



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ESCUELA DE ECONOMÍA

**COMPARACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA Y CAMEL, EN SU  
APLICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN/PREDICCIÓN DEL  
RIESGO FINANCIERO EN EL SECTOR BANCARIO  
VENEZOLANO.**

Tutor: Dr. Guillermo A. Rebolledo

Alumno: Aura L. Barreto

Caracas, Octubre 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ESCUELA DE ECONOMÍA

**COMPARACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA Y CAMEL, EN SU  
APLICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN/PREDICCIÓN DEL  
RIESGO FINANCIERO EN EL SECTOR BANCARIO  
VENEZOLANO.**

Tutor: Dr. Guillermo A. Rebolledo

Alumno: Aura L. Barreto.

Caracas, Octubre 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi mayor agradecimiento a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí y presentarles este Trabajo de Grado, camino durante el cual tuve el apoyo de mi familia, amigos y compañeros de estudio.

Agradezco igualmente, la compañía, ayuda y conocimientos de mi tutor el Dr. Guillermo Alberto Rebolledo y del MsC. Ing. Jhonny de Sá Rodrigues, quienes fueron incondicionales para el desarrollo de esta investigación.

Y agradezco a todos los que lean estas páginas, porque le han dado sentido al esfuerzo y dedicación que me llevan por el camino de ser un profesional integral.

**“Gracias Dios Mío”.**

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como propósito comparar dos metodologías, CAMEL y Lógica Difusa, en su aplicación de la clasificación y predicción del Riesgo Financiero en la banca universal venezolana.

Para realizar las predicciones, se tomó la data histórica 2005-2013, de cada uno de los indicadores, con periodicidad mensual; información contenida en los Balances de Publicación y Estados de Resultados de cada banco universal, suministrada por la Superintendencia de las Instituciones del Sector Bancario (SUDEBAN), de forma electrónica.

Debido a que la data presenta grandes oscilaciones, se decidió aplicar un filtro pasa bajos, con la finalidad de atenuar las mismas y obtener una curva suavizada que represente la tendencia global de cada uno de los indicadores por banco; luego a esa curva se le aplicó una regresión por mínimos cuadrados ordinarios de la que se obtuvo el polinomio a utilizar para la predicción.

Una vez que se tienen los resultados de la predicción, estos son utilizados como variables de entrada para el sistema de inferencia de cada uno de los 5 submodelos (C, A, M, E, L) del modelo de clasificación difuso, los cuales están conformados por los operadores lógicos, las reglas difusas y las funciones de pertenencia. Para la validación de este modelo se formularon dos escenarios, en el primer escenario se utilizaron reglas difusas con los criterios del investigador y en el segundo escenario reglas establecidas con las matrices de Ciliberti, metodología reconocida internacionalmente.

Luego, los resultados son cotejados con una tabla de clasificación del riesgo financiero y dependiendo del rango en que se ubique, la entidad bancaria es clasificada en AAA, AA+, AA, A o B.

Señalando en las conclusiones respuestas a la comparación de las dos metodologías: CAMEL y Lógica Difusa.

## ÍNDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS .....                                      | iii |
| RESUMEN .....  | iv  |
| ÍNDICE GENERAL.....  | vi  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                    | x   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                     | xi  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| CAPÍTULO I EL PROBLEMA Y MARCO REFERENCIAL .....           | 4   |
| 1.1. Título.....   | 4   |
| 1.2. Formulación del problema. ....                        | 4   |
| 1.3. Antecedentes.....                                     | 5   |
| 1.4. Planteamiento del problema. ....                      | 8   |
| 1.5. Objetivo general. ....                                | 13  |
| 1.6. Objetivos específicos.....                            | 13  |
| 1.7. Hipótesis.....  | 14  |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....                             | 15  |
| 2.1. Álgebra de Boole. ....                                | 15  |
| 2.2. Modelo.....   | 17  |
| 2.3. Aproximaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios. .... | 18  |
| 2.4. Filtro pasa bajos. ....                               | 20  |
| 2.4.1. Diseño del filtro pasa bajos. ....                  | 20  |

|  |    |
|--|----|
| 2.5. Método de Ciliberti.....                                  | 21 |
| 2.6. Aspectos generales de la lógica difusa.....               | 23 |
| 2.6.1. Definición de la lógica difusa.....                     | 23 |
| 2.6.2. Fundamentos de la lógica difusa. ....                   | 26 |
| 2.6.2.1. Conjuntos difusos. ....                               | 27 |
| 2.6.2.2. Características de un conjunto difuso.....            | 29 |
| 2.6.2.3. Tipos de funciones de pertenencia.....                | 30 |
| 2.6.2.4. Variables lingüísticas.....                           | 33 |
| 2.6.2.5. Operadores lógicos difusos. ....                      | 34 |
| 2.6.2.6. Reglas difusas.....                                   | 35 |
| 2.6.2.7. Sistemas de inferencia difuso.....                    | 37 |
| 2.6.3. Funcionamiento de un sistema de inferencia difuso. .... | 41 |
| 2.7. Modelado Difuso Tradicional y su Enfoque Alternativo..... | 43 |
| 2.8. Clasificación difusa.....                                 | 45 |
| 2.9. MATLAB. ....  | 45 |
| 2.10. Términos bancarios básicos. ....                         | 46 |
| 2.10.1. Definición de Banco y Banca. ....                      | 46 |
| 2.10.2. Clases de Banco.....                                   | 47 |
| 2.10.3. Captación y colocación. ....                           | 48 |
| 2.11. Riesgo bancario y su clasificación.....                  | 48 |
| 2.11.1. Riesgo financiero. ....                                | 49 |
| 2.11.1.1. Riesgo de mercado. ....                              | 50 |
| 2.11.1.2. Riesgo de crédito.....                               | 50 |

|   |    |
|---|----|
| 2.11.1.3. Riesgo de la liquidez. ....   | 50 |
| 2.11.1.4. Riesgo operacional.....   | 51 |
| 2.12. Estados financieros. ....   | 51 |
| 2.13. Organismos y Acuerdos Reguladores del Riesgo Bancario. ....                     | 52 |
| 2.13.1. Acuerdo de Basilea I. ....  | 53 |
| 2.13.2. Acuerdo de Basilea II. ....   | 53 |
| 2.13.3. Importancia de los Acuerdos de Basilea. ....                                  | 54 |
| 2.13.4. Superintendencia de Bancos y otras Instituciones Financieras (SUDEBAN). ....  | 54 |
| 2.14. Metodología de CAMEL.....   | 55 |
| CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....   | 62 |
| 3.1. Pasos seguidos en la construcción de la base de datos de la Banca. ...           | 62 |
| 3.1.1. Origen de los Datos. ....  | 63 |
| 3.1.2. Bancos y razones financieras seleccionadas.....                                | 64 |
| 3.2. Construcción de un Sistema de calificación Basado en CAMEL. ....                 | 72 |
| 3.2.1. Tratamiento de la tabla. ....  | 72 |
| 3.3. Construcción del modelo de predicción / clasificación del riesgo financiero..... | 75 |
| 3.3.1. Pasos seguidos para la construcción del modelo predictivo. ....                | 83 |
| 3.3.2. Pasos seguidos para la construcción del modelo de clasificación. ...           | 84 |
| CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....                           | 85 |
| 4.1. Muestra seleccionada para realizar el análisis de los resultados. ....           | 85 |
| 4.2. Resultados del modelo de predicción.....   | 87 |



|   |     |
|---|-----|
| 4.3. Resultados del Modelo de Clasificación Difuso. ....                  | 90  |
| 4.3.1. Resultados del Modelo de Clasificación Difusa (Escenario #1) ..... | 93  |
| 4.3.2. Resultados del Modelo de Clasificación Difusa (Escenario #2). .... | 97  |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                      | 101 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 104 |
| ANEXOS .....  | 107 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1. Matriz de Ciliberti. ....  | 22 |
| Figura 2.2. Significancia de la matriz de Ciliberti.....   | 23 |
| Figura 2.3. Ejemplo de una Conexión Entrada-Salida.(Martinez C. 2007,p.21)   | 26 |
| Figura 2.4. Universo del discurso. Elaboración propia. ....  | 27 |
| Figura 2.5. Ejemplo gráfico de diferencia entre conjuntos clásicos y difusos....   | 29 |
| Figura 2.6. Función Trapezoidal. Elaboración propia.....   | 31 |
| Figura 2.7. Función triangular. Elaboración propia.....  | 31 |
| Figura 2.8. Funciones de pertenencia. (a) es una curva de Gauss. (b) es una campana. (c) es una curva sigmoideal y (d) es una curva trapezoidal..... | 33 |
| Figura 2.9. Ejemplo de variables lingüísticas. Elaboración propia. ....  | 34 |
| Figura 2.10. Representación de los Operadores Lógicos Difusos.(Martínez C. 2007, p.24) .....   | 35 |
| Figura 2.11. Esquema general de un sistema basado en lógica difusa (modificado de Pérez, 2005) .....   | 38 |
| Figura 2.12. Inferencia tipo Mamdani.....  | 40 |
| Figura 2.13. Sistema de inferencia difusa. Elaboración propia. ....  | 41 |
| Figura 3.1. Funciones de pertenencia de C. ....  | 77 |
| Figura 3.2. Funciones de pertenencia de A. ....  | 77 |
| Figura 3.3. Funciones de pertenencia de M.....   | 78 |
| Figura 3.4. Funciones de pertenencia de E. ....  | 78 |
| Figura 3.5. Funciones de pertenencia de L.....   | 79 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 3.1. Listado de las Instituciones bancarias universales y comerciales para el 2005. ....                          | 64 |
| Tabla 3.2. Cantidad de bancos universales y comerciales en el sistema bancario para el 2005-2013. ....                  | 65 |
| Tabla 3.3. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de liquidación, durante el periodo en estudio. ....  | 67 |
| Tabla 3.4. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de fusión, durante el periodo en estudio. ....       | 68 |
| Tabla 3.5. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de estatización, durante el periodo en estudio. .... | 70 |
| Tabla 3.6. Razones Financieras Seleccionadas. ....  | 71 |
| Tabla 3.7. Indicadores de evaluación de la actividad financiera bancaria. ....  | 74 |
| Tabla 3.8. Matriz de Ciliberti para C. ....   | 80 |
| Tabla 3.9. Matriz de Ciliberti para A. ....   | 81 |
| Tabla 4.1. Clasificación de la muestra de bancos para la validación del modelo. Elaboración propia. ....                | 86 |
| Tabla 4.2. Clasificación de una Entidad Bancaria, según su riesgo financiero. Elaboración propia. ....                  | 91 |
| Tabla 4.3. Resultados del Escenario #1. Elaboración propia. ....  | 93 |
| Tabla 4.4. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo, con los datos reales. ....                    | 96 |
| Tabla 4.5. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo, con los datos de la predicción. ....          | 96 |
| Tabla 4.6. Resultados del Escenario #2. Elaboración propia. ....  | 97 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 4.7. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo con los datos reales, aplicando Ciliberti.....           | 100 |
| Tabla 4.8. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo con los datos de la predicción, aplicando Ciliberti..... | 100 |

## INTRODUCCIÓN

La banca constantemente se encuentra enfrentada a riesgos cada vez más complejos y significativos. Para enfrentar estos riesgos, no es suficiente identificarlos, también se requiere de sistemas efectivos que logren medirlos y controlarlos, reduciéndolos al mínimo posible.

El continuo incremento en la complejidad de las instituciones financieras y el ritmo de sus transacciones requieren que empleen cada vez técnicas más sofisticadas de manejo de riesgo y de monitoreo eficaces ante las condiciones cambiantes del riesgo país.

La gestión eficaz de los diferentes tipos de riesgo financiero permite a las entidades crediticias estar mejor preparadas para invertir y también evitar, mitigar o asumir las potenciales pérdidas por su exposición al riesgo. La gran dificultad consiste en cómo medir el riesgo bancario; ésta posiblemente sea la labor más compleja que tienen los bancos, ya que están expuestos a factores internos y externos que influyen en todas las decisiones de la organización y en la generación de sus ingresos.

En el caso de las instituciones financieras, se puede hablar de tres tipos de riesgo: Riesgo Financiero, Riesgo de Negocios y Riesgo Competitivo; no obstante, el interés de esta investigación, se centra en el Riesgo Financiero que no es más que la incertidumbre asociada al rendimiento de la inversión o variabilidad de los beneficios esperados por los accionistas, debido a la posibilidad de que el banco no pueda hacer frente a sus obligaciones financieras.

Es por ello que surge la elaboración de este Trabajo de Grado, con la finalidad de proporcionar una metodología como alternativa para determinar, clasificar y predecir a corto plazo el Riesgo Financiero, teniendo como objetivo principal la comparación de CAMEL y Lógica Difusa en su aplicación en la predicción y clasificación del Riesgo Financiero en la banca universal del sector bancario venezolano.

Siendo CAMEL uno de los mecanismos de supervisión ampliamente utilizado en muchos países, el cual proporciona un marco para evaluar cinco aspectos fundamentales de la calidad financiera bancaria, como son: Adecuación del Capital, Calidad de los Activos, Gestión Administrativa, Ganancias y Liquidez. La revisión de esta metodología resultó útil y necesaria en el desarrollo de los modelos de calificación difuso.

Haciendo notar, que se utilizó una metodología modelística, con una combinación coherente y armoniosa del método gráfico y estadístico. Igualmente se hizo uso de herramientas como las matrices de Ciliberti, filtro pasa bajos para suavizar las atenuaciones de los datos y algoritmos aplicados con la herramienta computacional MATLAB. Dejando claro que esta investigación no tiene como objetivo el análisis individual de los bancos, sino el análisis de las metodologías empleadas.

Este trabajo está estructurado en cuatro capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el primero se describe el planteamiento y formulación del problema, los objetivos de la investigación, los antecedentes y la hipótesis.

En el segundo capítulo se plantean todos los aspectos teóricos, que colocan en contexto la investigación realizada y que fueron útiles para el desarrollo y comprensión del proyecto.

El tercer capítulo abarca, en forma general, todo lo relacionado a la construcción del conjunto de datos de la banca universal, así como las técnicas utilizadas y pasos seguidos para la construcción de los modelos.

El cuarto capítulo, contiene el análisis de los resultados obtenidos, las conclusiones obtenidas de la investigación realizada y el conjunto de recomendaciones que pueden ser tomadas en cuenta para la continuación de este proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA Y MARCO REFERENCIAL**

En este capítulo se abordan los aspectos relacionados con el título, el planteamiento y formulación del problema, los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos y la hipótesis a contrastar en esta investigación.

### **1.1. Título.**

Comparación de lógica difusa y CAMEL, en su aplicación en la clasificación/predicción del riesgo financiero en el sector bancario venezolano.

### **1.2. Formulación del problema.**

Se busca dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Es posible clasificar el riesgo financiero de un grupo de bancos universales?
2. Haciendo el análisis metodológico de CAMEL y la lógica difusa de manera conjunta. ¿Será posible la implementación de la lógica difusa en la clasificación/predicción del riesgo financiero en el sector bancario



venezolano, y obtener resultados en concordancia con el desempeño del sector?

### **1.3. Antecedentes.**

Para la elaboración de este trabajo de grado, se consultaron distintos trabajos de investigación realizados en diversos países, basado en las metodologías que utilizan para mitigar el riesgo financiero y superar las crisis financieras a las cuales está expuesto el sector bancario de cada país. En este caso en particular se destacan principalmente cuatro trabajos realizados en Venezuela donde se hizo uso del método CAMEL, el cual proporciona un marco para evaluar cinco aspectos fundamentales de la calidad financiera bancaria como son: adecuación del capital, calidad de los activos, gestión administrativa, ganancias y liquidez; cuyos aspectos importantes se mencionan a continuación, ya que están muy relacionados con el tema en estudio.

El primer trabajo, que se analizó fue hecho por la Lic. Marior Rivas (2012) en la Universidad Central de Venezuela (UCV) como Proyecto de Trabajo Especial para especialización en Finanzas de Empresa, el cual consistió en el análisis del riesgo de la banca pública y privada en Venezuela en pro del ahorrista y sus ingresos no consumidos (2009-2011), a través del modelo CAMEL para lo cual utilizó los indicadores financieros de la banca pública y privada venezolana, calculados en función de los balances de publicación y estados de resultados individuales proporcionados por la SUDEBAN. En este se tomaron 10 razones financieras de las 28 existentes en el boletín trimestral de la SUDEBAN, en concordancia con los objetivos específicos de la investigación, utilizando un criterio de clasificación donde se establecen las

categorías de las instituciones financieras en función de su desempeño. Cada banco será medido sobre la base de valoración que va de 1 a 5 puntos, o su equivalente alfabético que va desde AAA, AA-Plus, AA, A y B. Posteriormente, partiendo del análisis de los componentes principales, la calificación y categorización de los niveles de riesgo de la banca, se concluye que para el periodo en estudio el ahorrista venezolano debe considerar la banca privada como las instituciones con menor tendencia al riesgo financiero y por lo tanto puede clasificarse como la banca más segura y confiable del país para depositar en ellos los ahorros de los venezolanos.

El segundo trabajo analizado fue elaborado por Fátima Silva en acompañamiento con el Prof. Daniel Lahoud (2010) en la Universidad Católica Andrés Bello, como Trabajo de Especialización en Finanzas , donde se trata la importancia de la aplicación del método CAMEL en Venezuela (2006-2010), cuyo objetivo principal era analizar a través de CAMEL los niveles de fragilidad bancaria en la banca comercial y universal, haciendo uso de la data suministrada por la SUDEBAN a través de los balances de publicación y estados de resultados, donde se seleccionaron 10 razones financieras. Luego de realizar los respectivos análisis económicos, una de las conclusiones a la que se llegó es que la aplicación del método CAMEL no permite pronosticar y determinar los riesgos futuros a los cuales estarán expuestas las instituciones financieras del país, ni permite prever cuales de ellas presentarán en el futuro problemas de solvencia, eficiencia y liquidez, ya que el contenido de los indicadores financieros utilizados en el análisis se limitan a los estados financieros generados mensualmente por las entidades bancarias objeto de supervisión.

El tercer trabajo examinado lo hizo la por la Economista Alexandra Leal. (2012) en la Universidad Central de Venezuela (UCV) como Proyecto de

Trabajo Especial para especialización en Finanzas de Empresa, donde expone como objeto de estudio, el análisis de los procesos de estatización, fusión y liquidación de instituciones bancarias en Venezuela y sus impactos en el sector bancario (2007-2011). Este estudio pretende conocer al detalle las instituciones bancarias venezolanas que atravesaron por algún tipo de intervención por parte del Estado, para lo cual se apoyan en la metodología CAMEL, tomando 10 razones financieras, cuyos resultados de su cálculo permitirán observar si los indicadores financieros arrojados por dichas instituciones antes de ser intervenidas, daban algún tipo de indicio de la necesidad de ser fusionadas, liquidadas o estatizadas. Una de las conclusiones a la que se llegó es que el análisis antes, durante y después de la intervención de los indicadores financieros si van mostrando la situación de la entidad bancaria y como los indicadores de liquidez y rentabilidad en meses previos, van generando una idea de la situación imperiosa que tendría que atravesar el banco como lo es un proceso de liquidación, fusión o estatización.

El objetivo principal del cuarto trabajo que se revisó, fue elaborado por Carlos Martínez (2007) como Tesis de Grado en la Universidad de los Andes radicó en la necesidad presentada de diseñar un procedimiento para determinar y clasificar el riesgo financiero, a través de técnicas de pre- procesamiento de datos e inteligencia artificial ( lógica difusa) y de la clasificación/predicción del riesgo bancario. Carlos Martínez (2007) hace énfasis en la necesidad de que las instituciones financieras dispongan de tecnologías inteligentes relacionadas directamente con funciones y características humanas de campos cercanos al psicológico y a los procesos biológicos; por lo cual propone un diseño de un modelo de clasificación/predicción del riesgo financiero y sus componentes en la banca universal y comercial utilizando modelos de calificación contruidos con clasificación difusa, con base al método CAMEL, para lo cual tomó como variables de entradas 23 razones financieras y clasificó a los bancos sujetos a

estudio en: (a) bancos que presentaron razones financieras con "valores faltantes" y, (b) bancos que presentaron razones financieras con valores atípicos. Luego realizó la reducción del número de las razones financieras analizadas y de los modelos difusos de calificación, en especial la de capital, generándose bajo este esquema modelos difusos de calificación para los aspectos: activos, gestión administrativa, ganancias y liquidez. Con base a los resultados de su investigación, concluye que el método CAMEL le ayudó a evaluar el riesgo financiero y sus componentes en las instituciones financieras estudiadas, por lo que considera que este método puede ser utilizado como guía en la toma de decisiones y para la evaluación, monitoreo y control de riesgo financiero en la banca comercial y universal venezolana.

Y finalmente se analizó un quinto trabajo llamado Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros por Santiago Medina Hurtado (2006) Ingeniero industrial, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Este trabajo recopila el estado actual de las aplicaciones de la teoría de conjuntos difusos y los sistemas de inferencia difusos en la solución de problemas financieros, específicamente en el campo de la teoría de portafolios, la evaluación de proyectos, el análisis de crédito, el análisis técnico y el análisis financiero de la firma, lo cual permite incorporar la incertidumbre en el análisis de manera distinta a como la hace la teoría de probabilidades.

#### **1.4. Planteamiento del problema.**

“Los procesos del pensamiento que se desarrollan en el cerebro humano son originados por las sensaciones que llegan a través de nuestros sentidos. Mediante el lenguaje, el hombre expresa, traduce y representa los fenómenos

naturales y humanos; sin embargo, el lenguaje presenta vacíos de precisión o excesos de sobre entendimiento” (S. Medina, Hurtado, p.197) por lo cual se necesitan métodos y técnicas que precisen y depuren la información para llegar a conocer mejor los procesos reales que tienen lugar en la economía.

“La mayoría de los procedimientos y herramientas que se utilizan actualmente para manipular la información se basan en los principios de la lógica aristotélica formalizada de manera matemática por las leyes de Boole y de Morgan, durante el siglo XIX; campo que se conoce como *lógica matemática*. Uno de sus principios fundamentales es la ley de la no contradicción o del tercero excluido, lo cual define un sistema de lógica binaria (la pertenencia completa o no a un conjunto)” (S. Medina, Hurtado, p.197) y que posibilitó gran parte del desarrollo científico y tecnológico de la sociedad.

Ahora bien, el problema se presenta, cuando desde el punto de vista de los fenómenos socioeconómicos, es necesario contar con modelos que capturen de una manera más precisa la realidad. El uso de estos métodos y estas técnicas en el campo económico, son muy importantes porque nos permite abordar la realidad con diversos grados de precisión, según sean definidos los modelos.

En el ámbito de la toma de decisiones, las relaciones entre los conceptos o variables que definen el problema bajo estudio no están definidas en forma precisa, y esto se debe a la imprecisión del lenguaje natural, a la naturaleza del fenómeno o la calidad de la información utilizada. Considerando esto, en muchas ocasiones no se dispone de la información suficiente para utilizar modelos matemáticos convencionales, lo que ha forzado a la búsqueda de modelos alternativos, tal como es el caso de la lógica difusa; que es consistente con los sistemas de valoración humanos y su percepción, ya que permite

valores intermedios, que son más próximos a la realidad siguiendo patrones de comportamiento similares al pensamiento humano.

Para esta Tesis de Grado, se pretende trabajar con un ejemplo donde se vea la aplicabilidad de ambas lógicas, de manera de visualizar los datos y poder determinar con cual se obtienen los mejores resultados en este caso en particular, donde se va a considerar el sector financiero venezolano, específicamente en la clasificación\predicción del riesgo bancario en la banca universal, ya que las instituciones financieras tienen un papel fundamental en el desarrollo de la economía.

Las instituciones financieras involucran en sus negocios los ahorros del público los cuales tienen algún propósito establecido, es por ello que no se pueden poner en riesgo. Debido a que prácticamente la integridad del dinero que un banco administra, no le pertenece, y con la intención de proteger a los clientes, a los accionistas, al sistema financiero, y por consiguiente, a la economía nacional, la gestión bancaria requiere de un proceso que involucre una medición y evaluación constante de los riesgos a los que se exponen los recursos de los depositantes.

A efectos de conservar en niveles aceptables los diferentes tipos de riesgo, la administración de los bancos suele ser regulada por los organismos supervisores de la banca, tales como, la Superintendencia Bancaria y el Banco Central de cada país. “La importancia estratégica de la banca en la economía productiva ha motivado que la regulación del riesgo de la empresa bancaria no sea autónoma ni discrecional” (Del Águila, 2002 p.13).

Cabe destacar que, a nivel mundial, el mayor representante de estos esfuerzos es el “Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria”, el cual

agrupa a los representantes de los bancos centrales y supervisores de entidades financieras de 10 países. Este comité establece que cualquier país, de acuerdo con el grado de desarrollo de su sistema financiero, puede adoptar prácticas y principios según sus necesidades. En general, se reconocen dos conjuntos de principios; uno emitido en 1997, llamado “Acuerdo de Capital de Basilea”, que reúne prácticas básicas en Riesgo Bancario, y otro más reciente el del 2003, conocido como “Convergencia Internacional de Medidas y Normas de Capital” ó “Basilea II”, donde se establecen normas más avanzadas para administrar dicho riesgo (Del Águila, 2002 pp.141-154).

Una apropiada gestión del riesgo evitaría crisis bancarias, como la acontecida en 1994, donde se produjo un proceso de insolvencia masiva que afectó a casi un tercio de la banca privada comercial, produciendo la desaparición de algunas de las entidades financieras más representativas y el colapso del sistema económico privado. Comenzando con la intervención del Banco Latino por problemas de iliquidez, desencadenando la peor crisis financiera sucedida en Venezuela. A esto le siguen las intervenciones, en junio de 1994, de las siguientes instituciones: Banco Amazonas, Banco Barinas, Banco Construcción, Banco La Guaira, Banco Maracaibo, Banco Metropolitano y Sociedad Financiera Fiveca, más tarde son estatificados el Banco de Venezuela (9 de agosto) y el Banco Consolidado (11 de septiembre), finalmente, en febrero de 1995 le siguió la estatificación de tres entidades más: Principal, Italo y Profesional.

Tras salir de la crisis, los bancos Venezuela y Consolidado fueron adquiridos por grupos financieros extranjeros, tales como el Grupo Santander de España y Corp Group de Chile, respectivamente. Por su parte, el Banco Latino fue comprado y absorbido en 1995 por Banesco.

La regulación del riesgo se ha transformado en una labor difícil por muchas razones: la existencia de un seguro gubernamental, maquillaje financiero, independencia en la prima que pagan los bancos independientemente del nivel de riesgo, existencia de prestamistas de última instancia (Banco Central), e inexistencia de calificadoras de riesgo privadas. No obstante, la Superintendencia de Bancos y Otras Instituciones (SUDEBAN) ha profesionalizado y tecnificado sus procesos de supervisión, sin embargo, ello no significa que el riesgo se encuentre ausente en cada uno de los bancos comerciales y universales del sistema financiero venezolano.

Es por este motivo que recientemente, ha surgido un mayor interés, en aportar esfuerzos y recursos por adoptar un modelo de gestión de riesgos que proporcione la capacidad de controlarlos, clasificarlos y pronosticarlos de manera eficaz.

“La ejecución de un proceso de administración integral del riesgo por parte de la banca, involucra, además del cumplimiento de un conjunto de normas y lineamientos, la implementación de un modelo de clasificación/predicción que constituya una herramienta de apoyo a los especialistas en el proceso de toma de decisiones en situaciones de alerta de quiebra, valiéndose de la gran ayuda que aportan las herramientas computacionales y las tecnologías inteligentes existentes en la actualidad. Estas tecnologías inteligentes están relacionadas directamente con funciones y características humanas de campos cercanos al psicológico (inteligencia artificial) y a los procesos biológicos. (Redes neuronales, algoritmos genéticos, lógica difusa, etc.)”, (Martínez C, 2007 p.5)

Es por ello que en este trabajo de tesis se propone como alternativa a la problemática planteada, el desarrollo de un modelo de clasificación/predicción



del Riesgo Financiero en bancos universales del sector bancario venezolano, utilizando modelos de calificación contruidos con clasificación difusa, la idea es ver si la lógica difusa, permite obtener resultados diferentes a la lógica clásica.

### **1.5. Objetivo general.**

Comparar las metodologías lógica difusa y CAMEL en su aplicación con modelos de clasificación/predicción del riesgo financiero en el sector bancario venezolano (Banca Universal).

### **1.6. Objetivos específicos.**

- Establecer diferencias y semejanzas entre las metodologías de CAMEL y lógica difusa.
- Indagar y estudiar aplicaciones concretas de la lógica difusa, realizadas en el sector financiero.
- Proponer una escala de clasificación para el riesgo financiero y sus componentes en el sector bancario venezolano.

Diseñar un modelo de clasificación/predicción del riesgo financiero en bancos universales en el sector bancario venezolano, aplicando modelos de calificación contruidos con clasificación difusa.

### **1.7. Hipótesis.**

Tomando en cuenta los objetivos formulados en el trabajo de grado, los resultados que aporta la implementación de la lógica difusa, permite tomar decisiones de riesgo financiero, en concordancia con el desempeño del sector bancario venezolano (Banca Universal).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Para desarrollar esta investigación se consultaron varios estudios, publicaciones y textos donde se desarrollan los temas de lógica clásica, lógica difusa y su aplicación en el ámbito de la economía; específicamente en el sector financiero, esto con el fin de tener una mejor comprensión del tema y establecer las bases teóricas del mismo.

En el presente capítulo se exponen un conjunto de conceptos básicos que permitirán entender el contexto de esta investigación, donde en primer lugar se habla un poco de la lógica clásica, luego se hace referencia a la lógica difusa y sus elementos, pasando por algunos términos bancarios fundamentales para este estudio.

#### **2.1. Álgebra de Boole.**

Es un álgebra que permite abstraer las principales operaciones algebraicas en un sistema binario. El Álgebra de Boole fue diseñada a mediados del siglo XIX por el matemático George Boole de origen Inglés, de la que toma su nombre. En sus libros "The Mathematical Analysis of Logic" (1847) y "An Investigation of the Laws of Thought" (1854), desarrolló la idea de que las proposiciones lógicas podían ser tratadas mediante herramientas matemáticas. Las proposiciones lógicas (asertos, frases o predicados de la lógica clásica) son aquellas que únicamente pueden tomar valores Verdadero/Falso, o preguntas

cuyas únicas respuestas posibles sean Sí/No. Según Boole, estas proposiciones pueden ser representadas mediante símbolos y la teoría que permite trabajar con estos símbolos, sus entradas (variables) y sus salidas (respuestas) es la Lógica Simbólica desarrollada por él. Dicha lógica simbólica cuenta con operaciones lógicas que siguen el comportamiento de reglas algebraicas. Por ello, al conjunto de reglas de la Lógica Simbólica se le denomina Álgebra de Boole.

Al igual que en álgebra tradicional, también se trabaja con letras del alfabeto para denominar variables y formar ecuaciones para obtener el resultado de ciertas operaciones mediante una ecuación o expresión booleana. Evidentemente los resultados de las correspondientes operaciones también serán binarios.

El álgebra booleana es un sistema matemático deductivo centrado en los valores cero y uno (falso y verdadero). La deducción booleana, parte también de las leyes de la razón. La mente realiza operaciones mentales que le da expresión por medio de símbolos. Tales procesos pueden llevarse al lenguaje y al número, que sirven como instrumentos de ayuda en los procesos del razonamiento, como medios para interconectar los poderes del intelecto y ponen al hombre en dominio del conocimiento mediante las demostraciones y el cálculo de las probabilidades. También parte de la observación, ya que ésta facilita la interpretación, la cual se puede expresar a través de un cálculo que contiene el lenguaje simbólico. Con él se interpretan las leyes que se ven como la perfección de los métodos por los cuales se conduce la mente. Con ellos se construye leyes lógicas matemáticas.

Con la lógica convencional se busca una probabilidad de certeza bajo un cierto riesgo. Se indagan hechos empíricos y se establece un orden lógico de

razonamiento. Se construyen procesos numéricos y mentales para llegar a una explicación, la cual se plantea en términos de hipótesis. A ésta se le da la representación de una estructura matemática a través de un modelo, y éste se resuelve por procedimientos computarizados desde donde se leen los resultados.

## **2.2. Modelo.**

Según Rebolledo (2013 p.26): los modelos son enunciados que se construyen con ayuda de los métodos de investigación. Deben tener objetivos medibles, estructuras cuantificables y capacidad de recibir, acumular, transformar, innovar y emitir información. Son un conjunto de componentes relacionables que reproducen diversas formas de los enunciados.

Algunos modelos son de carácter hiperbólico, porque sus componentes no necesariamente están relacionados en la realidad como lo están hipotéticamente en el modelo.

Es importante destacar que los modelos siempre van a tener un margen de error en las observaciones, los cuales pueden ser evitables o inevitables, éste últimos también puede dividirse en sistemáticos y aleatorios, destacando que por la naturaleza de los del segundo grupo, pueden ser tratados mediante el apoyo de la Teoría Probabilística. Es por ello, que se hace uso de herramientas matemáticas tales como el “ajuste de las observaciones”.

### **2.3. Aproximaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios.**

Los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) es un método para encontrar los parámetros poblacionales en un modelo de regresión lineal. Este método minimiza la suma de las distancias verticales entre las respuestas observadas en la muestra y las respuestas del modelo.

Donde se asocia errores sustanciales con los datos, la interpolación polinomial es inapropiada y puede dar resultados insatisfactorios cuando se usa para predecir valores intermedios.

Una manera más apropiada para tales casos es obtener una función aproximada que ajuste la forma de la tendencia general de los datos sin ajustar necesariamente con los puntos individuales, por lo general la tendencia de los datos es caracterizada por una línea recta sin pasar a través de un punto en particular. Con la finalidad de dejar la subjetividad de lado, una manera de hacerlo es obtener una curva que minimice la discrepancia entre los puntos y la curva. Una técnica para cumplir con tal objetivo es la regresión por mínimos cuadrados.

La diferencia fundamental entre un ajuste y una interpolación, es que el ajuste no es determinístico, y por tanto trae consigo un error por aproximación asociado.

El método de mínimos cuadrados consiste en hallar la función que ajusta la data, con el menor error cuadrático.

Según S. C. Chapra y R. P. Canale (2007, pp. 481-483), si se tiene una data conformada por  $n$  puntos, y se requiere ajustar un polinomio de orden  $m$ , se debe resolver el conjunto de ecuaciones dadas por:

$$\sum_{k=0}^m a_k \sum_{i=1}^n x_i^{j+k} = \sum_{i=1}^n y_i x_i^j \text{ para cada } j \in 0,1,\dots,m \quad (2.1)$$

Si expandimos la ecuación normal para un polinomio de ajuste de orden  $m$ , se obtiene el sistema de ecuaciones a resolver para obtener los valores de los coeficientes  $a_k$ , de dicho polinomio.

Para un polinomio de orden 2, se tienen  $m+1$  ecuaciones

$$\begin{aligned} (n)a_0 + \left(\sum x_i\right) a_1 + \left(\sum x_i^2\right) a_2 &= \sum y_i \\ \left(\sum x_i\right) a_0 + \left(\sum x_i^2\right) a_1 + \left(\sum x_i^3\right) a_2 &= \sum y_i x_i \\ \left(\sum x_i^2\right) a_0 + \left(\sum x_i^3\right) a_1 + \left(\sum x_i^4\right) a_2 &= \sum y_i x_i^2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

La resolución queda de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i x_i \\ \sum y_i x_i^2 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Donde  $x_i$  y  $y_i$  son los puntos del conjunto de los datos reales. Las variables  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  son los coeficientes del polinomio expresado en la ecuación 2.4. Este sistema de ecuaciones puede ser resuelto por cualquiera de los métodos numéricos que se encuentran en la teoría para la resolución de sistema de ecuaciones.

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (2.4)$$

La siguiente ecuación va a determinar el  $R^2$ :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Pm(x_i))^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n})^2} \quad (2.5)$$

El  $R^2$  es conocido como el coeficiente de determinación y  $R$  es el coeficiente de correlación. Para un ajuste perfecto,  $R^2=1$ , significa que la línea explica el 100% de la variabilidad de los datos. Para  $R^2=0$ , el ajuste no representa ninguna mejora.

## **2.4. Filtro pasa bajos.**

Un filtro pasa bajos es una herramienta matemática caracterizada por permitir el paso de frecuencias bajas con respecto a una frecuencia de corte, y mediante la aplicación de una ganancia atenuar frecuencias altas. La cantidad de atenuación para cada frecuencia depende del diseño específico de cada filtro. Estos filtros suministran una forma más suave de la data medida, removiendo las fluctuaciones a corto plazo y dejando la tendencia a largo plazo.

### **2.4.1. Diseño del filtro pasa bajos.**

Según Clarence W. de Silva (2006, pp. 553 – 563) para el diseño del filtro pasa bajos se emplea la teoría de Butterworth. Esto consiste en diseñar un filtro digital pasa bajos de orden  $N$  con una frecuencia de corte normalizada. Las



ganancias de atenuación para los datos a filtrar son determinadas mediante la siguiente función en transformadas discretas de Laplace:

$$H(z) = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \dots + b(n-1)z^{-(n-1)}}{1 + a(1)z^{-1} + \dots + a(n-1)z^{-(n-1)}} \quad (2.6)$$

Los valores de a y b, en el entorno de programación de MATLAB, vienen dados por la función *butter* (*n,Wn*) donde n es el grado de la ecuación y Wn es la frecuencia de corte normalizada. Estos valores modifican la función anterior permitiendo que la respuesta se sensibilice a los cambios de la data modificada por las ganancias de atenuación.

## 2.5. Método de Ciliberti.

Es una de las metodologías más conocidas y utilizada en el mundo de la Ingeniería en Confiabilidad, además de ser una de la más completa, ya que combina de manera visual el impacto en Higiene, Seguridad y Ambiente (SHA por sus siglas en inglés) y el impacto en la producción.

Determina dos niveles de criticidad en dos matrices distintas, una de SHA y otra de Procesos, para finalmente ubicar estos resultados en una matriz de criticidad resultante.

El análisis de criticidad es una metodología de análisis semi-cuantitativo de riesgo, que busca determinar una figura de mérito de riesgo denominada "Criticidad".

Esta metodología permite establecer una jerarquía o prioridades de los "ISED" (Instalaciones, Sistemas, Equipos y Dispositivos), mediante el estudio de la frecuencia o probabilidad de falla y las respectivas consecuencias en seguridad, higiene, ambiente y en producción. (Ciliberti 1996, pp.4-5)

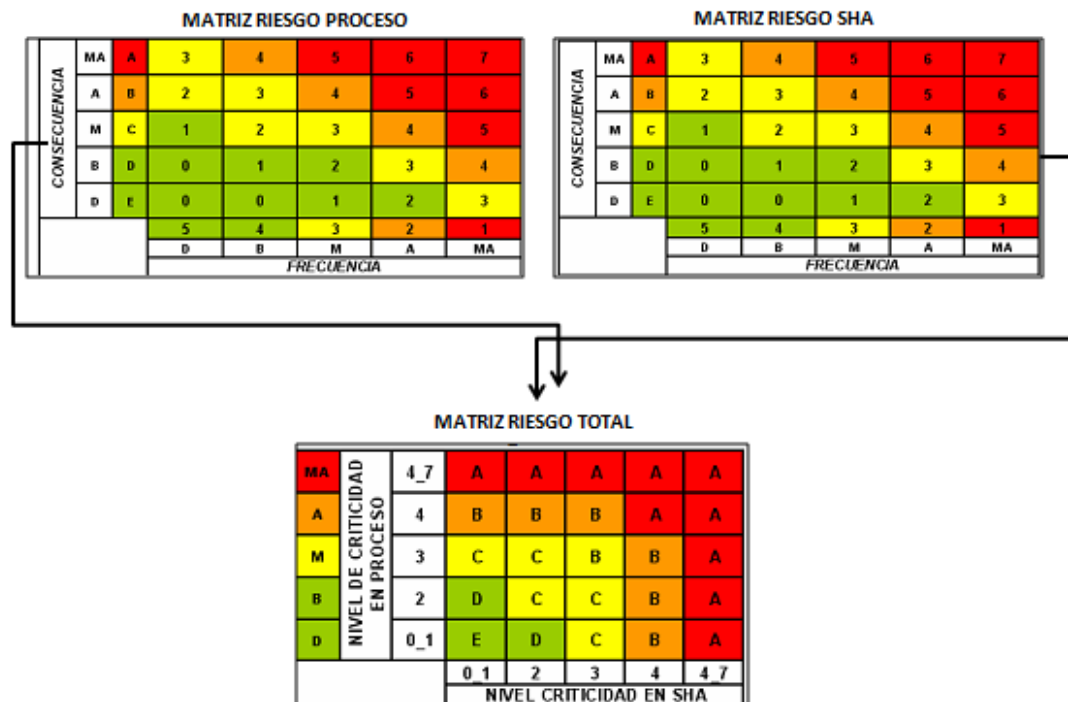


Figura 2.1. Matriz de Ciliberti. Elaboración propia.

La matriz de valoración de Riesgo es evaluada por la vulnerabilidad, donde se interceptan el valor de probabilidad que está en la fila horizontal y el valor de la consecuencia que se encuentra en la columna vertical y en función de su posición en la matriz va a mostrar la magnitud de la vulnerabilidad. Donde cada rango de la vulnerabilidad está representado por un color distinto los cuales tienen cierta significancia al representar los Mapas de Riesgos. Ver la Figura 2.1.

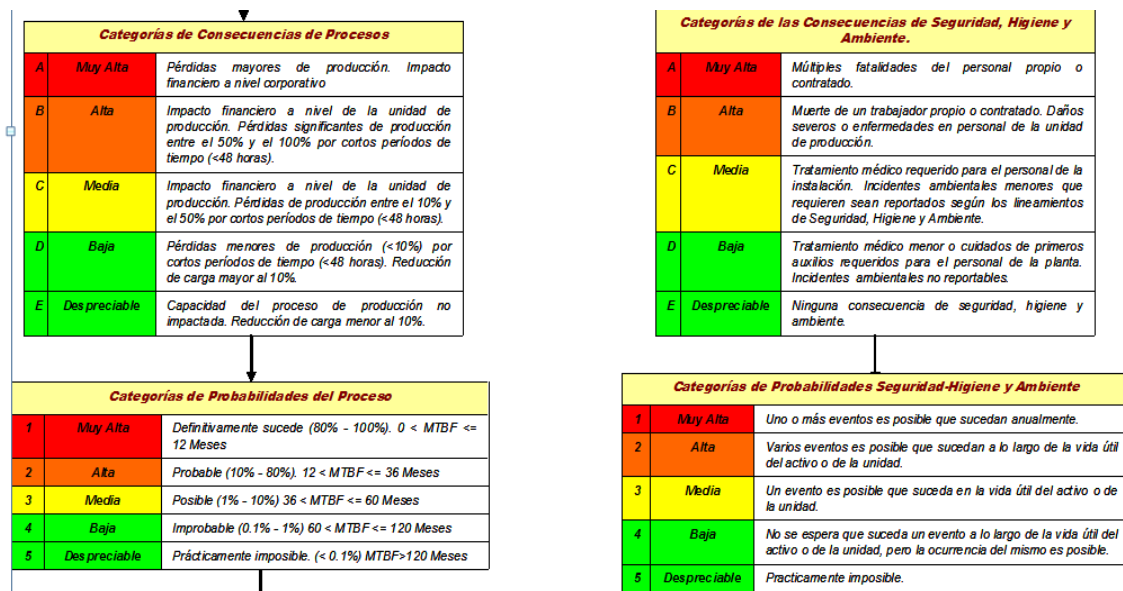


Figura 2.2. Significancia de la matriz de Ciliberti. Elaboración propia.

## 2.6. Aspectos generales de la lógica difusa.

A continuación se presentan algunas definiciones sobre lógica difusa, un ejemplo de una conexión de un espacio de entrada-salida con lógica difusa y el por qué de la utilización de esta técnica.

### 2.6.1. Definición de la lógica difusa.

La lógica Difusa fue creada en 1965 por el Dr. Lofti Zadeh; esta disciplina es una lógica alternativa a la lógica clásica que intenta introducir un nivel de incertidumbre en los aspectos que evalúa. En la vida real nos encontramos con muchos conocimientos imprecisos o inciertos por naturaleza; la lógica y el pensamiento del ser humano con frecuencia nos conducen a información de

este tipo, seguramente originada del mismo razonamiento humano que basa sus decisiones en experiencias similares o datos históricos.

A primera vista la lógica difusa es un lenguaje que nos permite modelar sentencias de lenguaje natural del ser humano como un formulismo matemático. Este modelamiento se realiza a través de una función de pertenencia continua en el intervalo  $[0,1]$  que califica el nivel de pertenencia de cada elemento de un conjunto. Esta teoría va como una alternativa de la teoría clásica de conjuntos, en donde la función de pertenencia solo le asigna dos valores a los elementos que califica; le asigna el valor de uno a los elementos que pertenece al conjunto y cero en el caso contrario.

“El modelo que ayuda a la toma de decisiones debe diseñarse de forma que permita al usuario tomar la determinación adecuada y responder a los posibles imprevistos que aparezcan”, según (Cesar José Vergara Rodríguez Horacio Antonio Gaviria Montoya de la Universidad Nacional de Colombia, Aplicaciones de la lógica difusa en la planificación de la producción, 2009 p.33).

Tal y como presentan Herrera (2000) y Xu (2004), “el Enfoque Lingüístico Difuso ha demostrado ser una técnica adecuada para modelar este tipo de información. Para representar esta información, este enfoque introducido por Zadeh (1975) hace uso de variables lingüísticas cuyo dominio de expresión son conjuntos de palabras o términos lingüísticos. Una variable lingüística se caracteriza por un valor sintáctico o etiqueta y por un valor semántico o significado. La etiqueta es una palabra o frase perteneciente a un conjunto de términos lingüísticos y el significado de dicha etiqueta viene dado por un subconjunto difuso en un universo del discurso. Por ejemplo, un usuario podría

utilizar el conjunto de términos lingüísticos  $S = \{\text{Muy malo, Malo, Mediocre, Bueno, Muy bueno}\}$  para valorar la comida de un restaurante”.

En síntesis, el método de investigación a utilizar será la Lógica Difusa, que se basa en lo relativo de lo observado. En la lógica clásica (binaria o booleana) se tiene sólo dos estados posibles: verdadero y falso (1 ó 0), en la lógica Multivaluada se incluyen sistemas lógicos que admiten varios valores de verdad posibles. En cambio en la lógica difusa se asigna valores intermedios dentro de una escala a fin de cuantificar una incertidumbre. Por ejemplo según la lógica clásica solo podemos definir la temperatura como "fría" y como "caliente", según la lógica difusa podemos asignar infinitos valores intermedios como "poco fría", "templada", "tibia", "algo caliente", etc. Este método permite dar valor numérico a variables cualitativas bajo ciertas reglas preestablecidas.

La lógica difusa es una extensión de la lógica Booleana desarrollada para el manejo del concepto de “verdades parciales” mediante el uso de expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas (Cuddy y Glover, 2003). Funciona como un sistema matemático que modela funciones no lineales a través de valores de entrada que luego serán usados para generar los valores de salida, de acuerdo a las sentencias usadas o planteamientos lógicos.

En el Figura 2.3 podemos observar una forma conveniente de conectar un espacio de entrada a un espacio de salida con lógica difusa. Por ejemplo: “En base al servicio recibido en un restaurante podemos saber cuánto debe ser la propina”. Para llevar a cabo esa conexión entrada-salida, se requiere que en el medio exista una caja negra que lleve a cabo este trabajo. Esa caja negra puede poseer cualquier proceso de acuerdo a las características señaladas,

tales como: un Sistema de Inferencia Difuso, un Sistema Lineal, un Sistema Experto, una Red Neuronal, un Conjunto de Ecuaciones Diferenciales, etc.

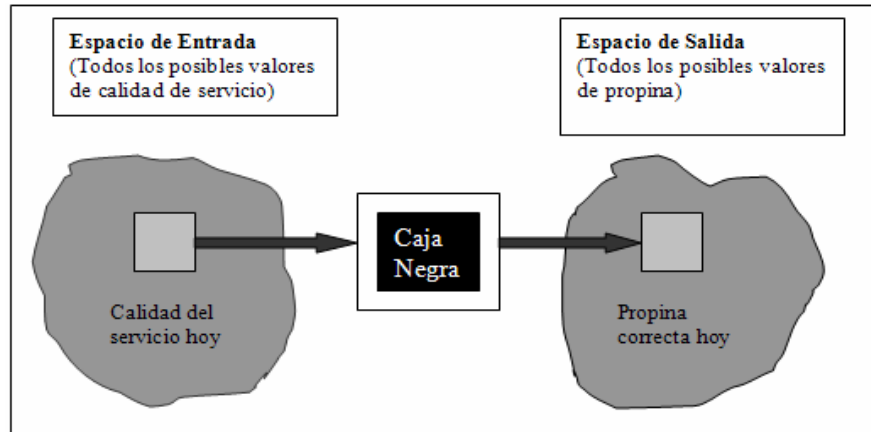


Figura 2.3. Ejemplo de una Conexión Entrada-Salida.(Martinez C. 2007,p.21)

Existen varias maneras de construir una caja negra siendo la lógica difusa una opción válida. Lofti A. Zadeh (1997), dice: “En la mayoría de los casos se puede construir el mismo producto sin lógica difusa, pero con lógica difusa resulta más rápido y menos costoso”.

### 2.6.2. Fundamentos de la lógica difusa.

En la siguiente sección se hace una breve descripción de lo que son los conjuntos difusos y sus propiedades, las funciones de pertenencia y sus tipos, y finalmente, algunos aspectos sobre los operadores lógicos difusos.

### 2.6.2.1. Conjuntos difusos.

Un conjunto difuso es definido por una función de pertenencia que asocia a cada objeto del universo  $X$  un valor en el intervalo  $[0,1]$ . Si  $x$  es un objeto en el universo  $X$  y  $y=C(x)$  es el valor asociado a  $x$ , se dice que  $y$  es el grado de pertenencia del objeto  $x$  al conjunto difuso  $C$ .

Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto borroso sobre un universo. El universo se muestra en la Figura 2.4.

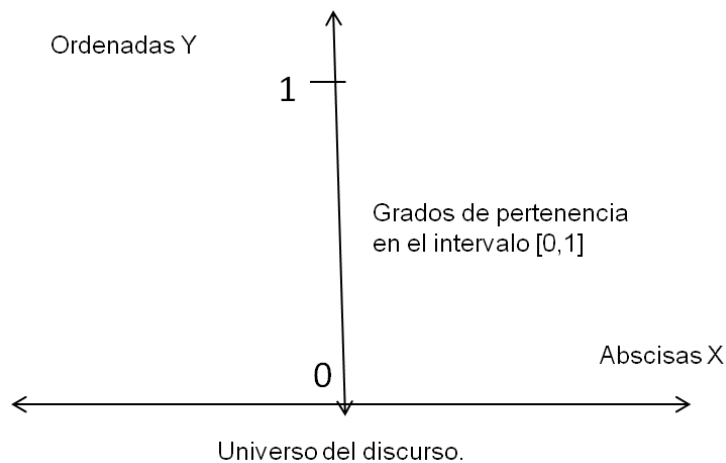


Figura 2.4. Universo del discurso. Elaboración propia.

Un conjunto difuso es una clase de objetos con grados de pertenencias continuos. Por lo tanto es un conjunto caracterizado por su función de pertenencia la cual asigna a cada objeto un grado de pertenencia en el rango cero y uno (Zadeh, 1997).

Un término difuso puede ser interpretado como un subconjunto difuso sobre la recta real siempre que éste sea un subconjunto normalizado; es decir, que por lo menos uno de sus valores tenga pertenencia total al subconjunto.

Un conjunto difuso se caracteriza por una función  $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$  tal que  $\mu_A(x)$  se interpreta como el grado de pertenencia a A de cada  $x \in X$ .

Normalmente se escribe  $A(x)$  en lugar de  $\mu_A(x)$  o lo que es lo mismo  $A = \{ A(x)/x, x \in X \}$ . Los valores de pertenencia varían entre 0 (no pertenece en absoluto) y 1 (pertenencia total). Los conjuntos clásicos son un caso particular de conjunto difuso con función de pertenencia (función característica) con valores en  $\{0,1\}$ .

Si  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  es un conjunto finito y A es un subconjunto difuso de X, a veces se usa la notación  $A = \mu_1/x_1 + \dots + \mu_n/x_n$ .

Estos conjuntos tienen como característica el estar definidos en todo el intervalo real, pero están confinados a valores de resultados entre cero y uno  $[0,1]$ , pudiendo así tomar los puntos intermedios e incluso los valores de los extremos. La definición de estos conjuntos no es más que una ampliación de los conjuntos clásicos. En la Figura 2.5 se muestra la diferencia entre un conjunto de valores clásico y uno difuso.

Dependiendo del caso que se está estudiando, los conjuntos difusos pueden o no alcanzar un valor máximo igual a la unidad.



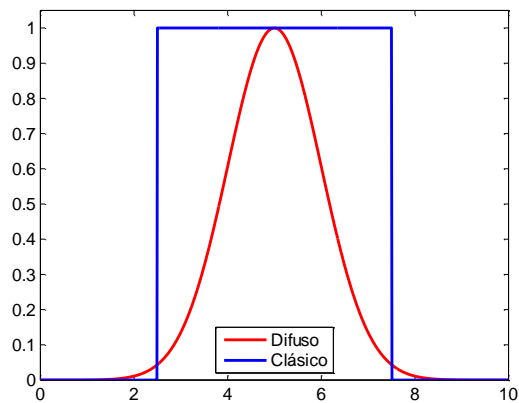


Figura 2.5. Ejemplo gráfico de diferencia entre conjuntos clásicos y difusos.

En la Figura 2.5 las funciones pueden representar características físicas de algún proceso, como temperatura o presión.

#### 2.6.2.2. Características de un conjunto difuso.

Altura de un Conjunto Difuso (height): El mayor valor de su función de pertenencia:  $\sup\{A(x) \mid x \in X\}$ .

- Conjunto Difuso Normalizado (normal): Aquel para el que existe un elemento que pertenece al conjunto difuso totalmente, es decir, con grado 1. Dicho de otro modo  $\text{Altura}(A) = 1$ .
- Soporte de un Conjunto Difuso (support): Elementos de  $X$  que pertenecen a  $A$  con grado mayor a 0:  $\text{Soporte}(A) = \{x \in X \mid A(x) > 0\}$ .

- Núcleo de un Conjunto Difuso (core): Elementos de  $X$  que pertenecen al conjunto con grado 1:  $\text{Núcleo}(A) = \{x \in X \mid A(x) = 1\}$ . Lógicamente,  $\text{Núcleo}(A) \subseteq \text{Soporte}(A)$ .
- $\alpha$ -Corte: Valores de  $X$  con grado de pertenencia mínimo igual a  $\alpha$ :  
 $A_\alpha = \{ \mathbf{x} \in \mathbf{X} \mid \alpha \leq \mathbf{A}(\mathbf{x}) \}$ .
- Conjunto Difuso Convexo o Cóncavo: Aquel cuya función de pertenencia cumple
  - **Convexo:**  $A(\lambda \mathbf{x}_1 + (1-\lambda)\mathbf{x}_2) \geq \min\{A(\mathbf{x}_1), A(\mathbf{x}_2)\}$ .
  - **Cóncavo:**  $A(\lambda \mathbf{x}_1 + (1-\lambda)\mathbf{x}_2) \leq \max\{A(\mathbf{x}_1), A(\mathbf{x}_2)\}$
  - **Para cualesquiera  $\mathbf{x}_1$  y  $\mathbf{x}_2$  de  $\mathbf{X}$  y  $\lambda \in [0,1]$ .**

### 2.6.2.3. Tipos de funciones de pertenencia.

Las funciones de pertenencia definen a los conjuntos difusos. Estos van a determinar el valor que debe tomar la variable evaluada dentro de cada conjunto, las variables son evaluadas dentro del dominio de entrada obteniendo un resultado numérico y estos valores se conocen como grados de pertenencia.

Aunque en principio cualquier función sería válida para definir conjuntos difusos, en la práctica hay ciertas funciones típicas que siempre se suelen usar, tanto por la facilidad de computación que su uso conlleva como por su

estructura lógica para definir su valor lingüístico asociado. Las funciones más comunes son:

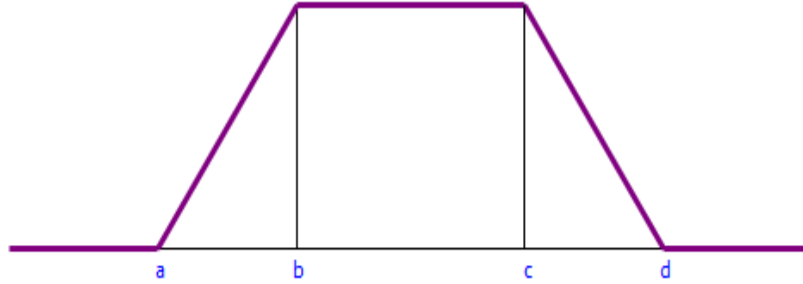


Figura 2.6. Función Trapezoidal. Elaboración propia.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (2.7)$$

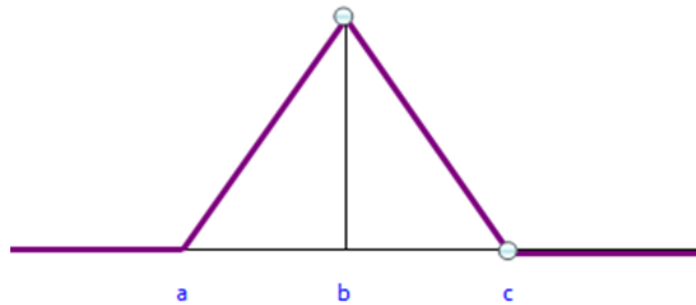


Figura 2.7. Función triangular. Elaboración propia.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2.8)$$

Los conjuntos pueden venir representados por funciones continuas o por funciones a trozos sin perder la continuidad dentro de todo el dominio. En la Figura 2.8 se pueden apreciar ejemplos de funciones continuas y a trozos. En la Figura 2.8 (a) se tiene una campana de Gauss, que se emplea cuando se quiere que la variación frente a un punto central donde se tiene la certeza de querer obtener el máximo valor sea suave a medida que el valor de la variable se aleja por encima o por debajo de ese punto. Por otra parte en la Figura 2.8 (b) se tiene la función campana, aunque con características similares a las de la función de Gauss, la misma permite tener un rango de entrada que conlleve a un valor máximo de salida. En la Figura 2.8 (c) se tiene la función Sigmoidal, la cual permite variaciones suaves a lo largo del rango y que a partir de un cierto valor, la función siempre tenga como salida el máximo grado de pertenencia. Finalmente en la Figura 2.8 (d) se tiene la función trapezoidal. La función trapezoidal tiene características particulares, la misma puede convertirse en otros tipos de funciones según le sean definidos sus parámetros; debido a que se trata de una función a trozos, la misma es caracterizada mediante cuatro puntos. Si los puntos del extremo izquierdo se definen iguales y los puntos del extremo derecho también se definen iguales pero diferentes a los izquierdos, se tiene un conjunto clásico. Por otro lado, si los puntos centrales son definidos iguales, se tiene una función triangular. Otra característica particular de esta función es que puede transformarse en la función Singleton asignando el mismo valor a los cuatro puntos, la misma define un conjunto similar al clásico pero con la particularidad de que todos los valores de entrada tienen un grado de pertenencia cero a excepción del valor de entrada donde se define el Singleton.

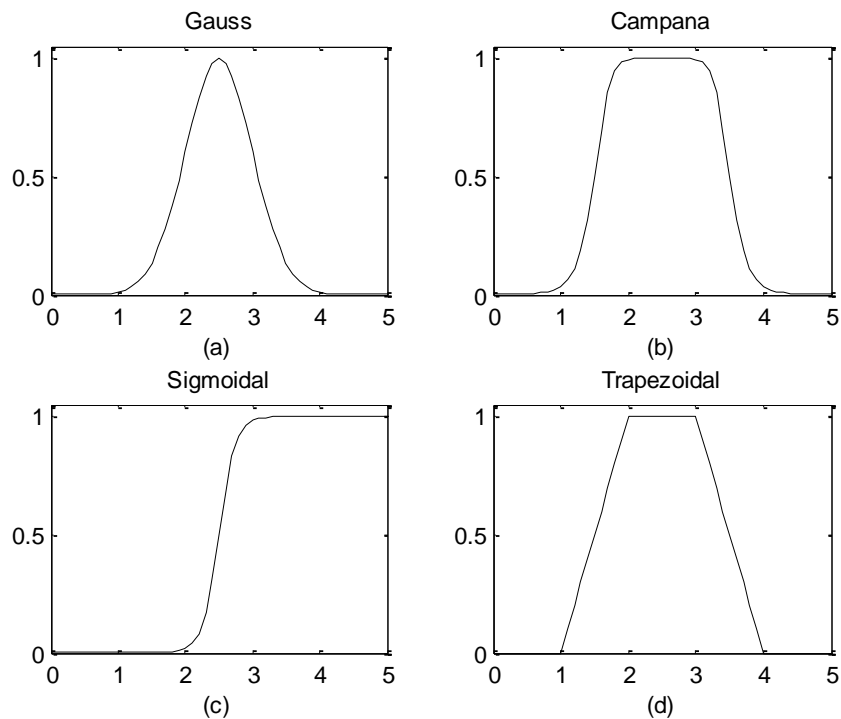


Figura 2.8. Funciones de pertenencia. (a) es una curva de Gauss. (b) es una campana. (c) es una curva sigmoidal y (d) es una curva trapezoidal.

#### 2.6.2.4. Variables lingüísticas.

Las funciones de pertenencia antes mencionadas, vienen a cumplir un rol importante en la lógica difusa al representar variables lingüísticas. Estas variables van a caracterizar un evento que ayuda a discriminar los distintos casos que se pueden suscitar dentro del evento. Se pone como ejemplo un calentador de agua, el mismo puede alcanzar temperaturas desde la temperatura ambiente hasta los 100 grados Centígrados, pero determinar cuando el agua está fría o está caliente es todo un problema. Por lo que se asigna un nombre a cada caso, que en esta oportunidad son las funciones de

pertenencia, se pueden definir entonces tres estados de la temperatura del agua: fría, tibia y caliente. Para tener una visión general de esta definición y poder entenderlo mejor, se presenta a continuación la Figura 2.9 que muestra esta discriminación difusa de la temperatura.

Estas funciones, cada una con su propia etiqueta, definen un grado de pertenencia dentro de lo que se considera uno de los posibles casos que pueda tener el conjunto difuso. Esto va a arrojar un valor de que tanto se puede considerar el estado del agua, ya que en este caso para que el agua sea totalmente fría debe estar a menos de cuarenta grados y para que esté totalmente caliente debe estar a más de 70 grados.

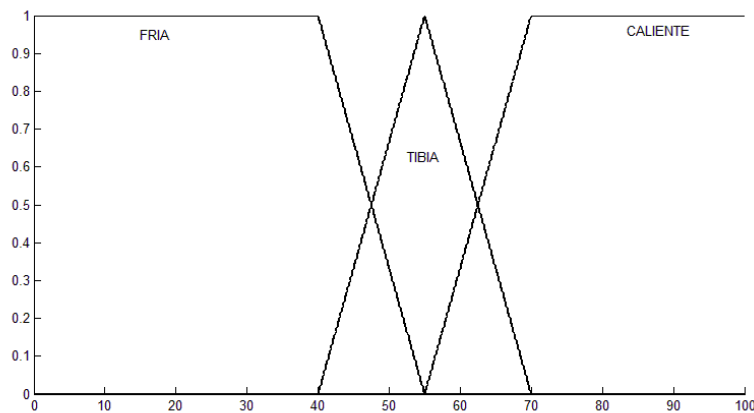


Figura 2.9. Ejemplo de variables lingüísticas. Elaboración propia.

#### 2.6.2.5. Operadores lógicos difusos.

En lógica difusa los operadores son identificados como difusos y su correspondencia con los operadores clásicos de la lógica booleana (unión,

intersección y negación), son la función mínimo para la intersección, función máximo para la unión y función complemento para la negación (ver Figura 2.10)

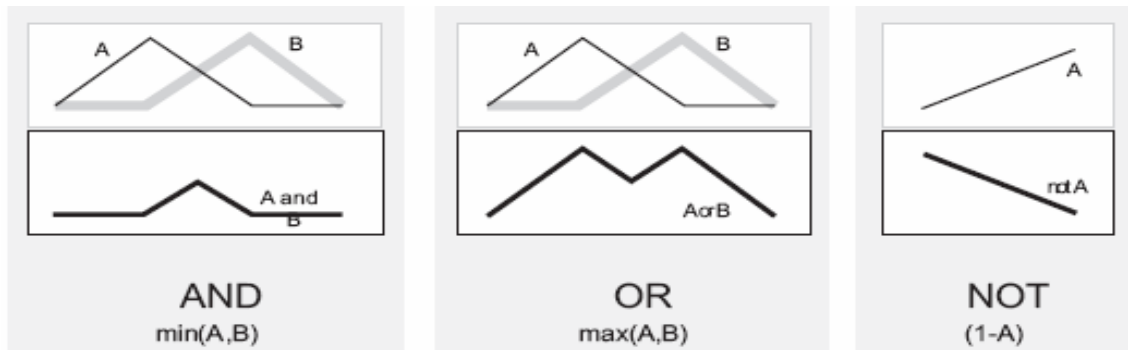


Figura 2.10. Representación de los Operadores Lógicos Difusos. (Martínez C. 2007, p.24)

#### 2.6.2.6. Reglas difusas.

Los conjuntos difusos y los operadores difusos forman el sujeto y verbo de la lógica difusa y la forma de interrelacionarlos, es a través de las reglas difusas. Las reglas difusas son la representación en lenguaje natural del conocimiento (empírico ó no) que se tiene acerca de un problema del mundo real.

Las reglas difusas combinan uno o más conjuntos difusos de entrada, llamados antecedentes o premisas, y las asocian a un conjunto difuso de salida llamado consecuente. Estas reglas son las que permiten expresar el conocimiento que se dispone sobre la relación entre antecedentes y consecuentes.

Los antecedentes vienen definidos por las funciones de pertenencia que caracterizan al evento que se supone la entrada de datos al sistema y las consecuencias son las funciones de pertenencia que se asocian a los posibles estados de la variable de salida.

- Estas reglas especifican el vínculo entre las variables de entrada y salida del sistema. Las relaciones difusas determinan el grado de presencia o ausencia de asociación o interacción entre los elementos de dos o más conjuntos.
- Una regla que se usa con frecuencia es “La regla *si-entonces* tipo Mandani, la cual asume la forma:
- Si  $X_1$  es  $A_1$  y  $X_2$  es  $A_2$  y... y  $X_k$  es  $A_k$ , entonces  $Y$  es  $B$ .

Donde  $A_1, A_2, \dots, A_k, B$  son valores lingüísticos definidos mediante conjuntos difusos para las variables lingüísticas en el universo del discurso  $X_1, X_2, \dots, X_k$  y  $Y$  respectivamente.

- La parte de la regla “ $X_i$  es  $A_i$ ” es llamada el antecedente o premisa y la parte “ $Y$  es  $B$ ” es llamada el consecuente o conclusión” (S. Medina, Hurtado pp.198).
- Algunos ejemplos de estas reglas que se pueden usar diariamente se muestran a continuación:  
Si está *oscuro* entonces maneja *despacio*.  
Si el tomate está *rojo* entonces está *maduro*.  
Si hace *calor* entonces *baja* la temperatura del aire acondicionado.  
Si la lavadora está a *media* carga entonces lava *poco* tiempo.



Las reglas son un paso necesario en la creación de los sistemas de inferencia difuso.

#### **2.6.2.7. Sistemas de inferencia difuso.**

La parte fundamental de la lógica difusa, la que define la base de conocimiento y la toma de decisiones es el sistema de inferencia difuso. En el mismo están contenidas todas las variables lingüísticas definidas por las funciones de pertenencia, las reglas que forman parte de la base de conocimiento y el mecanismo de razonamiento.

Es necesario aclarar que las entradas a este sistema pueden o no venir modificadas respecto a su valor original, es decir, que se le aplique alguna operación matemática para poder ser empleadas en el sistema de inferencia. Lo mismo ocurre con las salidas, donde las mismas pueden sufrir modificaciones que las hagan aceptables para procesos siguientes.

La inferencia difusa es el proceso de formulación del recorrido que se realiza desde una entrada dada hasta que se genera la salida usando para ello, lógica difusa. Es un método que interpreta los valores en el vector de entrada y basado en un conjunto de reglas, asigna valores al vector de salida. Esta formulación involucra: la escogencia de las funciones de pertenencia, la escogencia de los operadores lógicos difusos, el diseño de las reglas difusas, la elección del mecanismo de implicación y agregación de las reglas difusas (mecanismo de inferencia), y finalmente, la escogencia del método de defusificación para la obtención de la salida del sistema.

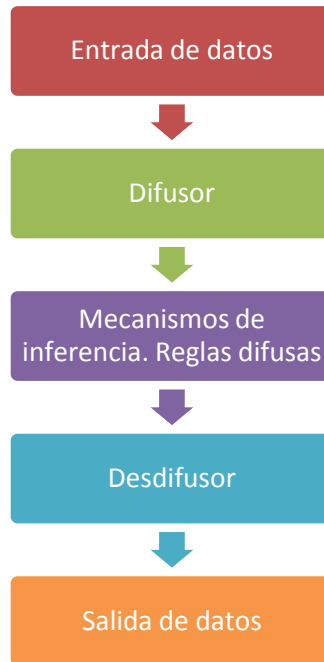


Figura 2.11. Esquema general de un sistema basado en lógica difusa (modificado de Pérez, 2005)

**Bloque difusor:** en este bloque a cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. Las entradas a este bloque son valores concretos de las variables de entrada y las salidas son grados de pertenencia a los conjuntos difusos considerados (González, 2006).

**Bloque de inferencia:** bloque que, mediante los mecanismos de inferencia, relaciona conjuntos difusos de entrada y de salida y que representa a las reglas que definen el sistema. Las entradas a este bloque son conjuntos difusos (grados de pertenencia) y las salidas son también conjuntos difusos, asociados a la variable de salida (González, 2006).

**Desdifusor:** bloque en el cual a partir del conjunto obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de desdifusión, se obtiene un valor concreto de la variable de salida. El bloque desdifusor realiza la función contraria al difusor. El difusor tiene como entradas valores concretos de las variables de entrada y como salidas grados de pertenencia a conjuntos difusos (entre 0 y 1). La entrada al bloque desdifusor es el conjunto difuso de salida, resultado del bloque de inferencia y la salida es un valor concreto de la variable de salida. Para obtener, a partir del conjunto difuso de salida (que resulta de la agregación de todas las reglas) un resultado escalar, se aplican métodos matemáticos (Pérez, 2005).

Algunos de estos métodos matemáticos son Método del Máximo, Método del Centroide, y Método de la Altura.

Por lo general, existen dos tipos de sistemas de inferencia difusos (FIS), estos son: FIS tipo Mamdani y FIS tipo Sugeno. Mamdani es un tipo de inferencia en el cual los conjuntos difusos de la consecuencia de cada regla son combinados a través del operador de agregación y el conjunto resultante es desfusificado para obtener la salida del sistema. Sugeno, por su lado, es un tipo de inferencia en el cual la consecuencia de cada regla es una combinación lineal de las variables de entrada y la salida es una combinación lineal ponderada de las consecuencias” (Martínez, Carlos 2007 p.26).

Para la elaboración de este trabajo de tesis, se tomó el sistema Mamdani.

El sistema Mamdani emplea la operación intersección en sus funciones de pertenencia evaluadas en los puntos de entrada. En el análisis de la intersección, se hace entonces uso del menor valor encontrado en cada regla

para poder pasar al lado de las consecuencias y determinar el resultado del sistema de inferencia con la unión de las funciones de pertenencia de las consecuencias. En la Figura 2.12 se muestra un ejemplo de un sistema de inferencia que consta de dos entradas y una salida.

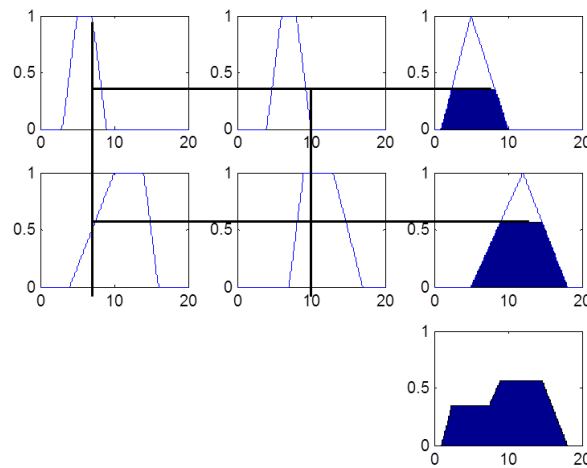


Figura 2.12. Inferencia tipo Mamdani.

Una vez determinada y unida el área bajo la curva de las consecuencias que nos arrojan las reglas del sistema de inferencia, se procede al cálculo de un valor de respuesta. Para ello se tienen varios procedimientos, el más comúnmente empleado es el método del centro de masa.

La defuzzificación entonces es el procedimiento mediante el cual, una vez obtenida el área bajo la curva de las consecuencias, se obtiene un valor numérico para la salida del sistema. La ecuación que rige el método se muestra en:

$$C = \frac{\int \mu_c(x) x dx}{\int \mu_c(x) dx} \quad (2.9)$$

Donde  $\mu_c$  es la curva de la unión de las funciones de pertenencia de las consecuencias de las reglas empleadas.

Existen otros métodos para la obtención de estas respuestas, entre ellos se encuentran:

- Bisección del área.
- La mitad del máximo.
- El menor del máximo.
- El mayor del máximo.

El método a emplear va a depender de los requerimientos de cada problema en particular y de cómo se defina y afina el mismo.

Ventajas del método Mamdani. Es un método más intuitivo para trabajar, se necesitan menos cantidad de variables para su definición, es uno de los métodos más difundidos en el análisis difuso.

### 2.6.3. Funcionamiento de un sistema de inferencia difuso.

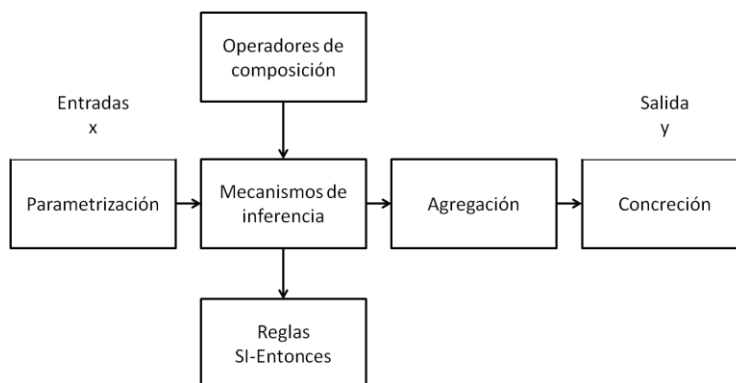


Figura 2.13. Sistema de inferencia difusa. Elaboración propia.

En los FIS se realizan cinco pasos hasta la obtención de la salida.

*Paso 1.* Fusificación de las variables de entrada. Consiste en tomar las entradas y determinar el grado con el cual ellas pertenecen a cada conjunto difuso a través de las funciones de pertenencia. La entrada al proceso de fusificación siempre es un valor numérico del mundo real o valor natural limitado al universo del discurso de la variable de entrada. La salida al proceso es un grado de pertenencia el intervalo  $[0,1]$ .

*Paso 2.* Aplicación de los operadores lógicos difusos. Una vez que las entradas han sido fusificadas ya es conocido el grado con el cual cada parte de los antecedentes se satisface para cada regla. Si el antecedente de una regla dada tiene más de una parte, entonces el operador difuso es aplicado para obtener un solo número que represente el resultado del antecedente.

*Paso 3.* Implicación de los antecedentes a la consecuencia. Esta se realiza para modificar el conjunto difuso de la salida en el grado especificado por el antecedente. La entrada al proceso de implicación es el número dado por el antecedente y la salida es un conjunto difuso truncado.

*Paso 4.* Agregación de las consecuencias de las reglas. La agregación es el proceso en el cual los conjuntos difusos que representan a la salida de cada regla son combinados en una sola área o conjunto. La entrada al proceso de agregación es una lista de conjuntos difusos truncados resultantes del proceso de implicación y la salida es un conjunto difuso por cada variable de salida. Debido a que este proceso es conmutativo el orden en el cual son ejecutadas las reglas no es importante.

*Paso 5. Desfusificación.* La entrada al proceso de desfusificación es un conjunto difuso (resultante del proceso de agregación) y la salida es un número natural. El método de desfusificación más popular, para el caso Mamdani, es el centroide, el cual retorna el centro de un área bajo la curva. Para el caso Sugeno, es el promedio de las ponderaciones.

## **2.7. Modelado Difuso Tradicional y su Enfoque Alternativo.**

Debido a la importancia de este apartado para esta investigación, cito en extenso:

“La aplicación de inferencia difusa tradicional se usa para modelar un sistema real en donde la estructura de reglas es esencialmente predeterminada por el conocimiento del usuario acerca de las características de las variables del modelo.

Una tarea importante en el diseño de sistemas de inferencia difusos es proveer una metodología para su desarrollo, es decir, la obtención sistemática de un modelo difuso a partir del conocimiento del sistema real que se quiere modelar. En el enfoque tradicional se hace mucho énfasis en el conocimiento de los expertos humanos, extrayendo de ellos las reglas difusas y las funciones de pertenencia necesarias. Este enfoque puede resumirse en los siguientes pasos:

- Selección de las variables de entrada y salida.
- Determinación de los universos de cada variable.

- Determinación de los conjuntos difusos en los que se descompone el universo de cada variable.
- Construcción del conjunto de reglas difusas que representan las relaciones entre las variables del sistema.
- Selección de un mecanismo de razonamiento difuso para la obtención de la salida del sistema.
- Modificación de los parámetros del sistema para aumentar la precisión del modelo.

Este enfoque tiene sus limitaciones evidentes ya que es necesario conocer casi todas las características o parámetros del sistema real que se desea modelar. Es por ello, que se ha incrementado el uso de los enfoques alternativos como los algoritmos de clasificación difusa y las técnicas adaptativas neuro-difusas, tendientes a la construcción automática de sistemas de inferencia difusos. En general, este modelado no conoce el funcionamiento interno del sistema real, y la información disponible es un conjunto de pares u observaciones de entrada-salida denominados conjuntos de entrenamiento, donde cada elemento de este conjunto es un patrón de entrenamiento.

Bajo este enfoque la construcción del sistema difuso se divide en dos etapas. En la primera etapa se determina su estructura, encontrando un conjunto de reglas y una partición del espacio de entrada que se adecue al sistema real. En la segunda etapa se identifican los parámetros (funciones de pertenencia y coeficientes lineales) que describen de forma más precisa el sistema modelado”, (Martínez, 2007 p.27).



## **2.8. Clasificación difusa.**

Se define como una técnica diseñada para alcanzar una determinada representación de un espacio vectorial de vectores de entrada. Esta técnica ha sido útil para determinar las reglas difusas que describen un sistema desconocido o caja negra.

Los algoritmos basados en clasificación difusa son ampliamente utilizados, no solamente para la construcción de los modelos difusos, sino también en aplicaciones de compresión, organización y clasificación de información. Estas técnicas pueden utilizarse también para la obtención de los parámetros iniciales de las reglas en sistemas de inferencia difusos (Bruno, 1999).

## **2.9. MATLAB.**

Tomando en cuenta la definición de César Pérez (2002 pp.2-10), podemos decir que MATLAB es una herramienta de computación técnica que facilita la elaboración de cálculos numéricos y simbólicos de forma rápida y precisa además de proporcionar gráficas avanzadas aptas para el trabajo científico y la ingeniería. Además este programa presenta un lenguaje de programación altamente avanzado basado en vectores y matrices.

Es importante resaltar, que MATLAB trabaja con otros campos importantes de la ciencia, entre ellos se tiene las Finanzas cuantitativas que son de especial interés para este estudio; éstas pueden utilizarse como un medio de

cálculo para el análisis de datos, para la valoración y análisis de opciones e instrumentos financieros, para la optimización de carteras y análisis de riesgos y para el desarrollo de modelos y su validación. Además permite diseñar sistemas dinámicos sencillos o complejos y realizar modelado y simulación mediante un lenguaje agradable basado en diagramas de bloque.

## **2.10. Términos bancarios básicos.**

En el siguiente apartado se presenta una serie de definiciones de términos bancario básicos, tales como banco, banca, colocación, etc. Luego se define el riesgo bancario y su clasificación, el significado de los estados financieros, los aspectos más resaltantes sobre los Acuerdos de Basilea I y II, y finalmente todo lo relacionado al funcionamiento de la metodología CAMEL.

### **2.10.1. Definición de Banco y Banca.**

Un banco es un tipo muy especial de empresa; su funcionamiento consiste en captar dinero del público, el cual conjuntamente con los recursos propios de la entidad (Capital, Patrimonio), es dado en préstamos a terceros, quienes pagan intereses por el uso del dinero. La banca es la conformación del conjunto de entidades o instituciones que, dentro de una economía determinada, prestan el servicio de banco.

### **2.10.2. Clases de Banco.**

Los bancos se clasifican según el origen de su Capital ó Patrimonio y según los tipos de operaciones que realizan:

#### **1. Según el origen del capital:**

1. Bancos públicos: el capital es aportado por el estado.
2. Bancos privados: el capital es aportado por accionistas particulares.
3. Bancos mixtos: el capital se forma con aportes privados y oficiales.

#### **2. Según el tipo de operación:**

2.1 Bancos especializados: tienen una finalidad crediticia específica.

2.2 Bancos centrales: son las casas bancarias de categoría superior que autorizan el funcionamiento de todas las entidades, las supervisan y controlan.

2.3 Bancos corrientes: son los más comunes con los que opera el público en general (Universal y Comercial).

2.3.1 Banca universal: Es una forma de organización del negocio bancario que se basa en la oferta de todos los productos, servicios y operaciones disponibles hacia todos los clientes potenciales y en todos los mercados de operación.

2.3.2 Banca comercial: Se denomina así a las instituciones de crédito autorizadas por el Gobierno Federal para captar recursos financieros del público y otorgar a su vez créditos.

### **2.10.3. Captación y colocación.**

Los bancos actúan como intermediarios, su negocio es comerciar dinero como si fuera cualquier otro tipo de bien o mercancía, en otras palabras, realizan captación y colocación.

La Captación significa captar o recolectar dinero de las personas. Este dinero dependiendo del tipo de cuenta que tenga un cliente (ahorros, corriente, plazo fijo, etc.) gana unos intereses (intereses de captación), por este tipo de actividad el banco paga a las personas el dinero generado por los intereses de captación.

La Colocación es lo contrario a la captación, es la puesta en circulación del dinero en la economía, es decir, los bancos toman los recursos que obtienen a través de la captación, y con estos otorgan créditos a las personas, empresas u organizaciones. Por este tipo de actividad, los bancos cobran un interés que se llama interés de colocación. En la mayoría de los países los intereses de colocación son más altos que los intereses de captación. Esta resta entre intereses es lo que se conoce como margen de intermediación, y los bancos obtienen más ganancias mientras más grande sea este margen (Pérez, 2001).

### **2.11. Riesgo bancario y su clasificación.**

El diccionario de la Real Academia Española define el riesgo como: “contingencia, probabilidad, o proximidad de un peligro o daño”. Así pues,

riesgo es la posibilidad de sufrir algún tipo de perjuicio, o de no tener éxito en alguna acción emprendida.

En términos generales puede definirse riesgo como la “exposición a un peligro”, pero específicamente desde el punto de vista bancario o de cualquier inversión, se entendería riesgo como la exposición a una pérdida.

El Riesgo Bancario se refiere a los distintos tipos de riesgos que enfrentan las instituciones bancarias cuando llevan a cabo sus actividades, las cuales varían dependiendo del tipo de negocios que desarrollan dichas instituciones. El Riesgo Bancario se puede clasificar en: Riesgo Financiero, Riesgo Estratégico, Riesgo de Negocios.

#### **2.11.1. Riesgo financiero.**

También conocido como riesgo de crédito o de insolvencia. Hace referencia a las incertidumbres en operaciones financieras derivadas de la volatilidad de los mercados financieros y de crédito. El riesgo se puede entender como la posibilidad de que los beneficios obtenidos sean menores a los esperados o de que no hay un retorno en absoluto. Por tanto, el riesgo financiero engloba la posibilidad de que ocurra cualquier evento que derive en consecuencias financieras negativas. Existen diferentes tipos, entre los cuales se encuentran:

#### **2.11.1.1. Riesgo de mercado.**

Es la pérdida potencial en valor de los activos financieros debido a movimientos adversos en los factores que determinan su precio, que son conocidos también como factores de riesgo. Este riesgo se divide en tres: riesgo de cambio, riesgo de interés, riesgo de mercado (en sentido estricto).

#### **2.11.1.2. Riesgo de crédito.**

Deriva de la posibilidad de que una de las partes de un contrato financiero no realice los pagos de acuerdo a lo estipulado en el contrato. Debido a no cumplir con las obligaciones, como no pagar o retrasarse en los pagos, las pérdidas que se pueden sufrir engloban pérdida de principales, pérdida de intereses, disminución del flujo de caja o derivado del aumento de gastos de recaudación.

#### **2.11.1.3. Riesgo de la liquidez.**

Posibilidad de que una sociedad no sea capaz de atender a sus compromisos de pago a corto plazo. Los problemas de liquidez pueden resolverse a través de la venta de inversiones o parte de la cartera de créditos para obtener efectivo rápidamente.

#### **2.11.1.4. Riesgo operacional.**

Derivado de la ejecución de las actividades propias de una empresa o de comercio. Incluye una amplia variedad de factores como los relativos al personal, riesgo de fraude o debidos al entorno, entre los cuales el riesgo país o soberano es uno de los más influyentes.

#### **2.12. Estados financieros.**

Una forma de estudiar el Riesgo Financiero es a través de los estados financieros, éstos son documentos prácticos, esencialmente numéricos que demuestran la situación financiera de una empresa (López, 2004).

El objetivo fundamental de un estado financiero es el de informar acerca de la situación financiera de una entidad para una fecha determinada como resultado de sus operaciones, además de los cambios en su situación patrimonial dentro de un periodo contable; de manera de facilitar la toma de decisiones económicas.

Entre los principales estados financieros se encuentran:

Balance de Publicación: también conocido como balance general o estado de situación financiera, el cual muestra como se encuentran los recursos totales de la empresa (activos), así como sus deudas (pasivos) y el Patrimonio ó Capital para una fecha determinada.

Estado de Resultados: este muestra los resultados obtenidos por la empresa en un periodo determinado, como consecuencia de sus operaciones (ingresos, egresos, gastos operativos, etc).

Este par de documentos son la fuente original de datos que permitieron la construcción de las Razones Financieras.

Uno de los instrumentos más usados para realizar los análisis financieros son las Razones Financieras. Estas pueden medir en alto grado la eficacia y comportamiento de la empresa, ya que, precisan el grado de liquidez, de rentabilidad, el apalancamiento financiero, cobertura y todo lo que tenga que ver con su actividad.

### **2.13. Organismos y Acuerdos Reguladores del Riesgo Bancario.**

El cierre de una institución bancaria no sólo afecta a los accionistas sino a todos aquellos que tienen recursos depositados en ella. De allí, que exista un marco regulatorio y unos organismos especializados en la supervisión de estas instituciones. En Venezuela, los entes encargados de la regulación y control son la SUDEBAN y el BCV.

Adicionalmente, existen acuerdos a nivel internacional que regulan las prácticas para una supervisión bancaria efectiva, conocidos como los Acuerdos de Basilea.



### **2.13.1. Acuerdo de Basilea I.**

En junio de 1997, fueron sometidos a consideración de los Ministros de Finanzas del G-7 y del G-10 un conjunto de principios básicos para la supervisión bancaria efectiva (Los Principios Básicos de Basilea), donde se destaca el requerimiento mínimo de capital, esperando que pudiera constituir un mecanismo útil en el fortalecimiento de la estabilidad financiera en todos los países, además de un compendio (a ser actualizado de manera periódica) de recomendaciones, guías y estándares ya existentes del comité de Basilea creado en 1974, estos en su mayoría son objeto de referencia en el documento de los principios básicos.

### **2.13.2. Acuerdo de Basilea II.**

El 29 de Abril del 2003, con el afán de implementar un sistema moderno de supervisión integral y preventiva, que respondiera a las exigencias que imponía el actual dinamismo de los negocios financieros, y como una forma de garantizar la transparencia en el desarrollo y funcionamiento del sector bancario, el Comité de Basilea, para la Supervisión Bancaria, decidió reforzar su acuerdo inicial de requerimiento de capital mínimo, con la introducción de dos nuevos pilares (disciplina de mercado y proceso de supervisión), de manera de volverlo más sensible al riesgo crediticio, y también asegurar un nuevo nivel de capital en los sistemas bancarios.

### **2.13.3. Importancia de los Acuerdos de Basilea.**

Los Acuerdos de Basilea han significado una forma de generar beneficios no sólo para las entidades directamente involucradas, sino también, para el sistema financiero. La sensibilidad del capital regulatorio a los riesgos económicos se vio claramente aumentado; las entidades mejoraron su conocimiento de los riesgos en los que están incurriendo y, en definitiva, se consiguió un sistema financiero más seguro, sólido y eficiente. El nuevo acuerdo de capitales no sólo repercutió en los niveles de capitalización exigibles a las entidades, sino que tuvo un impacto significativo en el modo en que los bancos operaban, gestionaban sus riesgos y asignaban sus recursos.

### **2.13.4. Superintendencia de Bancos y otras Instituciones Financieras (SUDEBAN).**

Es el ente de regulación del sector bancario bajo vigilancia y coordinación del Órgano Superior del Sistema Financiero Nacional. Es una institución autónoma con personalidad jurídica y patrimonio propio e independiente de los bienes de la República, y se regirá por las disposiciones que establezcan la Ley Orgánica del Sistema Financiero Nacional y la Ley de las Instituciones del Sector Bancario. Corresponde a esta Superintendencia autorizar, supervisar, inspeccionar, controlar y regular el ejercicio de la actividad que realizan las instituciones que conforman el sector bancario, así como, instruir la corrección de las fallas que se detecten en la ejecución de sus actividades y sancionar las conductas desviadas al marco legal vigente. Todo esto con el fin de garantizar y defender los derechos e intereses de los usuarios del sector bancario nacional y del público en general.

## 2.14. Metodología de CAMEL.

Un procedimiento de supervisión basado en el estudio y calificación de los indicadores financieros es conocido como CAMEL.

CAMEL proporciona un marco metodológico para evaluar cinco aspectos claves de la calidad financiera intrínseca en una entidad bancaria, como lo son: Adecuación del Capital, Calidad de los Activos, Gestión Administrativa, Ganancias y Liquidez (las siglas en inglés corresponden a: Capital, Asset Quality, Management, Earnings & Liquidity). Cada uno de los factores o componentes se califica sobre una escala de cinco (el mejor) a uno (el peor); incluyendo tanto factores cuantitativos como cualitativos. Esta metodología aporta un sistema de calificación de variables de corte microeconómico (Razones Financieras), que caracterizan la condición de las instituciones financieras en un momento dado y es una de las más recientes y mundialmente utilizadas en la actualidad (Buniak, 2002). Su estudio y aplicación son coherentes con temas involucrados dentro de las áreas de investigación económica, especialmente en economía financiera. La agrupación de las cinco variables definidas se convierte en un indicador integral para medir la vulnerabilidad de un banco. A continuación se justifica el por qué de la selección de estas variables:

**Capitalización (Capital Adequacy):** mide la fortaleza del capital en relación a los activos en riesgo, al volumen de activos morosos, niveles históricos de crecimiento, planes de expansión en activos fijos, etc. Básicamente, muestra la capacidad autónoma para enfrentar choques externos y soportar pérdidas futuras no anticipadas, sin que se vean afectados los depósitos del público.

Para medir la Suficiencia del Capital o Patrimonio (C), se utilizarán los dos indicadores financieros:

$$\mathbf{C1 = [Patrimonio + Gestión Operativa] / Activo Total}$$

Dada la igualdad de la ecuación activo= pasivo + patrimonio, este indicador da señales acerca del pasivo de la institución, por lo tanto mientras más se aproxima el numerador al denominador, menores niveles de pasivo mantiene el banco. Por lo tanto, mientras el coeficiente se aleja de cero (0), mayor solvencia tiene. El porcentaje mínimo a cumplir por los bancos y otras instituciones financieras es del 8% según lo establecido por la SUDEBAN en la Resolución N° 305.09 publicada en fecha 29 de julio de 2009.

$$\mathbf{C2 = Activo Improductivo / [Patrimonio + Gestión Operativa]}$$

Esta relación señala el grado en que el patrimonio más la gestión operativa del instituto está comprometido en el financiamiento de activos no generadores de ingresos por concepto de intereses y comisiones, o que estén fuera de la normativa legal.

**Calidad de los Activos ( Asset Quality):** mide los niveles de distribución y rigidez de los activos morosos y dudosos, la idoneidad de los fondos de provisiones y la capacidad de la gerencia en la administración y recuperación de activos en mora. También se considera el grado de concentración de riesgos y la fortaleza de los procedimientos de aprobación y administración de riesgos.

Para medir la Calidad de los Activos (A) se establecen los siguientes indicadores:

### **A1= Provisión para Cartera de Créditos / Cartera de Créditos Bruta**

Demuestra la suficiencia de apartado que con cargo a sus resultados, que ha creado el instituto para respaldar su cartera de créditos ante posibles contingencias que se puedan presentar. Un indicador alto expone que la institución puede enfrentar sus compromisos en caso que el prestatario no cumpla con el compromiso de repago del préstamo que se le otorgó. En caso de que el indicador este próximo a cero (0), la institución se encuentra en una situación alarmante, ya que ante posibles contingencias no tienen la provisión suficiente para hacer frente a los mismos.

### **A2= Cartera Inmovilizada Bruta / Cartera de Créditos Bruta**

Cuantifica el porcentaje de la cartera de crédito inmovilizada con relación a la cartera de créditos bruta. El índice refleja los créditos que pueden concluir en pérdidas por insolvencia del cliente, se le conoce como índice de morosidad.

### **A3= Activo Improductivo / Activo Total**

Este indicador mide la participación de los activos improductivos no generadores de ingresos recurrentes, o que están fuera de la normativa legal, respecto a la totalidad de activos de la institución financiera.

**Gestión Administrativa (Management):** la permanencia de las instituciones dentro del sector, sin duda alguna, depende en gran medida de la forma como éstas han sido dirigidas y de las políticas que se hayan implementado a través del tiempo. La administración se convierte en eje fundamental que, de llevarse a cabo correctamente, permite alcanzar mayores niveles de eficiencia, sostenibilidad y crecimiento.

Para medir la Gestión Administrativa (M) se establecen los siguientes indicadores:

**M1= [Gtos. de Personal + Gtos. Operativos] / Activo Productivo Promedio**

Este indicador, sirve para calibrar la eficiencia de la gerencia en el manejo de los gastos de personal y de funcionamiento de la institución, y su nivel de sintonía con los conceptos de economías de escala o de objetivos, lo cual se mide comparando sus gastos con el promedio del estrato de bancos en el cual se ubica, o con el promedio del mercado; considerándose la mayor eficiencia en la medida en que el coeficiente es menor o tiende a reducirse en el tiempo.

**M2= Otros Ingresos Operativos / Activo Promedio**

Este indicador muestra la relación existente entre el volumen de recursos obtenidos por la entidad en virtud de la prestación de servicios complementarios vinculados a las operaciones de intermediación, en relación al promedio que se cifró.

**M3= [Gtos. de Personal + Gtos. Operativos] / Ingresos Financieros**

Indicador de eficiencia que mide el gasto promedio que percibe el banco en su operación fundamental de intermediación en el crédito y la inversión. Mide la eficiencia y capacidad de la gerencia para generar ingresos financieros suficientes, que permitan cubrir adecuadamente los gastos de transformación, situación que dependerá de la capacidad generadora de ingresos de los activos, lo cual está en función de la cuantía de los Activos Rentables.

**Ganancias (Earnings):** objetivo final de cualquier institución financiera. Las utilidades reflejan la eficiencia de la misma y proporcionan recursos para aumentar el capital y así permitir el continuo crecimiento. Por el contrario, las pérdidas, ganancias insuficientes, o las ganancias excesivas generadas por una fuente inestable, constituyen una amenaza para la empresa.

Para medir la Rentabilidad (E) se establecen los siguientes indicadores:

**E1= Resultado Neto / Activo Promedio (ROA)**

Permite determinar la capacidad generadora de rentas del activo de la entidad, guardando su cuantía estrecha relación con la calidad o la capacidad de retorno de este último, en otras palabras, refleja la capacidad de las instituciones financieras de generar resultados operacionales con base a lo revelado en el balance general. Mientras en el coeficiente sea más alto muestra mayor capacidad en el balance del banco para generar resultados operacionales.

**E2= Resultado Neto / Patrimonio Promedio (ROE)**

Mide el rendimiento del patrimonio de la institución, una vez efectuadas las transferencias necesarias para apartados. Este indicador muestra la tasa de retorno de la inversión hecha por los socios e informa también sobre el comportamiento general del banco como actividad empresarial. Comparando con el de otras actividades similares del sistema bancario permite apreciar si está o no dentro de los rangos normales. Si este indicador se aleja de cero (0), implica que los recursos generados por el banco son altos, en relación al capital invertido en la institución.

**Liquidez (Liquidity):** mide la capacidad que tiene un banco, para responder con fondos propios a todas sus obligaciones de carácter contractual, especialmente sus compromisos de préstamos e inversiones, así como para enfrentar la demanda de retiros de sus depósitos y vencimientos de sus pasivos, todo esto, en el curso normal de sus operaciones y a un costo razonable.

Para medir la Liquidez (L) se establecen los siguientes indicadores:

### **L1= Disponibilidades / Captaciones del Público**

Este indicador mide la capacidad que tiene la institución financiera para responder de forma inmediata a retiros ocasionales del público. A los fines de realizar una evaluación objetiva de este indicador, es preciso clasificar las obligaciones contraídas con el público por concepto de captaciones, según sus plazos de vencimiento. Mientras mayor sea el indicador, el banco se encuentra mejor preparado para enfrentar retiros masivos.

### **L2= [Disponibilidades + Inv.Tít.Val.para Negociar y Disp.para la Venta] / Captaciones del Público.**

Este indicador mide la proporción del activo de la institución que tiene una capacidad de respuesta inmediata para convertirse en efectivo. En la medida que este indicador aumenta, la institución es más líquida, pero también menos intermediadora de recursos.

### **L3= Activos a Corto Plazo / Pasivos a Corto Plazo.**

Este indicador mide la capacidad del sistema bancario de cubrir sus pasivos a corto plazo con sus activos liquidables en el corto plazo, ante



eventuales retiros. Este índice indica el grado de liquidez de la institución, pero tomando en cuenta el factor tiempo en las cuentas de activos y pasivos, por lo tanto, el coeficiente muestra la liquidez temporal o la capacidad de pago de la institución. Cuando el indicador se aleja de cero (0) señala una mayor cantidad de activos a corto plazo en relación a los pasivos de corto plazo. De lo contrario, cuando este indicador se acerca a cero (0) indica que en caso de contingencia la institución podrá hacer frente a sus pasivos a corto plazo, liquidando sus activos a corto plazo. Cabe acotar que la categorización de corto plazo se le da a los activos y pasivos con una duración menor a los 90 días.

La necesidad de liquidez de los depositantes suele aumentarse en épocas anteriores a las crisis, desencadenando corridas bancarias que debilitan a la entidad, incluso hasta su quiebra.

La valoración individual de las variables CAMEL no debe implicar un análisis separado, pues el comportamiento de unas puede repercutir en otras. Esto se visualiza claramente en una situación donde, por ejemplo, una deficiente administración conlleva a una inadecuada composición de activos (préstamos riesgosos, concentración de préstamos, etc.), lo que a su vez erosiona el capital, perjudica la liquidez y termina traducéndose en menores ganancias, o pérdidas. Es por ello que CAMEL, constituye un elemento importante para la integración de las variables fundamentales que muestran la situación de un banco. SUDEBAN, como ente oficial para la regulación y supervisión, considera algunas de estas variables aunque su función se limita a la publicación de ciertos índices periódicamente (mensual), dejando de lado instrumentos de análisis como modelos econométricos que relacionan estas variables, o cualquier otro que permita mayor información a través del reconocimiento de patrones de comportamiento.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se despliegan los pasos seguidos de forma detallada para la elaboración del modelo de clasificación/predicción del riesgo financiero en la banca universal venezolana durante el periodo 2005-2013. En primer lugar, se realizó una escala de clasificación para el riesgo financiero y sus componentes en el sector bancario venezolano, basada en la metodología CAMEL, que sirvió para establecer los rangos del sistema de inferencia difuso. Para ello se construyó una base de datos compuesta por un conjunto de razones financieras que sirvieron como variables de entrada a los modelos difusos de calificación y finalmente se presentará el procedimiento utilizado para la predicción y clasificación del riesgo financiero.

#### **3.1. Pasos seguidos en la construcción de la base de datos de la Banca.**

En este apartado, se explicará lo relacionado al origen de los datos, su revisión, cálculo y selección de las razones financieras y de los bancos a estudiar y cómo fue tratada la data para el diseño del modelo.

### **3.1.1. Origen de los Datos.**

Todos los datos fueron obtenidos de forma electrónica, a través de la página oficial de la Superintendencia de Bancos (SUDEBAN), para el periodo 2005-2013.

Para la ejecución y desarrollo de la investigación se cuenta con los Balances Generales mensuales de cada una de las instituciones financieras del país publicados por la SUDEBAN (2005-2013), donde se detallan las cifras o componentes primarios de cierre al mes de: disponibilidades, inversiones en títulos valores, cartera de créditos, intereses y comisiones por cobrar, inversiones en empresas filiales, bienes de uso, captaciones del público, financiamientos obtenidos, intereses y comisiones por pagar, capital social, entre otros rubros y partidas que son de vital importancia para el cálculo de los indicadores financieros que permitirán realizar una evaluación financiera mensual de cada uno de los bancos que fueron tomados como muestra.

De igual manera se cuenta con los Estados de Ganancia y Pérdidas o Estados de Resultado de cada una de las instituciones del Sistema Bancario venezolano (2005-2013), donde se encuentra el detalle mensual de ingresos financieros ,gastos financieros, margen financiero bruto, ingreso por recuperaciones de activos financieros, margen operativo neto, ingresos y egresos extraordinarios, resultado neto del ejercicio, entre otros. Dichos datos servirán igualmente para el cálculo de los indicadores financieros que permitirán realizar una evaluación financiera mensual de cada uno de los bancos que fueron tomados como muestra.

Por otro lado, se cuenta con los boletines de prensa publicados por la SUDEBAN mensualmente, donde se encuentran los indicadores de calidad de

activos, gestión administrativa, patrimonio, rentabilidad y liquidez. Dichos indicadores son la base para la aplicación del Método CAMEL, que será la herramienta fundamental para realizar las mediciones de riesgo corporativo.

### 3.1.2. Bancos y razones financieras seleccionadas.

Se construyó la primera base de datos de la banca la cual estuvo conformada por 33 instituciones bancarias pertenecientes a la banca comercial y universal del sistema bancario venezolano en el año 2005. Las cuales se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Listado de las Instituciones bancarias universales y comerciales para el 2005.

| <b>BANCA UNIVERSAL</b>              | <b>BANCA COMERCIAL</b>                   |
|-------------------------------------|--|
| BANCO DE VENEZUELA, S.A.            | BANCORO, C.A.                            |
| BANESCO, C.A.                       | BANCO FEDERAL, C.A.                      |
| MERCANTIL, C.A.                     | BANCO GUAYANA, C.A.                      |
| PROVINCIAL, S.A.                    | BOLÍVAR BANCO, C.A.                      |
| BANCO OCCIDENTAL DE DESCUENTO, C.A. | BANCO PLAZA, C.A.                        |
| BANCO DEL CARIBE, C.A.              | BANCO CONFEDERADO, C.A.                  |
| BANCO EXTERIOR, C.A.                | BANVALOR BANCO COMERCIAL, C.A.           |
| CITIBANK, N.A.                      | ABN AMOR BANK, N.V. (SUCURSAL VENEZUELA) |
| FONDO COMÚN, C.A.                   | INVERUNIÓN, C.A.                         |
| VENEZOLANO DE CRÉDITO, S.A.         | STANFORD BANK, S.A.                      |
| BANCO CARONÍ                        | BANORTE, C.A.                            |
| CORP BANCA, C.A.                    | HELM BANK DE VENEZUELA, S.A.             |
| BANCO NACIONAL DE CRÉDITO, C.A.     |  |
| DEL SUR BANCO UNIVERSAL, C.A.       |  |
| BANCO CANARIAS, C.A.                |  |

Tabla 3.1. Listado de las Instituciones bancarias universales y comerciales para el 2005.

| <b>BANCA UNIVERSAL</b> | <b>BANCA COMERCIAL</b> |
|------------------------|------------------------|
| C.A. CENTRAL           |                        |
| BANCO SOFITASA, C.A.   |                        |
| PROVIVIENDA, C.A.      |                        |
| TOTALBANK, C.A.        |                        |
| BANFOANDES, C.A.       |                        |
| BANCO DEL TESORO, C.A. |                        |

**Fuente: SUDEBAN 2005 (Elaboración Propia)**

Siendo la población de interés únicamente la banca universal, determinada por los objetivos específicos de la presente investigación, se quiso tomar en este segmento del trabajo la banca comercial para hacer una comparación de la evolución entre la banca comercial y universal en el periodo en estudio lo cual es interesante. A su vez se estudiaron veintiocho (28) razones financieras utilizadas por la SUDEBAN, en sus informes trimestrales y balances de publicación, durante el periodo 2005-2013, se tomó esta periodicidad para esta investigación, ya que la información necesaria se encuentra de manera electrónica y de cómodo acceso en la página Web de la SUDEBAN, lo que facilita la revisión y el análisis de la misma, para la realización de este trabajo.

Haciendo un estudio de los boletines mensuales y trimestrales ofrecidos por la SUDEBAN, se realizó la siguiente tabla que refleja la evolución de la banca comercial y universal, en cuanto a su número de participación en la banca privada y pública.

Tabla 3.2. Cantidad de bancos universales y comerciales en el sistema bancario para el 2005-2013.

| <b>2005</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|
| Banco Universal | 19             | 2              | 21           |
| Banco Comercial | 12             | -              | 12           |

Tabla 3.2. Cantidad de bancos universales y comerciales en el sistema bancario para el 2005-2013.

| <b>2006</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|
| Banco Universal | 19             | 3              | 22           |
| Banco Comercial | 14             | -              | 14           |
| <b>2007</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 20             | 3              | 23           |
| Banco Comercial | 15             | -              | 15           |
| <b>2008</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 21             | 3              | 24           |
| Banco Comercial | 15             | -              | 15           |
| <b>2009</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 18             | 4              | 22           |
| Banco Comercial | 11             | -              | 11           |
| <b>2010</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 17             | 4              | 21           |
| Banco Comercial | 7              | -              | 7            |
| <b>2011</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 16             | 4              | 20           |
| Banco Comercial | 5              | -              | 5            |
| <b>2012</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 18             | 4              | 22           |
| Banco Comercial | 3              | -              | 3            |
| <b>2013</b>     | <b>Privada</b> | <b>Publica</b> | <b>Total</b> |
| Banco Universal | 20             | 4              | 24           |
| Banco Comercial | 1              | -              | 1            |

Podemos observar en la Tabla 3.2, como en el 2005 había 14 entidades bancarias comerciales y como en el 2013 sólo quedaba 1. Tal acontecimiento se debe a las consecuencias de procesos de estatización, fusión y liquidación que se dieron en este periodo. A continuación se presentará un cuadro resumen donde se podrá evidenciar los diferentes procesos a los cuales fueron sometidas las diferentes instituciones existentes presentadas en el 2005:

Tabla 3.3. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de liquidación, durante el periodo en estudio.

|   | <b>Nombre de la Institución</b>         | <b>Situación Legal</b>  | <b>Fecha de la Intervención</b> | <b>Según Gaceta</b>   |
|---|---|---|---------------------------------|---|
| 1 | <b>Banco Canarias</b>                   | Liquidado   | 20/11/2009                      | Gaceta Oficial Nro 39.316   |
| 2 | <b>Banco Provivienda (BanPro)</b>       | Liquidado   | 20/11/2009                      | Gaceta Oficial Nro 39.316   |
| 3 | <b>Inverunión Banca Comercial, C.A.</b> | Liquidado   | 18/01/2010                      | Gaceta Oficial Nro 39.397   |
| 4 | <b>Helm Bank de Venezuela</b>           | Intervenido por la SUDEBAN, según resolución mediante la que se interviene a puertas cerradas a este banco comercial de capital extranjero que operaba en el país desde 2003. El 25-11-2010, la SUDEBAN ordenó su liquidación por "carecer de recursos líquidos". | 20/08/2010                      | Gaceta Oficial Nro 39.491. Se ordena la liquidación publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.560 del jueves 25/11/2010 |
| 5 | <b>Banco Federal</b>                    | Intervenido por la SUDEBAN a puertas cerradas con cese de intermediación financiera. 01-12-2010. Liquidado por orden de la SUDEBAN  | 14/06/2010                      | Gaceta Oficial Nro 5.978. Se ordena la liquidación publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.564 del 01/12/2010         |

Tabla 3.3. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de liquidación, durante el periodo en estudio. (Continuación).

|   | Nombre de la Institución                        | Situación Legal  | Fecha de la Intervención | Según Gaceta  |
|---|---|--|--------------------------|---|
| 6 | <b>Bancoro, Banco Universal Regional</b>        | La SUDEBAN decidió intervenir con cese de intermediación financiera, a partir del cierre de operaciones 14-10-2011 | 14/10/2010               | Resolución Nro.521.10 publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.530 del 14/10/2010                |
| 7 | <b>ABN AMRO BANK, N.V (surcursal Venezuela)</b> | Liquidado  | 17/12/2010               | Resolución publicada en la Gaceta Oficial número 39.576                                     |
| 8 | <b>Banvalor Banco Comercial, C.A.</b>           | Liquidado  | 15/02/2011               | Resolución de la SUDEBAN No. 056-11, publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.616 del 15/02/2011 |

Tabla 3.4. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de fusión, durante el periodo en estudio.

| Instituciones Bancarias sometidas a procesos de fusión 2005-2013 |  |   |                          |                            |
|--|--|---|--------------------------|----------------------------|
|  | Nombre de la Institución               | Situación Legal                         | Fecha de la Intervención | Según Gaceta               |
| 1  | Stanford Bank, S.A.<br>Banco Comercial | Adquirido por Banco Nacional de Credito | 04/05/2009               | Gaceta Oficial Nro. 39.123 |



Tabla 3.4. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de fusión, durante el periodo en estudio. (Continuación).

|   | Nombre de la Institución         | Situación Legal                            | Fecha de la Intervención | Según Gaceta  |
|---|----------------------------------|--|--------------------------|---|
| 2 | Banco Confederado                | Fusionado en Bicentenario, Banco Universal | 20/11/2009               | Gaceta Oficial Nro. 39.316  |
| 3 | Bolívar Banco                    | Fusionado en Bicentenario, Banco Universal | 20/11/2009               | Gaceta Oficial Nro. 39.316  |
| 4 | C.A. Central Banco Universal     | Fusionado en Bicentenario, Banco Universal | 04/12/2009               | Gaceta Extraordinaria Nro.5956  |
| 5 | Banorte, Banco Comercial         | Fusionado en Bicentenario, Banco Universal | 11/12/2009               | Gaceta Extraordinaria Nro.5943  |
| 6 | Banfoandes Banco Universal, C.A. | Fusionado en Bicentenario, Banco Universal | 16/12/2009               | Gaceta Oficial Nro.39.329, Resolución 682.09 de la SUDEBAN                                    |
| 7 | TotalBank, C.A, Banco Universal  | Adquirido por Fondo Común                  | 09/04/2010               | Resolución publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.400  |
| 8 | Banco Guayana                    | Adquirido por Banco Caroní                 | 21/06/2012               | Previa autorización de la absorción del mismo por SUDEBAN otorgada el 15 de diciembre de 2011 |

Tabla 3.5. Listado de instituciones bancarias sometidas a procesos de estatización, durante el periodo en estudio.

| Instituciones Bancarias llevadas a la banca Pública durante 2005-2013 |                          |   |  |   |
|---|--------------------------|---|--|---|
|   | Nombre de la Institución | Situación Legal                             | Fecha de la Intervención   | Según Gaceta  |
| 1   | Banco de Venezuela       | Institución Bancaria comprada por el Estado | 02/07/2009 ( se convierte oficialmente en una institución bancaria del Estado) | Contrato firmado el 22 de mayo de 2009 entre el Gobierno Nacional y el Grupo Santander de España. |

Como se puede ver en las tablas anteriores, durante el período de estudio muchos bancos se fusionaron o dejaron de operar. Otros no reportaban cartera de créditos, indispensable para este estudio; algunos presentaban períodos incompletos; por lo cual se decidió utilizar aquellos bancos que reportaran todos sus datos, de manera de no tener distorsiones en la muestra.

Los Bancos Caroní y del Tesoro no se tomaron por haber sufrido procesos de fusión que podían alterar los resultados, y por último el Banco Plaza no se tomó por haber sufrido el cambio de comercial a universal.

Es por ello, que se creó, una nueva base de datos conformada por los siguientes bancos, considerando los diferentes estratos: *BANESCO, MERCANTIL, BANCO DE VENEZUELA, BANCO DEL CARIBE, CITY BANK, BANCO EXTERIOR, BANCO OCCIDENTAL DE DESCUENTO (BOD), BANCO PROVINCIAL, BANCO VENEZOLANO DE CREDITO , BANCO FONDO COMÚN, BANCO NACIONAL DE CRÉDITO, CORP BANCA, DEL SUR y SOFITASA. No obstante, el CORPBANCA no será utilizado para el modelo de predicción, ya que en noviembre de 2013 se fusionó con BOD.*

Se decidió tomar una muestra de bancos que han sido universales desde 2005-2013, de manera de que sea lo más homogénea posible, ya que a partir del 2010 según la Nueva Ley de Bancos todos los bancos comerciales pasan a ser universales, esa transición hace que los indicadores financieros de las instituciones que sufrieron el cambio se alteren y se distorsione el análisis comparativo entre las instituciones. Cabe acotar que esta muestra representa más del 60% de los depósitos del público y todos son pertenecientes al sector privado a excepción del Banco Venezuela que pasó a formar parte de la banca pública en el 2009, sin embargo este banco en particular resulta interesante para esta investigación, ya que es un banco que recibe muchos depósitos del público y su estudio puede aportar información útil en el análisis evolutivo de la economía en el periodo en consideración.

Después de esta revisión de la data y su mejoramiento en la consistencia, se seleccionaron trece (13) Razones Financieras que pudieran ser estimadas con la información disponible y que respondieran a los aspectos bancarios analizados por la metodología CAMEL, las cuales se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 3.6. Razones Financieras Seleccionadas.

|   |    |   |
|---|----|---|
| C | C1 | $[\text{Patrimonio} + \text{Gestión Operativa}] / \text{Activo Total}$        |
|   | C2 | $\text{Activo Improductivo} / [\text{Patrimonio} + \text{Gestión Operativa}]$ |
| A | A1 | $\text{Provisión para Cartera de Crédito} / \text{Cartera de Crédito Bruta}$  |
|   | A2 | $\text{Cartera Inmobiliaria Bruta} / \text{Cartera de Crédito Bruta}$         |
|   | A3 | $\text{Activo Improductivo} / \text{Activo Total}$                            |

Tabla 3.6. Razones Financieras Seleccionadas. (Continuación).

|   |    |   |
|---|----|---|
| M | M1 | $\{\text{Gast. De Personal} + \text{Gast. Operativo}\} / \text{Activo Productivo Promedio}$ |
|   | M2 | Otros Ingresos Operativos / Activo Promedio   |
|   | M3 | $\{\text{Gast. De Personal} + \text{Gast. Operativo}\} / \text{Ingreso Financiero}$         |
| E | E1 | Resultado Neto / Activo Promedio  |
|   | E2 | Resultado Neto / Patrimonio Promedio  |
| L | L1 | Disponibilidades / Captaciones del Público  |
|   | L2 | $[\text{Disponibilidades} + \text{Inv. Tít. Valor}] / \text{Captaciones del Público}$       |
|   | L3 | Activos a Corto Plazo / Pasivos a Corto Plazo   |

### 3.2. Construcción de un Sistema de calificación Basado en CAMEL.

#### 3.2.1. Tratamiento de la tabla.

Para la elaboración de la tabla de rangos de calificación se hizo un estudio de la data 2005/2013 proporcionada por la SUDEBAN, donde se programó un algoritmo para calcular los promedios y desviaciones estándar de cada uno de los indicadores del método CAMEL seleccionados para ser analizados en esta investigación. Luego se procedió a graficar los promedios mensuales para todo el periodo y así conocer la tendencia, de manera de poder estimar los límites que se van a utilizar para la calificación CAMEL (Ver Anexo#1). Esto va a dar paso a las reglas de calificación difusa.

A continuación se muestra el pseudocódigo programado:

1. Lectura de los nombres de los bancos para el primer indicador, correspondiente al primer año.
2. Se filtran los nombres de los bancos para obtener los valores de los indicadores de interés.
3. Se calcula el promedio para este indicador por mes, durante ese año con su desviación estándar.
4. Se almacenan estos valores.
5. Se continúa con el indicador siguiente del mismo mes y del mismo año hasta el indicador número 13.
6. Al concluir los indicadores del mes en curso se procede a buscar la data en los meses siguientes y repetir los pasos del 2 al 5.
7. Se grafican los promedios mensuales de cada uno de los indicadores para todo el periodo estudiado.
8. Tomando en cuenta el promedio se determinan los valores extremos (valor mínimo y máximo) de cada uno de los indicadores del método CAMEL seleccionados. Quedando la siguiente tabla:

Tabla 3.7. Indicadores de evaluación de la actividad financiera bancaria.

| INDICADOR |    |  | CUALIDAD        |                        |                            |                         |                 |
|-----------|----|--|-----------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|
|           |    |  | MUY BAJO        | BAJO                   | MEDIO                      | ALTO                    | MUY ALTO        |
| C         | C1 | [Patrimonio + Gestión Operativa] / Activo Total                    | $C1 > 14$       | $12 < C1 \leq 14$      | $10 < C1 \leq 12$          | $10 \leq C1 < 8$        | $C1 \leq 8$     |
|           | C2 | Activo Improductivo / [Patrimonio + Gestión Operativa]             | $C2 < 225$      | $225 \leq C2 < 260$    | $260 \leq C2 \leq 330$     | $330 < C2 \leq 365$     | $C2 > 365$      |
| A         | A1 | Provisión para Cartera de Crédito / Cartera de Crédito Bruta       | $A1 > 5$        | $3,46 < A1 \leq 5$     | $1,96 < A1 < 3,46$         | $1,21 < A1 \leq 1,96$   | $A1 \leq 1,21$  |
|           | A2 | Cartera Inmobiliaria Bruta / Cartera de Crédito Bruta              | $A2 < 0,5$      | $0,5 \leq A2 \leq 0,8$ | $0,8 < A2 \leq 1,8$        | $1,8 < A2 < 5$          | $A2 \geq 5$     |
|           | A3 | Activo Improductivo / Activo Total                                 | $A3 \leq 15,67$ | $15,67 < A3 < 21,67$   | $21,67 \leq A3 \leq 33,67$ | $33,67 \leq A3 < 39,67$ | $A3 \geq 39,67$ |
| M         | M1 | {Gast. De Personal + Gast. Operativo} / Activo Productivo Promedio | $M1 \leq 3,5$   | $3,5 < M1 \leq 5$      | $5 < M1 < 11$              | $11 \leq M1 < 12,5$     | $M1 \geq 12,5$  |
|           | M2 | Otros Ingresos Operativos / Activo Promedio                        | $M2 \leq 0,73$  | $0,73 < M2 \leq 2,23$  | $2,23 < M2 \leq 5,23$      | $5,23 < M2 \leq 10,23$  | $M2 > 10,23$    |
|           | M3 | {Gast. De Personal + Gast. Operativo} / Ingreso Financiero         | $M3 \leq 15$    | $15 < M3 \leq 30$      | $30 < M3 \leq 60$          | $60 < M3 < 75$          | $M3 \geq 75$    |
| E         | E1 | Resultado Neto / Activo Promedio                                   | $E1 > 6$        | $4,5 \leq E1 \leq 6$   | $1,5 \leq E1 < 4,5$        | $0 < E1 < 1,5$          | $E1 \leq 0$     |
|           | E2 | Resultado Neto / Patrimonio Promedio                               | $E2 \geq 65$    | $65 < E2 \leq 55$      | $15 \leq E2 < 55$          | $15 \leq E2 \leq 5$     | $E2 < 5$        |

Tabla 3.7. Indicadores de evaluación de la actividad financiera bancaria. (Continuación).

| INDICADOR |    |  | CUALIDAD     |                            |                            |                            |                 |
|-----------|----|--|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
|           |    |  | MUY BAJO     | BAJO                       | MEDIO                      | ALTO                       | MUY ALTO        |
| L         | L1 | Disponibilidades / Captaciones del Público                     | $L1 \geq 40$ | $33,89 < L1 < 40$          | $21,89 \leq L1 \leq 33,89$ | $15,89 < L1 < 21,89$       | $L1 \leq 15,89$ |
|           | L2 | [Disponibilidades + Inv. Tít. Valor] / Captaciones del Público | $L2 > 60$    | $46,32 \leq L2 \leq 60$    | $26,32 \leq L2 < 46,32$    | $16,32 \leq L2 \leq 26,32$ | $L2 < 16,32$    |
|           | L3 | Activos a Corto Plazo / Pasivos a Corto Plazo                  | $L3 > 46,16$ | $41,16 \leq L3 \leq 46,16$ | $22,16 \leq L3 < 41,16$    | $17,16 \leq L3 < 22,16$    | $L3 < 1$        |

Una vez que se obtiene la Tabla 3.7, ésta será utilizada para establecer los rangos de las funciones de pertenencia del sistema de inferencia difuso.

### 3.3. Construcción del modelo de predicción / clasificación del riesgo financiero.

La elaboración del modelo de clasificación/predicción del riesgo financiero en el sector bancario venezolano (banca universal); consta de dos fases. La primera es la parte predictiva, para lo cual se tuvo que realizar un tratamiento distinto a los datos; que consistió en clasificar la data por banco de forma individual y graficar el comportamiento de cada uno de los indicadores para cada banco, durante el periodo 2005-2013. Debido a que los datos presentaron grandes oscilaciones (Ver Anexo#2), se decidió aplicar un filtro con la intención de conocer la tendencia global del periodo. Para esto se diseñó un filtro pasa bajos con la Teoría Butterworth con frecuencia de corte 0,1; es decir,

que toma el 10% de las mediciones con un polinomio de grado (tres), cuyo objetivo es obtener una curva de tendencia más suave y más adecuada para ser utilizada en la predicción. Una vez, que se tiene esta línea de tendencia, se procede a aplicar la regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios, obteniendo así los resultados de la predicción. (Ver Anexo #2).

La segunda parte del modelo, consiste en la clasificación difusa del riesgo financiero, este módulo está estructurado a su vez en cinco submodelos evaluativos difusos, donde cada uno hace referencia a la valoración de cada uno de los criterios del modelo CAMEL, de forma individual, para luego hacer una evaluación integral que permita clasificar cada entidad bancaria en estudio según su grado de pertenencia en riesgo financiero (Muy Alto, Alto, Regular, Bajo y Muy Bajo) y a su vez clasificar la entidad bancaria en ( AAA, AA+, AA, A y B), siendo ésta la salida definitiva del modelo y utilizando como variables de entrada los datos reales y los resultados obtenidos del modelo predictivo. Cabe acotar que el modelo difuso, está conformado por una serie de elementos tales como las funciones de pertenencias, cuyos rangos están basados en la Tabla 3.7, referente a la calificación propuesta apoyada en el método CAMEL, dichas funciones de pertenencia se pueden ver a continuación:



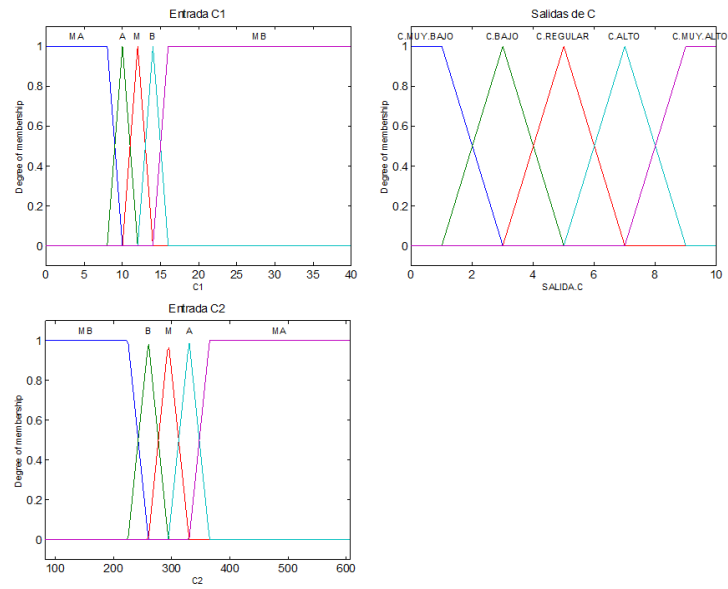


Figura 3.1. Funciones de pertenencia de C.

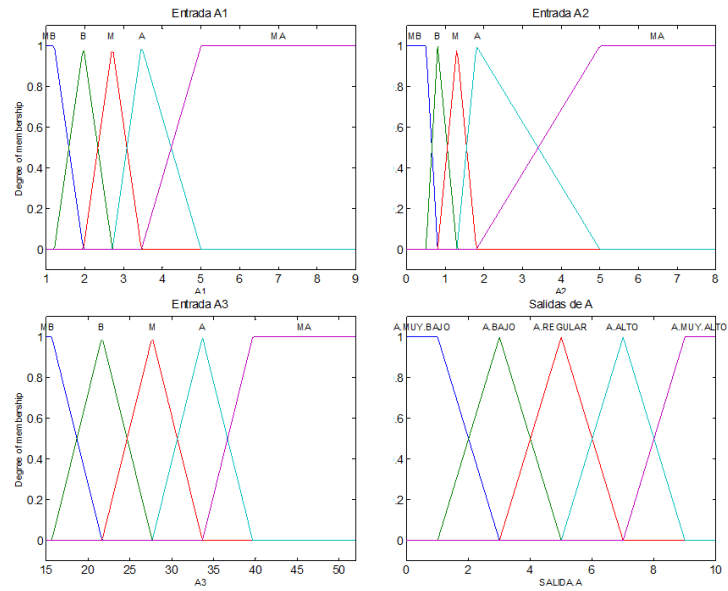


Figura 3.2. Funciones de pertenencia de A.

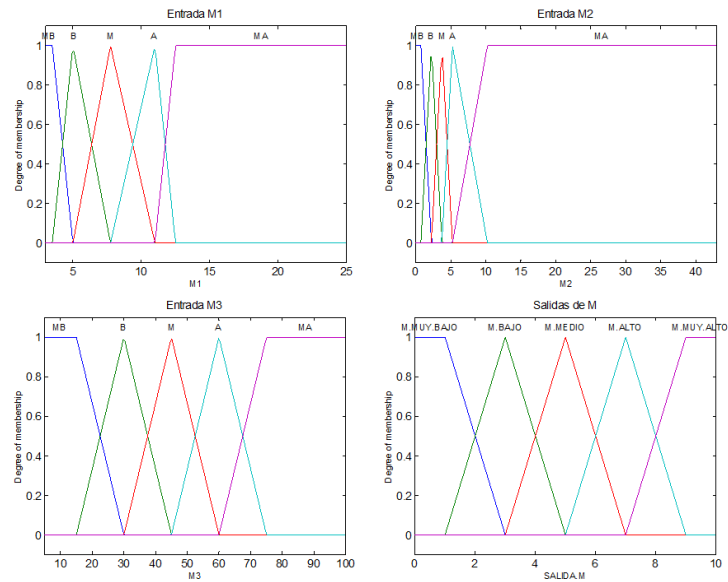


Figura 3.3. Funciones de pertenencia de M.

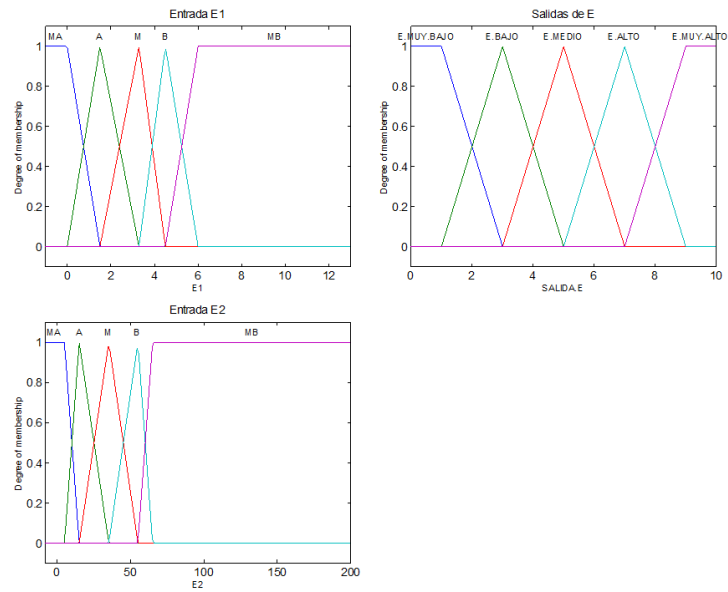


Figura 3.4. Funciones de pertenencia de E.

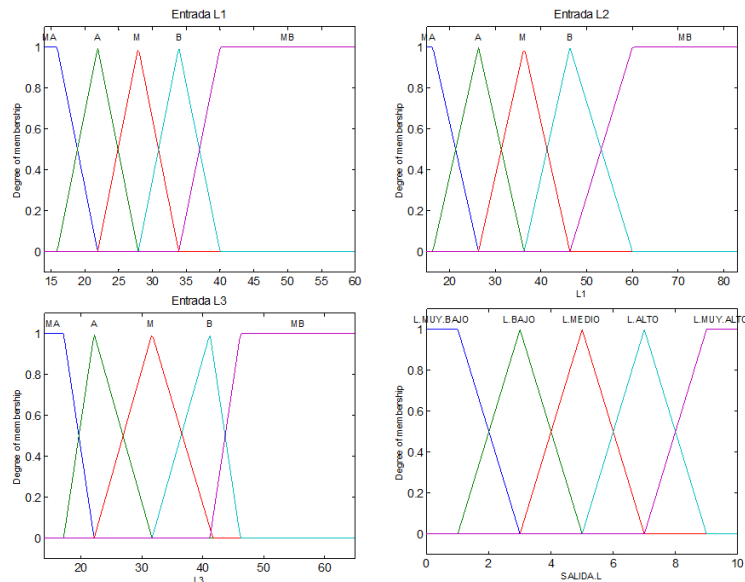


Figura 3.5. Funciones de pertenencia de L.

Además se establecieron una serie de reglas difusas por cada uno de los submodelos, cimentada en la misma Tabla 3.7, para lo cual se generaron dos escenarios de resultados, uno realizado con criterios subjetivos (criterios de expertos en forma amplia, ver anexo #3) y el otro se hizo con criterios objetivos, haciendo uso de la matriz de Ciliberti (explicada en el marco teórico pp.19-21 Ver Anexo #4), la cual fue adaptada para esta investigación.

Se tomó la estructura de la primera parte del método que contempla la matriz del riesgo del proceso y matriz del riesgo de seguridad y salud industrial para crear las reglas del sistema de inferencia difuso, tomando en cuenta que éstas no pueden cambiarse, ya que son la definición de la metodología.

En el caso de la metodología de Ciliberti se pueden observar 8 posibles escenarios, no obstante para esta investigación se utilizaron 5 escenarios que corresponden con las cinco funciones de pertenencia de las consecuencias de los sistemas de inferencia (expuestas anteriormente), quedando el escenario

central en la diagonal principal de la matriz final. En el caso, en que las funciones de pertenencia de las consecuencias no logren abarcar la extensión de la matriz, se repite el último escenario hasta completar los lugares restantes. Esto se puede ver a continuación:

|           |       |         |      |          |
|-----------|-------|---------|------|----------|
| muy bueno | bueno | regular | mala | muy mala |
|-----------|-------|---------|------|----------|

Tabla 3.8. Matriz de Ciliberti para C.

|    |    | C2        |           |           |          |          |
|----|----|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |    | MB        | B         | M         | A        | MA       |
| C1 | MA | regular   | mala      | muy mala  | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno     | regular   | mala      | muy mala | muy mala |
|    | M  | muy bueno | bueno     | regular   | mala     | muy mala |
|    | B  | muy bueno | muy bueno | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno | muy bueno | muy bueno | bueno    | regular  |

Este procedimiento se siguió con los demás indicadores, donde se tienen dos variables de entrada, obteniendo 25 reglas difusas para el submodelo C y E, respectivamente. En los casos donde se tienen tres variables de entrada, el procedimiento consiste en realizar todas las combinaciones posibles de las mismas, por lo que se emplea este procedimiento haciendo la acotación de que una de las entradas, en este caso la tercera entrada se mantiene fija y se realiza la combinación de las reglas. Un ejemplo de ello es la Tabla 3.9, donde el mismo procedimiento se siguió con M y L, obteniendo por cada submodelo 125 reglas difusas.

Tabla 3.9. Matriz de Ciliberti para A.

|    |    | A3=regular |           |         |          |          |
|----|----|------------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | A2         |           |         |          |          |
|    |    | MB         | B         | M       | A        | MA       |
| A1 | MA | regular    | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno      | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno      | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno  | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno  | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |

|    |    | A3=mala   |           |         |          |          |
|----|----|-----------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | A2        |           |         |          |          |
|    |    | MB        | B         | M       | A        | MA       |
| A1 | MA | regular   | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno     | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno     | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |

|    |    | A3=muy mala |           |           |          |          |
|----|----|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |    | A2          |           |           |          |          |
|    |    | MB          | B         | M         | A        | MA       |
| A1 | MA | regular     | mala      | muy mala  | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno       | regular   | mala      | muy mala | muy mala |
|    | M  | muy bueno   | bueno     | regular   | mala     | muy mala |
|    | B  | muy bueno   | muy bueno | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno   | muy bueno | muy bueno | bueno    | regular  |
|    |    | A3=bueno    |           |           |          |          |
|    |    | A2          |           |           |          |          |
|    |    | MB          | B         | M         | A        | MA       |
| A1 | MA | regular     | mala      | mala      | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno       | regular   | mala      | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno       | bueno     | regular   | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno   | bueno     | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno   | muy bueno | bueno     | bueno    | regular  |

Tabla 3.9. Matriz de Ciliberti para A. (continuación).

|    |    | A3=muy bueno |           |           |          |          |
|----|----|--------------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |    | A2           |           |           |          |          |
|    |    | MB           | B         | M         | A        | MA       |
| A1 | MA | regular      | mala      | muy mala  | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno        | regular   | mala      | muy mala | muy mala |
|    | M  | muy bueno    | bueno     | regular   | mala     | muy mala |
|    | B  | muy bueno    | muy bueno | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno    | muy bueno | muy bueno | bueno    | regular  |

Es importante destacar, que para la realización de este modelo se hizo uso de diversos Toolboxes de MATLAB, entre ellos “Statistics Toolbox” el cual fue utilizado para el análisis de los datos históricos y creación de algoritmos estadísticos, “Curve Fitting Toolbox”, el cual permitió mediante líneas de código realizar ajustes de curvas, visualizando y preprocesando los datos y utilizando diversidad de modelos de ajustes, quedando seleccionado el método de la regresión lineal, que fue el que mejor se adaptó a este estudio.

Por otra parte, también se utilizó “Fuzzy Logic Toolbox”, que es una herramienta interactiva para el desarrollo de algoritmos de lógica difusa aplicable al reconocimiento e identificación de imágenes con patrones difusos.

MATLAB trabaja con comandos para realizar las operaciones estándar con polinomios, tales como búsqueda de raíces, evaluación, diferenciación, interpolación y ajuste. Los comandos más utilizados para la elaboración de este modelo fueron:

$p = \text{polyfit}(x,y,n) \rightarrow$  Polinomio de grado  $n$  que ajusta a los puntos  $(x,y)$

$y = \text{polyval}(p, x) \longrightarrow$  Evalúa el polinomio  $p$  en  $x$ .

Los comandos escritos anteriormente fueron los que se utilizaron para realizar el modelo predictivo.

Para el modelo de clasificación difusa se hizo uso de los siguientes comandos:

Evalfis ([ a b c], Q), siendo a, b y c = {C1,C2,A1,A2,A3,M1,M2,M3,E1,E2,L1,L2,L3} y Q= {C,A,M,E,L}, según corresponda.

### **3.3.1. Pasos seguidos para la construcción del modelo predictivo.**

Los pasos seguidos para la elaboración del modelo predictivo son los siguientes:

1. Se recopiló toda la data de cada indicador para cada banco.
2. Se graficaron todos los indicadores de cada banco en el periodo seleccionado.
3. Se filtró la data a través de un filtro pasa bajos, con la finalidad de obtener una tendencia en el período de tiempo estudiado, de cada banco y por cada uno de los indicadores.
4. Mediante una regresión lineal se obtuvo el polinomio característico de la tendencia.

Una vez obtenido el polinomio característico, se efectúa la predicción de los 12 meses siguientes.

### **3.3.2. Pasos seguidos para la construcción del modelo de clasificación.**

Los pasos seguidos para la elaboración del modelo de clasificación difuso son los siguientes:

1. Se seleccionó un indicador. Se tomaron todos los valores de ese indicador para todos los bancos de la muestra en todo el periodo.
2. Se graficó el promedio simple mensual de cada indicador a lo largo de todo el periodo.
3. Se determinó el promedio simple global para definir el rango de las funciones de pertenencia.
4. Se realizó la permuta de las reglas, para cada uno de los submodelos.
5. Los conectores de las reglas son la función “OR” (máximo); debido a que éste realiza las estimaciones redondeando por encima, ya que si se hace con la función “AND” (mínimo); del lado de las consecuencias siempre va a tender al mismo valor.
6. La salida del sistema difuso va de una escala del 0 al 10, definiendo los valores cercanos a 10 como riesgo muy alto y los valores cercanos a 0 como riesgo muy bajo.



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se describen y analizan los resultados obtenidos con las técnicas empleadas para la construcción del modelo predictivo y la de los modelos difusos de calificación. De acuerdo a la metodología propuesta en el capítulo anterior, se irán desarrollando cada uno de los pasos que componen el algoritmo general, tomando una muestra piloto para la validación del modelo y combinando el ajuste gráfico, el ajuste analítico (método de mínimos cuadrados, promedio aritmético, filtro pasa bajos) y el ajuste mecánico (utilizando el programa MATLAB), de manera de obtener los resultados más cercanos a la realidad posible y con el mínimo.

#### **4.1. Muestra seleccionada para realizar el análisis de los resultados.**

Para la validación del modelo de predicción y del modelo de calificación difuso, se decidió tomar una muestra que cumpliera con los siguientes criterios:

1. Que las tendencias temporales fuesen coherentes con las tendencias del sector.
2. Un  $R^2 \geq 0,5$ .
3. Comparar el umbral (rango medio) con el promedio del sector.

Interpretando de manera mixta lo concerniente a las interpretaciones subjetivas y objetivas. En la bondad del ajuste lineal se fue estricto. En el

comportamiento de las tendencias se observó un recorrido en zig-zag de los datos reales en todas las gráficas de los indicadores, tanto del sector como individualmente (Ver Anexos 1 y 2), presentándose en la mayoría de las mismas, formas de camino en “N”, recorridos en un mismo sentido o en sentido contrario, tomando en cuenta la significación semántica de los indicadores financieros.

Finalmente, se tomó el promedio del sector por cada indicador como referencia para compararlo con el último dato real de la serie cronológica; con la finalidad de tener una valoración sobre la tendencia a crecer o decrecer de la serie.

Una vez aplicados los criterios se clasificaron los bancos universales; tal como aparece en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Clasificación de la muestra de bancos para la validación del modelo. Elaboración propia.

| <b>B<br/>I</b> | <b>MERCA<br/>NTIL</b> | <b>SOFIT<br/>ASA</b> | <b>PROVI<br/>NCIAL</b> | <b>VENEZ<br/>UELA</b> | <b>BANCA<br/>RIBE</b> | <b>BANE<br/>SCO</b> | <b>DEL<br/>SUR</b> | <b>BFC</b> | <b>EXTE<br/>RIOR</b> | <b>VDC</b> | <b>CITIB<br/>ANK</b> | <b>BOD</b> | <b>BNC</b> |
|----------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|------------|
| C1             | X                     | X                    | X                      | —                     | X                     | X                   | —                  | —          | X                    | X          | —                    | X          | —          |
| C2             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | —                    | X          | X          |
| A1             | X                     | X                    | X                      | X                     | —                     | X                   | X                  | X          | —                    | —          | X                    | —          | —          |
| A2             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | X                    | X          | —          |
| A3             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | —                    | —          | —                    | —          | X          |
| M1             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | —          | X                    | X          | X          |
| M2             | X                     | X                    | —                      | X                     | X                     | —                   | —                  | X          | —                    | X          | —                    | —          | —          |
| M3             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | X                    | X          | X          |
| E1             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | X                    | —          | —          |
| E2             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | —                    | —          | —          |
| L1             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | —          | X                    | X          | X                    | —          | X          |

Tabla 4.1. Clasificación de la muestra de bancos para la validación del modelo. Elaboración propia. (Continuación).

| <b>B<br/>I</b> | <b>MERCA<br/>NTIL</b> | <b>SOFIT<br/>ASA</b> | <b>PROVI<br/>NCIAL</b> | <b>VENEZ<br/>UELA</b> | <b>BANCA<br/>RIBE</b> | <b>BANE<br/>SCO</b> | <b>DEL<br/>SUR</b> | <b>BFC</b> | <b>EXTE<br/>RIOR</b> | <b>VDC</b> | <b>CITIB<br/>ANK</b> | <b>BOD</b> | <b>BNC</b> |
|----------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|------------|
| L2             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | —          | X                    | X          | X                    | X          | —          |
| L3             | X                     | X                    | X                      | X                     | X                     | X                   | X                  | X          | X                    | X          | X                    | X          | X          |
| CL             | 1°                    | 1°                   | 2°                     | 2°                    | 2°                    | 2°                  | 3°                 | 4°         | 4°                   | 4°         | 5°                   | 6°         | 7°         |

Las “X” significan que el indicador del banco cumple con todos los criterios, mientras que “—” significa que el banco no cumple con los requerimientos mínimos del indicador. La clasificación que se encuentra en la última fila es la sumatoria de las “X”, donde cada “X” representa un 7,7% , debido a este factor se decidió elegir para la muestra aquellos bancos que tuvieran la mayor cantidad de indicadores que cumplieran con todos los criterios. Quedando seleccionados los siguientes bancos: MERCANTIL, SOFITASA, PROVINCIAL, VENEZUELA, BANCARIBE, BANESCO, DEL SUR y BNC, siendo este último utilizado como referencia del escenario menos deseado, para hacer las comparaciones y análisis.

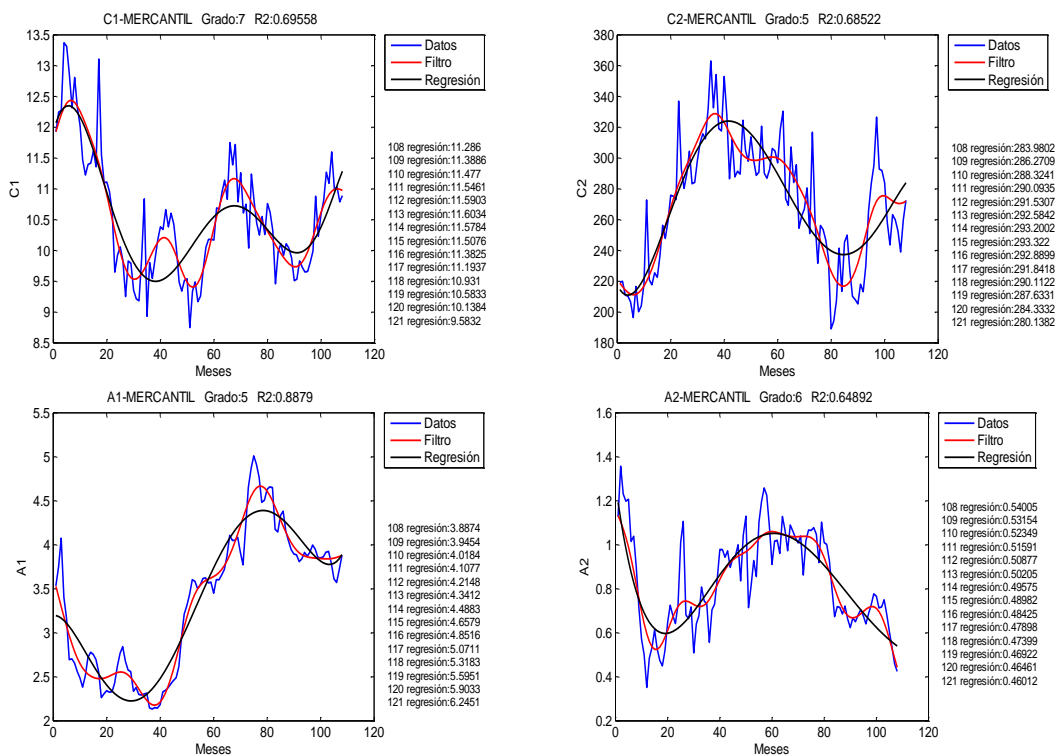
#### 4.2. Resultados del modelo de predicción.

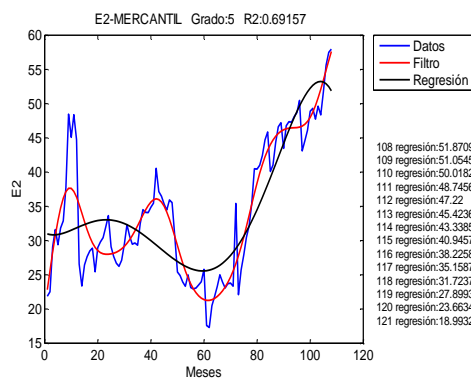
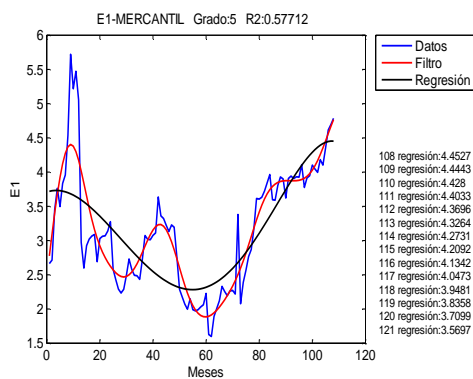
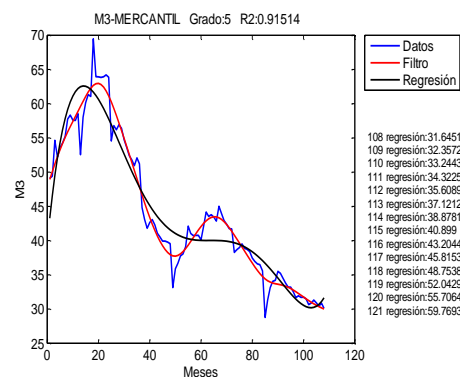
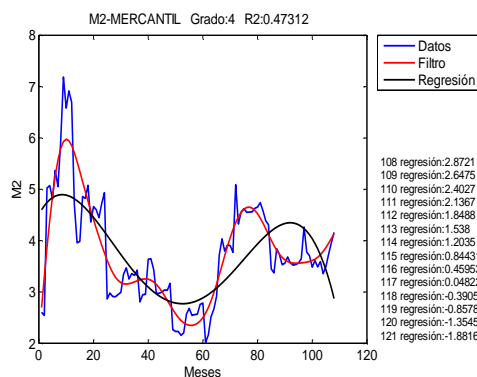
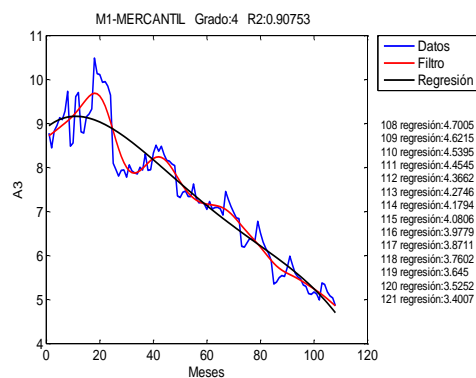
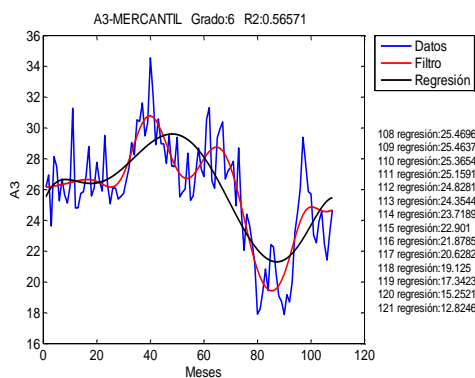
Para este modelo, se realizaron varios escenarios, variando el grado del polinomio (4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15), generando así 12 gráficas por indicador para cada banco; de manera de poder ver gráficamente cual se ajustaba más a la tendencia de los datos reales. Esto con la finalidad de obtener resultados válidos para el sistema bancario venezolano.

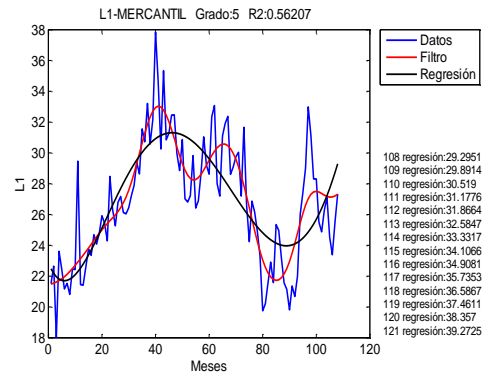
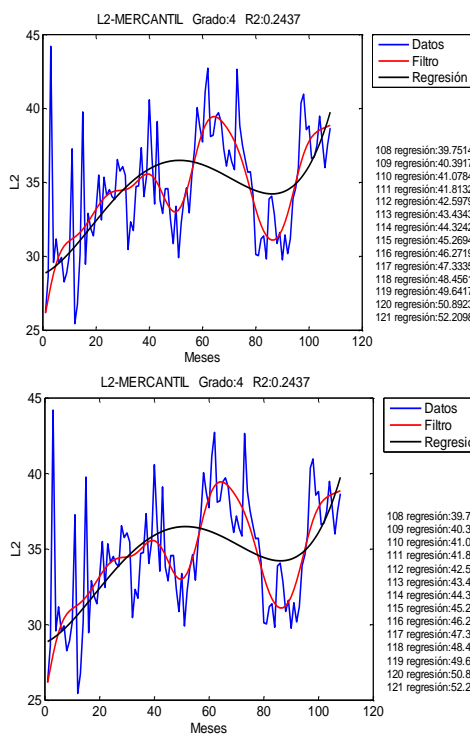
A continuación se presentan como ejemplo las gráficas elegidas por indicador, correspondiente a un solo banco “MERCANTIL”, (Ver en el anexo#2

los 7 bancos seleccionados restantes), donde se puede observar que en el eje de las abscisas se encuentra la variable independiente tiempo (meses) y en el eje de las ordenadas la variable dependiente, el valor del indicador. La línea azul representa los datos reales suministrados por la SUDEBAN para ese indicador, la línea roja simboliza la aplicación del filtro pasa bajos de manera de obtener una curva suavizada de la data en estudio y finalmente se puede ver una curva negra que representa la aplicación de una regresión con mínimos cuadrados ordinarios, la cual ayudó a obtener los resultados que se ven a la derecha de la gráfica, donde los números del 108-121, representan las predicciones de ese indicador desde diciembre de 2013 hasta diciembre de 2014, respectivamente.

De esta manera se obtiene los valores de entrada para el modelo de clasificación difuso,







### 4.3. Resultados del Modelo de Clasificación Difuso.

Para la validación de este modelo se decidió trabajar sólo con los datos de Diciembre 2013 hasta Junio 2014, ya que la idea era comparar el error entre los datos reales proporcionados por la SUDEBAN y las predicciones arrojadas por el modelo, es importante recordar que estos datos son los valores de entrada para el modelo de clasificación difuso. Donde el modelo evalúa cada submodelo C, A, M, E, L para los datos reales y los de la predicción, en una escala del 0 al 10. Si la calificación final de cada uno de los submodelos es cercana a cero (0) se puede decir que el banco para ese indicador tiene bajo riesgo, si por el contrario la calificación es cercana a diez (10) el riesgo asociado es muy alto.

La calificación integral de estos 5 submodelos, consiste en la sumatoria de cada uno de los resultados de los submodelos C,A,M,E,L obteniendo así un resultado global, el cual será la salida definitiva, que implica la clasificación de la entidad bancaria en (AAA, AA+, AA, A, B); cuya clasificación se explica en la Tabla 4.2:

Tabla 4.2. Clasificación de una Entidad Bancaria, según su riesgo financiero. Elaboración propia.

| ESCENARIO #1           |           | ESCENARIO #2           |           |
|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| TOTAL SUMA DE PUNTAJES | CATEGORIA | TOTAL SUMA DE PUNTAJES | CATEGORIA |
| MENOR O IGUAL A 15     | AAA       | MENOR O IGUAL A 15     | AAA       |
| 15< VALOR<=21          | AA+       | 15< VALOR<=24          | AA+       |
| 21<VALOR<=25           | AA        | 24<VALOR<27            | AA        |
| 25<VALOR<=28           | A         | 27<=VALOR<=30          | A         |
| VALOR>28               | B         | VALOR>30               | B         |

Tomando la significancia de la clasificación que adoptó, (Rivas, Marior 2012 en su Proyecto de Investigación “Análisis del riesgo de la banca pública y privada venezolana en pro del ahorrista y sus ingresos no consumidos 2009-2011, p.32):

**AAA:** los bancos que se clasifican en esta categoría se caracterizan por ser saludables en todos los aspectos, por no tener áreas específicas de preocupación; por tener problemas de naturaleza menor que pueden ser resueltos dentro de la misma entidad; y por ser entidades capaces de soportar los efectos derivados de acontecimientos externos, tanto económicos como financieros.

**AA-PLUS:** las instituciones ubicadas en esta categoría se caracterizan por ser fundamentalmente sanas; por tener problemas críticos de naturaleza

menor; y por ser bancos estables capaces de resistir fluctuaciones en la actividad económica.

**AA:** En esta categoría las instituciones se caracterizan por tener problemas financieros, operacionales o de cumplimiento de las normas, en una modalidad que varía de moderado a insatisfactorio; presenta vulnerabilidad a los cambios adversos en el entorno económico, si no se toman acciones correctivas podrían tener un deterioro acelerado, y precisan atención en seguimiento y más inspección para corregir las distorsiones observadas.

**A:** Estas instituciones presentan un gran número de problemas financieros, y tienen prácticas de procedimientos imprudentes y poco seguras. Las situaciones que no sean corregidas pueden desembocar en inestabilidad y crisis de mediano plazo. Precisan de supervisión y vigilancias estrictas, y de un plan concreto para corregir las deficiencias.

**B:** Las instituciones que se ubiquen en esta categoría presentan una crisis inminente y la gravedad de sus deficiencias es tal que precisan de ayuda financiera por parte de los accionistas u otras fuentes. Si no se emprenden acciones correctivas se requeriría la liquidación, fusión o reestructuración de la institución.



#### 4.3.1. Resultados del Modelo de Clasificación Difusa (Escenario #1)

Tabla 4.3.Resultados del Escenario #1. Elaboración propia.

| VENEZUELA     |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| meses'        | 108   | 109   | 110   | 111   | 112   | 113   | 114   |
| predicción    | 25,99 | 26,70 | 27,45 | 26,86 | 26,85 | 27,04 | 26,31 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   |
| real          | 27,39 | 27,10 | 26,41 | 26,04 | 28,35 | 28,35 | 26,55 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'B'   | 'A'   |
| diferencia    | -1,41 | -0,40 | 1,04  | 0,82  | -1,50 | -1,31 | -0,23 |
| MERCANTIL     |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 26,11 | 25,27 | 25,62 | 25,26 | 25,00 | 25,07 | 25,79 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'AA'  | 'A'   | 'A'   |
| real          | 25,00 | 26,90 | 26,79 | 29,17 | 27,75 | 26,07 | 26,16 |
| clasificación | 'AA'  | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   |
| diferencia    | 1,11  | -1,62 | -1,16 | -3,91 | -2,75 | -1,01 | -0,38 |
| BANESCO       |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 26,74 | 26,14 | 27,30 | 28,46 | 28,67 | 28,34 | 27,30 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'A'   |
| real          | 27,77 | 26,81 | 25,97 | 25,37 | 27,09 | 26,54 | 26,57 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   |
| diferencia    | -1,03 | -0,66 | 1,33  | 3,09  | 1,59  | 1,80  | 0,73  |
| PROVINCIAL    |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 26,10 | 26,05 | 26,18 | 26,11 | 26,52 | 28,67 | 26,28 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'A'   |
| real          | 26,41 | 26,94 | 26,00 | 25,67 | 28,18 | 26,63 | 26,04 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'A'   | 'A'   |
| diferencia    | -0,31 | -0,89 | 0,18  | 0,44  | -1,67 | 2,04  | 0,25  |
| BANCARIBE     |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 27,13 | 26,32 | 27,29 | 28,35 | 28,44 | 28,35 | 28,35 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   |
| real          | 28,35 | 29,19 | 27,03 | 27,62 | 28,24 | 27,16 | 27,15 |
| clasificación | 'B'   | 'B'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'A'   | 'A'   |
| diferencia    | -1,22 | -2,87 | 0,26  | 0,73  | 0,21  | 1,19  | 1,20  |

Tabla 4.3.Resultados del Escenario #1. Elaboración propia. (Continuación).

| SOFITASA      |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| meses'        | 108   | 109   | 110   | 111   | 112   | 113   | 114   |
| predicción    | 26,88 | 27,31 | 27,67 | 29,35 | 29,30 | 30,23 | 30,24 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   |
| real          | 29,35 | 29,21 | 28,58 | 29,32 | 29,78 | 29,26 | 29,33 |
| clasificación | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   |
| diferencia    | -2,47 | -1,90 | -0,91 | 0,03  | -0,48 | 0,98  | 0,91  |
| DEL SUR       |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 25,19 | 25,00 | 25,02 | 25,20 | 25,01 | 25,18 | 25,00 |
| clasificación | 'A'   | 'AA'  | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'AA'  |
| real          | 25,06 | 26,12 | 25,96 | 25,82 | 25,83 | 25,96 | 25,84 |
| clasificación | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   | 'A'   |
| diferencia    | 0,13  | -1,12 | -0,94 | -0,62 | -0,82 | -0,79 | -0,84 |
| BNC           |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 29,28 | 29,34 | 28,00 | 29,15 | 29,24 | 29,26 | 29,28 |
| clasificación | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   |
| real          | 29,27 | 29,27 | 29,49 | 29,30 | 29,20 | 29,16 | 29,25 |
| clasificación | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   | 'B'   |
| diferencia    | 0,01  | 0,07  | -1,49 | -0,14 | 0,05  | 0,10  | 0,02  |

En la Tabla 4.3 podemos observar los resultados arrojados por la aplicación del modelo de clasificación difuso, cuyas reglas difusas fueron establecidas de manera subjetiva, en base a los conocimientos económicos del investigador. Donde cada valor que se encuentra dentro de la tabla representa la evaluación integral de los 5 submodelos para cada banco en cada uno de los meses. Dicho valor a su vez es evaluado en una tabla clasificación de riesgo financiero, elaborada por el investigador (ver Tabla 4.2) donde dependiendo del rango en que se ubique, el banco es calificado (AAA, AA+,AA,A,B); estos resultados se pueden visualizar en las filas que dicen “clasificación”; las variables de entrada para la validación de este modelo fueron los datos reales proporcionados por la SUDEBAN y las predicciones para el periodo Diciembre 2013-Junio 2014. De esta forma se pueden ver las diferencias, las cuales

pueden ser explicadas por la aplicación del filtro pasa bajo, ya que el mismo busca atenuar las oscilaciones de los datos con la finalidad de generar una curva suavizada que represente la tendencia global.. No obstante, hay que considerar que esta es una herramienta matemática, que no considera los factores externos de índole político, económico y social que puedan incidir en un momento dado, pero sí se reflejan en los datos reales.

En la Tabla 4.4 se puede observar un ranking establecido por el investigador con los datos reales donde se ordenan mes a mes los bancos según los resultados obtenidos, a medida que este se acerque a cero (0), menor es el riesgo financiero asociado a la entidad bancaria. Lo mismo sucede con la Tabla 4.5, la cual fue realizada con los datos de la predicción.

Tabla 4.4. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo, con los datos reales.

| RANKING CON LOS DATOS REALES. |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |
|-------------------------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| RANKING                       | 108   |            | 109   |            | 110   |            | 111   |            | 112   |            | 113   |            | 114   |            |
| 1                             | 25,00 | MERCANTIL  | 26,12 | DEL SUR    | 25,96 | DEL SUR    | 25,37 | BANESCO    | 25,83 | DEL SUR    | 25,96 | DEL SUR    | 25,84 | DEL SUR    |
| 2                             | 25,06 | DEL SUR    | 26,81 | BANESCO    | 25,97 | BANESCO    | 25,67 | PROVINCIAL | 27,09 | BANESCO    | 26,07 | MERCANTIL  | 26,04 | PROVINCIAL |
| 3                             | 26,41 | PROVINCIAL | 26,90 | MERCANTIL  | 26,00 | PROVINCIAL | 25,82 | DEL SUR    | 27,75 | MERCANTIL  | 26,54 | BANESCO    | 26,16 | MERCANTIL  |
| 4                             | 27,39 | VENEZUELA  | 26,94 | PROVINCIAL | 26,41 | VENEZUELA  | 26,04 | VENEZUELA  | 28,18 | PROVINCIAL | 26,63 | PROVINCIAL | 26,55 | VENEZUELA  |
| 5                             | 27,77 | BANESCO    | 27,10 | VENEZUELA  | 26,79 | MERCANTIL  | 27,62 | BANCARIBE  | 28,24 | BANCARIBE  | 27,16 | BANCARIBE  | 26,57 | BANESCO    |
| 6                             | 28,35 | BANCARIBE  | 29,19 | BANCARIBE  | 27,03 | BANCARIBE  | 29,17 | MERCANTIL  | 28,35 | VENEZUELA  | 28,35 | VENEZUELA  | 27,15 | BANCARIBE  |
| 7                             | 29,27 | BNC        | 29,21 | SOFITASA   | 28,58 | SOFITASA   | 29,30 | BNC        | 29,20 | BNC        | 29,16 | BNC        | 29,25 | BNC        |
| 8                             | 29,35 | SOFITASA   | 29,27 | BNC        | 29,49 | BNC        | 29,32 | SOFITASA   | 29,78 | SOFITASA   | 29,26 | SOFITASA   | 29,33 | SOFITASA   |

Tabla 4.5. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo, con los datos de la predicción.

| RANKING CON LOS DATOS DE LA PREDICCIÓN |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |
|--|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| RANKING                                | 108   |            | 109   |            | 110   |            | 111   |            | 112   |            | 113   |            | 114   |            |
| 1                                      | 25,19 | DEL SUR    | 25,00 | DEL SUR    | 25,02 | VENEZUELA  | 25,20 | MERCANTIL  | 25,00 | VENEZUELA  | 25,07 | MERCANTIL  | 25,00 | DEL SUR    |
| 2                                      | 25,99 | VENEZUELA  | 25,27 | MERCANTIL  | 25,62 | MERCANTIL  | 25,26 | DEL SUR    | 25,01 | MERCANTIL  | 25,18 | DEL SUR    | 25,79 | MERCANTIL  |
| 3                                      | 26,10 | PROVINCIAL | 26,05 | PROVINCIAL | 26,18 | BANCARIBE  | 26,11 | PROVINCIAL | 26,52 | BANESCO    | 27,04 | VENEZUELA  | 26,28 | PROVINCIAL |
| 4                                      | 26,11 | MERCANTIL  | 26,14 | BANESCO    | 27,29 | DEL SUR    | 26,86 | VENEZUELA  | 26,85 | PROVINCIAL | 28,34 | BANESCO    | 26,31 | VENEZUELA  |
| 5                                      | 26,74 | BANESCO    | 26,32 | BANCARIBE  | 27,30 | BANESCO    | 28,35 | BANCARIBE  | 28,44 | BANCARIBE  | 28,35 | BANCARIBE  | 27,30 | BANESCO    |
| 6                                      | 26,88 | SOFITASA   | 26,70 | VENEZUELA  | 27,67 | PROVINCIAL | 28,46 | BANESCO    | 28,67 | SOFITASA   | 28,67 | PROVINCIAL | 28,35 | BANCARIBE  |
| 7                                      | 27,13 | BANCARIBE  | 27,31 | SOFITASA   | 27,45 | BNC        | 29,15 | BNC        | 29,24 | DEL SUR    | 29,26 | BNC        | 29,28 | BNC        |
| 8                                      | 29,28 | BNC        | 29,34 | BNC        | 28,00 | SOFITASA   | 29,35 | SOFITASA   | 29,30 | BNC        | 30,23 | SOFITASA   | 30,24 | SOFITASA   |

#### 4.3.2. Resultados del Modelo de Clasificación Difusa (Escenario #2).

Tabla 4.6. Resultados del Escenario #2. Elaboración propia.

| VENEZUELA     |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 'meses'       | 108   | 109   | 110   | 111   | 112   | 113   | 114   |
| predicción    | 22,81 | 24,77 | 24,71 | 24,67 | 23,88 | 23,87 | 24,70 |
| clasificación | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA+' | 'AA+' | 'AA'  |
| real          | 24,70 | 24,75 | 25,12 | 24,73 | 24,94 | 24,73 | 24,50 |
| clasificación | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| diferencia    | -1,88 | 0,02  | -0,41 | -0,06 | -1,06 | -0,85 | 0,20  |
| MERCANTIL     |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 24,68 | 23,19 | 23,16 | 22,66 | 22,76 | 23,87 | 23,78 |
| clasificación | 'AA'  | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' |
| real          | 23,75 | 25,39 | 25,52 | 25,75 | 25,49 | 24,85 | 24,91 |
| clasificación | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| diferencia    | 0,94  | -2,20 | -2,36 | -3,09 | -2,72 | -0,98 | -1,12 |
| BANESCO       |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 23,62 | 23,69 | 23,70 | 24,03 | 23,95 | 23,67 | 24,16 |
| clasificación | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA'  | 'AA+' | 'AA+' | 'AA'  |
| real          | 24,08 | 23,97 | 23,69 | 22,73 | 24,09 | 24,18 | 24,19 |
| clasificación | 'AA'  | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| diferencia    | -0,46 | -0,28 | 0,01  | 1,30  | -0,15 | -0,50 | -0,03 |
| PROVINCIAL    |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 23,53 | 24,86 | 24,37 | 23,42 | 23,53 | 23,70 | 23,77 |
| clasificación | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' | 'AA+' |
| real          | 23,07 | 24,46 | 24,17 | 23,61 | 24,58 | 24,60 | 24,34 |
| clasificación | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA+' | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| diferencia    | 0,46  | 0,40  | 0,20  | -0,18 | -1,05 | -0,89 | -0,57 |
| BANCARIBE     |       |       |       |       |       |       |       |
| predicción    | 24,87 | 24,65 | 25,15 | 25,45 | 24,97 | 26,04 | 25,90 |
| clasificación | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| real          | 24,97 | 26,20 | 25,58 | 26,21 | 25,56 | 25,40 | 25,32 |
| clasificación | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  | 'AA'  |
| diferencia    | -0,10 | -1,55 | -0,43 | -0,77 | -0,59 | 0,64  | 0,59  |

Tabla 4.6. Resultados del Escenario #2. Elaboración propia.(Continuación).

| SOFITASA          |              |              |              |              |             |              |              |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 'meses'           | 108          | 109          | 110          | 111          | 112         | 113          | 114          |
| predicción        | 26,23        | 26,79        | 27,03        | 26,99        | 27,81       | 27,55        | 27,30        |
| clasificación     | 'AA'         | 'AA'         | 'A'          | 'AA'         | 'A'         | 'A'          | 'A'          |
| real              | 26,51        | 27,76        | 27,57        | 26,69        | 26,89       | 27,07        | 27,19        |
| clasificación     | 'AA'         | 'A'          | 'A'          | 'AA'         | 'AA'        | 'A'          | 'A'          |
| <b>diferencia</b> | <b>-0,28</b> | <b>-0,97</b> | <b>-0,55</b> | <b>0,30</b>  | <b>0,91</b> | <b>0,48</b>  | <b>0,11</b>  |
| DEL SUR           |              |              |              |              |             |              |              |
| predicción        | 21,67        | 21,72        | 22,61        | 23,36        | 23,19       | 23,00        | 22,74        |
| clasificación     | 'AA+'        | 'AA+'        | 'AA+'        | 'AA+'        | 'AA+'       | 'AA+'        | 'AA+'        |
| real              | 23,13        | 24,77        | 23,69        | 23,30        | 23,10       | 23,51        | 23,48        |
| clasificación     | 'AA+'        | 'AA'         | 'AA+'        | 'AA+'        | 'AA+'       | 'AA+'        | 'AA+'        |
| <b>diferencia</b> | <b>-1,47</b> | <b>-3,05</b> | <b>-1,08</b> | <b>0,06</b>  | <b>0,09</b> | <b>-0,51</b> | <b>-0,74</b> |
| BNC               |              |              |              |              |             |              |              |
| predicción        | 26,90        | 26,86        | 26,78        | 26,54        | 26,81       | 27,10        | 27,12        |
| clasificación     | 'AA'         | 'AA'         | 'AA'         | 'AA'         | 'AA'        | 'A'          | 'A'          |
| real              | 26,92        | 27,29        | 27,27        | 27,42        | 26,42       | 26,51        | 26,59        |
| clasificación     | 'AA'         | 'A'          | 'A'          | 'A'          | 'AA'        | 'AA'         | 'AA'         |
| <b>diferencia</b> | <b>-0,02</b> | <b>-0,44</b> | <b>-0,49</b> | <b>-0,88</b> | <b>0,40</b> | <b>0,60</b>  | <b>0,53</b>  |

En el escenario #1 las reglas difusas utilizadas en el sistema de inferencia, fueron creadas a juicio del investigador, mientras que en el escenario #2; fueron establecidas a través del uso de las matrices de Ciliberti; que son reconocidas internacionalmente, haciéndolas objetivas para aplicarlas a esta investigación, a fin de eliminar la subjetividad de las mismas.

Por lo que se observó que los valores de las diferencias disminuyeron, evidenciando una evaluación del riesgo más cónsono con la realidad que refleja cada Banco, es importante mencionar que para este escenario se ajustaron los rangos de clasificación del riesgo financiero; mostrando mejoras en los resultados.

En la Tabla 4.7 y la Tabla 4.8 se puede observar un ranking establecido por el investigador con los datos reales y los datos de la predicción respectivamente, donde se ordenan mes a mes los bancos según los resultados obtenidos, a medida que este se acerque a cero (0), menor es el riesgo financiero asociado a la entidad bancaria.

En relación con el escenario #1 si se observan cambios en el posicionamiento de los bancos, como consecuencia del cambio de las reglas difusas establecidas y del ajuste realizado a los rangos de clasificación del riesgo financiero.

Tabla 4.7. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo con los datos reales, aplicando Ciliberti.

| DATOS REALES |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |
|--------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| RANKING      | 108   |            | 109   |            | 110   |            | 111   |            | 112   |            | 113   |            | 114   |            |
| 1            | 23,07 | PROVINCIAL | 23,97 | BANESCO    | 23,69 | BANESCO    | 22,73 | BANESCO    | 23,10 | DEL SUR    | 23,51 | DEL SUR    | 23,48 | DEL SUR    |
| 2            | 23,13 | DEL SUR    | 24,46 | PROVINCIAL | 23,69 | DEL SUR    | 23,30 | DEL SUR    | 24,09 | BANESCO    | 24,18 | BANESCO    | 24,19 | BANESCO    |
| 3            | 23,75 | MERCANTIL  | 24,75 | VENEZUELA  | 24,17 | PROVINCIAL | 23,61 | PROVINCIAL | 24,58 | PROVINCIAL | 24,60 | PROVINCIAL | 24,34 | PROVINCIAL |
| 4            | 24,08 | BANESCO    | 24,77 | DEL SUR    | 25,12 | VENEZUELA  | 24,73 | VENEZUELA  | 24,94 | VENEZUELA  | 24,73 | VENEZUELA  | 24,50 | VENEZUELA  |
| 5            | 24,70 | VENEZUELA  | 25,39 | MERCANTIL  | 25,52 | MERCANTIL  | 25,75 | MERCANTIL  | 25,49 | MERCANTIL  | 24,85 | MERCANTIL  | 24,91 | MERCANTIL  |
| 6            | 24,97 | BANCARIBE  | 26,20 | BANCARIBE  | 25,58 | BANCARIBE  | 26,21 | BANCARIBE  | 25,56 | BANCARIBE  | 25,40 | BANCARIBE  | 25,32 | BANCARIBE  |
| 7            | 26,51 | SOFITASA   | 27,29 | BNC        | 27,27 | BNC        | 26,69 | SOFITASA   | 26,42 | BNC        | 26,51 | BNC        | 26,59 | BNC        |
| 8            | 26,92 | BNC        | 27,76 | SOFITASA   | 27,57 | SOFITASA   | 27,42 | BNC        | 26,89 | SOFITASA   | 27,07 | SOFITASA   | 27,19 | SOFITASA   |

Tabla 4.8. Posición de los bancos de acuerdo a los resultados del modelo con los datos de la predicción, aplicando Ciliberti

| DATOS PREDICHOS |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |
|-----------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| RANKING         | 108   |            | 109   |            | 110   |            | 111   |            | 112   |            | 113   |            | 114   |            |
| 1               | 21,67 | DEL SUR    | 21,72 | DEL SUR    | 22,61 | DEL SUR    | 22,66 | MERCANTIL  | 22,76 | MERCANTIL  | 23,00 | DEL SUR    | 22,74 | DEL SUR    |
| 2               | 22,81 | VENEZUELA  | 23,19 | MERCANTIL  | 23,16 | MERCANTIL  | 23,36 | DEL SUR    | 23,19 | DEL SUR    | 23,67 | BANESCO    | 23,77 | PROVINCIAL |
| 3               | 23,53 | PROVINCIAL | 23,69 | BANESCO    | 23,70 | BANESCO    | 23,42 | PROVINCIAL | 23,53 | PROVINCIAL | 23,70 | PROVINCIAL | 23,78 | MERCANTIL  |
| 4               | 23,62 | BANESCO    | 24,65 | BANCARIBE  | 24,37 | PROVINCIAL | 24,03 | BANESCO    | 23,88 | VENEZUELA  | 23,87 | VENEZUELA  | 24,16 | BANESCO    |
| 5               | 24,68 | MERCANTIL  | 24,77 | VENEZUELA  | 24,71 | VENEZUELA  | 25,45 | BANCARIBE  | 23,95 | BANESCO    | 23,87 | MERCANTIL  | 24,70 | VENEZUELA  |
| 6               | 24,87 | BANCARIBE  | 24,86 | PROVINCIAL | 25,15 | BANCARIBE  | 24,67 | VENEZUELA  | 24,97 | BANCARIBE  | 26,04 | BANCARIBE  | 25,90 | BANCARIBE  |
| 7               | 26,23 | SOFITASA   | 26,79 | SOFITASA   | 26,78 | BNC        | 26,54 | BNC        | 26,81 | BNC        | 27,10 | BNC        | 27,12 | BNC        |
| 8               | 26,90 | BNC        | 26,86 | BNC        | 27,03 | SOFITASA   | 26,99 | SOFITASA   | 27,81 | SOFITASA   | 27,55 | SOFITASA   | 27,30 | SOFITASA   |



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones.**

Al termino de este trabajo donde su objetivo es comparar las metodologías Lógica Difusa y CAMEL, se encontraron dificultades y limitaciones que fueron superadas en el transcurrir de la investigación; es de hacer notar que la metodología de Lógica Difusa, es utilizada en diversos campos y áreas de trabajo donde se requiere la flexibilización y cualificación de datos.

Después de todo lo desarrollado, se exponen los argumentos que soportan la finalidad de este Trabajo de Grado:

En términos objetivos, en el Modelo CAMEL la premisa subjetiva es menor en relación con las premisas subjetivas del sistema de inferencia difuso hecho con lógica difusa, ya que la metodología CAMEL tiene su propias definiciones y escala de clasificación, además de criterios ya establecidos en consenso, como por ejemplo la aplicación de este método por la SUDEBAN para la evaluación de los indicadores financieros en las entidades bancarias del sector.

Por tal motivo, se puede inferir que como en la lógica difusa hay mayor subjetividad, esto puede traducirse en una mayor flexibilidad dentro de la intersubjetividad de la metodología donde se pueden montar diversos escenarios. Esto se pudo evidenciar durante la realización del trabajo cuando se adaptó la metodología matricial de Ciliberti para establecer las reglas difusas

del segundo escenario analizado, lo cual implica que la metodología de lógica difusa, a su vez es versátil. En cambio, la aplicación de la metodología CAMEL es más estandarizada.

Por otro lado, también se puede observar que la utilización de herramientas estadísticas permite dar grados de aproximación mayores entre los datos reales y los datos predictivos del modelo, como fue el caso de la aplicación del filtro pasa bajos como alternativa a las oscilaciones cíclicas de los datos reales a través del tiempo, traducándose en un mejoramiento de las diferencias.

Una experiencia interesante del trabajo, fue el uso de las Matrices de Ciliberti, que a pesar de ser frecuentemente utilizadas en el sector industrial y bajo un control objetivo mayor; al ser aplicadas en esta investigación sirvieron para mejorar las variables de salida, lo cual hace inferir que pudiesen ser útiles para ser utilizadas en análisis de riesgo de carácter económico.

Todo esto nos lleva a pensar que no son metodologías contrapuestas sino más bien complementarias, ya que existe semejanza en el camino metodológico; esto puede ejemplificarse, cuando se observó en la realización del trabajo que los módulos del modelo difuso surgieron siguiendo la metodología CAMEL. Además ambas metodologías utilizan medidas estadísticas representativas de la totalidad del sector, tendencias, desviaciones, promedios, bondad del ajuste, ya sea de manera explícita o implícita. Considerando además que las salidas proporcionadas por el Modelo CAMEL son las entradas del Modelo Difuso, es decir, se acoplan entre ellas.

Igualmente se demostró que la Lógica Difusa es una herramienta que puede ser utilizada con éxito en los procesos económicos ya que presenta

opciones diversas dentro de una problemática o situación donde facilita la toma de decisiones a corto plazo, mientras que la metodología CAMEL presenta opciones más estandarizadas.

### **Recomendaciones.**

Se debe destacar del proyecto las siguientes recomendaciones:

- a) Explorar una vía para mejorar la salida basada en CAMEL, incorporando aspectos cualitativos, tales como, la sensibilidad al mercado (CAMELS).
- b) Se sugiere realizar un estudio, donde se incluyan las variables macroeconómicas como variables de entrada, además de analizar variables como las tasas de interés, PIB, IPC, entre otras; lo cual le daría mayor fortaleza al modelo de clasificación.
- c) Como objeto de otro trabajo se sugiere el análisis económico de los datos, que se obtengan a través de esta metodología.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrios Yaselli, M. (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctoral*. Caracas: FEDUPEL.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2007). *Métodos Numéricos para Ingenieros*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Ciliberti, T. (1996). Establishing Mechanical Integrity of Process Equipment Using a Criticality-Based Maintenance Program. *National Petroleum Refiners Association*.
- De Sá Rodrigues, J., Santos, J., & Strefezza, M. (2013). Modelado del sistema de control de un transportador con toma de decisiones respaldadas en lógica difusa. *Brazil Automation ISA Distrito 4*.
- Del Águila, J. (2002). *Riesgo en la Industria Bancaria: Una Aproximación a Basilea II*. Madrid: Cajamar.
- Fernandez, A., del Jesús, M., & Herrera, F. (2008). *Sistemas Basados en Reglas Difusas en Clasificación : Nuevos Retos*. Granada.
- Gallego Diaz, J. (1963). *Curso General de Matemática*. Maracaibo: POST NUBILA PHEBUS.
- Gavirina, H., & Vergara, C. (2009). *Aplicaciones de la lógica difusa en la planificación de la producción*. Caracas.

- Helbert, E., & Cuchango, E. (2010). *Sistema de inferencia difusa basado en relaciones Booleanas*. Bogotá.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Santa Fe: McGraw Hill.
- Krstonosic, A. (2010). *Impacto de las variables macroeconómicas en el mercado de capitales venezolano, y su incidencia en la cultura bursátil 2000-2004. Proyecto de Investigación*. Caracas: UCV.
- Leal, A. (2012). *Análisis de los procesos de estatización, fusión o liquidación de instituciones bancarias en Venezuela y sus impactos en el sector bancario (2007-2011). Proyecto de Investigación*. Caracas: UCV.
- Martinez, C. (2007). *Uso de las técnicas de preprocesamiento de datos e inteligencia artificial (lógica difusa) en la clasificación/predicción del riesgo bancario. Tesis de Grado*. Mérida: ULA.
- Medina, S. (2006). *Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros*. Bogotá.
- Medina, S., & Paniagua, G. (2007). *Modelo de Inferencia Difuso para Estudio de Crédito*. Medellín.
- Michalup, E., & Reveron Osio, C. (1976). *Polinomios Ortogonales, su desarrollo y aplicación en problemas de ajuste. Tesis Doctoral*. Caracas: UCV.
- Núñez, L. I. (1990). *Las tendencias de axiomatización de la ciencia económica. Tesis Doctoral*. Caracas: UCV.

Pérez, C. (2002). *Matlab y sus Aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería*. Madrid: Pearson Prentice Hall.

Rebolledo, G. (2012). *Seminario de Metodología de la Investigación* . Caracas-Venezuela. UCV-FACES-CIAP.

Rebolledo, G. (2013). *Modelo cuasiexperimental para la enseñanza y aprendizaje de la metodología de investigación socioeconómica. Método docente algorítmico*. Mérida: Universidad de Los Andes.

Rivas, M. (2012). *Análisis del riesgo de la banca pública y banca privada venezolana en pro del ahorrista y sus ingresos no consumidos para los años 2009, 2010 y 2011. Proyecto de Investigación* . Caracas: UCV.

Sánchez, E. (2003). *MATLAB Básico para Economistas*. Colombia.

Silva, C. W. (2006). *Vibration. Fundamentals and Practice*. Hampton: CRC Press.

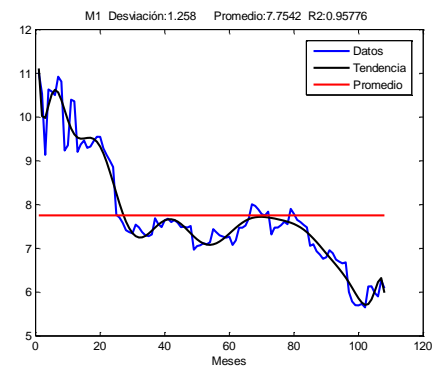
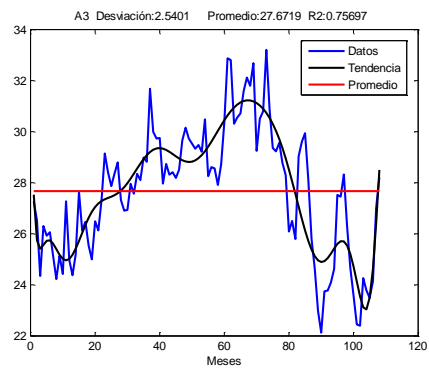
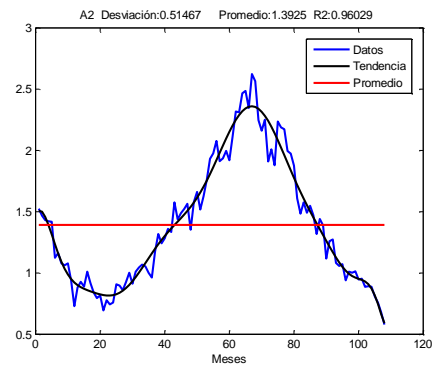
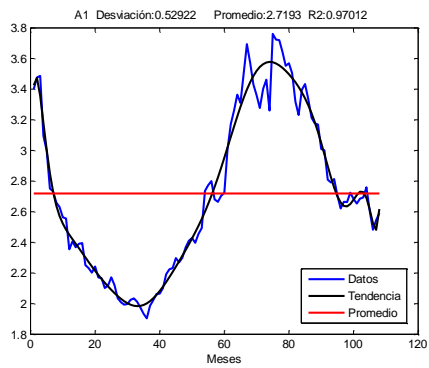
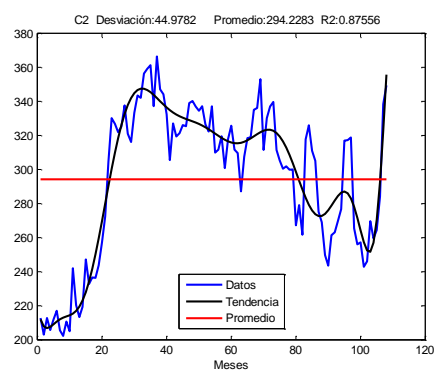
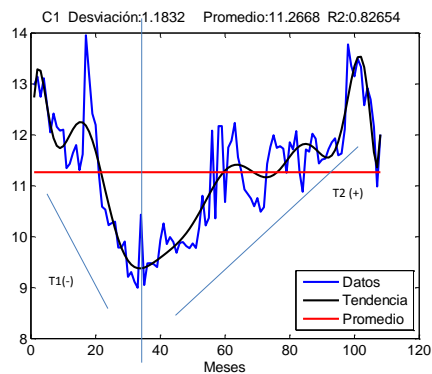
SUDEBAN. (s.f.). *SUDEBAN*. Recuperado el 2013, de <http://sudeban.gob.ve/webgui/>

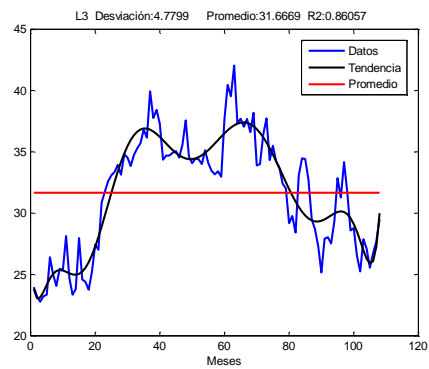
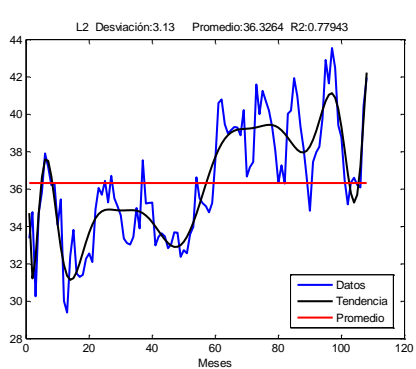
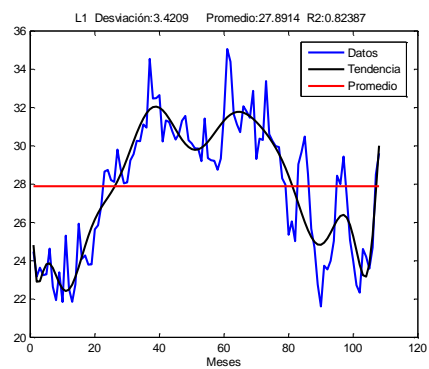
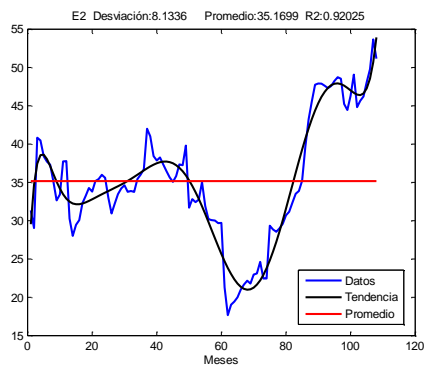
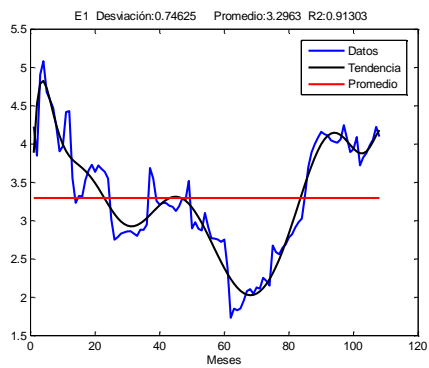
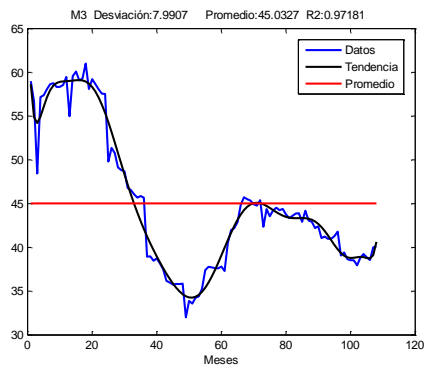
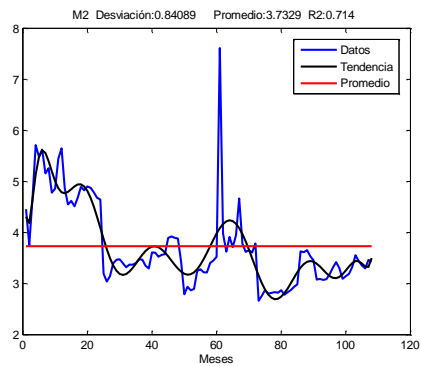
Venezuela, U. C. (2013). *Finanzas UCV*. Obtenido de Finanzas UCV: <http://finanzasucv.wordpress.com/page/9/>

## ANEXOS

### Anexo #1

Gráficas de los datos promedios y tendencias del sector por indicador.



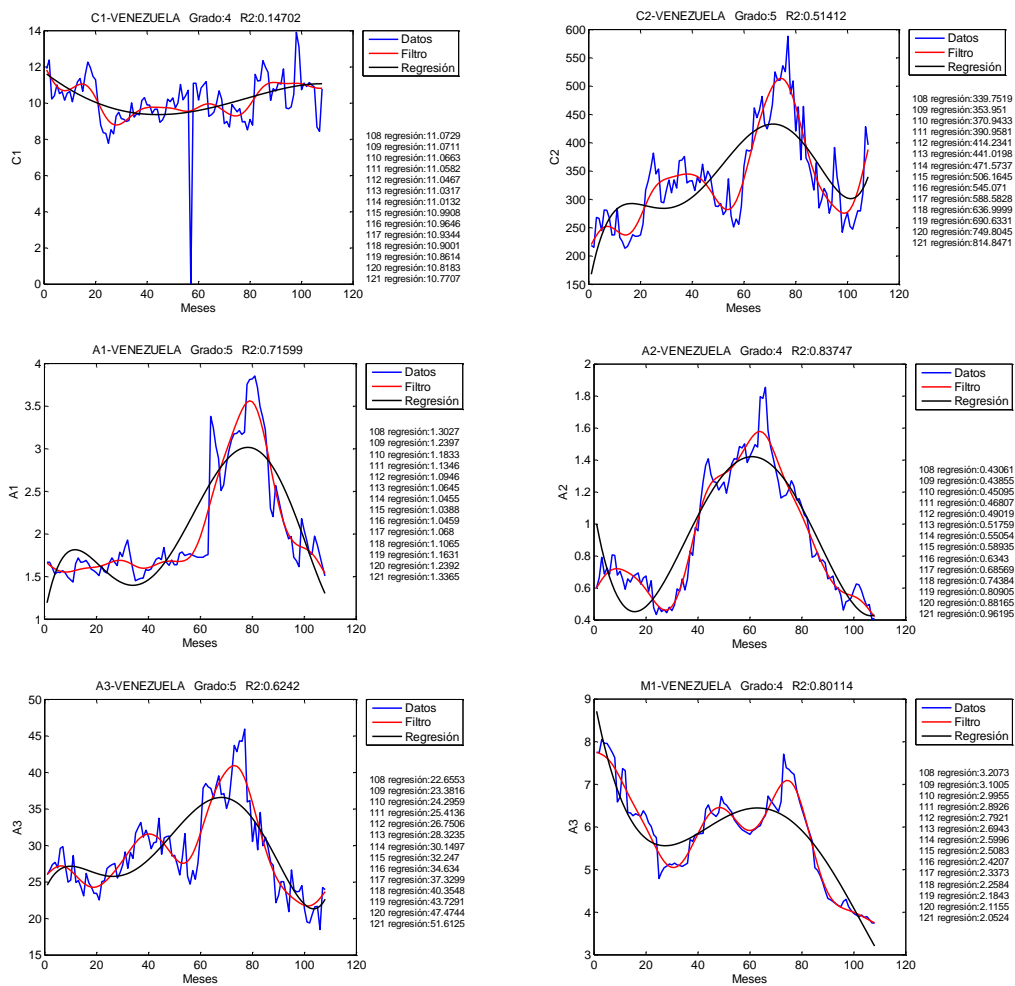


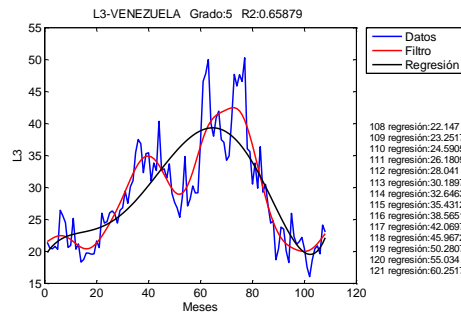
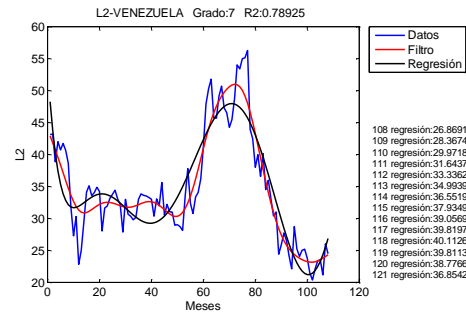
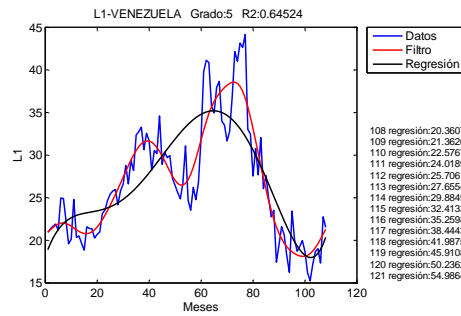
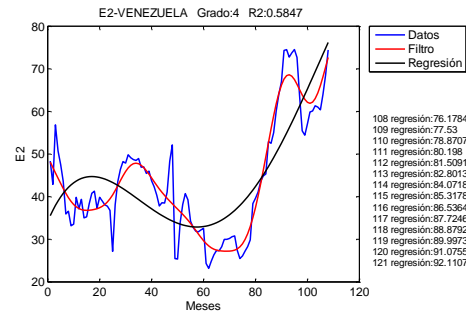
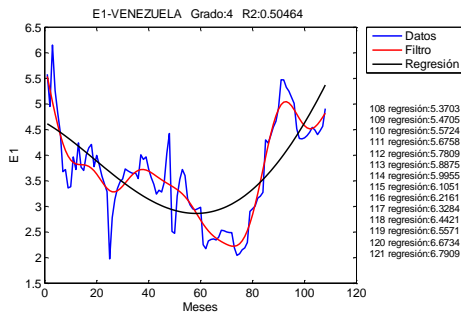
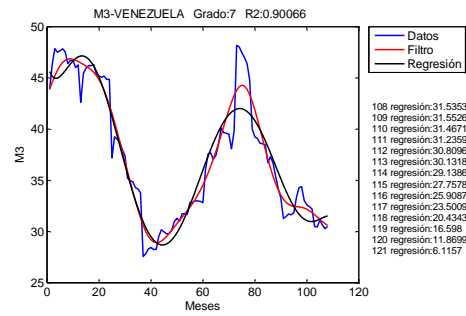
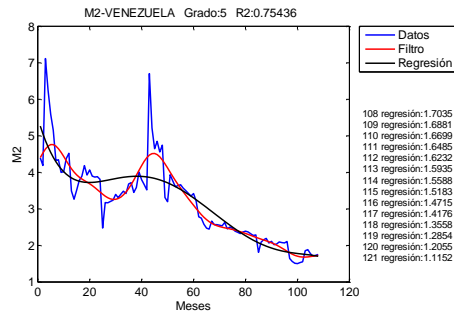


## Anexo #2

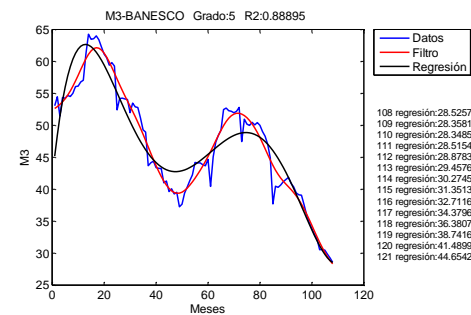
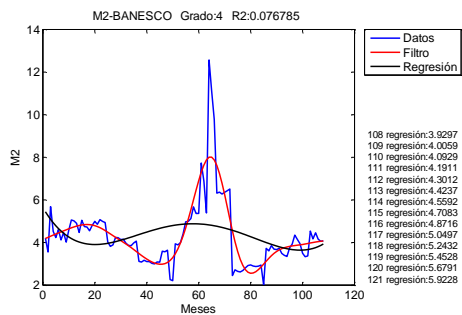
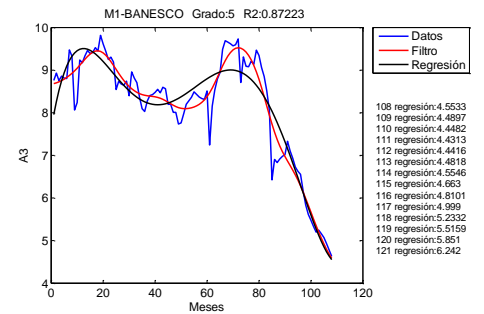
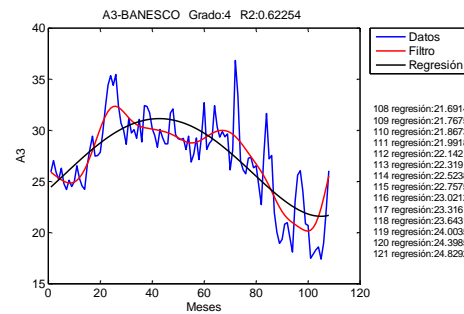
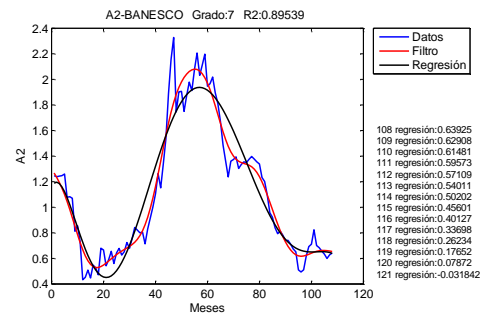
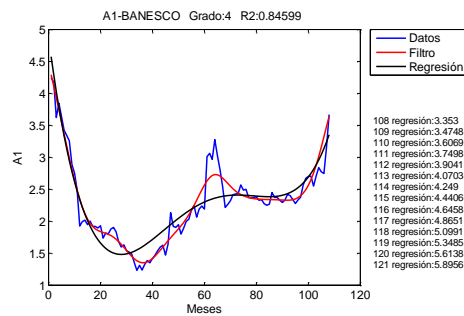
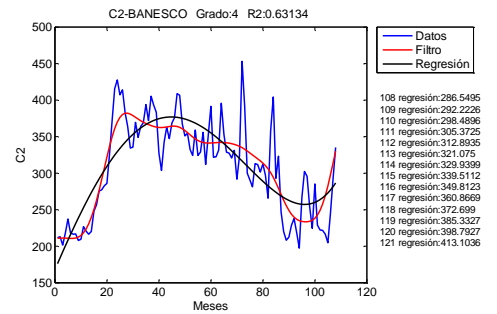
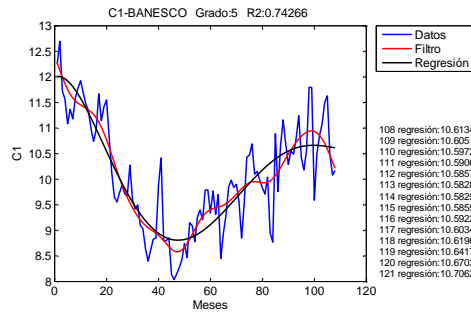
Predicciones por indicador de la muestra seleccionada para la validación del modelo.

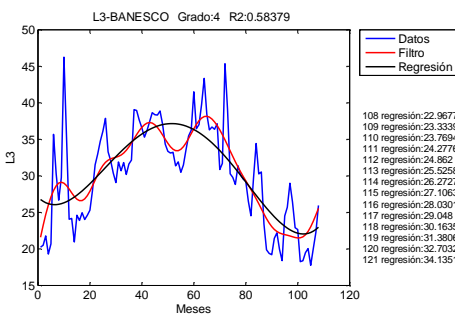
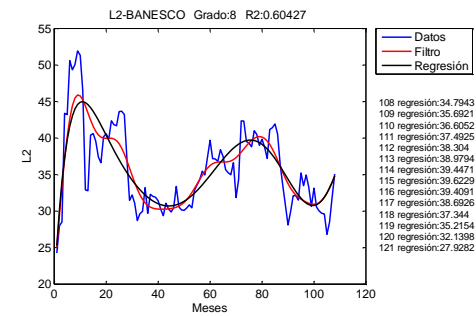
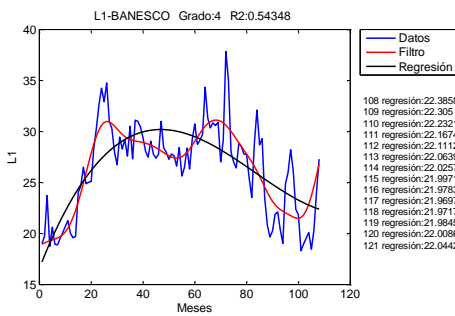
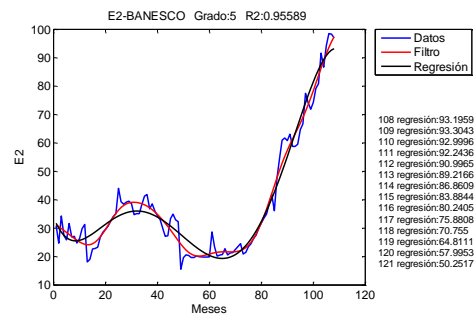
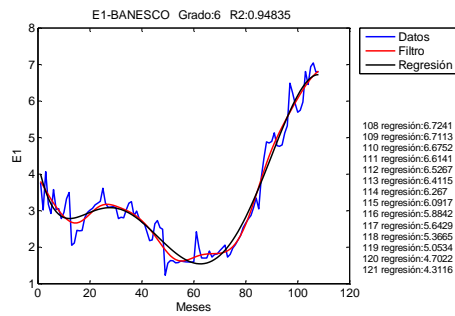
### Banco de Venezuela.



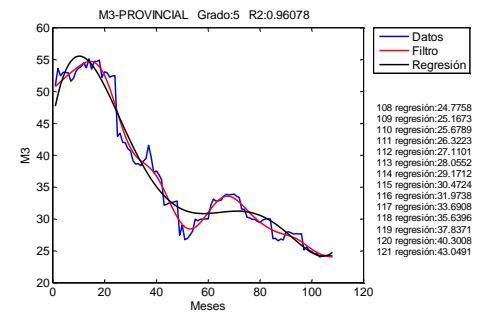
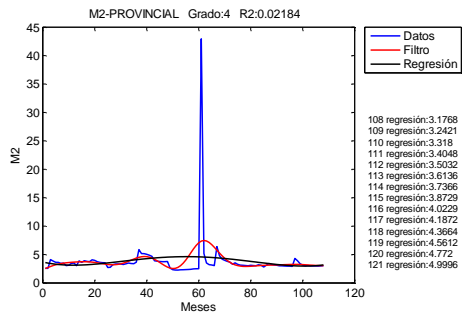
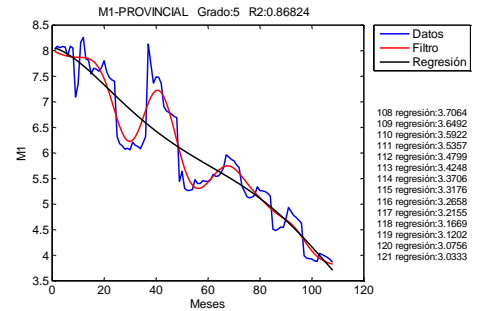
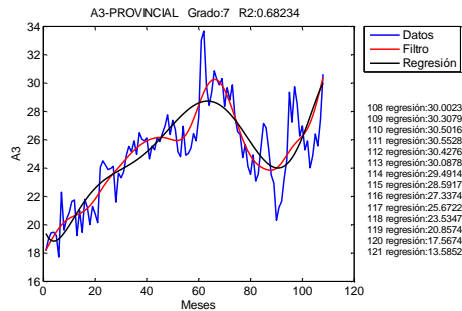
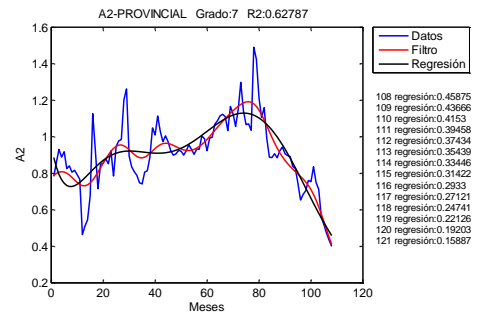
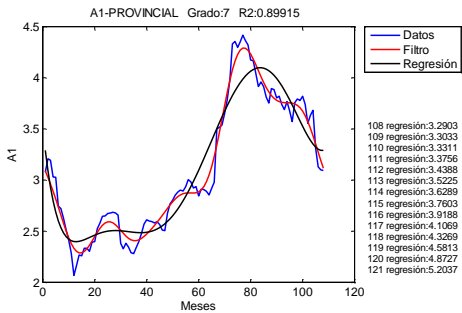
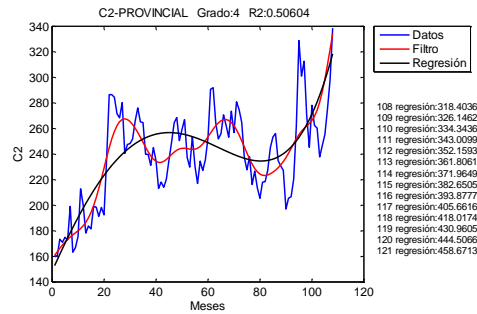
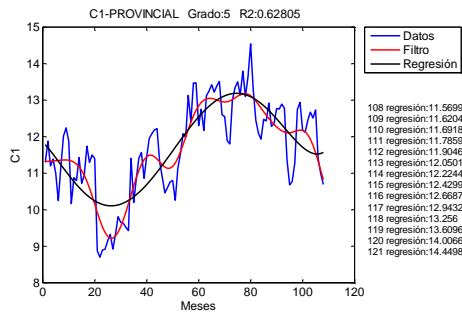


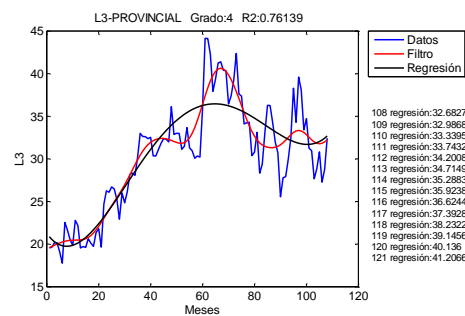
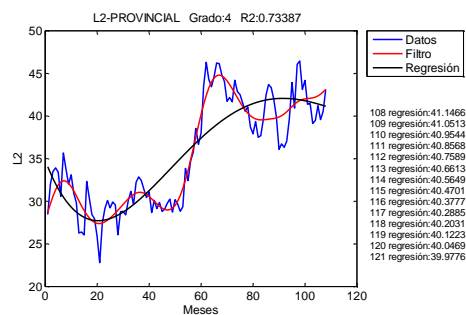
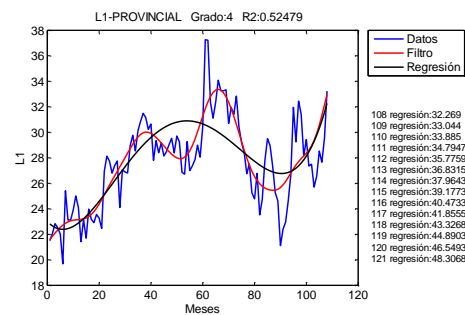
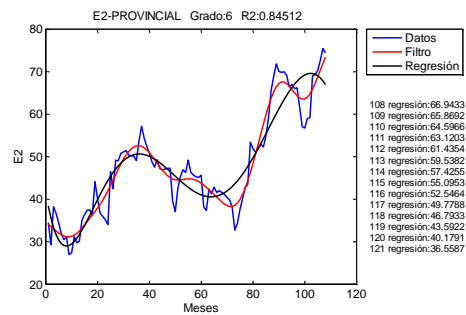
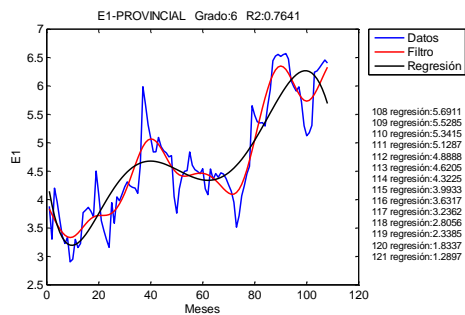
## Banco Banesco.



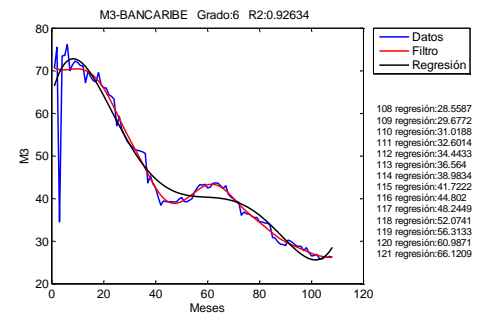
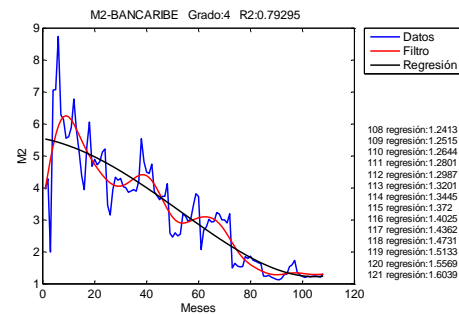
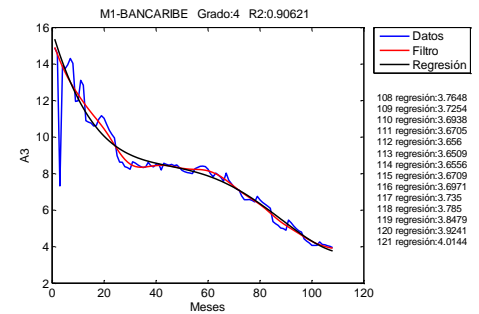
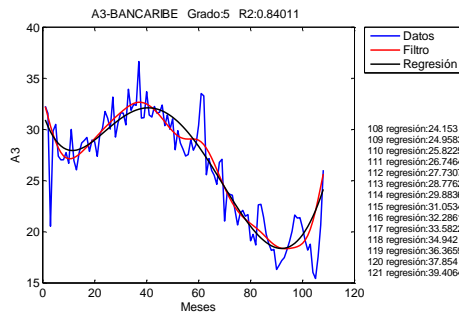
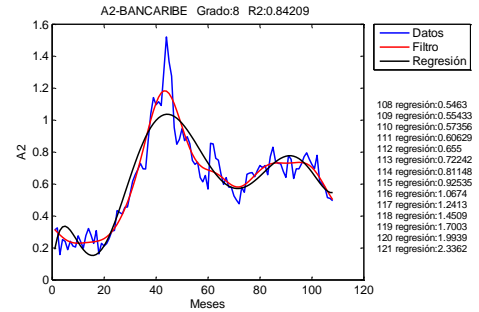
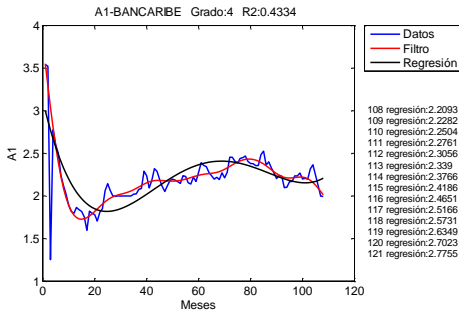
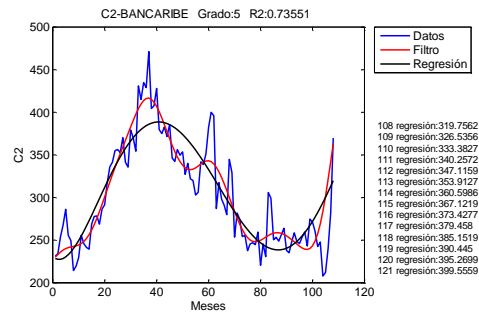
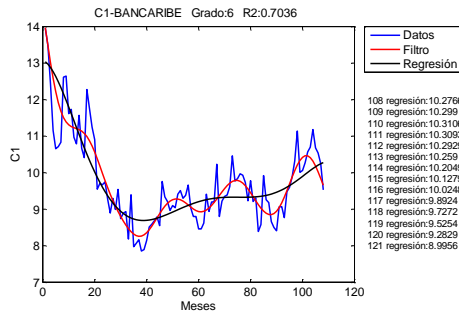


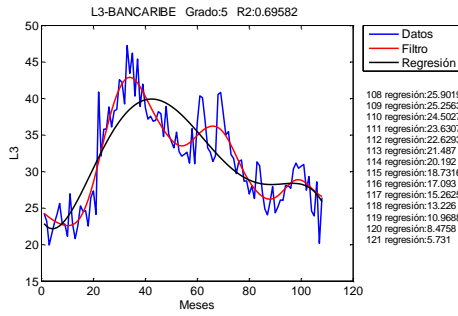
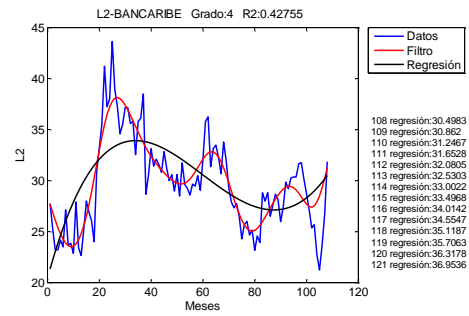
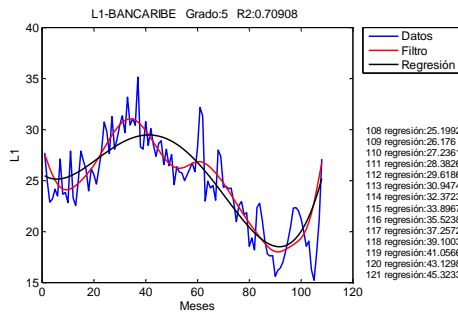
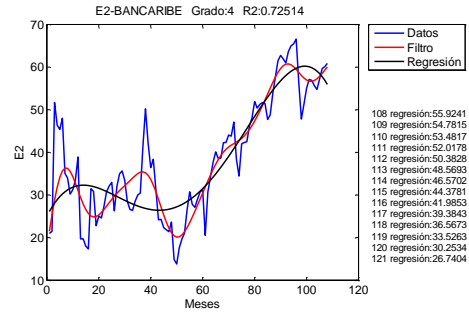
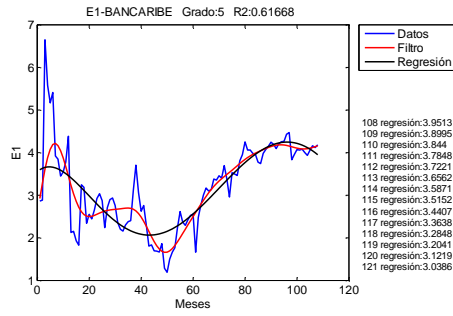
## Banco Provincial.





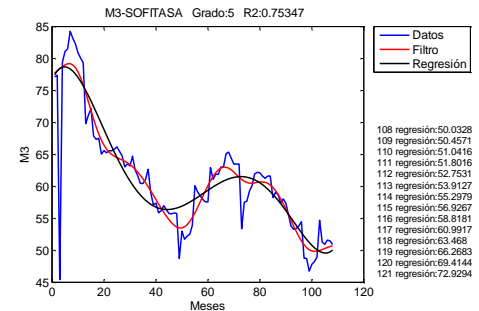
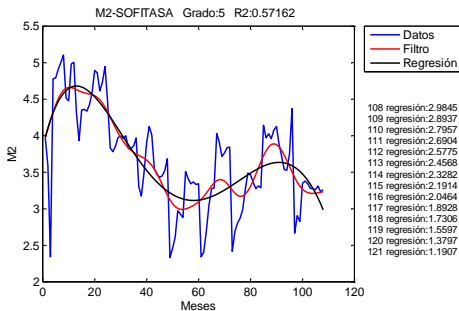
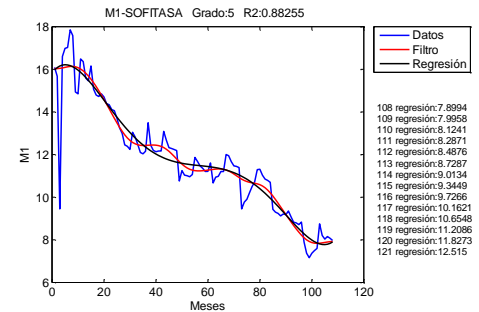
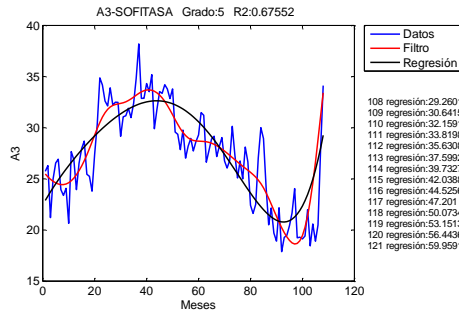
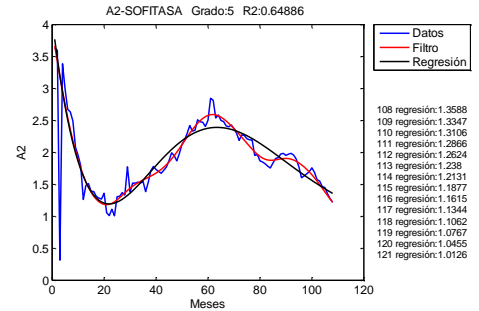
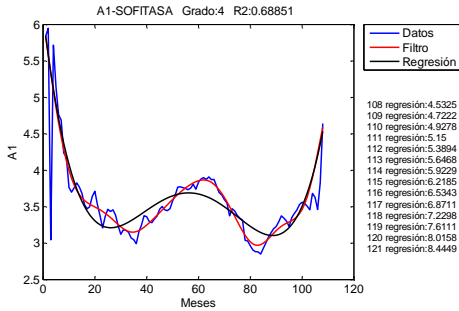
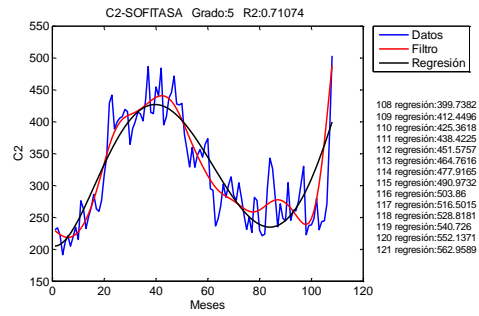
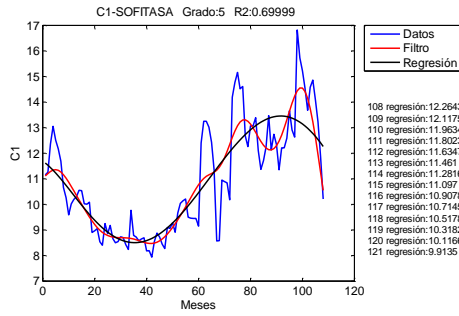
## Banco Bancaribe.

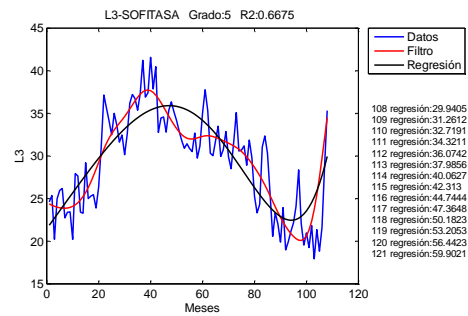
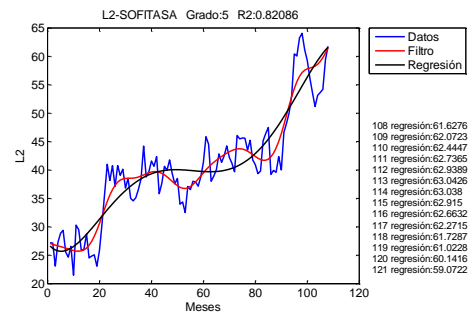
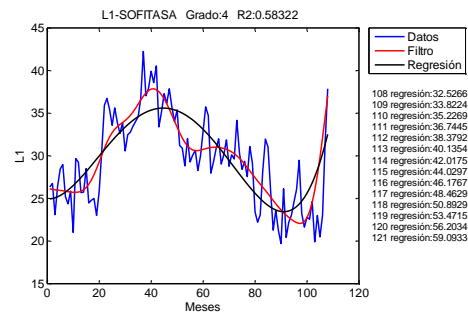
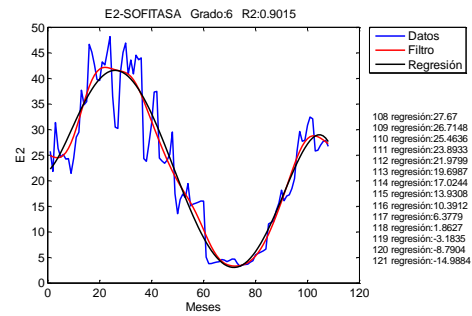
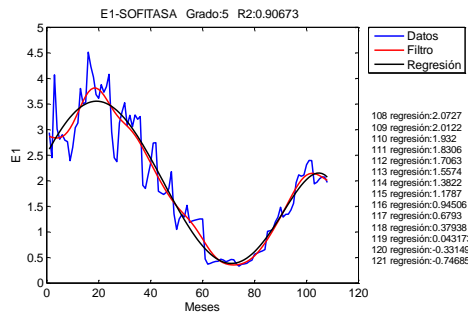




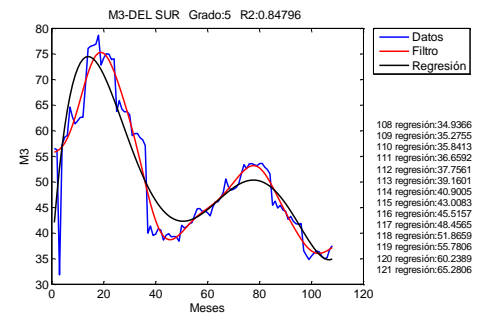
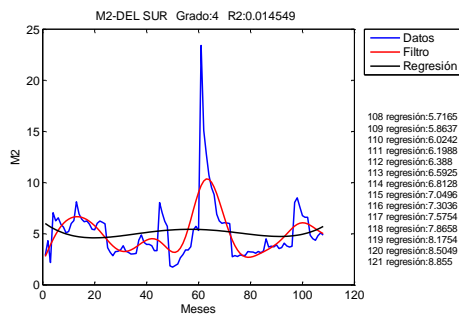
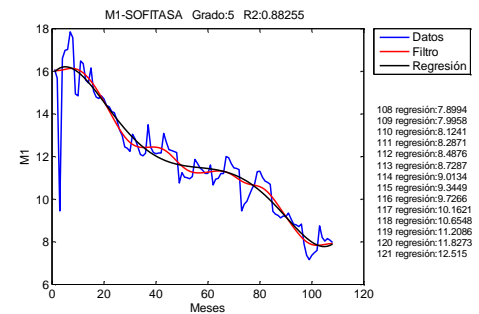
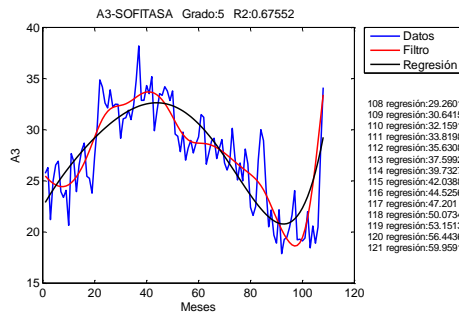
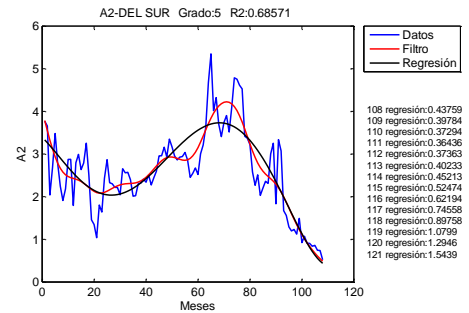
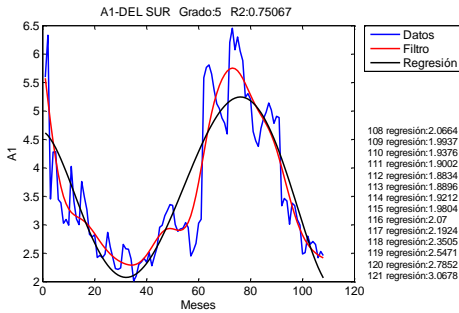
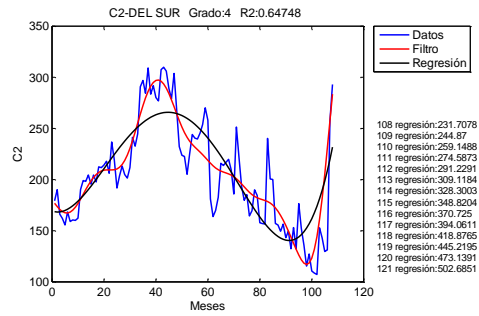
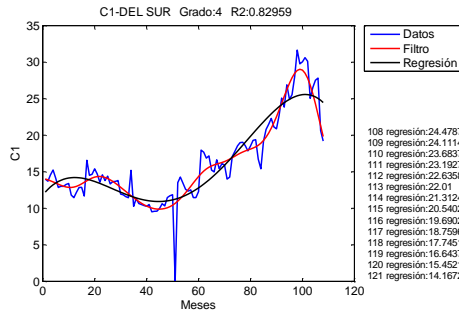


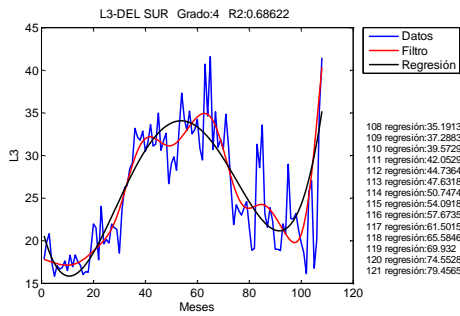
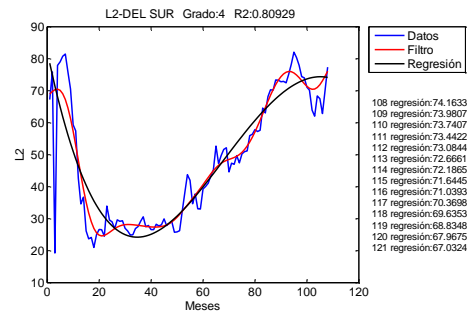
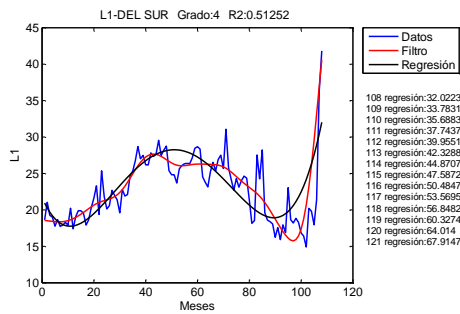
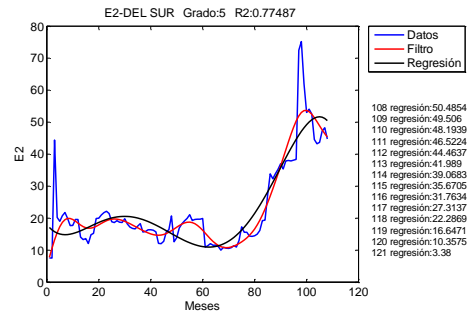
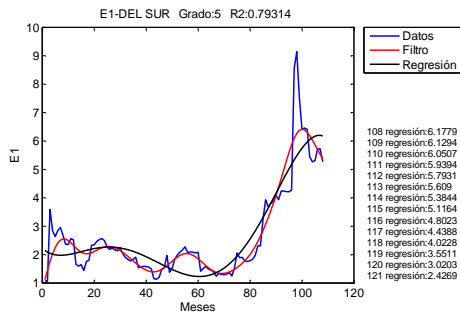
## Banco Sofitasa.



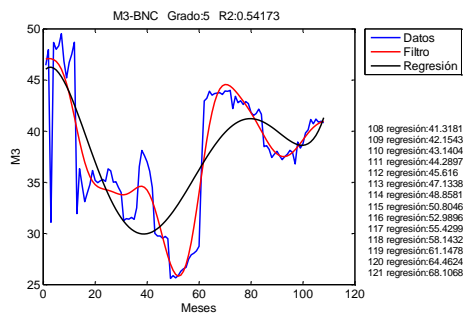
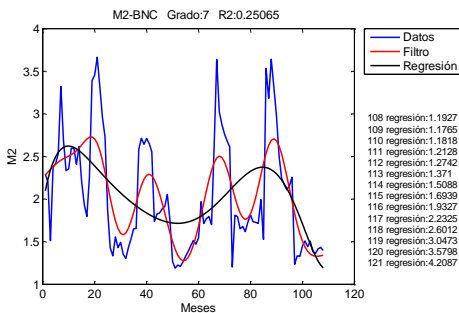
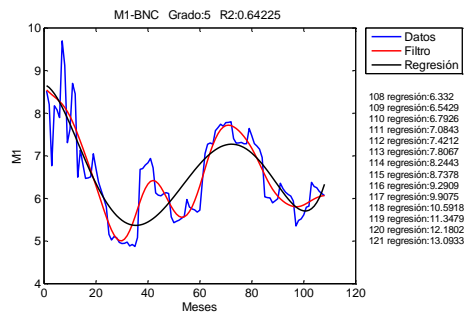
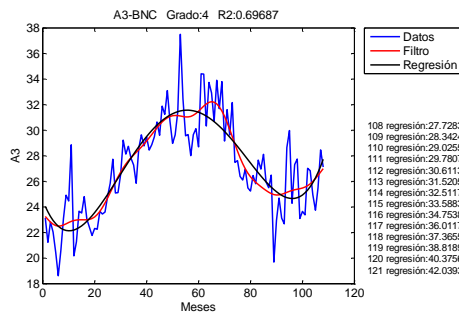
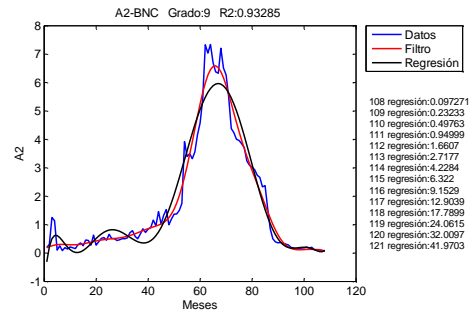
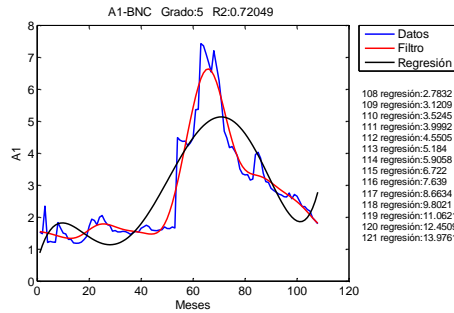
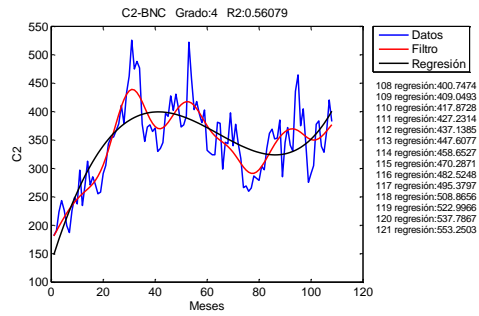
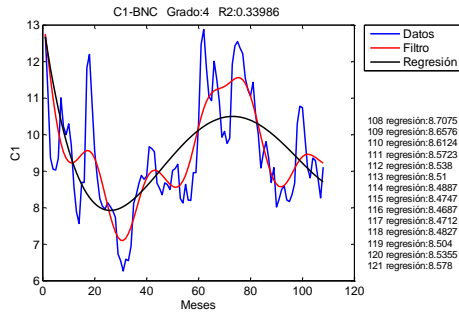


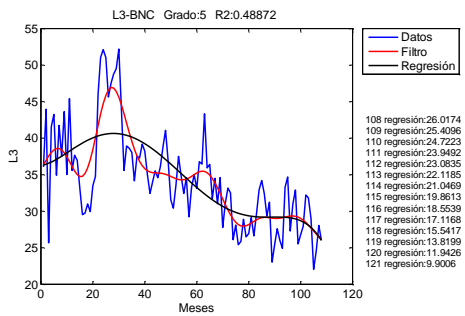
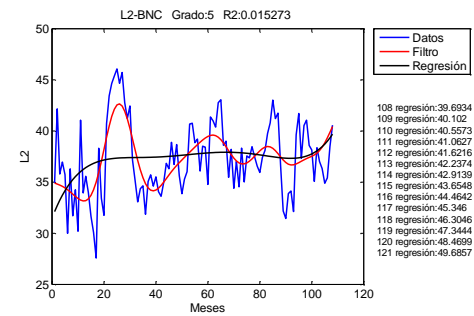
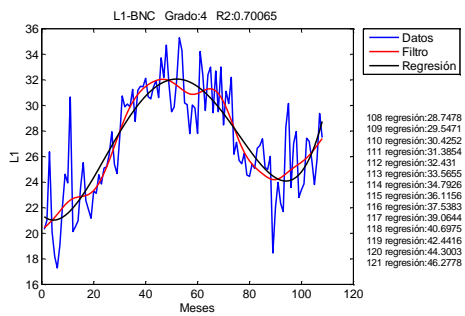
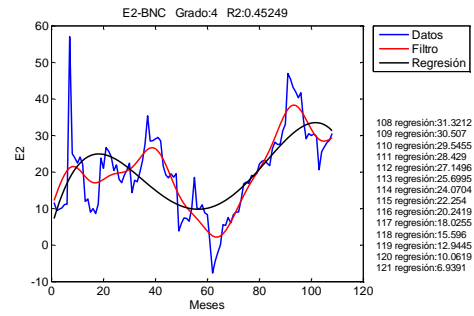
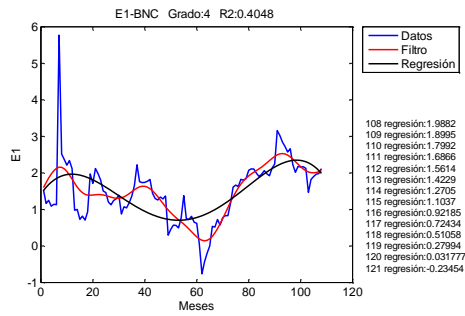
## Banco del Sur.





## Banco Nacional de Crédito.





### Anexo #3

Reglas difusas realizadas por expertos, en su criterio amplio.

Reglas Difusas para C.

| C  |    |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|----------|-----------|
| 1  | Si | C1=MA | y | C2=MA | Entonces | C=mala    |
| 2  | Si | C1=A  | y | C2=A  | Entonces | C=mala    |
| 3  | Si | C1=M  | y | C2=M  | Entonces | C=regular |
| 4  | Si | C1=B  | y | C2=B  | Entonces | C=regular |
| 5  | Si | C1=MB | y | C2=MB | Entonces | C=bueno   |
| 6  | Si | C1=MA | y | C2=A  | Entonces | C=mala    |
| 7  | Si | C1=A  | y | C2=MA | Entonces | C=mala    |
| 8  | Si | C1=M  | y | C2=A  | Entonces | C=mala    |
| 9  | Si | C1=A  | y | C2=M  | Entonces | C=mala    |
| 10 | Si | C1=B  | y | C2=A  | Entonces | C=mala    |
| 11 | Si | C1=A  | y | C2=B  | Entonces | C=mala    |
| 12 | Si | C1=B  | y | C2=MA | Entonces | C=mala    |
| 13 | Si | C1=MA | y | C2=B  | Entonces | C=mala    |
| 14 | Si | C1=MB | y | C2=A  | Entonces | C=mala    |
| 15 | Si | C1=A  | y | C2=MB | Entonces | C=mala    |
| 16 | Si | C1=MB | y | C2=B  | Entonces | C=bueno   |
| 17 | Si | C1=B  | y | C2=MB | Entonces | C=bueno   |
| 18 | Si | C1=MB | y | C2=MA | Entonces | C=mala    |
| 19 | Si | C1=MA | y | C2=MB | Entonces | C=mala    |
| 20 | Si | C1=M  | y | C2=MA | Entonces | C=mala    |
| 21 | Si | C1=MA | y | C2=M  | Entonces | C=mala    |
| 22 | Si | C1=M  | y | C2=MB | Entonces | C=regular |
| 23 | Si | C1=MB | y | C2=M  | Entonces | C=regular |
| 24 | Si | C1=B  | y | C2=M  | Entonces | C=regular |
| 25 | Si | C1=M  | y | C2=B  | Entonces | C=regular |

Reglas Difusas para A.

| A  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 1  | Si | A1=MA | y | A2=MA | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 2  | Si | A1=A  | y | A2=A  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 3  | Si | A1=M  | y | A2=M  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 4  | Si | A1=B  | y | A2=B  | y | A3=B  | Entonces | A=bueno   |
| 5  | Si | A1=MB | y | A2=MB | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 6  | Si | A1=MA | y | A2=MA | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 7  | Si | A1=MA | y | A2=MA | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 8  | Si | A1=MA | y | A2=MA | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 9  | Si | A1=MA | y | A2=MA | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 10 | Si | A1=A  | y | A2=A  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 11 | Si | A1=A  | y | A2=A  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 12 | Si | A1=A  | y | A2=A  | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 13 | Si | A1=A  | y | A2=A  | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 14 | Si | A1=M  | y | A2=M  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 15 | Si | A1=M  | y | A2=M  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 16 | Si | A1=M  | y | A2=M  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 17 | Si | A1=M  | y | A2=M  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 18 | Si | A1=B  | y | A1=B  | y | A3=A  | Entonces | A=regular |
| 19 | Si | A1=B  | y | A1=B  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 20 | Si | A1=B  | y | A1=B  | y | A3=MA | Entonces | A=regular |
| 21 | Si | A1=B  | y | A1=B  | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 22 | Si | A1=MB | y | A1=MB | y | A3=A  | Entonces | A=regular |
| 23 | Si | A1=MB | y | A1=MB | y | A3=MA | Entonces | A=regular |
| 24 | Si | A1=MB | y | A1=MB | y | A3=B  | Entonces | A=bueno   |
| 25 | Si | A1=MB | y | A1=MB | y | A3=M  | Entonces | A=bueno   |
| 26 | Si | A1=MA | y | A2=A  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 27 | Si | A1=MA | y | A2=A  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 28 | Si | A1=MA | y | A2=A  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 29 | Si | A1=MA | y | A2=A  | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 30 | Si | A1=MA | y | A2=A  | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 31 | Si | A1=A  | y | A2=MA | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 32 | Si | A1=A  | y | A2=MA | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 33 | Si | A1=A  | y | A2=MA | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 34 | Si | A1=A  | y | A2=MA | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 35 | Si | A1=A  | y | A2=MA | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |



Reglas Difusas para A.(Continuación)

| A  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 36 | Si | A1=M  | y | A2=A  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 37 | Si | A1=M  | y | A2=A  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 38 | Si | A1=M  | y | A2=A  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 39 | Si | A1=M  | y | A2=A  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 40 | Si | A1=M  | y | A2=A  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 41 | Si | A1=A  | y | A2=M  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 42 | Si | A1=A  | y | A2=M  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 43 | Si | A1=A  | y | A2=M  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 44 | Si | A1=A  | y | A2=M  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 45 | Si | A1=A  | y | A2=M  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 46 | Si | A1=M  | y | A2=MA | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 47 | Si | A1=M  | y | A2=MA | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 48 | Si | A1=M  | y | A2=MA | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 49 | Si | A1=M  | y | A2=MA | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 50 | Si | A1=M  | y | A2=MA | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 51 | Si | A1=MB | y | A2=M  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 52 | Si | A1=MB | y | A2=M  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 53 | Si | A1=MB | y | A2=M  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 54 | Si | A1=MB | y | A2=M  | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 55 | Si | A1=MB | y | A2=M  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 56 | Si | A1=M  | y | A1=MB | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 57 | Si | A1=M  | y | A1=MB | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 58 | Si | A1=M  | y | A1=MB | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 59 | Si | A1=M  | y | A1=MB | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 60 | Si | A1=M  | y | A1=MB | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 61 | Si | A1=B  | y | A2=M  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 62 | Si | A1=B  | y | A2=M  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 63 | Si | A1=B  | y | A2=M  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 64 | Si | A1=B  | y | A2=M  | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 65 | Si | A1=B  | y | A2=M  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 66 | Si | A1=MB | y | A1=B  | y | A3=A  | Entonces | A=regular |
| 67 | Si | A1=MB | y | A1=B  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 68 | Si | A1=MB | y | A1=B  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 69 | Si | A1=MB | y | A1=B  | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 70 | Si | A1=MB | y | A1=B  | y | A3=B  | Entonces | A=bueno   |
| 71 | Si | A1=A  | y | A1=MB | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |

Reglas Difusas para A.(Continuación)

| A   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 72  | Si | A1=A  | y | A1=MB | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 73  | Si | A1=A  | y | A1=MB | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 74  | Si | A1=A  | y | A1=MB | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 75  | Si | A1=A  | y | A1=MB | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 76  | Si | A1=MB | y | A2=A  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 77  | Si | A1=MB | y | A2=A  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 78  | Si | A1=MB | y | A2=A  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 79  | Si | A1=MB | y | A2=A  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 80  | Si | A1=MB | y | A2=A  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 81  | Si | A1=MA | y | A1=MB | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 82  | Si | A1=MA | y | A1=MB | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 83  | Si | A1=MA | y | A1=MB | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 84  | Si | A1=MA | y | A1=MB | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 85  | Si | A1=MA | y | A1=MB | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 86  | Si | A1=M  | y | A1=B  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 87  | Si | A1=M  | y | A1=B  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |
| 88  | Si | A1=M  | y | A1=B  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 89  | Si | A1=M  | y | A1=B  | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 90  | Si | A1=M  | y | A1=B  | y | A3=B  | Entonces | A=bueno   |
| 91  | Si | A1=B  | y | A2=A  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 92  | Si | A1=B  | y | A2=A  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 93  | Si | A1=B  | y | A2=A  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 94  | Si | A1=B  | y | A2=A  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 95  | Si | A1=B  | y | A2=A  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 96  | Si | A1=MA | y | A1=B  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 97  | Si | A1=MA | y | A1=B  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 98  | Si | A1=MA | y | A1=B  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 99  | Si | A1=MA | y | A1=B  | y | A3=MB | Entonces | A=mala    |
| 100 | Si | A1=MA | y | A1=B  | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 101 | Si | A1=MB | y | A2=MA | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 102 | Si | A1=MB | y | A2=MA | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 103 | Si | A1=MB | y | A2=MA | y | A3=B  | Entonces | A=mala    |
| 104 | Si | A1=MB | y | A2=MA | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 105 | Si | A1=MB | y | A2=MA | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 106 | Si | A1=A  | y | A1=B  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 107 | Si | A1=A  | y | A1=B  | y | A3=M  | Entonces | A=regular |

Reglas Difusas para A.(Continuación)

| A   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 108 | Si | A1=A  | y | A1=B  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 109 | Si | A1=A  | y | A1=B  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 110 | Si | A1=A  | y | A1=B  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 111 | Si | A1=B  | y | A1=MB | y | A3=A  | Entonces | A=regular |
| 112 | Si | A1=B  | y | A1=MB | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 113 | Si | A1=B  | y | A1=MB | y | A3=B  | Entonces | A=bueno   |
| 114 | Si | A1=B  | y | A1=MB | y | A3=MB | Entonces | A=bueno   |
| 115 | Si | A1=B  | y | A1=MB | y | A3=M  | Entonces | A=bueno   |
| 116 | Si | A1=MA | y | A2=M  | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 117 | Si | A1=MA | y | A2=M  | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |
| 118 | Si | A1=MA | y | A2=M  | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 119 | Si | A1=MA | y | A2=M  | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 120 | Si | A1=MA | y | A2=M  | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 121 | Si | A1=B  | y | A2=MA | y | A3=A  | Entonces | A=mala    |
| 122 | Si | A1=B  | y | A2=MA | y | A3=MA | Entonces | A=mala    |
| 123 | Si | A1=B  | y | A2=MA | y | A3=B  | Entonces | A=regular |
| 124 | Si | A1=B  | y | A2=MA | y | A3=MB | Entonces | A=regular |
| 125 | Si | A1=B  | y | A2=MA | y | A3=M  | Entonces | A=mala    |

Reglas Difusas para M.

| M  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 1  | Si | M1=MA | y | M2=MA | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 2  | Si | M1=A  | y | M2=A  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 3  | Si | M1=M  | y | M2=M  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 4  | Si | M1=B  | y | M2=B  | y | M3=B  | Entonces | M=bueno   |
| 5  | Si | M1=MB | y | M2=MB | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 6  | Si | M1=MA | y | M2=MA | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 7  | Si | M1=MA | y | M2=MA | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 8  | Si | M1=MA | y | M2=MA | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 9  | Si | M1=MA | y | M2=MA | y | M3=MB | Entonces | M=mala    |
| 10 | Si | M1=A  | y | M2=A  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 11 | Si | M1=A  | y | M2=A  | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 12 | Si | M1=A  | y | M2=A  | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |

Reglas Difusas para M.(Continuación)

| M  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 13 | Si | M1=A  | y | M2=A  | y | M3=MB | Entonces | M=mala    |
| 14 | Si | M1=M  | y | M2=M  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 15 | Si | M1=M  | y | M2=M  | y | M3=MA | Entonces | M=regular |
| 16 | Si | M1=M  | y | M2=M  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 17 | Si | M1=M  | y | M2=M  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 18 | Si | M1=B  | y | M2=B  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 19 | Si | M1=B  | y | M2=B  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 20 | Si | M1=B  | y | M2=B  | y | M3=MA | Entonces | M=regular |
| 21 | Si | M1=B  | y | M2=B  | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 22 | Si | M1=MB | y | M2=MB | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 23 | Si | M1=MB | y | M2=MB | y | M3=MA | Entonces | M=regular |
| 24 | Si | M1=MB | y | M2=MB | y | M3=B  | Entonces | M=bueno   |
| 25 | Si | M1=MB | y | M2=MB | y | M3=M  | Entonces | M=bueno   |
| 26 | Si | M1=MA | y | M2=A  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 27 | Si | M1=MA | y | M2=A  | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 28 | Si | M1=MA | y | M2=A  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 29 | Si | M1=MA | y | M2=A  | y | M3=MB | Entonces | M=mala    |
| 30 | Si | M1=MA | y | M2=A  | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 31 | Si | M1=A  | y | M2=MA | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 32 | Si | M1=A  | y | M2=MA | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 33 | Si | M1=A  | y | M2=MA | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 34 | Si | M1=A  | y | M2=MA | y | M3=MB | Entonces | M=mala    |
| 35 | Si | M1=A  | y | M2=MA | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 36 | Si | M1=M  | y | M2=A  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 37 | Si | M1=M  | y | M2=A  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 38 | Si | M1=M  | y | M2=A  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 39 | Si | M1=M  | y | M2=A  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 40 | Si | M1=M  | y | M2=A  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 41 | Si | M1=A  | y | M2=M  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 42 | Si | M1=A  | y | M2=M  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 43 | Si | M1=A  | y | M2=M  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 44 | Si | M1=A  | y | M2=M  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 45 | Si | M1=A  | y | M2=M  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 46 | Si | M1=M  | y | M2=MA | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 47 | Si | M1=M  | y | M2=MA | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |

Reglas Difusas para M.(Continuación)

| M  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 48 | Si | M1=M  | y | M2=MA | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 49 | Si | M1=M  | y | M2=MA | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 50 | Si | M1=M  | y | M2=MA | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 51 | Si | M1=MB | y | M2=M  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 52 | Si | M1=MB | y | M2=M  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 53 | Si | M1=MB | y | M2=M  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 54 | Si | M1=MB | y | M2=M  | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 55 | Si | M1=MB | y | M2=M  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 56 | Si | M1=M  | y | M2=MB | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 57 | Si | M1=M  | y | M2=MB | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 58 | Si | M1=M  | y | M2=MB | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 59 | Si | M1=M  | y | M2=MB | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 60 | Si | M1=M  | y | M2=MB | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 61 | Si | M1=B  | y | M2=M  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 62 | Si | M1=B  | y | M2=M  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 63 | Si | M1=B  | y | M2=M  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 64 | Si | M1=B  | y | M2=M  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 65 | Si | M1=B  | y | M2=M  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 66 | Si | M1=MB | y | M2=B  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 67 | Si | M1=MB | y | M2=B  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 68 | Si | M1=MB | y | M2=B  | y | M3=MA | Entonces | M=regular |
| 69 | Si | M1=MB | y | M2=B  | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 70 | Si | M1=MB | y | M2=B  | y | M3=B  | Entonces | M=bueno   |
| 71 | Si | M1=A  | y | M2=MB | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 72 | Si | M1=A  | y | M2=MB | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 73 | Si | M1=A  | y | M2=MB | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 74 | Si | M1=A  | y | M2=MB | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 75 | Si | M1=A  | y | M2=MB | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 76 | Si | M1=MB | y | M2=A  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 77 | Si | M1=MB | y | M2=A  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 78 | Si | M1=MB | y | M2=A  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 79 | Si | M1=MB | y | M2=A  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 80 | Si | M1=MB | y | M2=A  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 81 | Si | M1=MA | y | M2=MB | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 82 | Si | M1=MA | y | M2=MB | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 83 | Si | M1=MA | y | M2=MB | y | M3=B  | Entonces | M=regular |

Reglas Difusas para M. (Continuación)

| M   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 84  | Si | M1=MA | y | M2=MB | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 85  | Si | M1=MA | y | M2=MB | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 86  | Si | M1=M  | y | M2=B  | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 87  | Si | M1=M  | y | M2=B  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 88  | Si | M1=M  | y | M2=B  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 89  | Si | M1=M  | y | M2=B  | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 90  | Si | M1=M  | y | M2=B  | y | M3=B  | Entonces | M=bueno   |
| 91  | Si | M1=B  | y | M2=A  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 92  | Si | M1=B  | y | M2=A  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 93  | Si | M1=B  | y | M2=A  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 94  | Si | M1=B  | y | M2=A  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 95  | Si | M1=B  | y | M2=A  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 96  | Si | M1=MA | y | M2=B  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 97  | Si | M1=MA | y | M2=B  | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 98  | Si | M1=MA | y | M2=B  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 99  | Si | M1=MA | y | M2=B  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 100 | Si | M1=MA | y | M2=B  | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 101 | Si | M1=MB | y | M2=MA | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 102 | Si | M1=MB | y | M2=MA | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 103 | Si | M1=MB | y | M2=MA | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 104 | Si | M1=MB | y | M2=MA | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 105 | Si | M1=MB | y | M2=MA | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 106 | Si | M1=A  | y | M2=B  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 107 | Si | M1=A  | y | M2=B  | y | M3=M  | Entonces | M=regular |
| 108 | Si | M1=A  | y | M2=B  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 109 | Si | M1=A  | y | M2=B  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 110 | Si | M1=A  | y | M2=B  | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 111 | Si | M1=B  | y | M2=MB | y | M3=A  | Entonces | M=regular |
| 112 | Si | M1=B  | y | M2=MB | y | M3=MA | Entonces | M=regular |
| 113 | Si | M1=B  | y | M2=MB | y | M3=B  | Entonces | M=bueno   |
| 114 | Si | M1=B  | y | M2=MB | y | M3=MB | Entonces | M=bueno   |
| 115 | Si | M1=B  | y | M2=MB | y | M3=M  | Entonces | M=bueno   |
| 116 | Si | M1=MA | y | M2=M  | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 117 | Si | M1=MA | y | M2=M  | y | M3=M  | Entonces | M=mala    |
| 118 | Si | M1=MA | y | M2=M  | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |

Reglas Difusas para M.(Continuación)

| M   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 119 | Si | M1=MA | y | M2=M  | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 120 | Si | M1=MA | y | M2=M  | y | M3=B  | Entonces | M=mala    |
| 121 | Si | M1=B  | y | M2=MA | y | M3=A  | Entonces | M=mala    |
| 122 | Si | M1=B  | y | M2=MA | y | M3=MA | Entonces | M=mala    |
| 123 | Si | M1=B  | y | M2=MA | y | M3=B  | Entonces | M=regular |
| 124 | Si | M1=B  | y | M2=MA | y | M3=MB | Entonces | M=regular |
| 125 | Si | M1=B  | y | M2=MA | y | M3=M  | Entonces | M=regular |

Reglas Difusas para E.

| E  |    |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|----------|-----------|
| 1  | Si | E1=MA | y | E2=MA | Entonces | E=mala    |
| 2  | Si | E1=A  | y | E2=A  | Entonces | E=mala    |
| 3  | Si | E1=M  | y | E2=M  | Entonces | E=regular |
| 4  | Si | E1=B  | y | E2=B  | Entonces | E=bueno   |
| 5  | Si | E1=MB | y | E2=MB | Entonces | E=bueno   |
| 6  | Si | E1=MA | y | E2=A  | Entonces | E=mala    |
| 7  | Si | E1=A  | y | E2=MA | Entonces | E=mala    |
| 8  | Si | E1=M  | y | E2=A  | Entonces | E=regular |
| 9  | Si | E1=A  | y | E2=M  | Entonces | E=regular |
| 10 | Si | E1=B  | y | E2=A  | Entonces | E=regular |
| 11 | Si | E1=A  | y | E2=B  | Entonces | E=regular |
| 12 | Si | E1=B  | y | E2=MA | Entonces | E=mala    |
| 13 | Si | E1=MA | y | E2=B  | Entonces | E=mala    |
| 14 | Si | E1=MB | y | E2=A  | Entonces | E=regular |
| 15 | Si | E1=A  | y | E2=MB | Entonces | E=regular |
| 16 | Si | E1=MB | y | E2=B  | Entonces | E=bueno   |
| 17 | Si | E1=B  | y | E2=MB | Entonces | E=bueno   |
| 18 | Si | E1=MB | y | E2=MA | Entonces | E=mala    |
| 19 | Si | E1=MA | y | E2=MB | Entonces | E=mala    |
| 20 | Si | E1=M  | y | E2=MA | Entonces | E=mala    |
| 21 | Si | E1=MA | y | E2=M  | Entonces | E=mala    |
| 22 | Si | E1=M  | y | E2=MB | Entonces | E=regular |
| 23 | Si | E1=MB | y | E2=M  | Entonces | E=regular |
| 24 | Si | E1=B  | y | E2=M  | Entonces | E=regular |
| 25 | Si | E1=M  | y | E2=B  | Entonces | E=regular |

Reglas Difusas para L.

| L  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 1  | Si | L1=MA | y | L2=MA | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 2  | Si | L1=A  | y | L2=A  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 3  | Si | L1=M  | y | L2=M  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 4  | Si | L1=B  | y | L2=B  | y | L3=B  | Entonces | L=bueno   |
| 5  | Si | L1=MB | y | L2=MB | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 6  | Si | L1=MA | y | L2=MA | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 7  | Si | L1=MA | y | L2=MA | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 8  | Si | L1=MA | y | L2=MA | y | L3=B  | Entonces | L=mala    |
| 9  | Si | L1=MA | y | L2=MA | y | L3=MB | Entonces | L=mala    |
| 10 | Si | L1=A  | y | L2=A  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 11 | Si | L1=A  | y | L2=A  | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 12 | Si | L1=A  | y | L2=A  | y | L3=B  | Entonces | L=mala    |
| 13 | Si | L1=A  | y | L2=A  | y | L3=MB | Entonces | L=mala    |
| 14 | Si | L1=M  | y | L2=M  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 15 | Si | L1=M  | y | L2=M  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 16 | Si | L1=M  | y | L2=M  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 17 | Si | L1=M  | y | L2=M  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 18 | Si | L1=B  | y | L2=B  | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 19 | Si | L1=B  | y | L2=B  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 20 | Si | L1=B  | y | L2=B  | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 21 | Si | L1=B  | y | L2=B  | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 22 | Si | L1=MB | y | L2=MB | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 23 | Si | L1=MB | y | L2=MB | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 24 | Si | L1=MB | y | L2=MB | y | L3=B  | Entonces | L=bueno   |
| 25 | Si | L1=MB | y | L2=MB | y | L3=M  | Entonces | L=bueno   |
| 26 | Si | L1=MA | y | L2=A  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 27 | Si | L1=MA | y | L2=A  | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 28 | Si | L1=MA | y | L2=A  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 29 | Si | L1=MA | y | L2=A  | y | L3=MB | Entonces | L=mala    |
| 30 | Si | L1=MA | y | L2=A  | y | L3=B  | Entonces | L=mala    |
| 31 | Si | L1=A  | y | L2=MA | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 32 | Si | L1=A  | y | L2=MA | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 33 | Si | L1=A  | y | L2=MA | y | L3=B  | Entonces | L=mala    |
| 34 | Si | L1=A  | y | L2=MA | y | L3=MB | Entonces | L=mala    |



Reglas Difusas para L.(Continuación)

| L  |    |       |   |       |   |       |          |           |
|----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 35 | Si | L1=A  | y | L2=MA | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 36 | Si | L1=M  | y | L2=A  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 37 | Si | L1=M  | y | L2=A  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 38 | Si | L1=M  | y | L2=A  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 39 | Si | L1=M  | y | L2=A  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 40 | Si | L1=M  | y | L2=A  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 41 | Si | L1=A  | y | L2=M  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 42 | Si | L1=A  | y | L2=M  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 43 | Si | L1=A  | y | L2=M  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 44 | Si | L1=A  | y | L2=M  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 45 | Si | L1=A  | y | L2=M  | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 46 | Si | L1=M  | y | L2=MA | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 47 | Si | L1=M  | y | L2=MA | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 48 | Si | L1=M  | y | L2=MA | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 49 | Si | L1=M  | y | L2=MA | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 50 | Si | L1=M  | y | L2=MA | y | L3=B  | Entonces | L=mala    |
| 51 | Si | L1=MB | y | L2=M  | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 52 | Si | L1=MB | y | L2=M  | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 53 | Si | L1=MB | y | L2=M  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 54 | Si | L1=MB | y | L2=M  | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 55 | Si | L1=MB | y | L2=M  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 56 | Si | L1=M  | y | L2=MB | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 57 | Si | L1=M  | y | L2=MB | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 58 | Si | L1=M  | y | L2=MB | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 59 | Si | L1=M  | y | L2=MB | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 60 | Si | L1=M  | y | L2=MB | y | L3=B  | Entonces | L=bueno   |
| 61 | Si | L1=B  | y | L2=M  | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 62 | Si | L1=B  | y | L2=M  | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 63 | Si | L1=B  | y | L2=M  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 64 | Si | L1=B  | y | L2=M  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 65 | Si | L1=B  | y | L2=M  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 66 | Si | L1=MB | y | L2=B  | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 67 | Si | L1=MB | y | L2=B  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 68 | Si | L1=MB | y | L2=B  | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 69 | Si | L1=MB | y | L2=B  | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |

Reglas Difusas para L.(Continuación).

| L   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 70  | Si | L1=MB | y | L2=B  | y | L3=B  | Entonces | L=bueno   |
| 71  | Si | L1=A  | y | L2=MB | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 72  | Si | L1=A  | y | L2=MB | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 73  | Si | L1=A  | y | L2=MB | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 74  | Si | L1=A  | y | L2=MB | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 75  | Si | L1=A  | y | L2=MB | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 76  | Si | L1=MB | y | L2=A  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 77  | Si | L1=MB | y | L2=A  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 78  | Si | L1=MB | y | L2=A  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 79  | Si | L1=MB | y | L2=A  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 80  | Si | L1=MB | y | L2=A  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 81  | Si | L1=MA | y | L2=MB | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 82  | Si | L1=MA | y | L2=MB | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 83  | Si | L1=MA | y | L2=MB | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 84  | Si | L1=MA | y | L2=MB | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 85  | Si | L1=MA | y | L2=MB | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 86  | Si | L1=M  | y | L2=B  | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 87  | Si | L1=M  | y | L2=B  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 88  | Si | L1=M  | y | L2=B  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 89  | Si | L1=M  | y | L2=B  | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 90  | Si | L1=M  | y | L2=B  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 91  | Si | L1=B  | y | L2=A  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 92  | Si | L1=B  | y | L2=A  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 93  | Si | L1=B  | y | L2=A  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 94  | Si | L1=B  | y | L2=A  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 95  | Si | L1=B  | y | L2=A  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 96  | Si | L1=MA | y | L2=B  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 97  | Si | L1=MA | y | L2=B  | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 98  | Si | L1=MA | y | L2=B  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 99  | Si | L1=MA | y | L2=B  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 100 | Si | L1=MA | y | L2=B  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 101 | Si | L1=MB | y | L2=MA | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 102 | Si | L1=MB | y | L2=MA | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 103 | Si | L1=MB | y | L2=MA | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 104 | Si | L1=MB | y | L2=MA | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 105 | Si | L1=MB | y | L2=MA | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |

Reglas Difusas para L.(Continuación).

| L   |    |       |   |       |   |       |          |           |
|-----|----|-------|---|-------|---|-------|----------|-----------|
| 106 |    | L1=A  | y | L2=B  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 107 | Si | L1=A  | y | L2=B  | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 108 | Si | L1=A  | y | L2=B  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 109 | Si | L1=A  | y | L2=B  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 110 | Si | L1=A  | y | L2=B  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 111 | Si | L1=B  | y | L2=MB | y | L3=A  | Entonces | L=regular |
| 112 | Si | L1=B  | y | L2=MB | y | L3=MA | Entonces | L=regular |
| 113 | Si | L1=B  | y | L2=MB | y | L3=B  | Entonces | L=bueno   |
| 114 | Si | L1=B  | y | L2=MB | y | L3=MB | Entonces | L=bueno   |
| 115 | Si | L1=B  | y | L2=MB | y | L3=M  | Entonces | L=regular |
| 116 | Si | L1=MA | y | L2=M  | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 117 | Si | L1=MA | y | L2=M  | y | L3=M  | Entonces | L=mala    |
| 118 | Si | L1=MA | y | L2=M  | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 119 | Si | L1=MA | y | L2=M  | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 120 | Si | L1=MA | y | L2=M  | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 121 | Si | L1=B  | y | L2=MA | y | L3=A  | Entonces | L=mala    |
| 122 | Si | L1=B  | y | L2=MA | y | L3=MA | Entonces | L=mala    |
| 123 | Si | L1=B  | y | L2=MA | y | L3=B  | Entonces | L=regular |
| 124 | Si | L1=B  | y | L2=MA | y | L3=MB | Entonces | L=regular |
| 125 | Si | L1=B  | y | L2=MA | y | L3=M  | Entonces | L=regular |

## Anexo#4

Reglas Difusas utilizando las Matrices de Ciliberti.

Matriz de Ciliberti para M.

|    |    | M3=regular |           |         |          |          |
|----|----|------------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | M2         |           |         |          |          |
|    |    | MB         | B         | M       | A        | MA       |
| M1 | MA | regular    | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno      | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno      | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno  | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno  | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |

|    |    | M3=mala   |           |         |          |          |
|----|----|-----------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | M2        |           |         |          |          |
|    |    | MB        | B         | M       | A        | MA       |
| M1 | MA | regular   | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno     | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno     | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |

|    |    | M3=muy mala |           |           |          |          |
|----|----|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |    | M2          |           |           |          |          |
|    |    | MB          | B         | M         | A        | MA       |
| M1 | MA | regular     | mala      | muy mala  | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno       | regular   | mala      | muy mala | muy mala |
|    | M  | muy bueno   | bueno     | regular   | mala     | muy mala |
|    | B  | muy bueno   | muy bueno | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno   | muy bueno | muy bueno | bueno    | regular  |

Matriz de Ciliberti para M.(Continuación).

|    |    | M3=bueno  |           |         |          |          |
|----|----|-----------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | M2        |           |         |          |          |
|    |    | MB        | B         | M       | A        | MA       |
| M1 | MA | regular   | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno     | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno     | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |

|    |    | M3=muy bueno |           |           |          |          |
|----|----|--------------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |    | M2           |           |           |          |          |
|    |    | MB           | B         | M         | A        | MA       |
| M1 | MA | regular      | mala      | muy mala  | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno        | regular   | mala      | muy mala | muy mala |
|    | M  | muy bueno    | bueno     | regular   | mala     | muy mala |
|    | B  | muy bueno    | muy bueno | bueno     | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno    | muy bueno | muy bueno | bueno    | regular  |

Matriz de Ciliberti para E.

|    |    | E2        |           |         |          |          |
|----|----|-----------|-----------|---------|----------|----------|
|    |    | MB        | B         | M       | A        | MA       |
| E1 | MA | regular   | mala      | mala    | muy mala | muy mala |
|    | A  | bueno     | regular   | mala    | mala     | muy mala |
|    | M  | bueno     | bueno     | regular | mala     | mala     |
|    | B  | muy bueno | bueno     | bueno   | regular  | mala     |
|    | MB | muy bueno | muy bueno | bueno   | bueno    | regular  |