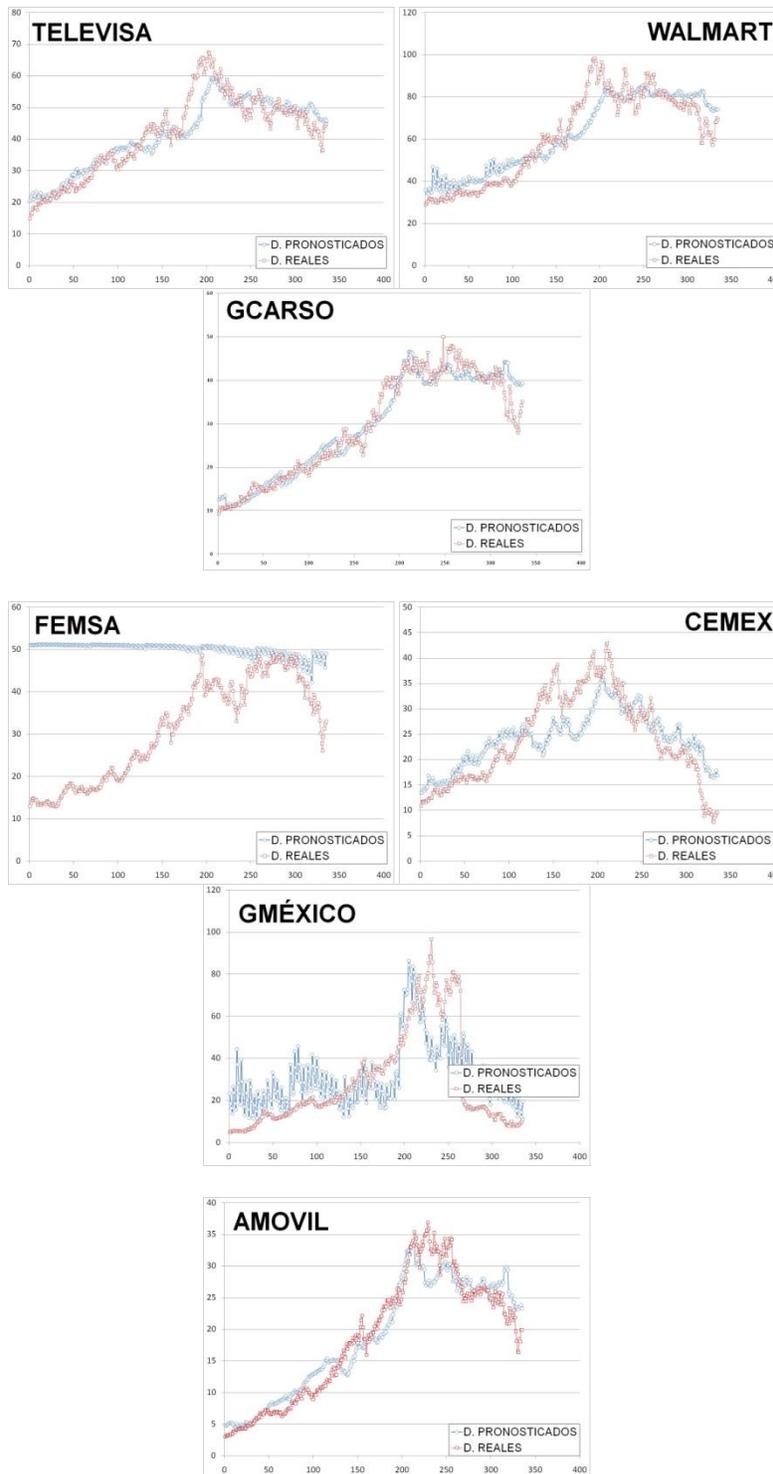




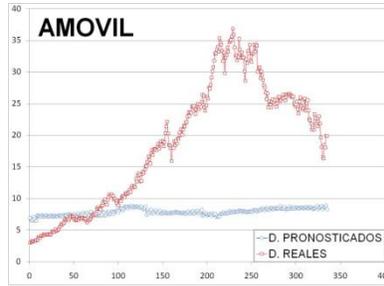
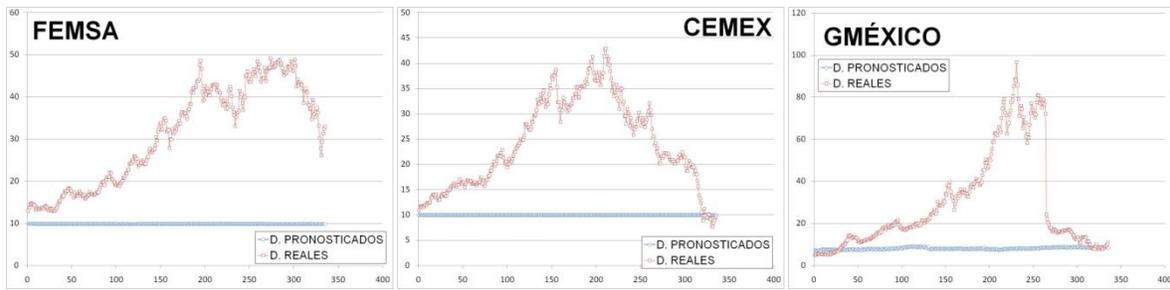
**RECURRENTE 2**



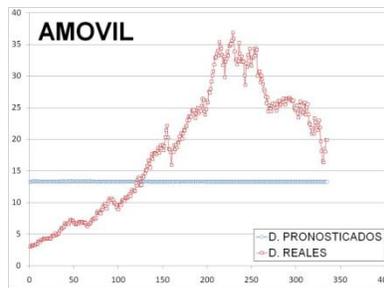
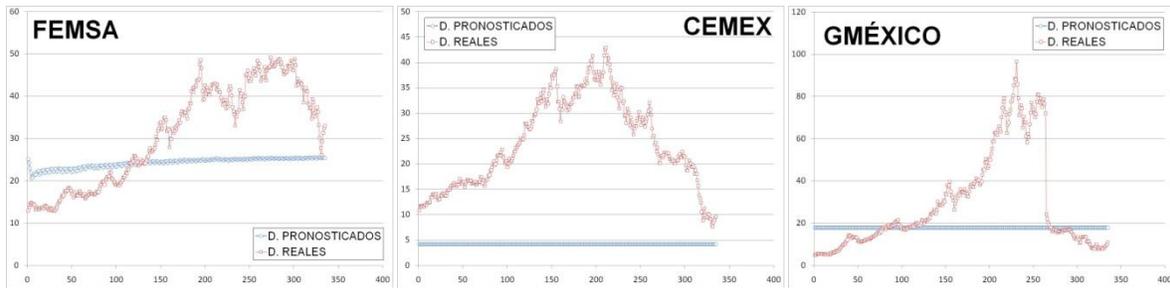




**TIECETES 1175**

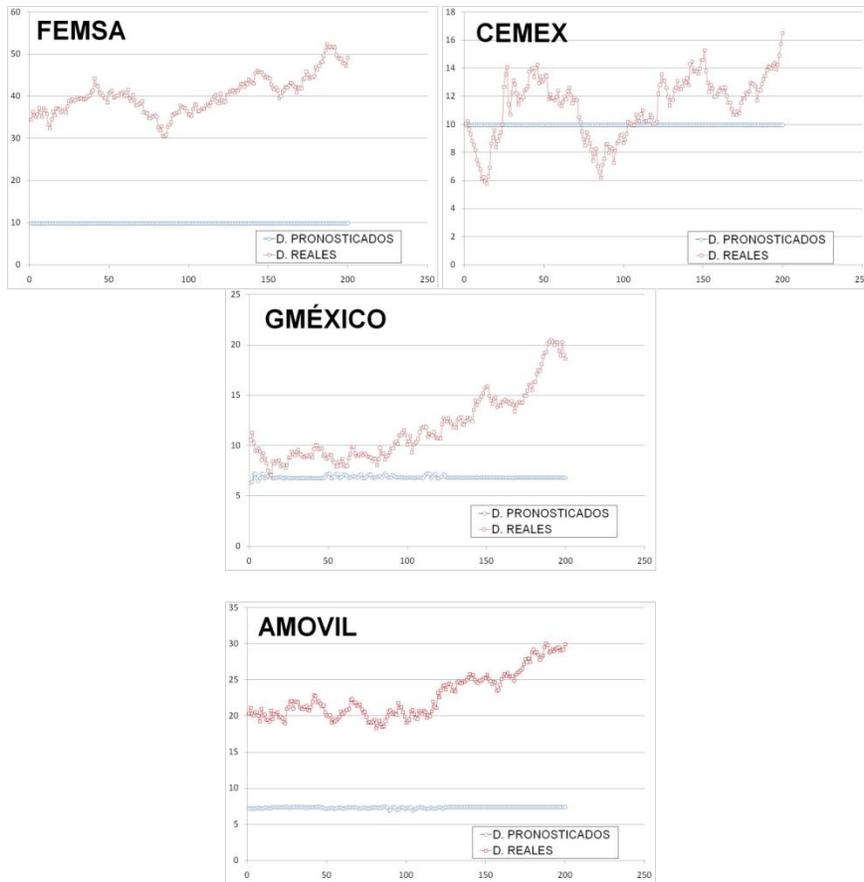


**TIME 4 DE UIPN**

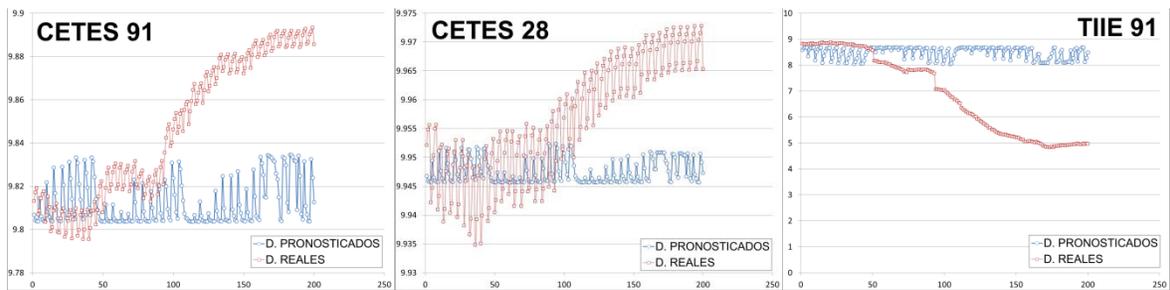


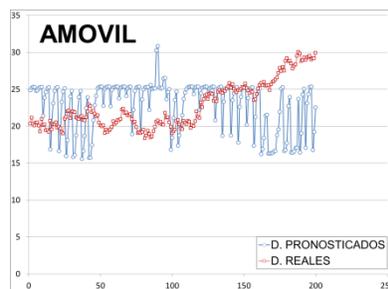
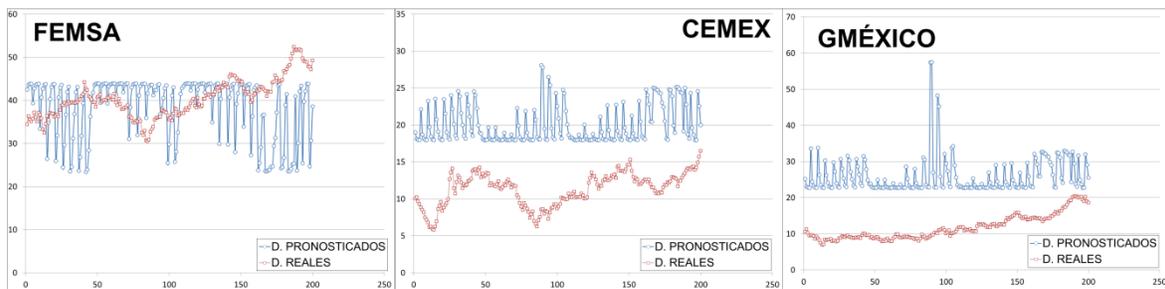
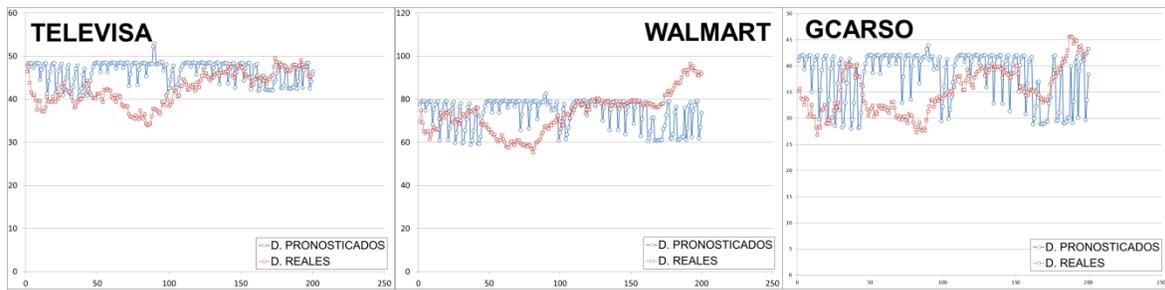
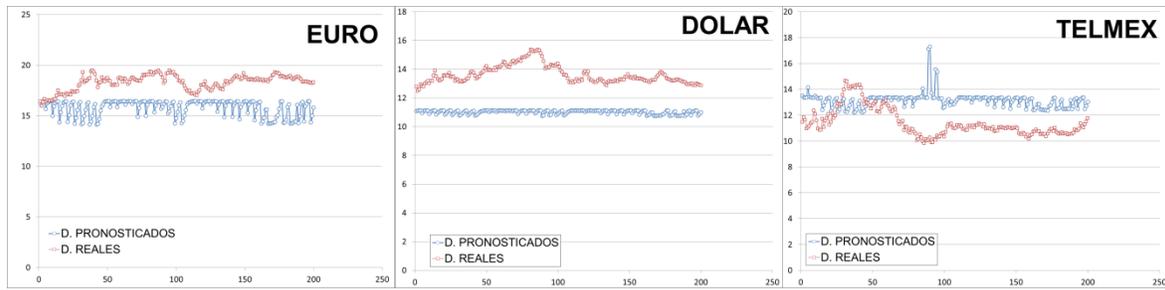
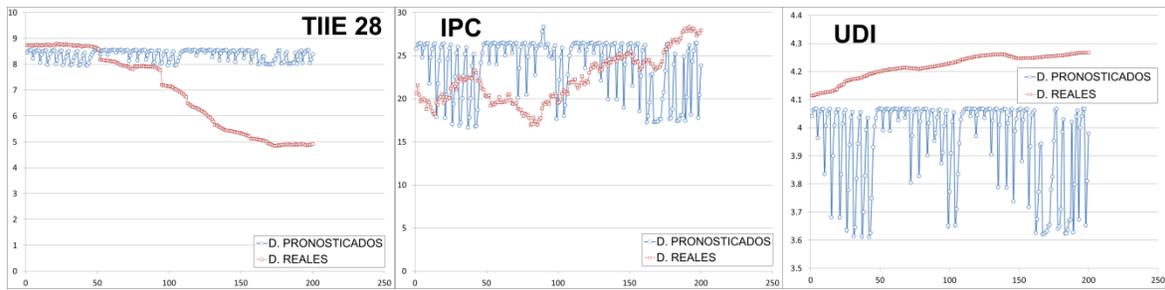
## ANEXO G: VALIDACION

### RAD 8 (1)

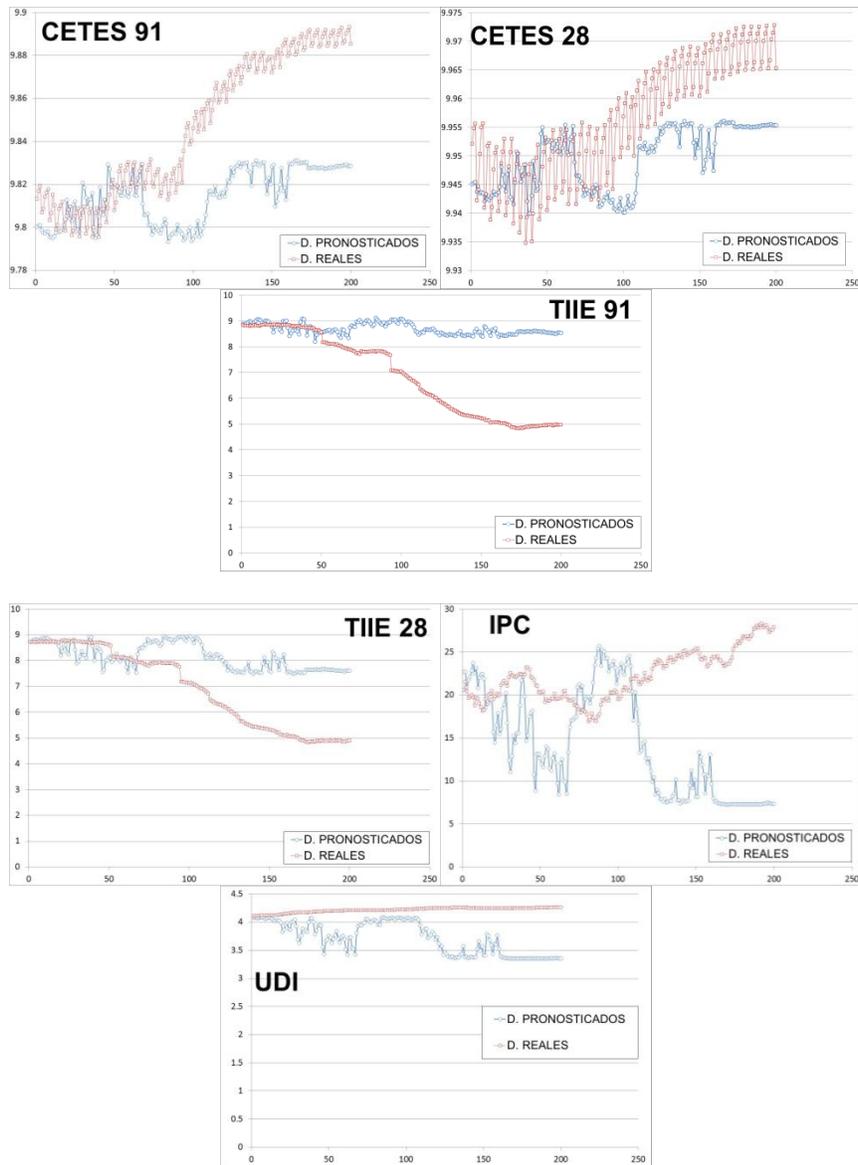


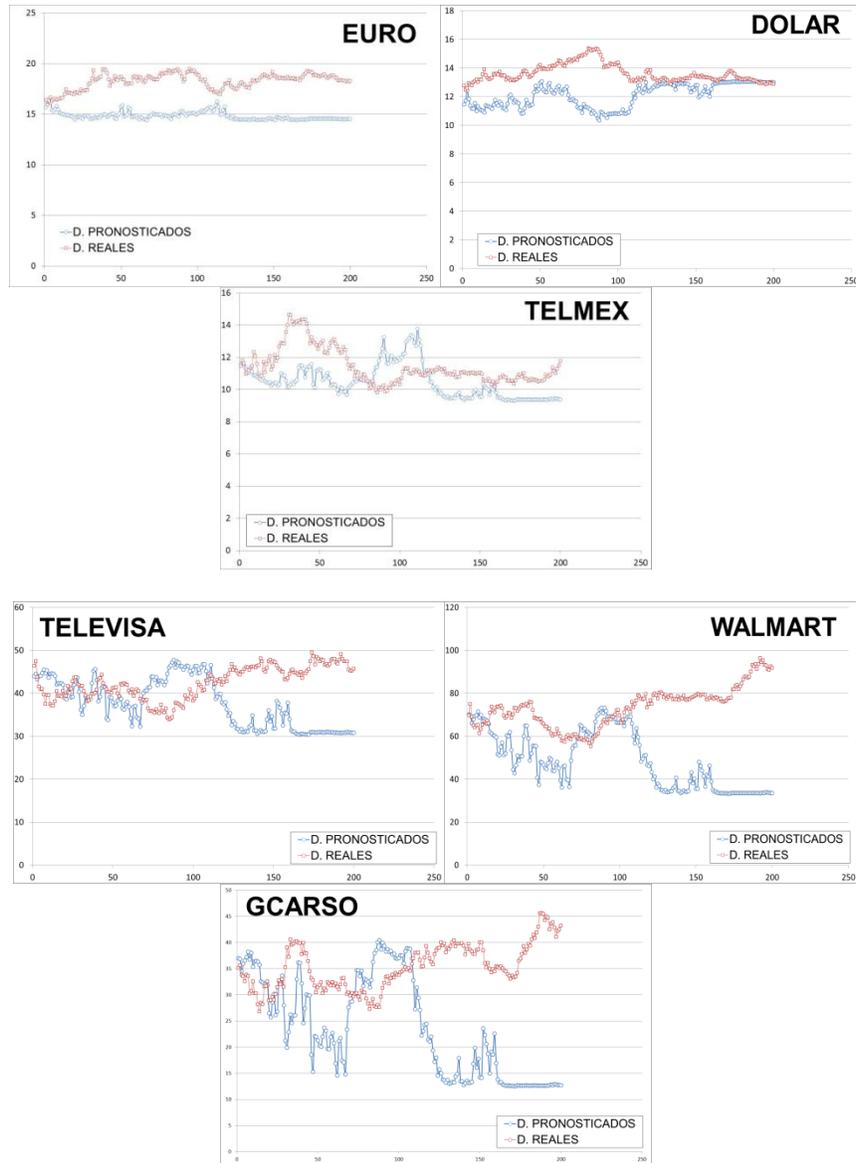
### RADIAL 116

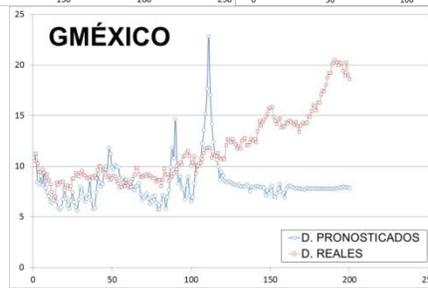
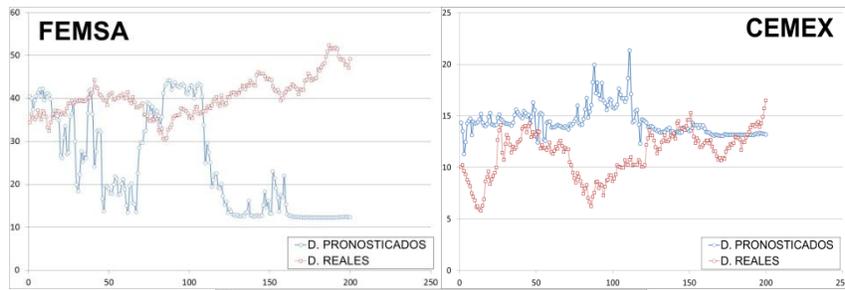




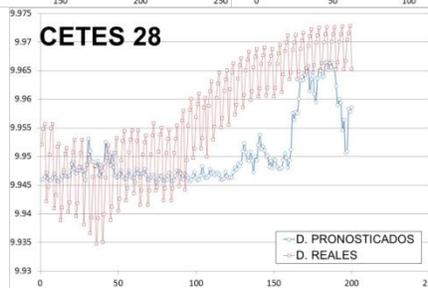
**RADIAL FINANZAS**

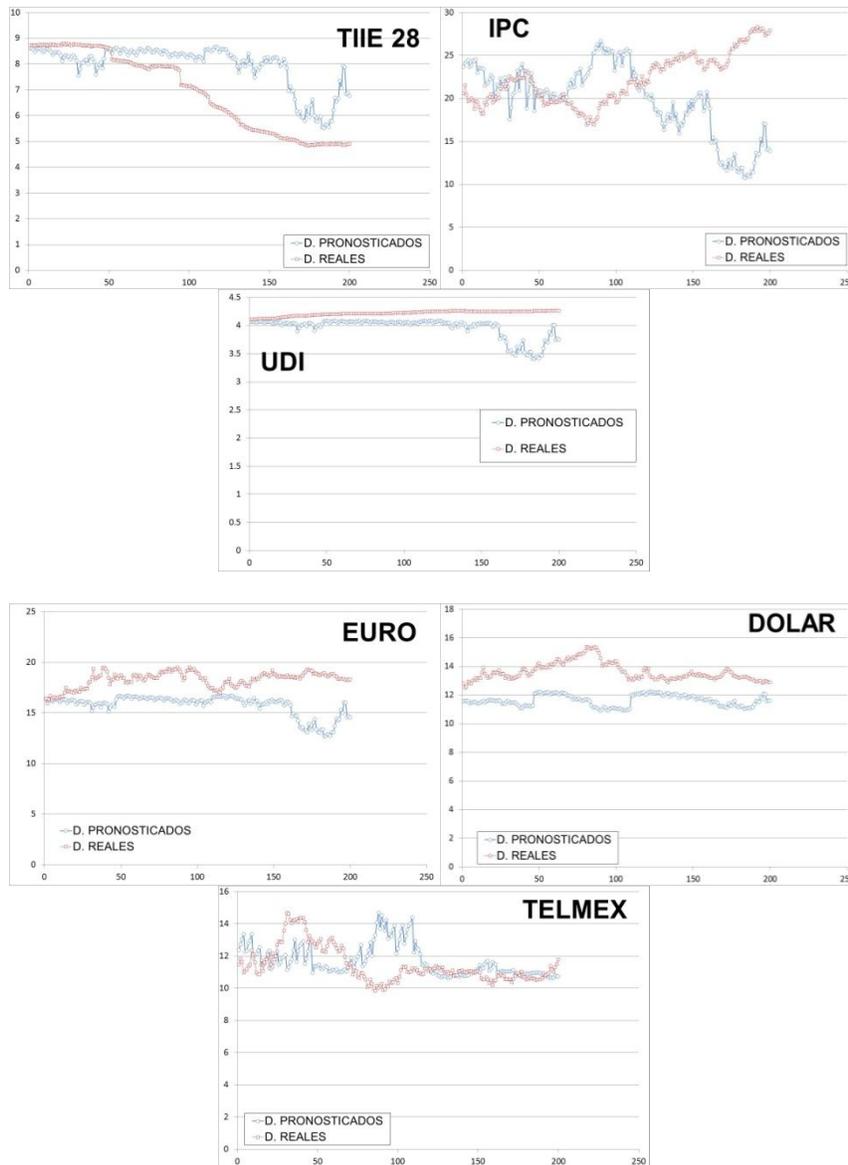


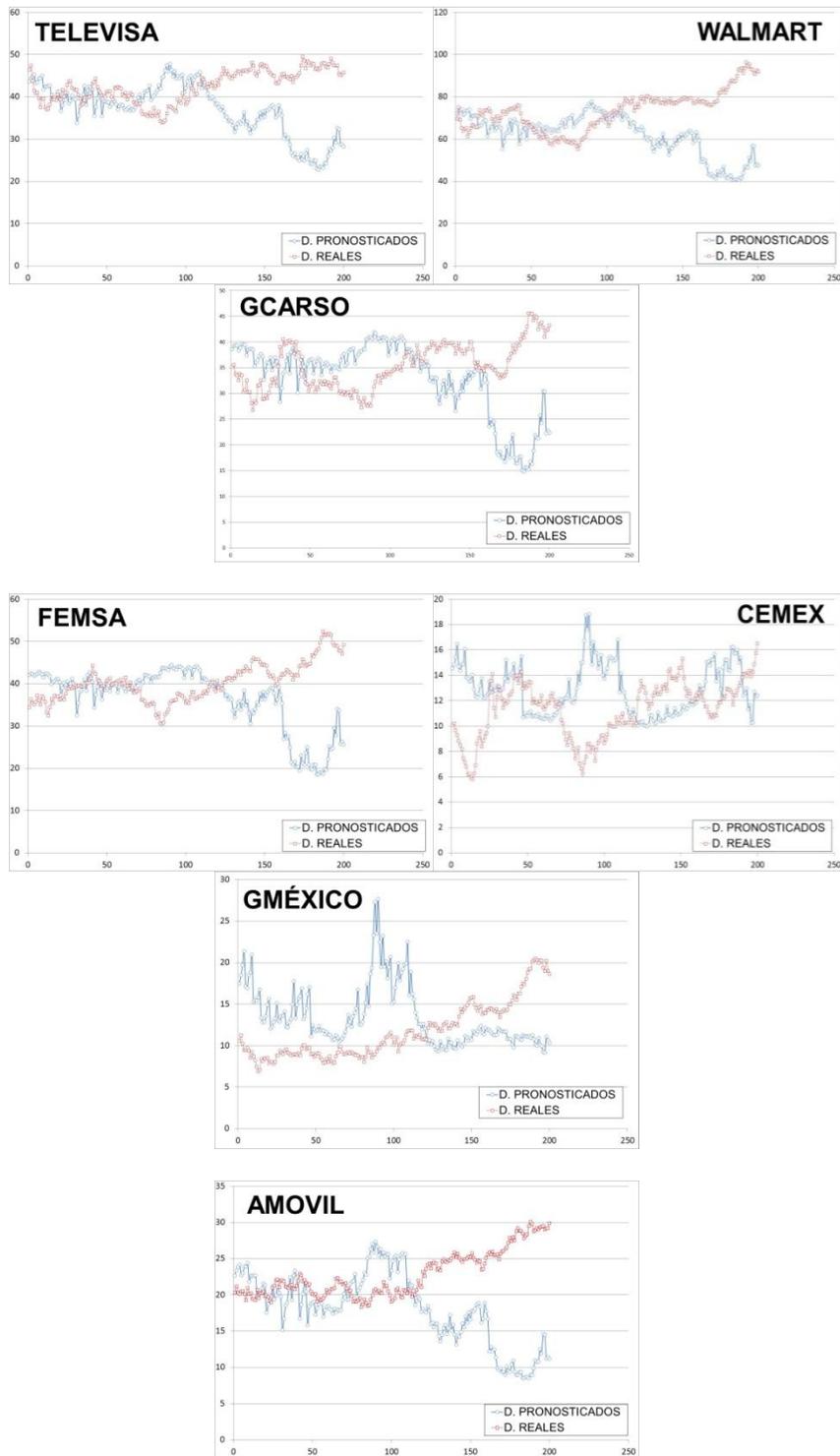




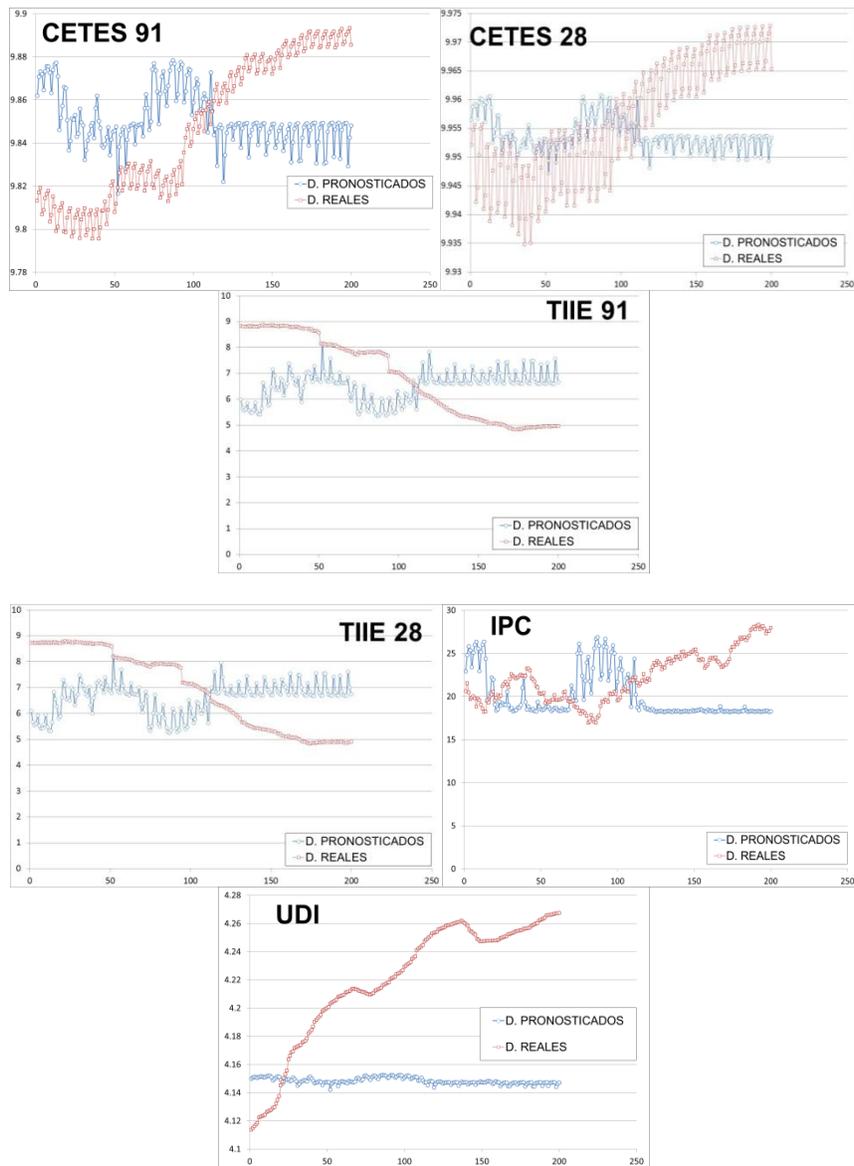
**RADIAL FINANZAS 2**

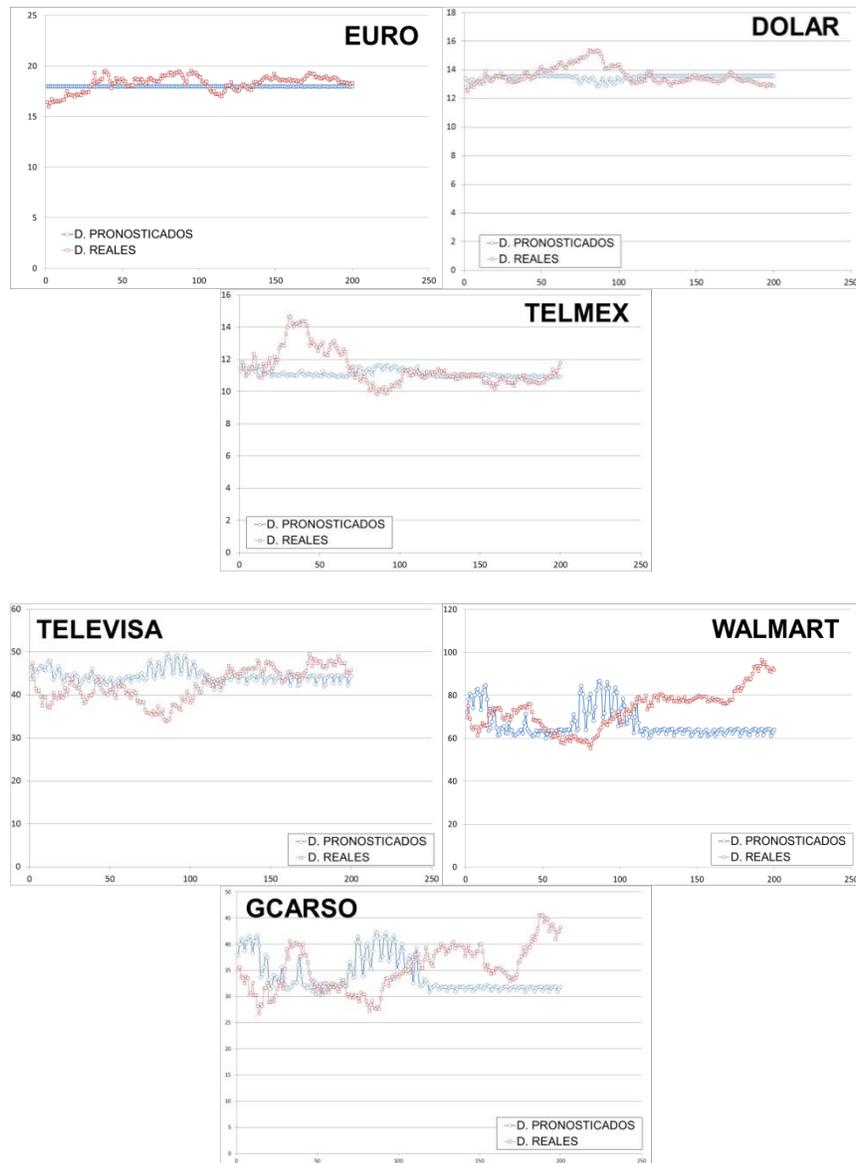


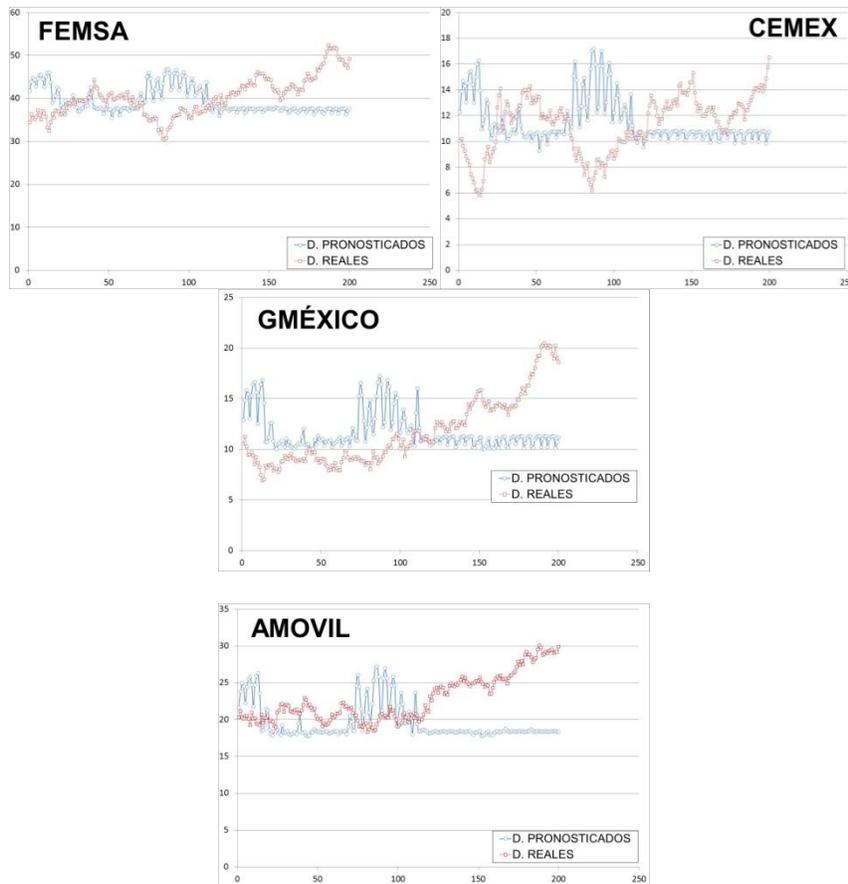




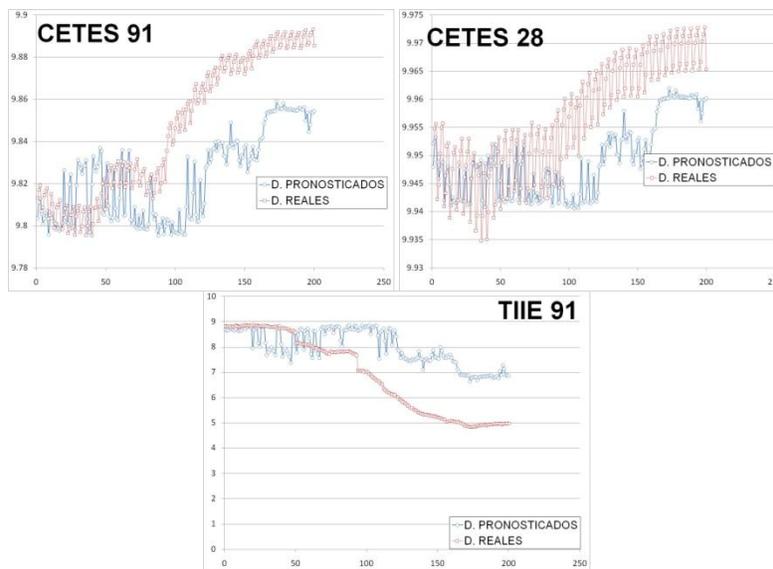
### RADIAL MLP3

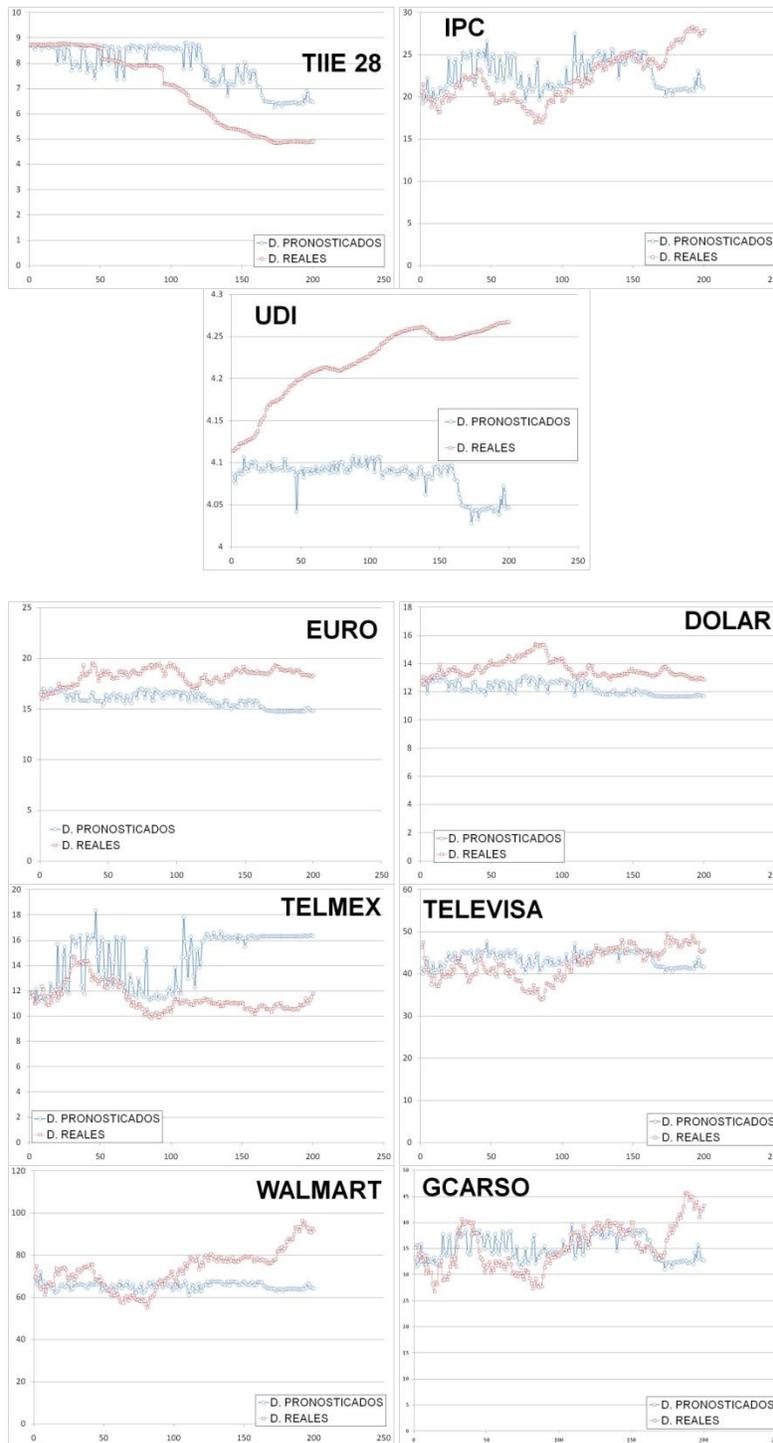


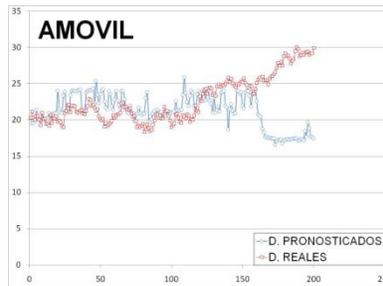
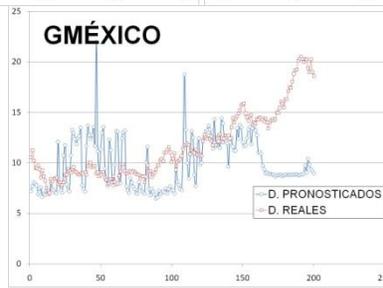
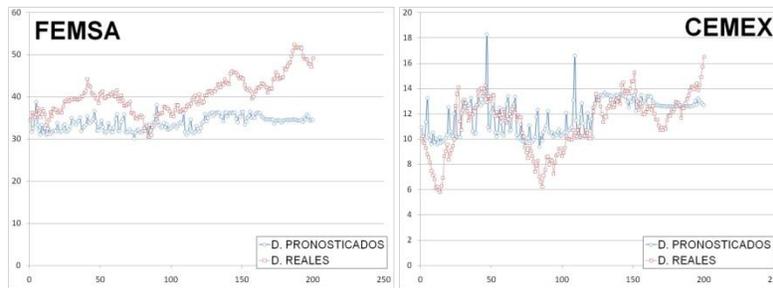




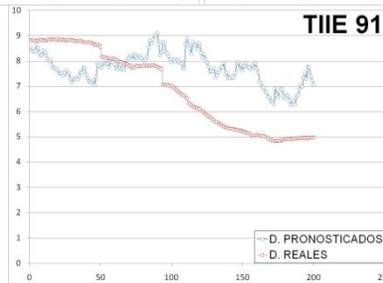
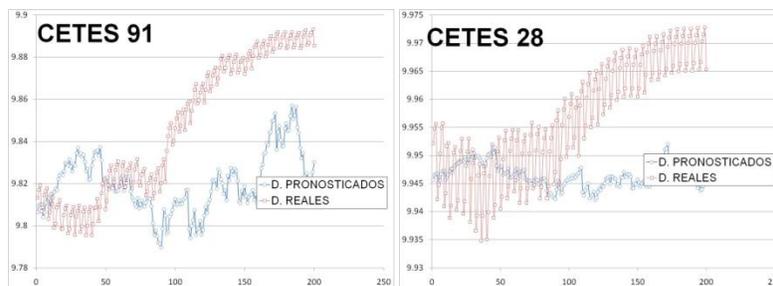
**RDLRNA (2)**

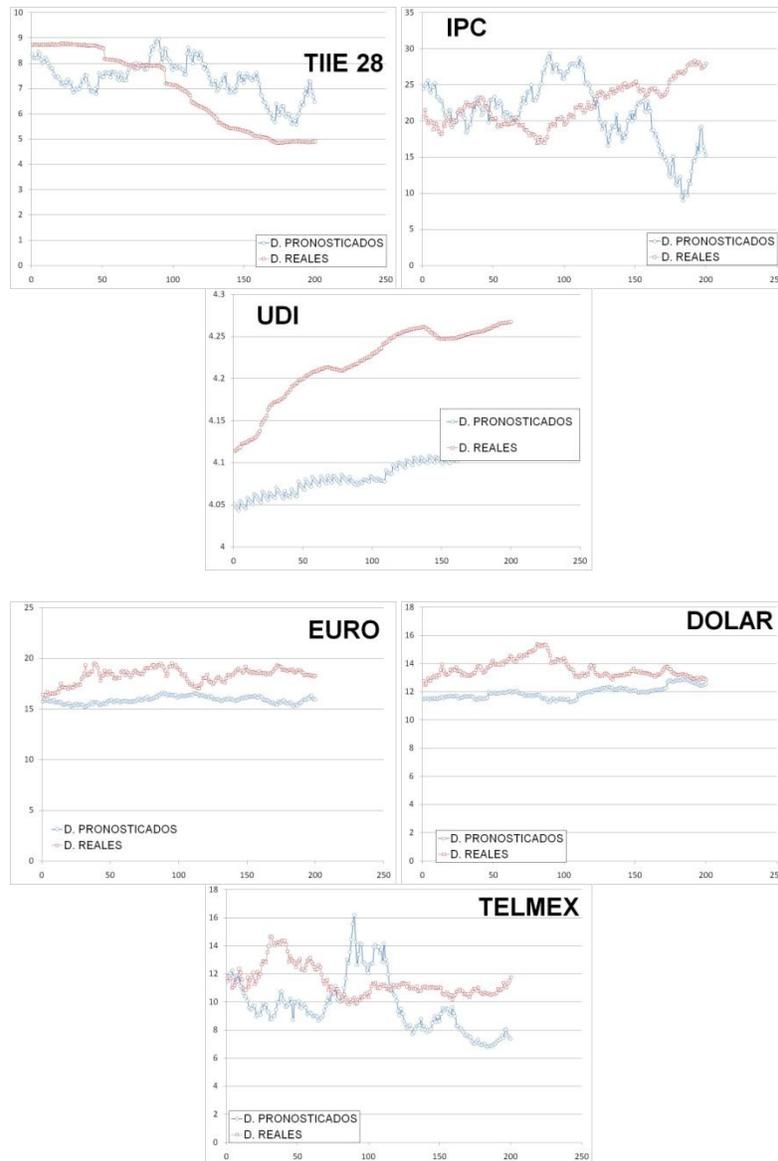


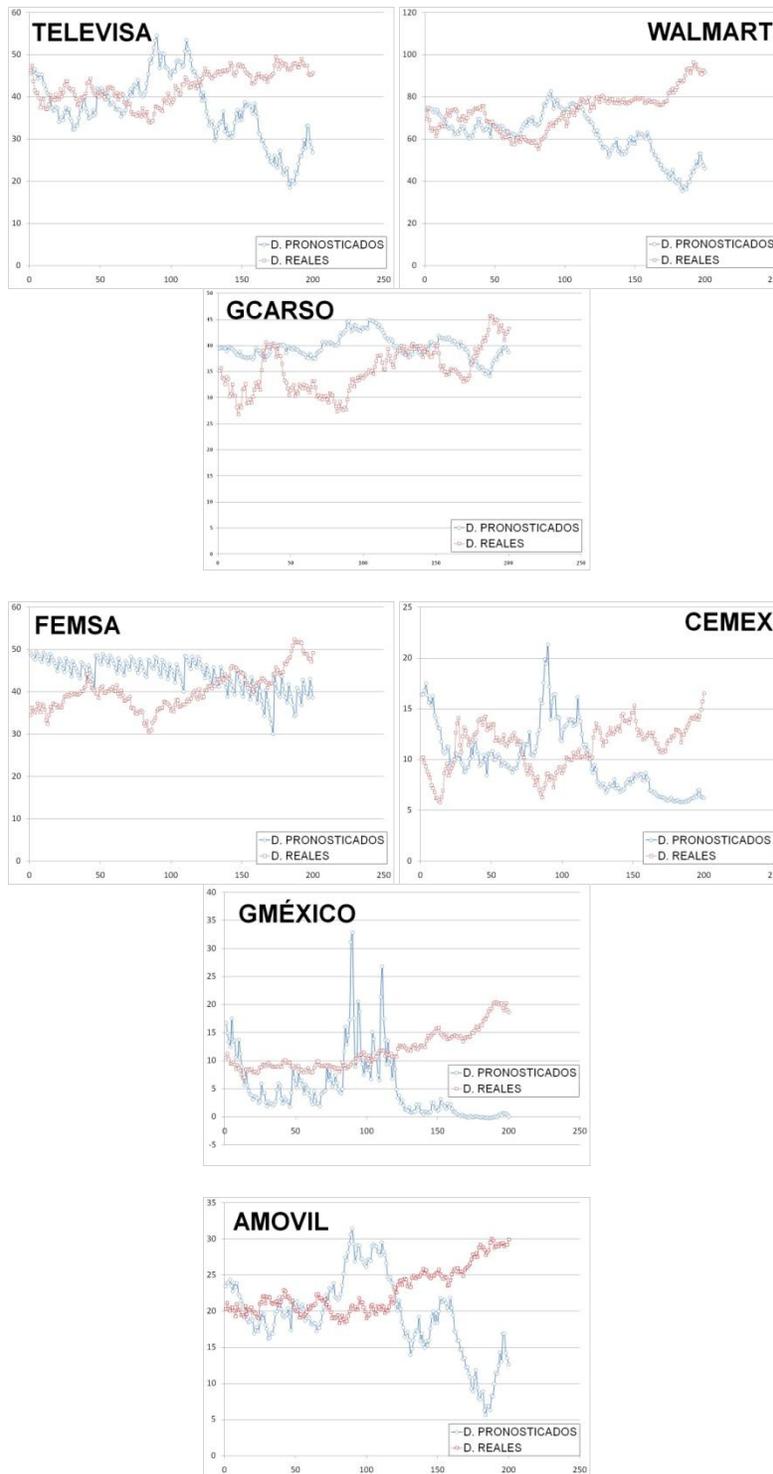




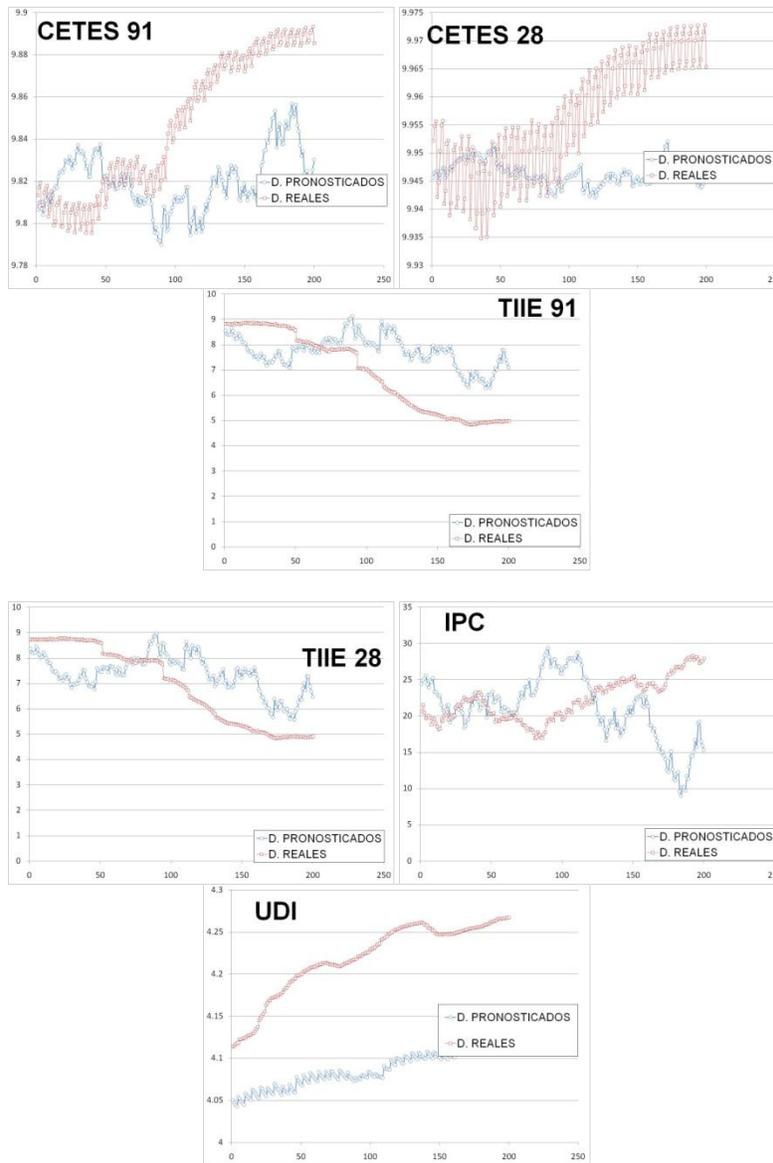
**RECURRENTE**

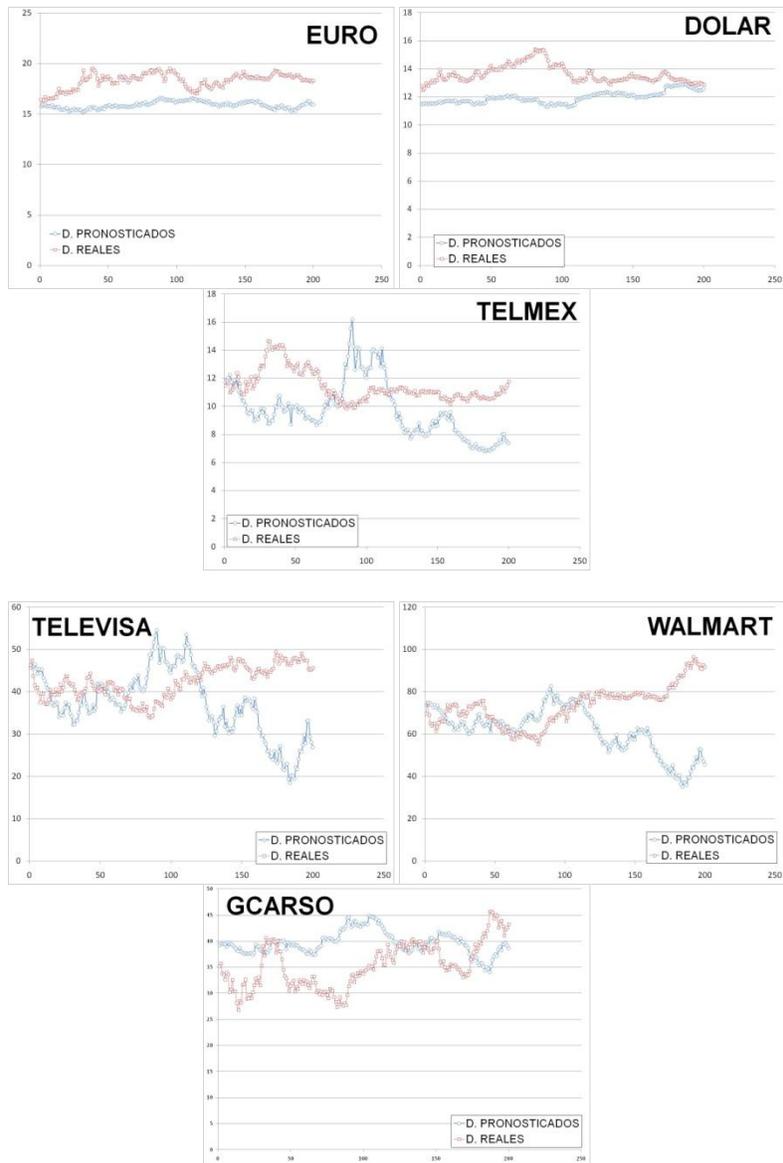


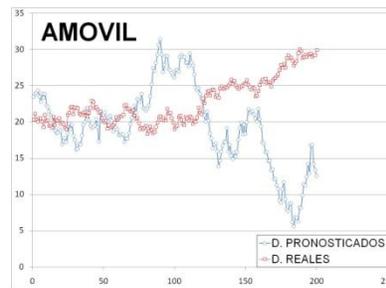
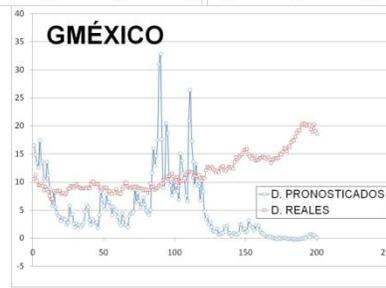
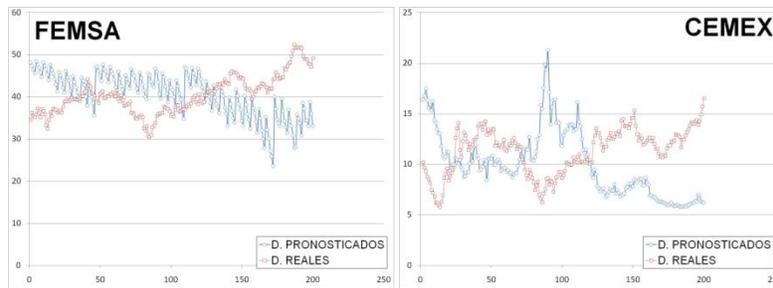




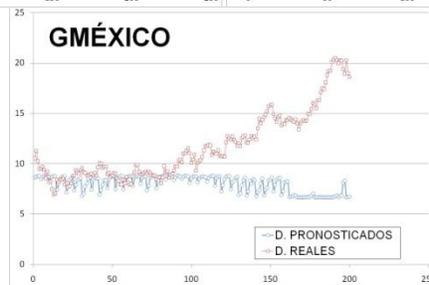
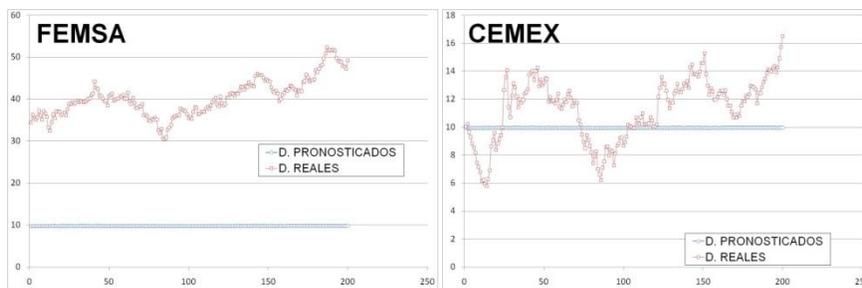
**RECURRENTE 2**

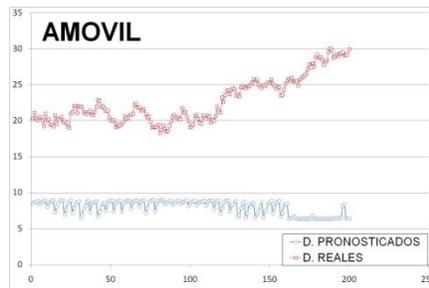




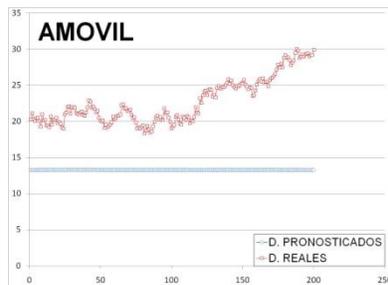
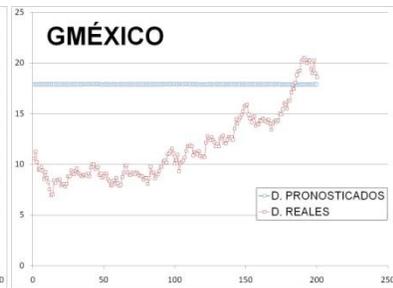
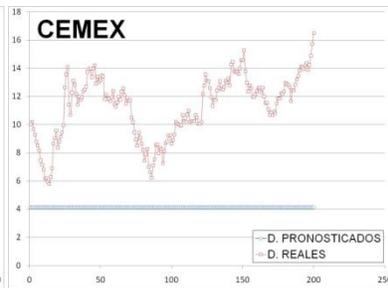
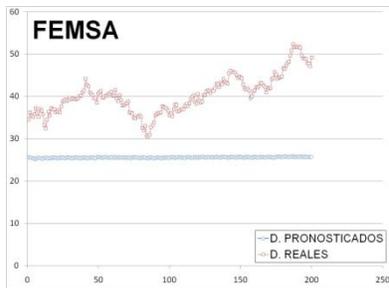


**TIEUCETES 1175**



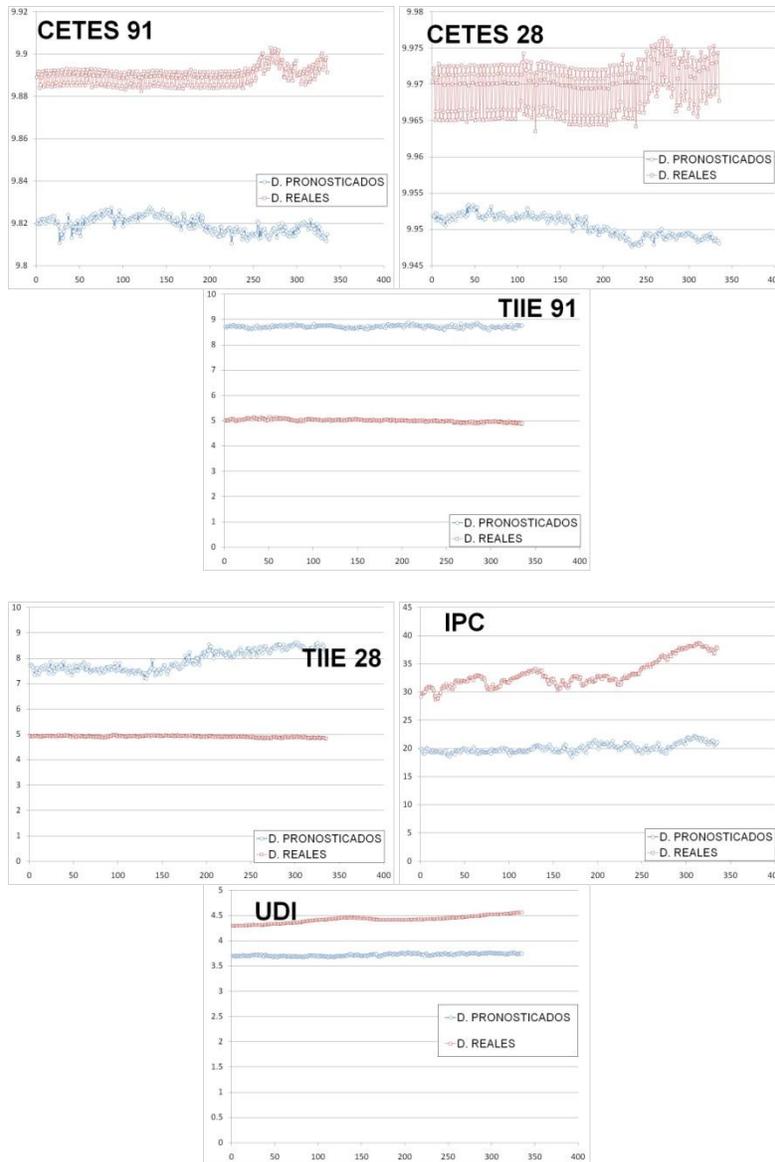


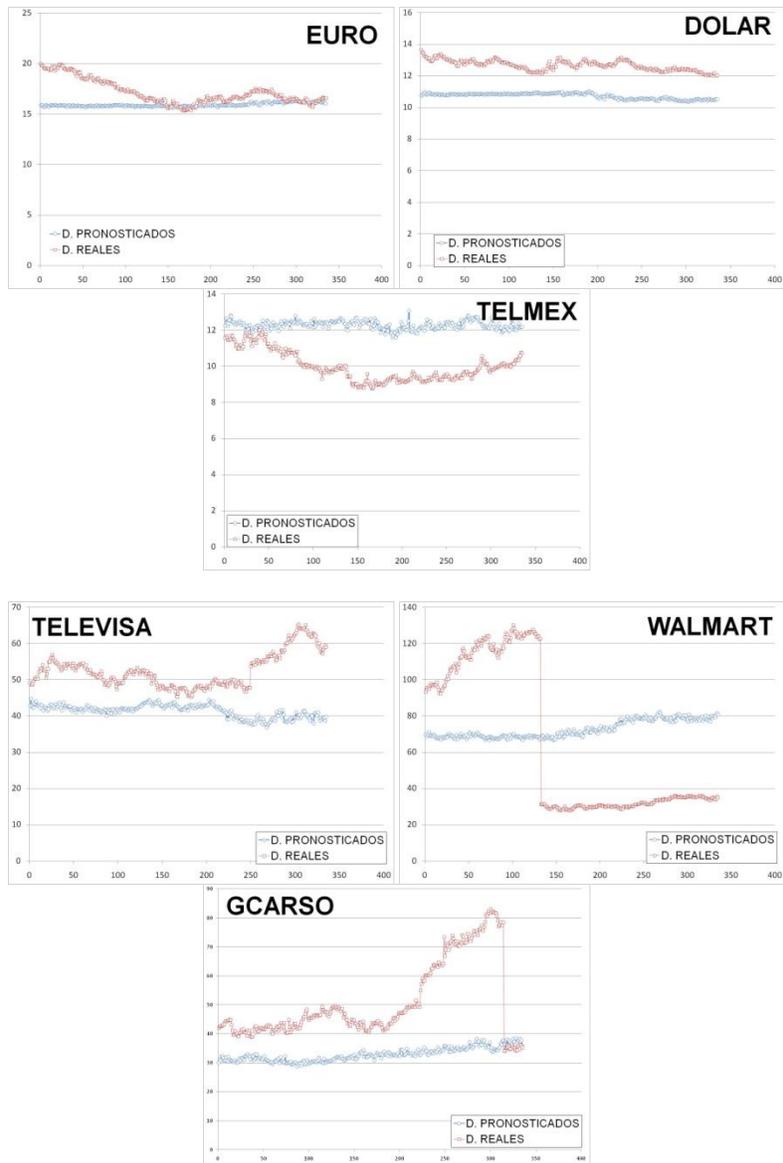
**TIME 4 UIPN**

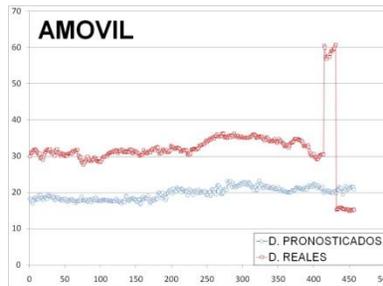
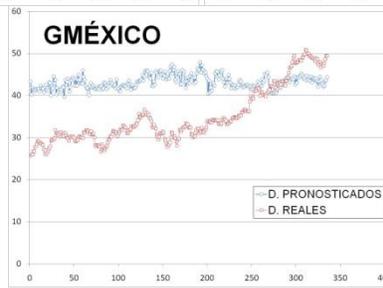
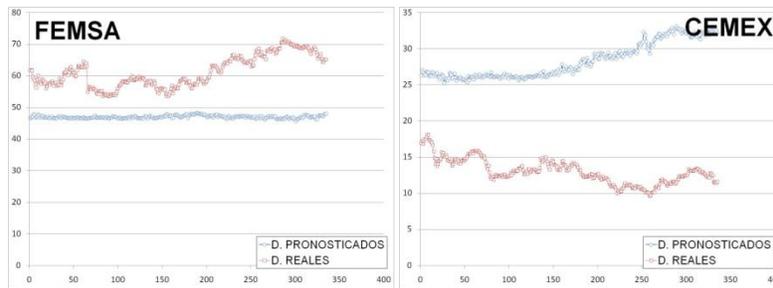


## ANEXO H: PRODUCCION

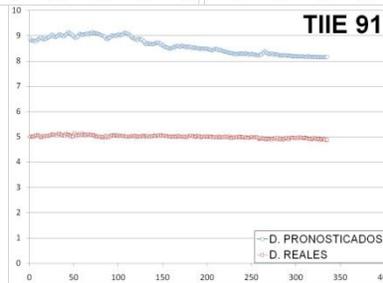
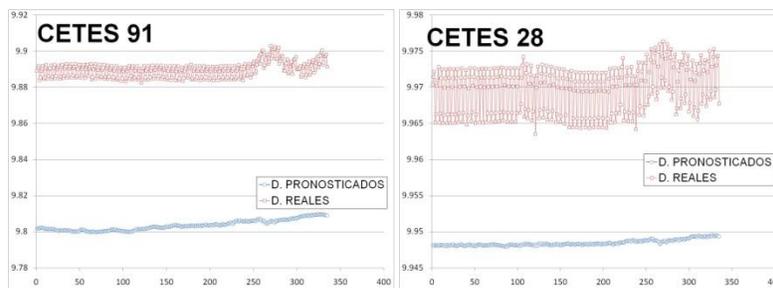
### LTRP

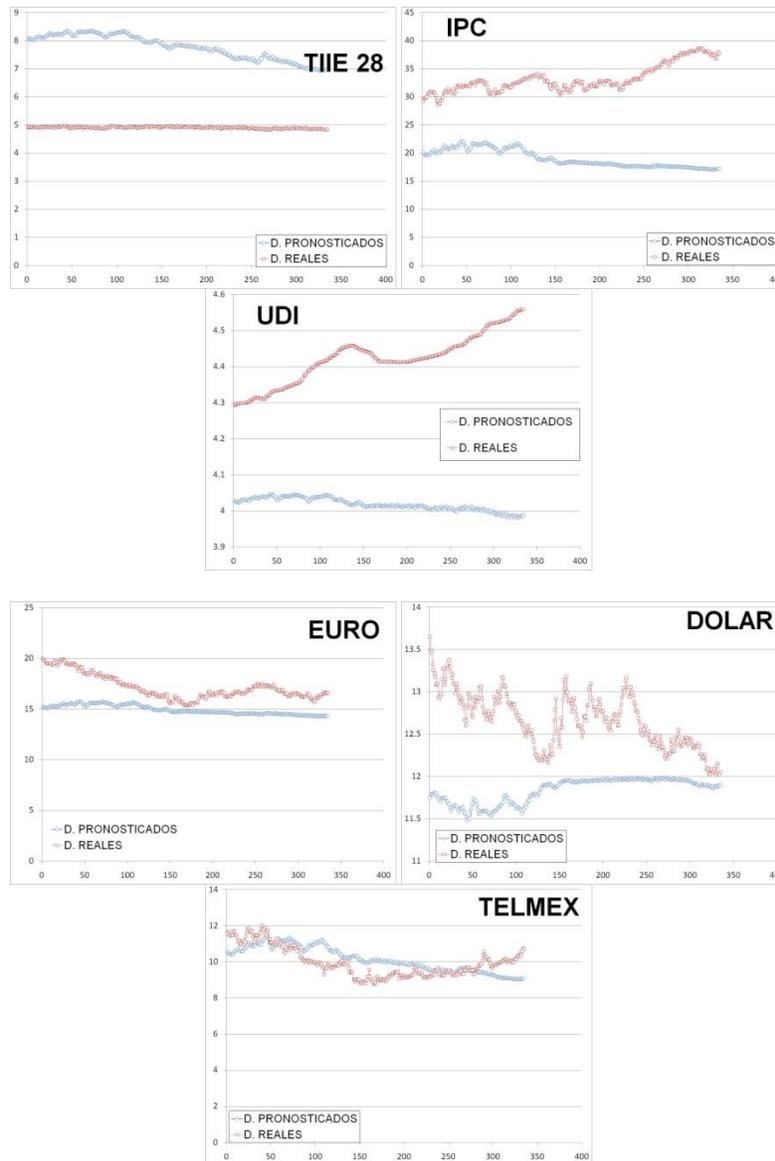


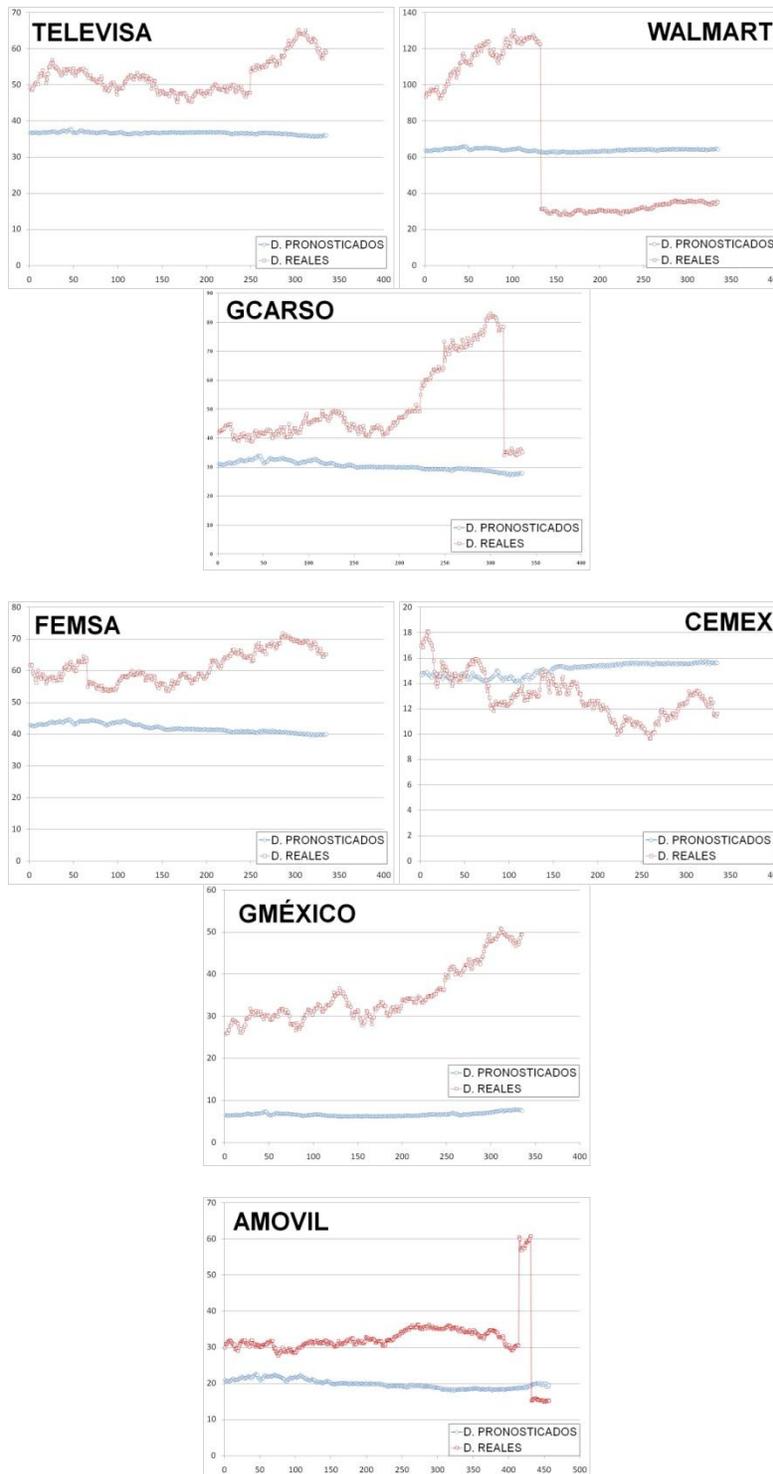




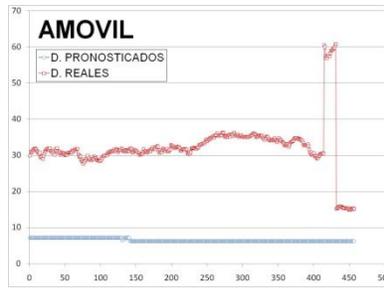
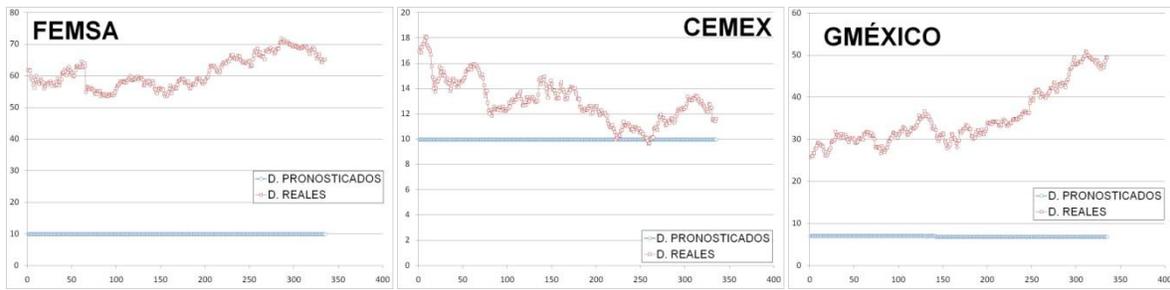
**LTRPNVA**



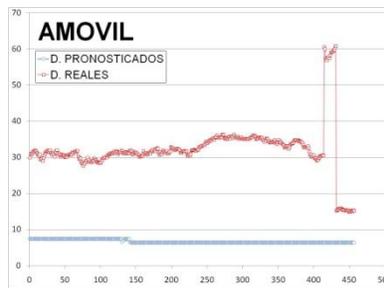




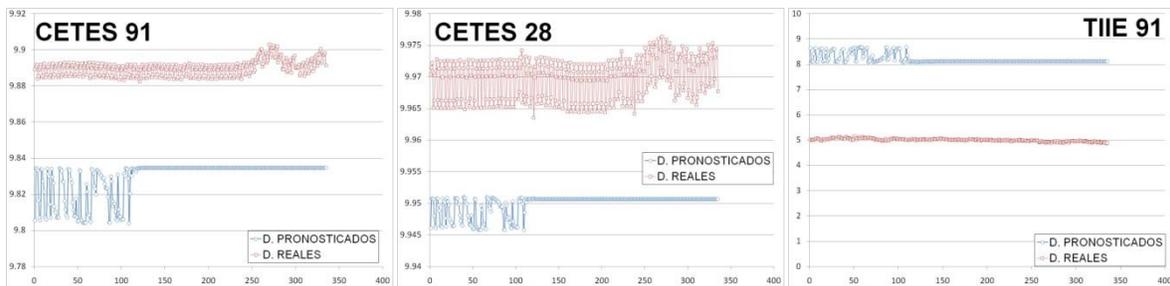
**RAD 8**

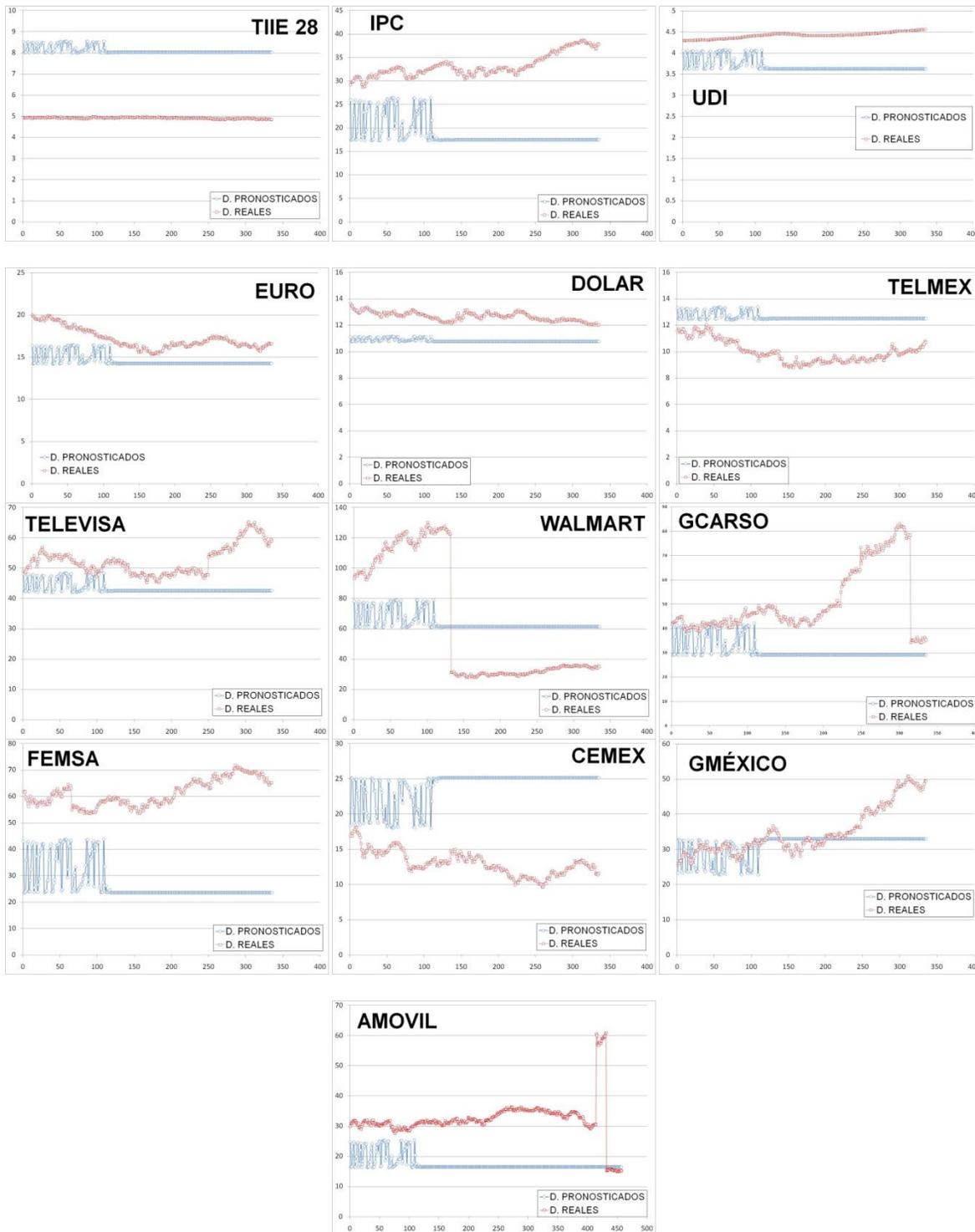


**RAD 8 (1)**

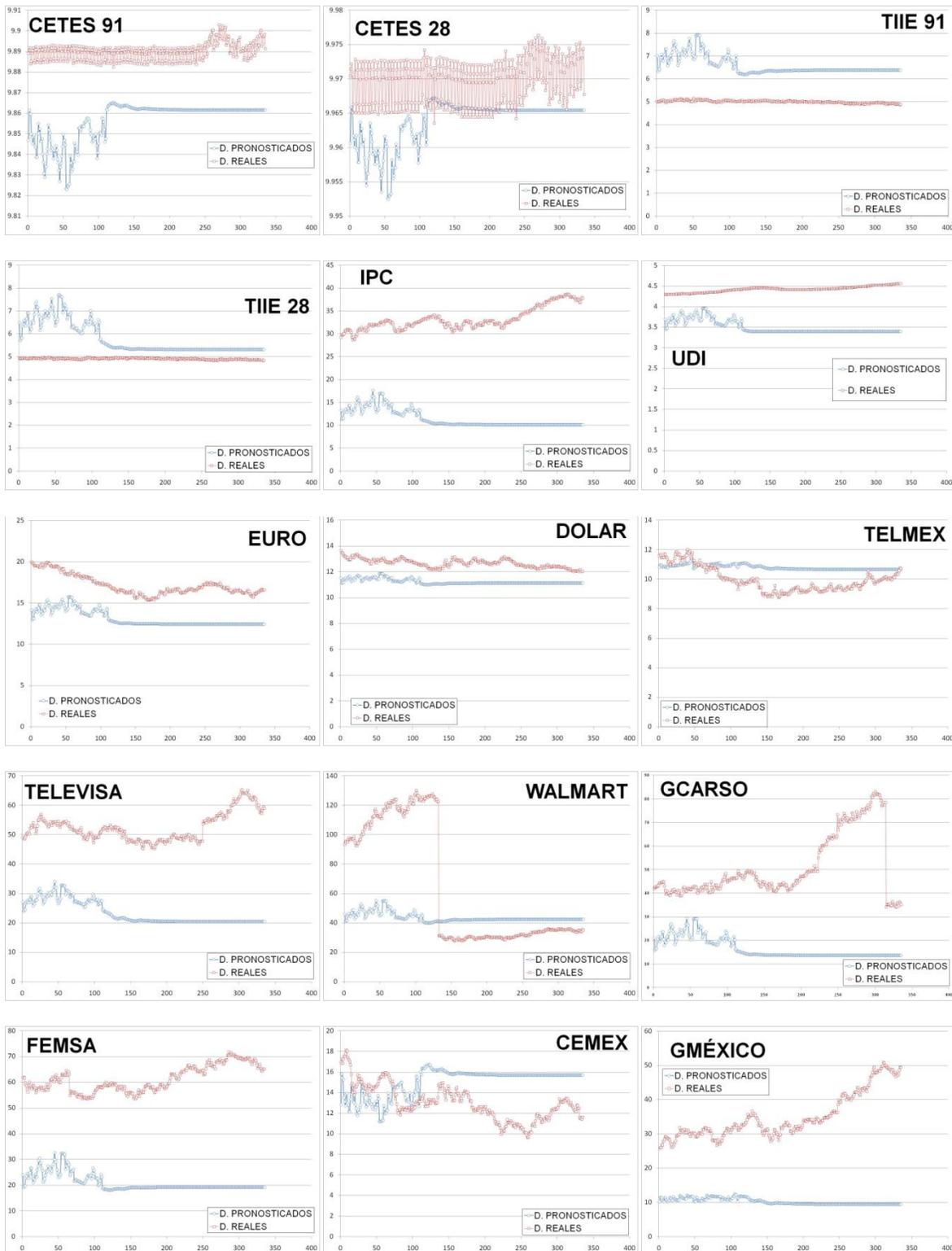


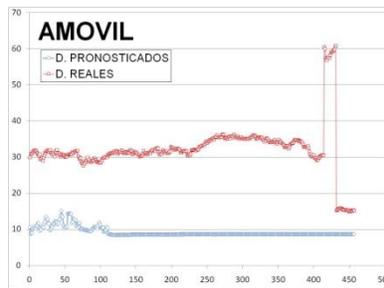
**RADIAL 116**



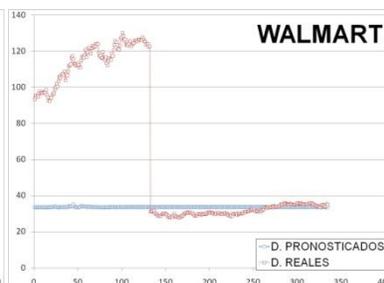
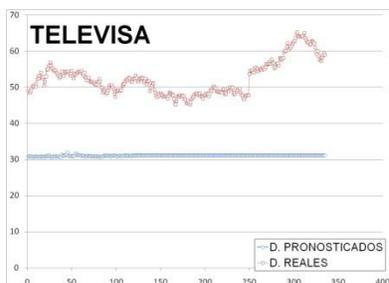
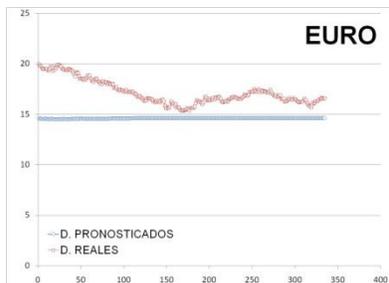
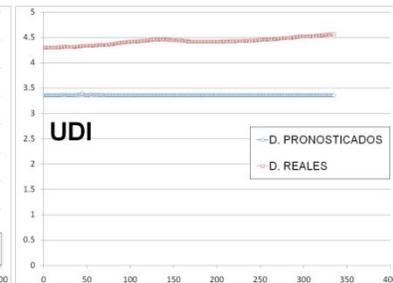
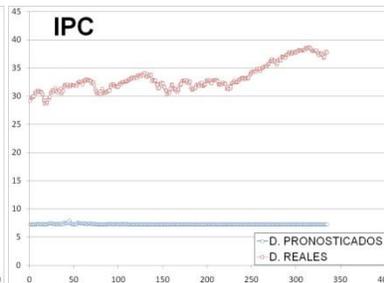
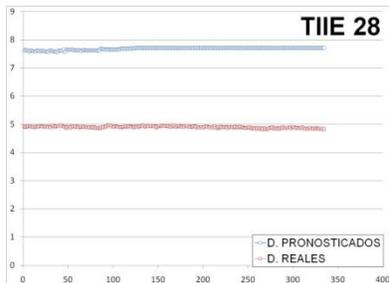
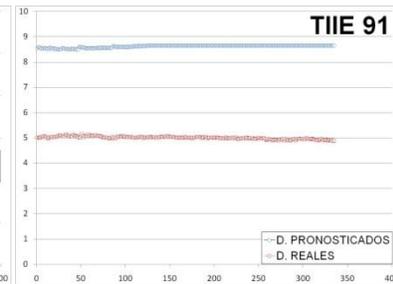
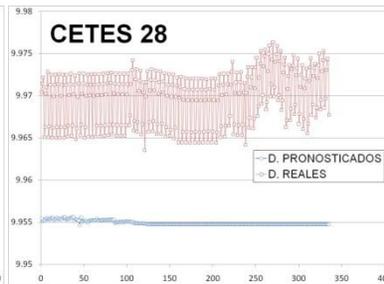
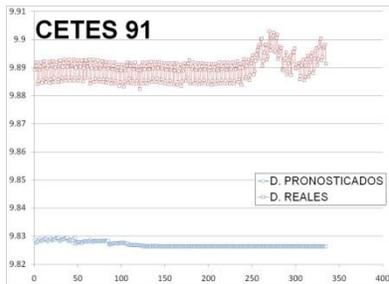


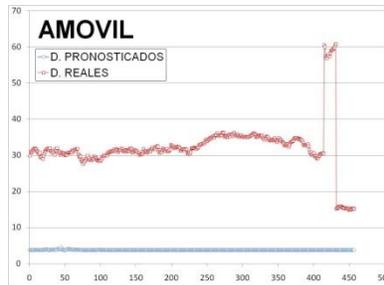
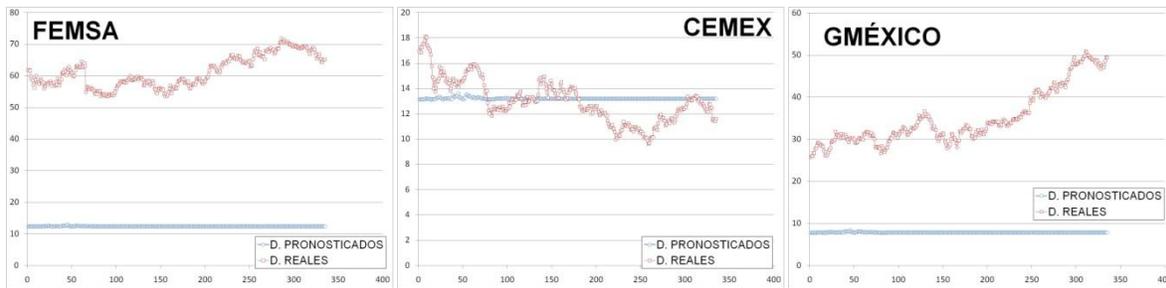
**RADIAL FINANZAS**



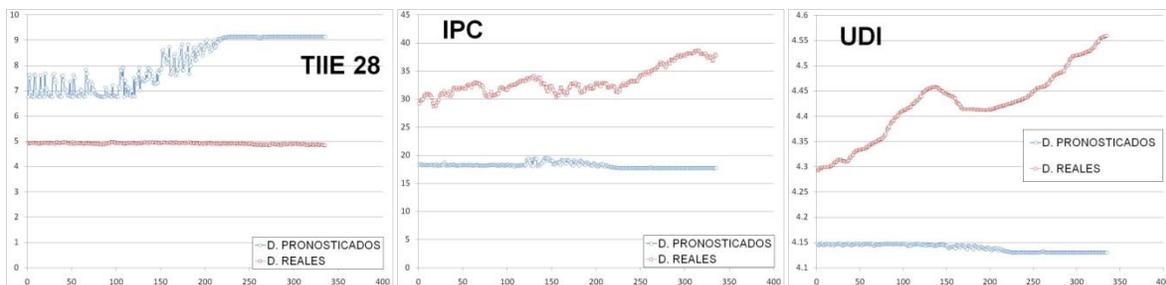
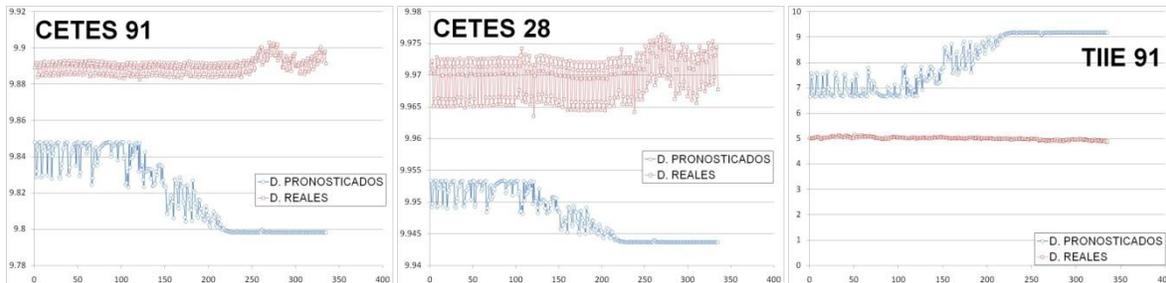


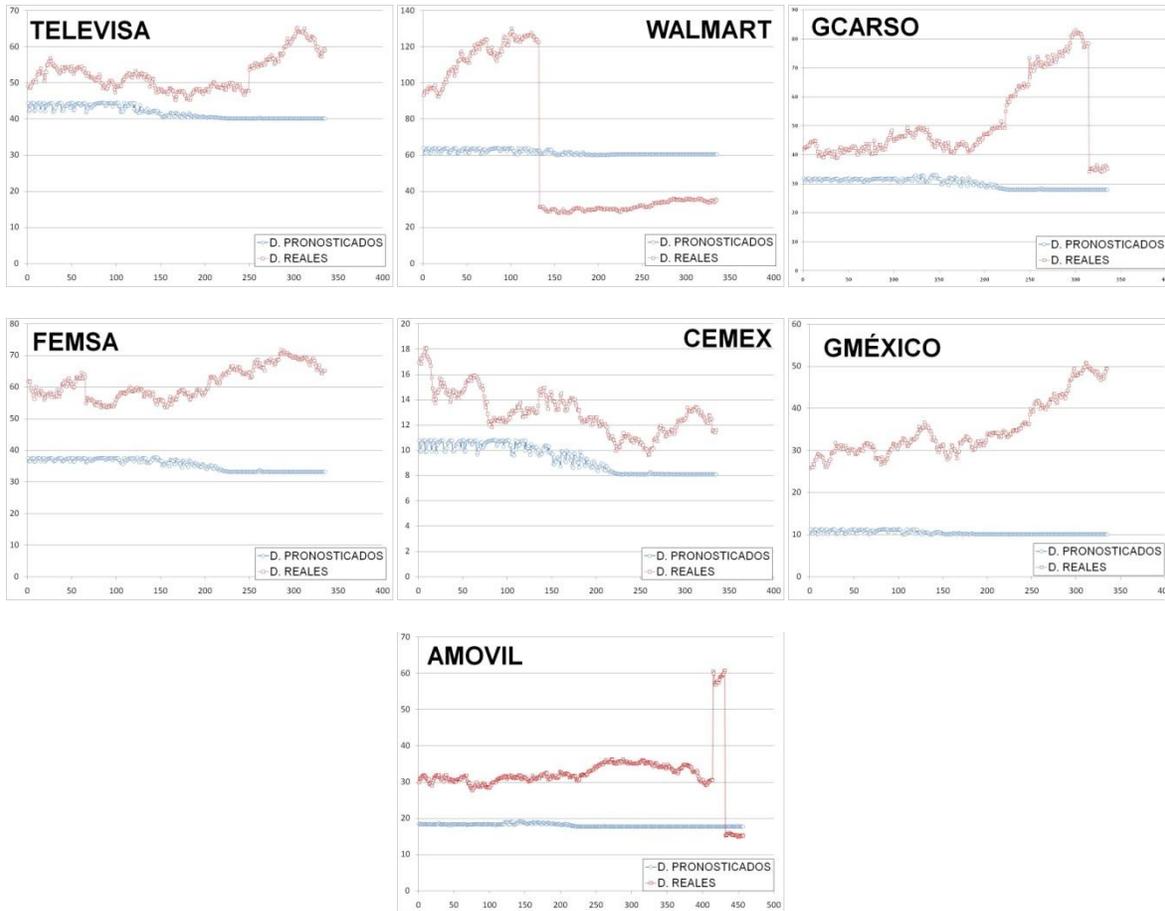
### RADIAL FINANZAS 2



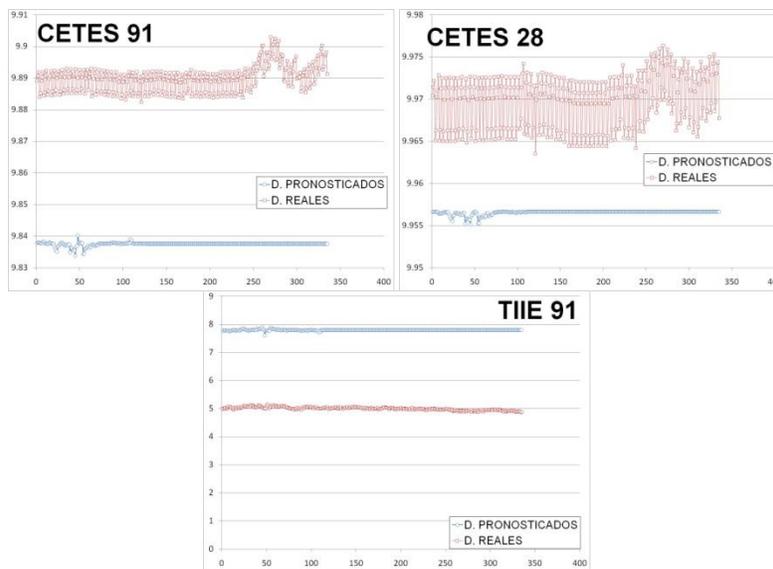


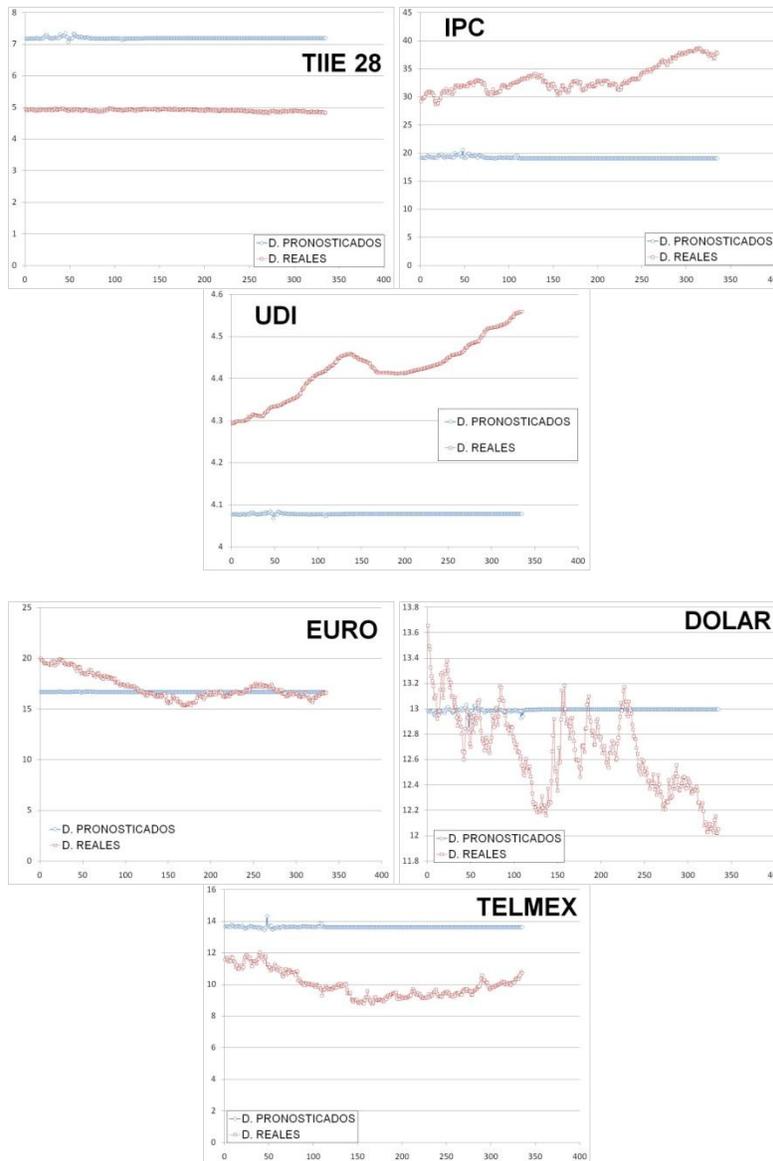
**RADIAL MLP3**

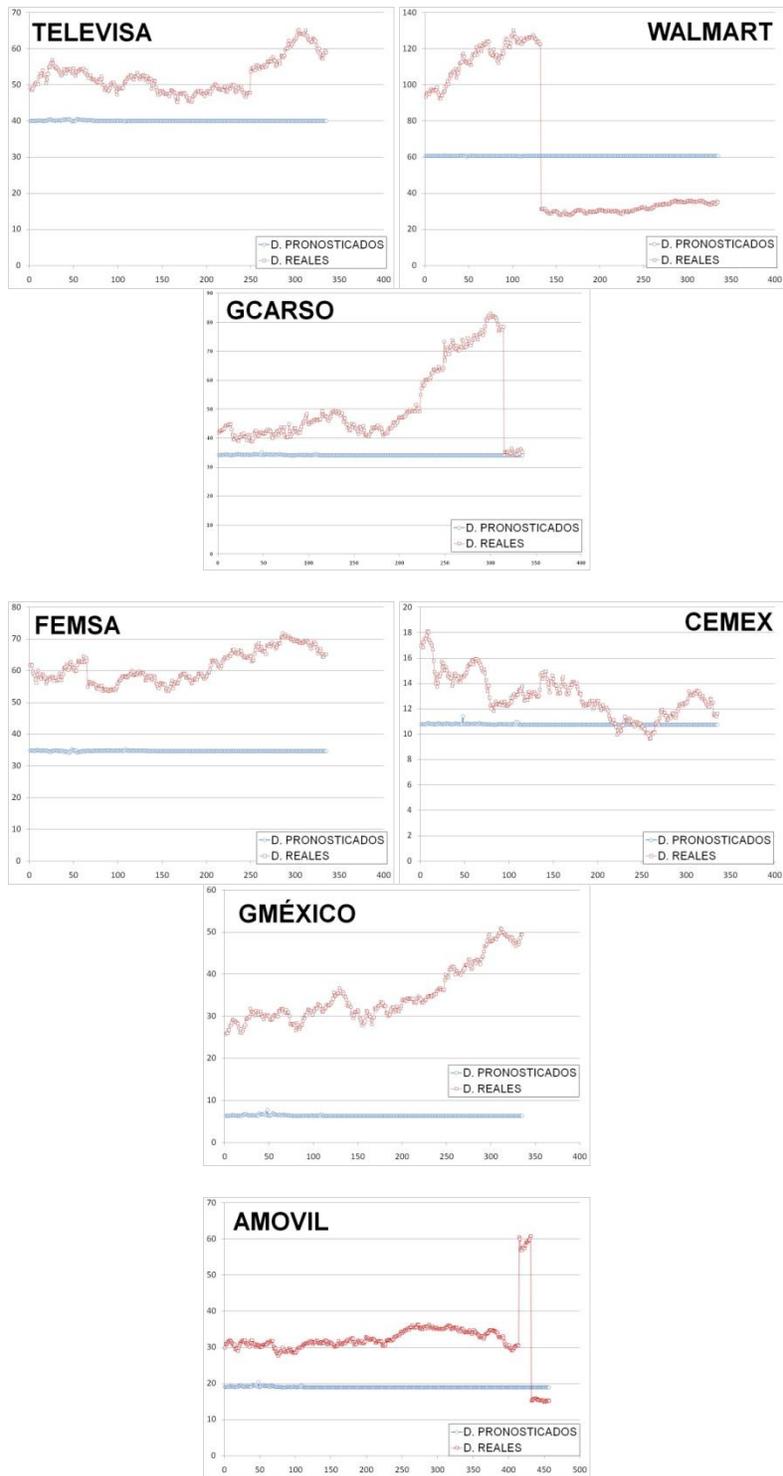




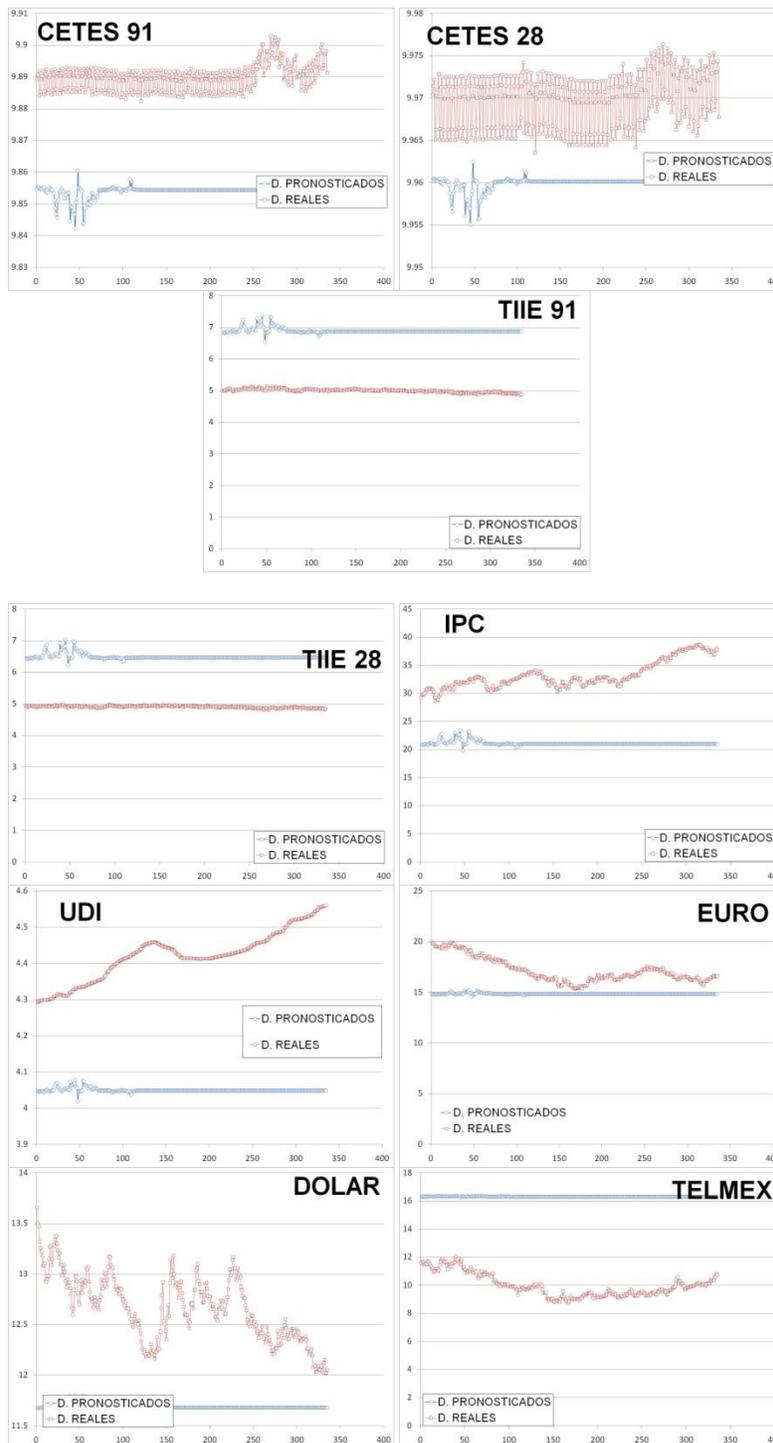
**RDLRNA**

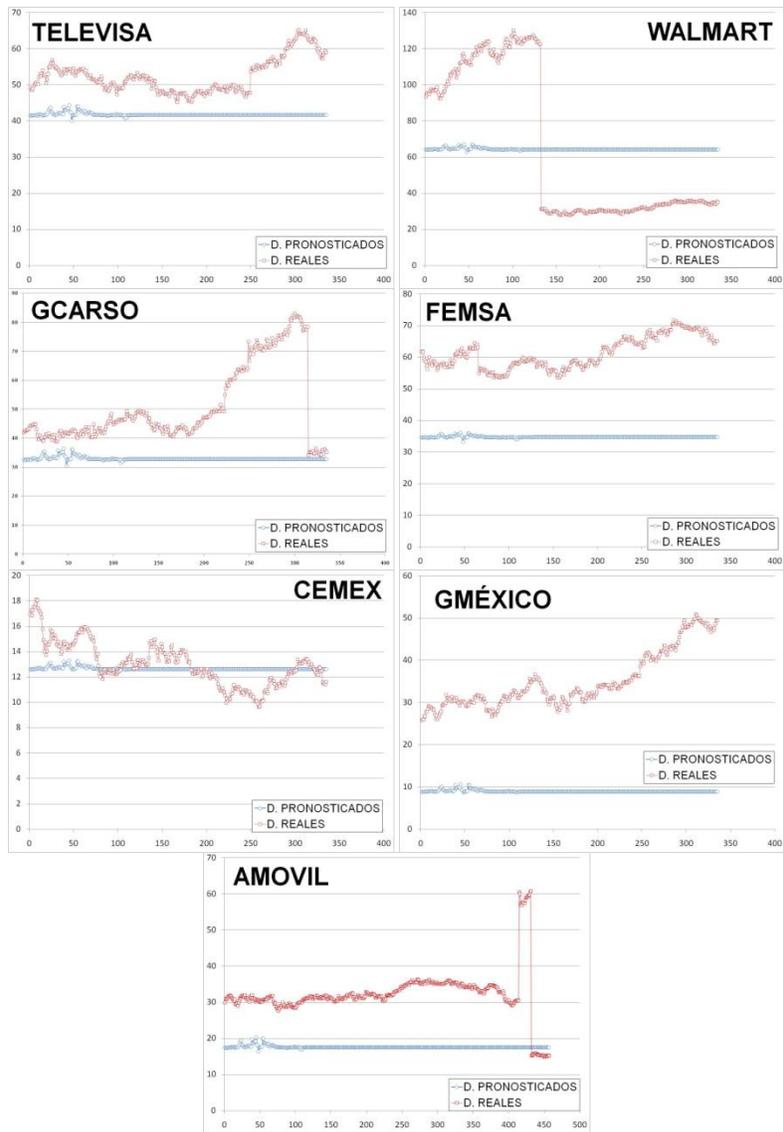




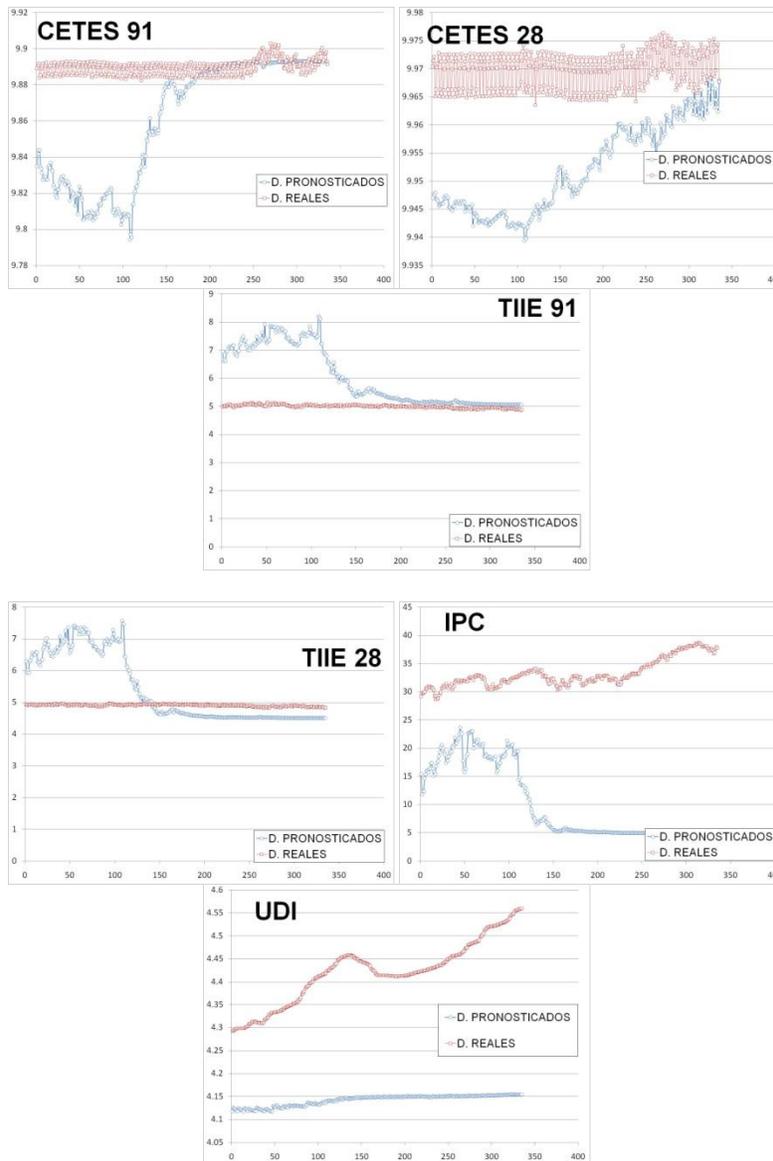


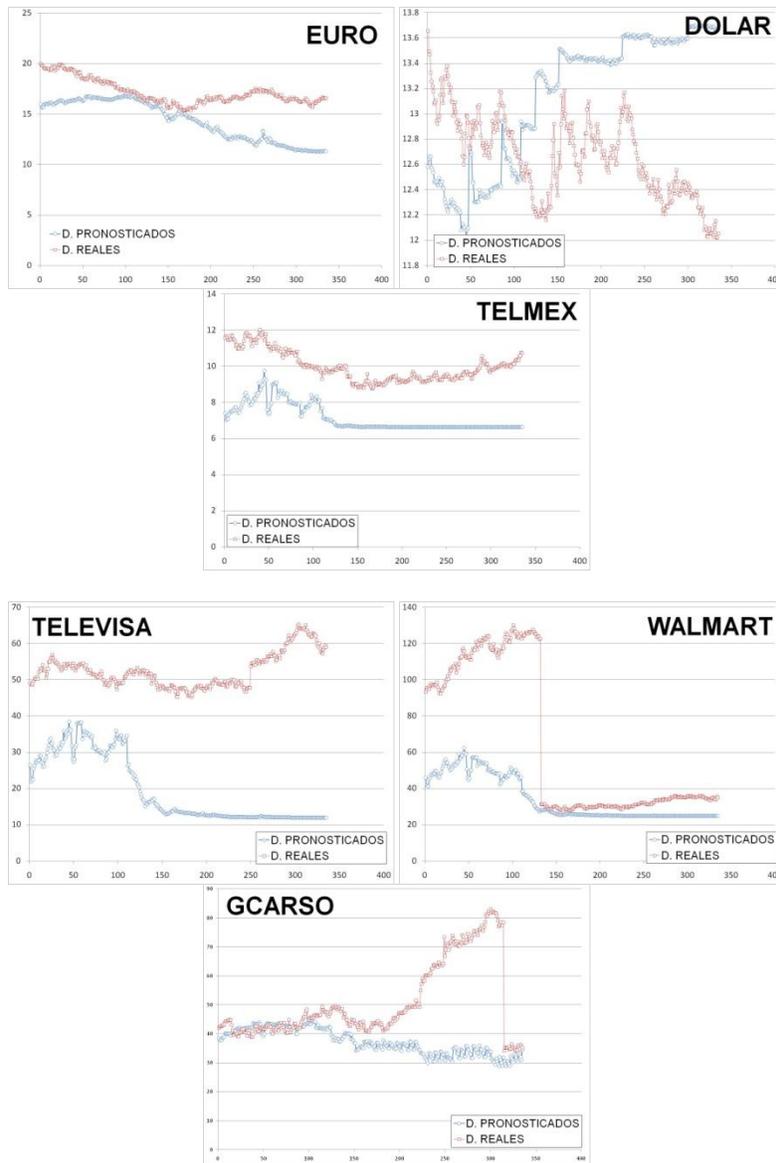
### RDLRNA 2

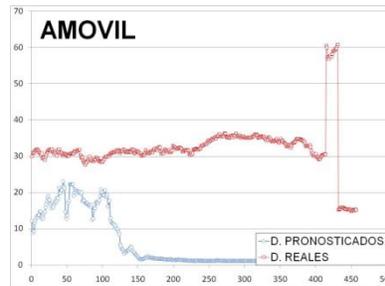
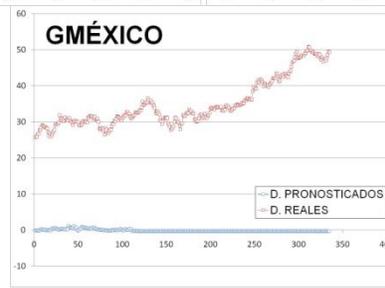
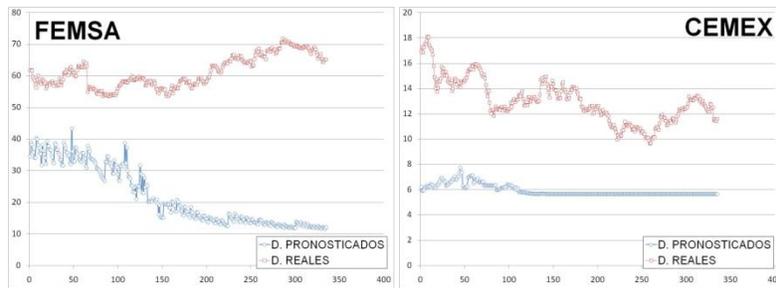




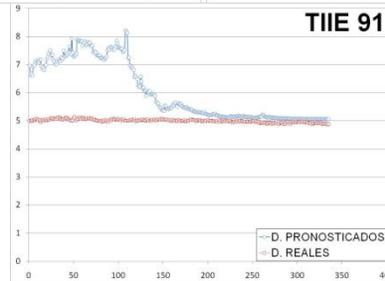
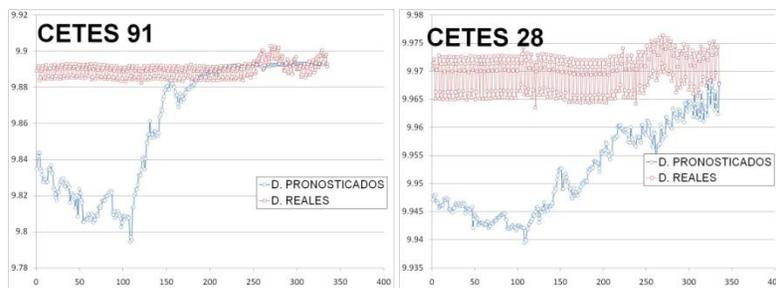
**RECURRENTE**

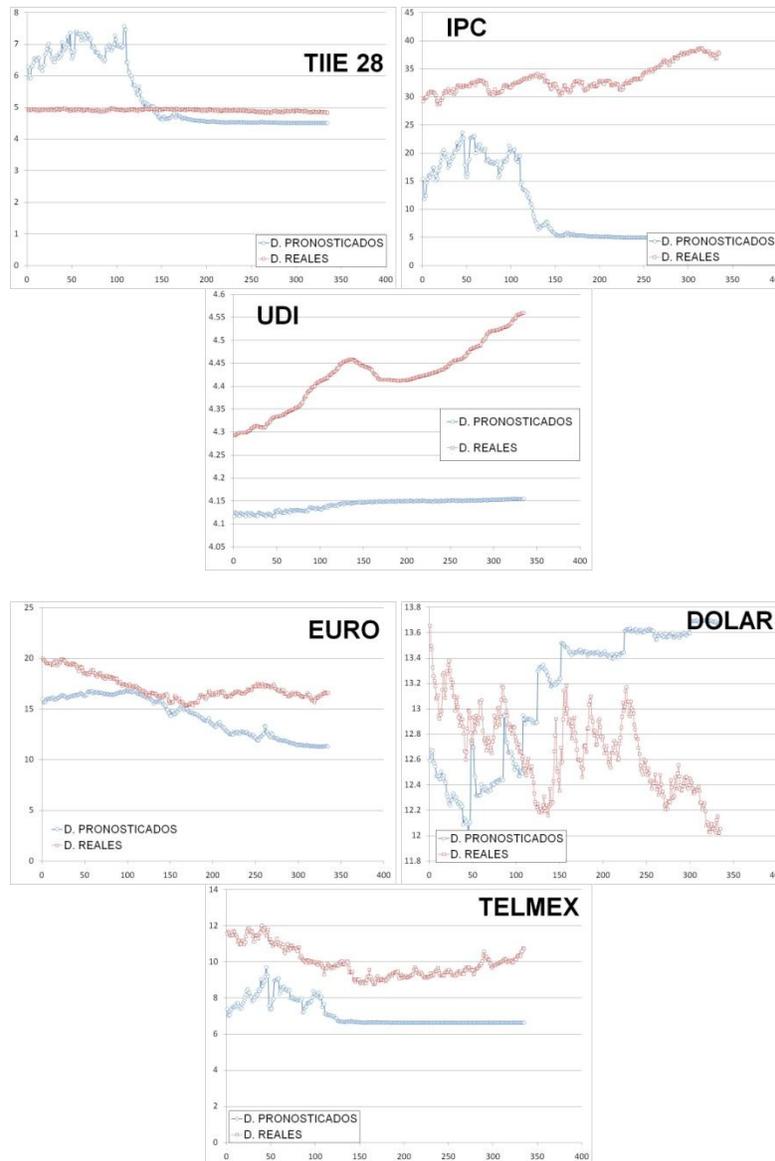


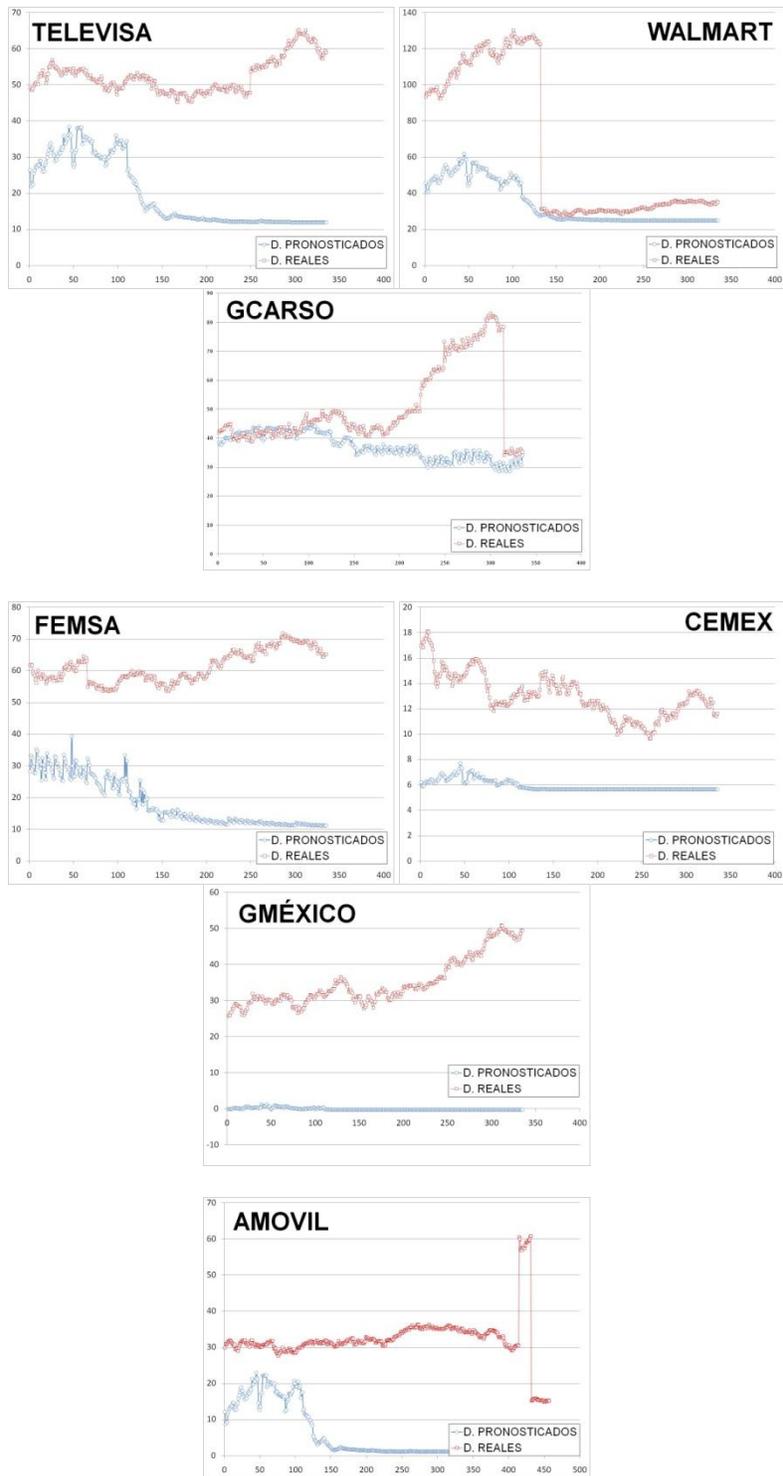




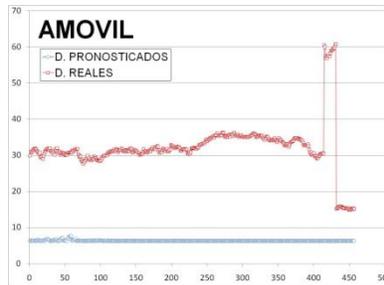
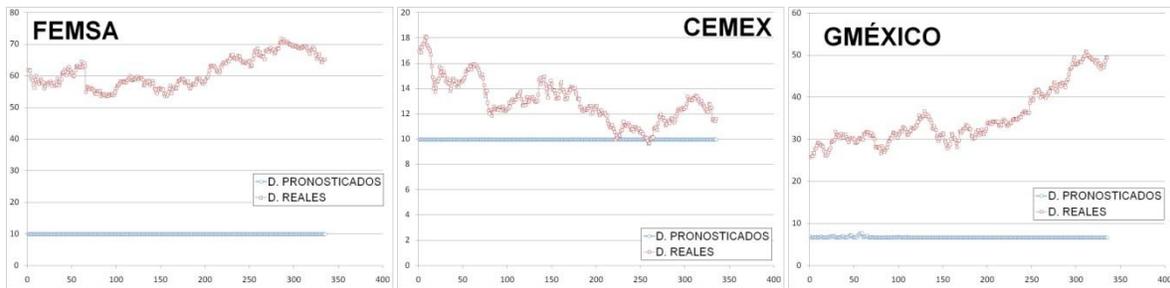
**RECURRENTE 2**







**TIECETES 1175**



**TIME 4 UIPN**

