



MODELO DE GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS CREDITICIOS PARA EL SECTOR REAL COOPERATIVO

MIGUEL EDUARDO LEMUS SOLANO

Universidad EAN

Facultad

Maestría en Gestión Financiera

Bogotá, Colombia

2020

MODELO DE GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS CREDITICIOS EN EL SECTOR REAL COOPERATIVO

MIGUEL EDUARDO LEMUS SOLANO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gestión Financiera

Director (a):

JOHANATAN DAVID FRANCO

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Facultad

Maestría en Gestión Financiera

Bogotá, Colombia

2020

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C. Día - mes – año

Dedicatoria

La presente monografía es dedicada a mis padres, que, sin su apoyo y respaldo continuo, no hubiese podido alcanzar esta meta profesional tan anhelada. La mayor parte de mis logros y metas conseguidas se los debo a ellos, que con sus enseñanzas, consejos y motivaciones lograron forjar en mí la persona que hoy en día soy. Infinitas Gracias.

Resumen

La presente monografía se enfoca en el desarrollo de un sistema integral de Riesgo Crediticio como mecanismo de apoyo para la sostenibilidad y el crecimiento de las entidades del Sector Real Solidario, a través de una metodología que pretende robustecer las principales variables que intervienen dentro del Sistema de Administración del Riesgo Crédito, buscando disminuir el deterioro de la cartera y fortaleciendo la constitución de provisiones.

La estructura del trabajo está enfocada en la definición de los objetivos generales y específicos como puntos clave para el desarrollo de la tesis. En segunda instancia, se establece el marco de referencia, entendido este como el escenario económico, visto desde una perspectiva histórica, en que se ha desarrollado el sector solidario, afectado, como cualquier sector económico, por épocas de auge y de crisis.

Seguidamente construimos la hipótesis, entendida esta como la necesidad de explicar el alto índice de cartera vencida, a partir de criterios técnicos asociados con la capacidad de pago de los asociados de las cooperativas de aporte y crédito que hacen uso de este sistema de financiamiento.

Luego desarrollamos la metodología de trabajo de campo, finalmente, proponer un modelo de gestión del riesgo de crédito con un modelo matemático que desarrolla un scoring correlacionando variables influyentes y combinándolo con la aplicación de la metodología del algoritmo KNN, el cual, según los resultados dados, se puede establecer con un alto grado de certidumbre, si una operación crediticia puede entrar o no en incumplimiento, con base en ponderaciones ajenas al criterio subjetivo de la administración.

De igual manera, se desarrolla para este sector, los modelos de referencia de provisión para las carteras Comercial y Consumo exigidos por la Superintendencia Financiera de Colombia buscando

dar una mayor cobertura en el deterioro de la cartera y determinar el grado de resistencia de la entidad a partir del esquema de apetito de riesgo desarrollado dentro del modelo.

En conclusión, frente a la visión de la Superintendencia de la Economía Solidaria sobre la posibilidad de implementar, en el corto plazo, políticas y normativas en relación con el Sistema de Administración de Riesgo Crediticio para las Cooperativas del Sector Real Solidario, bajo el entendido que si bien no ejercen actividad financiera por no captar ahorros del público, la adopción de este instrumento para la implementación de una estructura crediticia que fortalezca la cartera por parte de estas organizaciones, no puede ser de carácter optativo, sino obligatoria, dado que, por ser entidades cuya principal fuente de financiación son los aportes sociales de sus asociados, y su fuente de recursos son los derivados del crédito, se vuelve indispensable la creación de un esquema que solvete la estructura crediticia de este sector, en cuanto a la administración y gestión de la cartera.

Palabras Clave

Scoring de crédito, Provisión procíclica, Provisión contracíclicas, apetito de riesgo, Cooperativas del Sector Real, KNN (K-Nearest-Neighbor).

Abstract

This monograph focuses on the implementation of a comprehensive Credit Risk System as a support mechanism for the sustainability and growth of the entities of the Real Solidarity Sector, through a methodology that aims to strengthen the main variables that intervene within the System of Credit Risk Management seeking to reduce the deterioration of the portfolio and strengthening the constitution of provisions.

The structure of the work is focused in the first instance on the introduction of the monograph with the respective general and specific objectives as key points for the development of the thesis. In the second instance, a brief approximation of the Colombian Cooperative environment is made from a dynamic perspective that is, examining the economic behavior in a time horizon in order to understand the structure of the sector and its financial approach in recent years, a brief description is made of the size to which the credit risk management model is directed and the concentration in terms of number of entities and associates that the Real Solidarity Sector has.

In the third instance, consisting of the technical development of the proposal for a Credit Risk Management and Assessment Model in Cooperatives in the Real Sector, based on a mathematical model that allows defining a scoring from the correlation of variables influencing the development of the scoring combining it with the application of the KNN allegorist methodology, which, according to the results given, can be established with a high degree of certainty, whether or not a credit operation will enter into default based on weightings that are not subject to the subjective criteria of the administration. Similarly, for this sector, the reference models of provision for the Commercial and Consumer portfolios required by the Financial Superintendence of Colombia are developed, seeking to provide greater coverage in the deterioration of the portfolio and determine

the degree of resistance of the entity to starting from the risk appetite scheme developed within the model.

In conclusion, in view of the vision of the Superintendence of the Solidarity Economy on the possibility of implementing, in the short term, policies and regulations in relation to the Credit Risk Management System for Cooperatives of the Real Solidarity Sector, under the understanding that Although they do not exercise financial activity because they do not capture savings from the public, the adoption of this instrument for the implementation of a credit structure that strengthens the portfolio by these organizations cannot be optional, but mandatory, since, being entities whose main source of financing are the social contributions of their associates, and their main source of generating resources is the granting of credit, the creation of a scheme that solves the credit structure of this sector in terms of administration and management becomes essential from the portfolio.

Keywords

Credit Scoring, Procyclical Provision, Counter-cyclical Provision, Risk Appetite, Real Sector Cooperatives, KNN (K-Nearest-Neighbor).

Tabla de Contenido

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS	12
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. MARCO DE REFERENCIA.....	18
4.1 LAS CRISIS RECIENTES	19
4.2 EL TAMAÑO DEL SECTOR SOLIDARIO.....	21
4.3 LA GESTIÓN DEL RIESGO FINANCIERO	25
5. HIPÓTESIS.....	29
6. METODOLOGÍA.....	31
6.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE SCORING.....	32
6.1.1 PARÁMETROS DEL MODELO	32
6.1.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	33

6.2 KNN-NEAREST-NEIGHBOR	35
6.3 MODELO DE REFERENCIA COMERCIAL PARA EL CÁLCULO DE PROVISIÓN ...	37
6.4 MODELO DE REFERENCIA CONSUMO PARA EL CÁLCULO DE PROVISIÓN	40
6.5 APETITO DE RIESGO	47
7. TRABAJO DE CAMPO.....	53
7.1. DESARROLLO DEL MODELO DE RIESGO CREDITICIO	53
7.2 DESARROLLO DEL PROCESO DE SCORING.....	54
7.2.1 RESULTADOS DE REGRESIÓN	56
7.2.2 RESULTADOS DEL KNN.....	61
7.3 MODELO STRESSTESTING:	66
7.4 RESULTADOS APETITO DE RIESGO:	67
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
9. CONCLUSIONES.....	70
10. REFERENCIAS	71
ANEXO 1. RESULTADOS DE LA REGRESIÓN.....	74
ANEXO 2. MODELO DE RIESGO DE CRÉDITO	77
ANEXO 3. ANÁLISIS DISCRIMINANTE.....	78

Lista de Figuras

Figura 1. Variación Porcentual del Crecimiento del Sector Solidario (2002-2020).....	22
Figura 2. Comportamiento Histórico de la Cartera Vencida Cooperativas del Sector Real	26
Figura 3. Comportamiento Histórico del Margen Total Cooperativas del Sector Real.....	27
Figura 4. Comportamiento Histórico de la Cobertura de Cartera por Riesgo Cooperativas del Sector Real.	27
Figura 5. Comportamiento Histórico Rentabilidad Sobre el Patrimonio Cooperativas del Sector Real.	28
Figura 6. Niveles de Apetito de Riesgo	47
Figura 7. Simulación 1 Ingreso de Información Cliente 101.....	58
Figura 8. Simulación 1 Resultados Scoring Información Cliente 101.	59
Figura 9. Simulación 2 Ingreso de Información Cliente 101.....	60
Figura 10. Simulación 2 Resultados Scoring Información Cliente 101.	60
Figura 11. Puntaje Asignado según Scoring por Gráfica de Dispersión	62
Figura 12. Resultado del Indicador del Apetito de Riesgo.....	67
Figura 13. Resultado Límite del Apetito de Riesgo.....	67
Figura 14. Resultado Límite de Tolerancia de Riesgo.....	68
Figura 15. Resultado Límite de Capacidad de Riesgo.....	68

Lista de Tablas

Tabla 1. Tamaño del Sector Solidario.....	21
Tabla 2. Participación de la Cartera en el Sector Real Cooperativo.	28
Tabla.3 Parámetros de Scoring para Otorgamiento de Crédito.	32
Tabla.4 Resultados de Mínimos y Máximos del Modelo KNN.....	36
Tabla 5. Tipos de Garantías Utilizados para la Realización del Modelo.....	37
Tabla 6. Clasificación de Categorías.....	38
Tabla 7. Probabilidad de Incumplimiento Matriz A y B.....	39
Tabla 8. Pérdida dada el Incumplimiento	39
Tabla 9. Tipos de Garantías Utilizados para la Realización del Modelo.....	40
Tabla 10. Clasificación de Categorías.....	41
Tabla 11. Probabilidad de Incumplimiento Consumo	42
Tabla 12. Pérdida dada el Incumplimiento Consumo.....	43
Tabla 13. Puntajes Comportamiento de Moras.....	44
Tabla 14. Puntajes Según Categorías de Riesgo	46
Tabla.15 Resumen Menor Valores en el Cálculo KNN para la Simulación 1.....	62
Tabla.16 Resultados Metodología KNN Simulación 1.....	62
Tabla.17 Resumen Menor Valores en el Cálculo KNN para la Simulación 2.....	62
Tabla.18 Resultados Metodología KNN Simulación 2.....	62

Tabla.19 Composición de la Cartera.....	63
Tabla 20. Porcentaje para Cálculo de Provisión por Tipo de Cartera.....	64
Tabla 21. Resultados de Provisión Modelo Estándar SES.....	65
Tabla 22. Resultados de Provisión Esquema Desarrollado.....	66
Tabla 23. Resultados Modelos de Referencia Versus Stresstesting.....	66

1. Introducción

En Colombia, el segmento del Cooperativismo del Sector Real Solidario también denominado de Aporte y Crédito es un segmento importante en relación con las distintas modalidades de empresas que integran la Economía Solidaria. No obstante, su importancia no está aparejada con instrumentos idóneos que permitan evaluar el riesgo crediticio, ya sea porque no es exigible por parte del organismo de vigilancia, inspección y control del Estado o porque buena parte de sus administradores, independientemente de si hay o no tal exigencia, no lo han adoptado dentro de su cultura administrativa.

La falta de instrumentos de control financiero para este tipo de organizaciones, atribuible al hecho de no ejercer actividad financiera de conformidad al artículo 39 de la Ley 454 de 1998, significa que el cooperativismo del sector real carece de herramientas de gestión financiera que pueden afectar la marcha de los negocios y la capacidad de generar recursos para ofrecer servicios a los asociados y para tener acceso a fuentes de financiación que aseguren su sostenibilidad.

Como consecuencia, surge el interés por desarrollar herramientas que permitan evaluar y controlar la exposición a los riesgos financieros a este tipo de organizaciones, que les permita a sus administradores describir y predecir dificultades financieras y tomar decisiones oportunas y adecuadas.

Lo anterior permite concluir que la información financiera, generada periódicamente por las empresas, debe tener un uso adicional en la gestión del riesgo crediticio, dado que ésta, es una actividad altamente riesgosa, desde la originación del crédito hasta la etapa de restitución del capital y los intereses.

Por lo anterior, desarrollar una estructura de Riesgo de Crédito para el cooperativismo de aporte y crédito, que abarque el análisis de variables de resistencia -como el Apetito de Riesgo- a través de escenarios de estrés, en los cuales se evidencie el grado de vulnerabilidad de las entidades por deterioro de la cartera y el consecuente aumento de los niveles de provisión, significa evolucionar a un escenario de provisión que conduzca a salvaguardar el interés colectivo de los asociados, expresado en sus aportes periódicos.

El esquema propuesto pretende fortalecer la estructura crediticia aplicada en la actualidad con el propósito de disminuir la posibilidad de que los asociados entren en default, a partir de variables que evalúen su comportamiento crediticio, y, particularmente, en cuanto a su capacidad de pago. Este análisis se pretende combinar con la metodología del modelo KNN, buscando un mayor soporte a los resultados obtenidos dentro de la metodología de scoring.

La aplicación de la metodología propuesta busca disminuir los índices de cartera vencida abarcando un esquema de scoring combinatorio, mitigando el riesgo inmerso en el hábito de pago de los deudores. Adicionalmente, el modelo pretende aumentar el grado de cobertura y cubrimiento de la cartera, buscando tener un mayor soporte derivado de la inclusión de provisiones procíclicas y contra cíclicas, que le permita constituir una provisión enfocada a constituir un colchón adicional en el propósito de mitigar los posibles descalces que se puedan presentar.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

El objetivo general es el desarrollo de un Modelo de Gestión y Evaluación del Riesgo Crediticio para el Cooperativismo de Aporte y Crédito del Sector Real, como instrumento de apoyo para la sostenibilidad y el crecimiento de sus organizaciones.

2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del Modelo de Gestión y Evaluación del Riesgo Crediticio en el Cooperativismo del Sector Real se orientan a:

- a. Definir las políticas referentes a niveles, límites y tolerancia de la exposición crediticia.
- b. Establecer técnicamente los sujetos de crédito y su grado de adversidad frente al nivel de riesgo.
- c. Realizar seguimiento y control al comportamiento de la cartera.
- d. Definir el marco de provisiones individuales y contracíclicas para cubrir el nivel de riesgo crediticio.
- e. Realizar el seguimiento y control al Apetito de Riesgo.
- f. Evaluar el grado de predictibilidad del scoring en cuanto a las variables, rangos y puntajes (Pruebas de Backtesting).

3. Justificación

La medición de los riesgos financieros en las empresas -sean ellas financieras o de otra modalidad – parte del precepto que en toda actividad está implícito el concepto de riesgo y que, corresponde a los administradores controlarlo. No hacerlo expondría a la organización y a sus propietarios a posibles crisis financieras o, en el peor de los casos, a la quiebra de estas.

Según (AVILA, 2005), “El análisis de los riesgos no se limita exclusivamente a evaluar las partidas que componen los estados financieros de una empresa, se trata de una herramienta de poder predicativo de hechos económicos en el futuro. A través del análisis de riesgos financieros se puede identificar, medir, gestionar y en términos generales controlar las posibles pérdidas que se puedan presentar por la volatilidad de los factores de riesgo”

Proporcionar un modelo de Gestión y Evaluación del Riesgo Crediticio para el Cooperativismo del Sector Real se concibe como un paso hacia adelante en el proceso de generar herramientas tecnológicas que le permita a los administradores disponer de instrumentos, técnicamente probados, para controlar el riesgo a que se encuentran sometidas las empresas cuando exponen sus recursos financieros a través de la actividad crediticia.

Si bien la normatividad expedida por la Superintendencia de la Economía Solidaria a través de sus circulares hacen especial énfasis en que las Cooperativas de Ahorro y Crédito deben evaluar los riesgos financieros, como una manera de proteger los ahorros de los asociados, tal como lo ordena la Constitución Política Colombiana (CPC, numeral 24, artículo 189º), la Supervisión a las organizaciones cooperativas se ha centrado en aspectos relacionados con su naturaleza jurídica y, marginalmente, a su complejidad financiera, particularmente a las que desarrollan a profundidad la actividad crediticia, apalancándose, ya no en la captación de ahorros de sus asociados, sino en

su capital de riesgo, constituido por los aportes sociales. De hecho, tales organizaciones están expuestas, como cualquier otra que ejerza esta actividad, a la pérdida de su cartera o de su principal activo por deficiencias en el control del riesgo financiero.

Sin embargo, tal vacío ha sido resuelto parcialmente por el Ministerio de Hacienda y la Superintendencia de la Economía Solidaria con la expedición de la Circular Básica Contable y Financiera (CBCF) número 22 del 28 de diciembre de 2020, la cual plantea en el Título IV, Capítulo I, Sistema de Administración de Riesgos que “Las organizaciones solidarias vigiladas, señaladas en el ámbito de aplicación del presente capítulo deben desarrollar, implementar y mantener un Sistema Integrado de Administración de Riesgos (SIAR), que les permita identificar, medir, controlar y monitorear eficazmente sus riesgos, de manera que puedan adoptar decisiones oportunas para su mitigación”, aunque para las cooperativas de aporte y crédito se establece que en consideración a la heterogeneidad de las organizaciones solidarias y del tipo de operaciones que realizan, el ámbito de aplicación del SIAR será diferenciado, dado que excluye de la aplicación del modelo para la estimación o cuantificación de las pérdidas esperadas (CBCF, pag.142).

4. Marco de referencia

Las empresas, independientemente de si ejercen o no actividad financiera están expuestas a razones de distinta índole que puedan afectar el desempeño económico del país. Las épocas de auge y el crecimiento desbordado de empresas sin que medie una regulación efectiva pueden conducir a crisis económicas y financieras con graves impactos sociales.

4.1 Las crisis recientes

Si bien es cierto Colombia ha experimentado crisis económicas y financiera de manera frecuente, hubo dos momentos de crisis que resaltaré, de conformidad con la lectura del documento elaborado por (ARGAEZ, 2019) “Una visión retrospectiva de dos crisis financieras de los últimos cuarenta años en Colombia”.

Primero, la crisis de los años ochenta, desencadenada luego de la “bonanza cafetera” surgida a mediados de la década de los 70s, la subida de la demanda externa por productos agrícolas colombianos por parte de Venezuela y Ecuador, el importante crecimiento de los precios del petróleo a nivel internacional y la apertura de créditos por parte de la banca multilateral a partir de 1978, explican las razones de una época de auge económico en Colombia.

Como quiera que los momentos de bonanza requieren intervención del Estado para evitar que la misma se convierta en factor de riesgo, la política monetaria que se adoptó para manejar la bonanza repercutió de manera negativa en el sistema financiero colombiano. La aplicación de medidas para frenar posibles distorsiones como la revaluación de la tasa de cambio, restringir la expansión de los medios de pago, suavizar la inflación, incrementar el encaje bancario, las que combinadas generaron el efecto contrario de lo que se esperaba, ya que distorsionó la operación del sistema financiero.

La bonanza externa cayó en 1980 con la baja en el precio del café, lo cual desaceleró el ritmo de crecimiento del país entre 1982 y 1983, y generó un desequilibrio macroeconómico y una situación difícil al sistema financiero.

Segundo, la crisis de fin de siglo, cuyos orígenes se remontan a la caída del muro de Berlín en 1989 y la desintegración de la Unión Soviética. Tales hechos dieron origen a la idea de la globalización, euforia que llegó a América Latina y a Colombia a partir de 1990, gobierno de Cesar

Gaviria, política que se fundamentaba en unos principios generales basados en la reducción del déficit fiscal, el control del endeudamiento, el énfasis en la educación, la salud y la infraestructura física, la ampliación de la base gravable, la fijación de la tasa de interés por el mercado, la apertura del comercio exterior y la atracción de la inversión extranjera, la privatización de empresas oficiales y la actualización de la normatividad financiera siguiéndose las recomendaciones del Comité de Basilea, encargado de brindar orientaciones a nivel mundial en materia de regulación financiera, las cuales se plasman en los Acuerdos de Basilea, referidos a temas como blanqueo de capitales, buen gobierno corporativo, manejo del riesgo crediticio, control interno, entre otros, recomendaciones que no son de obligatorio cumplimiento.

Como consecuencia de la aplicación de estas medidas, junto con la aprobación de una nueva constitución política, generó euforia en los agentes económicos. Aumentó el consumo privado, creció la inversión privada, aumentó la cartera del sistema privado, la deuda externa privada aumentó y el gasto público se incrementó.

No obstante, la crisis asiática de 1997 y la moratoria de la deuda externa de Rusia tomó por sorpresa al mundo financiero: caída del ingreso, dificultad de conseguir recursos en el exterior, encarecimiento de la deuda, retiro de inversionistas internacionales. Como consecuencia de la crisis, en Colombia hubo repercusiones dolorosas como la intervención y liquidación de Bancos y Cooperativas que se caracterizaban por su escasa o nulo cumplimiento de regulación, y la crisis de los deudores del sistema UPAC por la disparada, sin igual, de la tasa de interés, más del 60% anual, que convirtió a los Bancos y posteriormente al Gobierno en depositario de bienes embargados a los deudores, situación que se vino a superar hasta el año 2003, luego de la aplicación de medidas extraordinarias por parte del gobierno.

Como se puede observar, las crisis financieras agarraron al sistema con debilidades profundas en materia de regulación y vigilancia, por lo que puede entenderse que, para esa época, no era prioritaria la normatividad ni la regulación, dado que el sistema se embriagó con el auge, pero le faltó preparación para afrontarlo, lo condujo a la crisis.

4.2 El tamaño del Sector Solidario

El sector Solidario en Colombia está compuesto por tres (3) grupo de organizaciones: Cooperativas, Fondos de Empleados y Asociaciones Mutuales. Dichas empresas están obligadas a reportar información legal y contable a la Superintendencia de la Economía Solidaria.

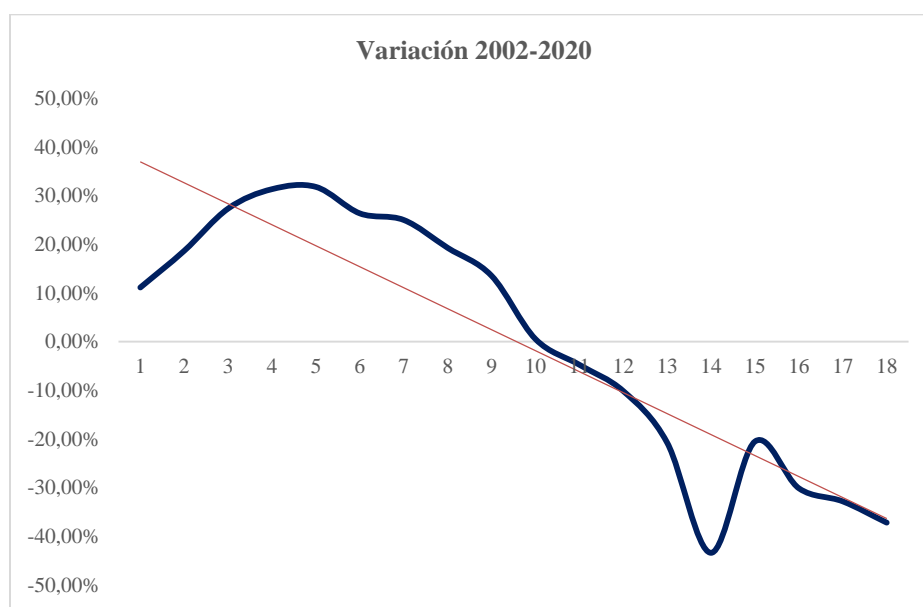
Tabla 1. Tamaño del Sector Solidario.

Año	Fondos de Empleados	Asociaciones Mutuales	Cooperativas de Ahorro y crédito	Cooperativas de Aporte	Total	Variación Año base 2002=100 (%)
2002	1499	184	258	3299	5.240	100
%	28,61%	3,51%	4,92%	62,96%	100,00%	
2003	243	1534	174	3872	5.823	11.13
%	4,2%	26,3%	3,0%	66,5%	100,0%	
2004	229	1569	170	4250	6218	18.66
%	3,7%	25,2%	2,7%	68,3%	100,0%	
2005	233	1661	183	4596	6.673	27.35
%	3,5%	24,9%	2,7%	68,9%	100,0%	
2006	227	1636	185	4834	6.882	31.34
%	3,3%	23,8%	2,7%	70,2%	100,0%	
2007	225	1673	182	4826	6.906	31.79
%	3,3%	24,2%	2,6%	69,9%	100,0%	
2008	215	1646	180	4580	6.621	26.35
%	3,2%	24,9%	2,7%	69,2%	100,0%	
2009	1655	175	211	4509	6.550	25.00
%	25,3%	2,7%	3,2%	68,8%	100,0%	
2010	1616	170	205	4259	6.250	19.27

%	25,9%	2,7%	3,3%	68,1%	100,0%	
2011	1675	182	179	3913	5949	13.53
%	28,2%	3,1%	3,0%	65,8%	100,0%	
2012	1644	181	179	3264	5.268	0.53
%	31,2%	3,4%	3,4%	62,0%	100,0%	
2013	1656	178	179	2978	4.991	-4.75
%	33,2%	3,6%	3,6%	59,7%	100,0%	
2014	1646	166	180	2716	4.708	-10.15
%	35,0%	3,5%	3,8%	57,7%	100,0%	
2015	1557	135	179	2281	4.152	-20.76
%	37,5%	3,3%	4,3%	54,9%	100,0%	
2016	1188	87	176	1515	2966	-43.4
%	40,1%	2,9%	5,9%	51,1%	100,0%	
2017	1588	141	182	2254	4165	-20.52
%	38,1%	3,4%	4,4%	54,1%	100,0%	
2018	1446	119	181	1915	3661	-30.13
%	39,5%	3,3%	4,9%	52,3%	100,0%	
2019	1425	116	181	1798	3520	-32.82
%	40,5%	3,3%	5,1%	51,1%	100,0%	
2020	1377	93	179	1642	3291	-37.19
%	41,8%	2,8%	5,4%	49,9%	100,0%	

Fuente: Superintendencia de la Economía Solidaria. Elaborado con base a Reportes históricos de la (2002-2020)

Figura 1. Variación Porcentual del Crecimiento del Sector Solidario (2002-2020)



Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

Como se puede observar, el sector solidario creció de manera sostenida hasta el 2007, y, en menor proporción hasta el 2012, para luego comenzar a descender desde el 2013, caída de la cual no se ha recuperado, es decir que persiste hasta el 2020.

Tal situación se explica a la crisis y cierre de muchas cooperativas de trabajo asociado que venían haciendo intermediación laboral, una práctica que le era prohibida. Además, la Supersolidaria ha venido efectuando intervenciones a las de aporte y crédito, por desnaturalización de la figura jurídica del cooperativismo, por lo que muchas se han liquidado de manera voluntaria o han sido sometidas por el órgano de control.

Con motivo de la crisis del sistema financiero y cooperativo de finales de la década de los 90s, el gobierno intentó atajar el derrumbe de Bancos y Cooperativas expidiendo, para estas últimas la Ley 454 de 1998, la cual fija el marco conceptual de la Economía Solidaria y complementa disposiciones contenidas en la Ley 79 de 1988.

La Ley 79 de 1988 clasifica las organizaciones del sector solidario en dos (2):

- Las que ejercen actividad financiera
- Las que no ejercen actividad financiera, es decir, las de aportes sociales o del sector real

Las que ejercen actividad financiera se subclasifican en:

- Cooperativas financieras. Son abiertas y están supervisadas por la Superintendencia Bancaria
- Cooperativas de ahorro y crédito. Estas a su vez están compuestas por cooperativas especializadas, cooperativas integrales y cooperativas multiactivas.

Son cooperativas especializadas las que se organizan para atender una sola actividad - social, económica o cultural- (Artículo 62 de la ley 79 de 1.988), ejemplo: captación de ahorro de los asociados.

Son cooperativas multiactivas las que se organizan para atender varias necesidades mediante concurrencia de servicios (Artículo 63 de la Ley 79 de 1988), ejemplo: captación de ahorro y educación.

Son cooperativas integrales aquellas que en desarrollo de su objeto social realicen dos o más actividades conexas (Artículo 64 de la Ley 79 de 1988), ejemplo: captación de ahorro, intermediación de seguros, servicios financieros.

Las que no ejercen actividad financiera se clasifican en:

- Cooperativas de aportes, las que a su vez están integradas por cooperativas especializadas (ejemplo: cooperativa de producción de arroz), cooperativas integrales (ejemplo: producción y comercialización de frutas) y cooperativas multiactivas (ejemplo: supermercado, taller de vehículos, servicios funerarios).
- Cooperativas de aportes y crédito.

Se clasifican igualmente en integrales, especializadas y multiactivas, aunque todas ellas prestan el servicio de crédito a sus asociados.

- Fondos de Empleados

Se trata de empresas asociativas sin ánimo de lucro, de derecho privado, constituidas por trabajadores dependientes y subordinados (Artículo 2° del Decreto 1481 de 1989). Captan ahorro de sus asociados, pero, de conformidad con la ley no ejercen actividad financiera dado que esas operaciones las realizan con sus propios asociados.

La nueva circular básica jurídica de la Supersolidaria obliga a esta empresa a implantar el SARC con todos sus componentes como si fueran cooperativas de ahorro y crédito.

- Asociaciones Mutualistas o Mutuales

Son personas jurídicas de derecho privado, sin ánimo de lucro, constituidas libre y democráticamente por personas naturales, inspiradas en la solidaridad, con el objeto de brindarse ayuda recíproca frente a riesgos eventuales y satisfacer sus necesidades mediante la prestación de servicios de seguridad social (artículo 2º del Decreto 1480 de 1989). Igual que los Fondos de Empleados, están autorizados para captar ahorro, pero, en virtud de la norma, no ejercen actividad financiera. Es el grupo societario de menor crecimiento y complejidad del sector solidario, pero algunas de ellas han incursionado con éxito en el sector de la salud.

4.3 La gestión del riesgo financiero

La gestión del riesgo financiero y, particularmente el relacionado con el riesgo crediticio, se enmarca en el propósito de contribuir al desarrollo y sostenibilidad del sector financiero. Pero este propósito, orientado en su origen a la protección del ahorro público, plantea un nuevo escenario: hacerlo extensivo al Cooperativismo de Aporte y Crédito, como efectivamente se viene aplicando a otras empresas del sector real de la economía, para protegerlas de afectaciones que impidan o retrasen el cumplimiento de sus metas.

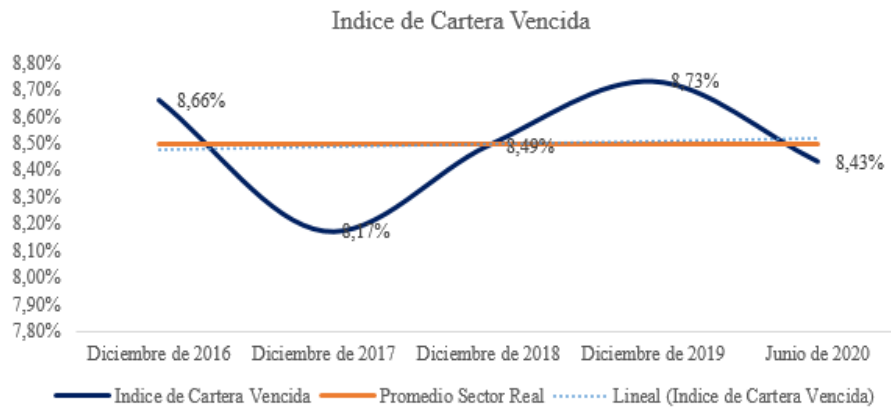
De hecho, las empresas ejerzan o no actividad financiera, se desenvuelven en un entorno donde coexisten factores de riesgo de distinta índole, que, de no controlarse, podrán afectar sus beneficios o la existencia de la misma empresa.

Dichas empresas, sean con ánimo de lucro o sin ánimo de lucro, ejercen actividades económicas de distinta índole (comercio, industria, servicios, etc.), pero el logro de sus objetivos en un mercado ampliamente competitivo, exige ser eficientes y eficaces y tener una fuerte

capacidad de adaptarse a los cambios, como lo es, entre otros, la adopción de instrumentos para evaluar el riesgo financiero, entendido como la probabilidad de que una empresa vea afectado su activo por ocurrencia de pérdidas endosable a una deficiente gestión administrativa o la posibilidad que los resultados financieros sean mayores o menores de los esperados.

En este escenario, la monografía incursiona en un segmento del cooperativismo, el integrado por las cooperativas de aporte y crédito, componente importante del Sector Solidario Colombiano, cuya actividad económica se centra en el otorgamiento de crédito a los asociados, sin que dicha actividad sea considerada como actividad financiera de conformidad con la Ley 454 de 1998. Pero el problema no radica en que se ejerza la actividad crediticia sin ser empresas que capten ahorro de sus asociados, sino que el deber de evaluar el riesgo financiero se ve diluido por la falta de exigencia del órgano de control del Estado para que evalúen y gestionen el riesgo crediticio.

Figura 2. Comportamiento Histórico de la Cartera Vencida Cooperativas del Sector Real

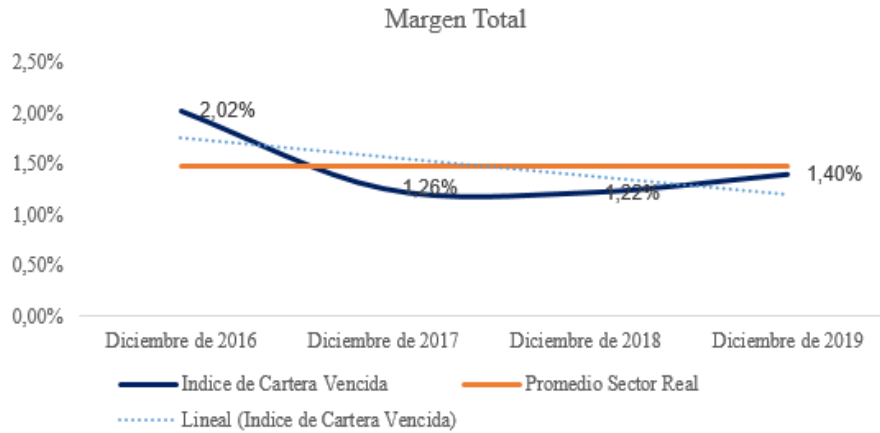


Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

El margen total entendido como la diferencia entre los ingresos recibidos en un periodo determinado versus las salidas en el gasto del mismo periodo, el beneficio neto, después de haber

realizado el pago de los impuestos reflejado en el PyG, fue de 1.26 en el 2017, 1.22 en el 2018 y 1.40 en el 2019.

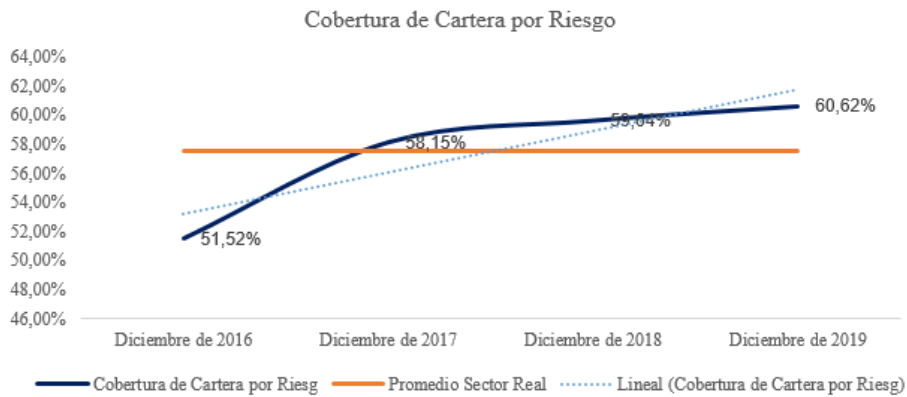
Figura 3. Comportamiento Histórico del Margen Total Cooperativas del Sector Real



Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

La cobertura de cartera por riesgo definida como la porción de provisión total que cubre la cartera en riesgo:

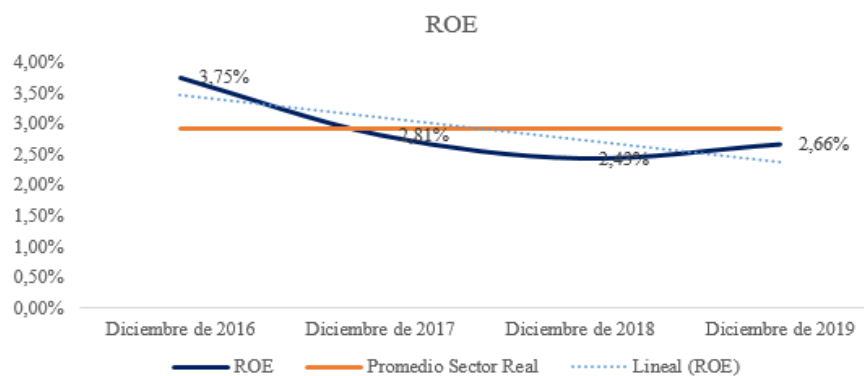
Figura 4. Comportamiento Histórico de la Cobertura de Cartera por Riesgo Cooperativas del Sector Real.



Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

La Rentabilidad sobre el patrimonio (ROE), determina el rendimiento que obtienen los asociados después de haber realizado sus aportaciones ordinarias para el desarrollo del negocio fue de 2.81% en el 2016, 2.43 en el 2018 y 2.66% en el 2019, (Supersolidaria, 2020)

Figura 5. Comportamiento Histórico Rentabilidad sobre el Patrimonio Cooperativas del Sector Real.



Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

De igual manera la composición de la cartera del Sector Real Cooperativo muestra la siguiente participación:

Tabla 2. Participación de la Cartera en el Sector Real Cooperativo.

Participación Sobre la Cartera Total	2017	2018	2019
Consumo	91,10%	89,76%	90,22%
Comercial	4,88%	6,14%	5,75%
Microcredito	0,54%	0,49%	0,55%
Vivienda	3,14%	3,30%	3,23%

Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Información Financiera

Según lo reportado por la Superintendencia de Economía Solidaria (Supersolidaria, 2020), En la línea de Crédito Comercial y Microcrédito se resalta el crecimiento presentado en el año 2017. Saldo la cartera Microcrédito, las demás tuvieron un decrecimiento para el año 2019 con respecto

al 2018, esta caída estuvo marcada en una mayor proporción en la cartera comercial con una disminución del 7.15%

Las Cooperativas del Sector Real Solidario si bien no tienen autorizada el ejercicio de la actividad financiera como las Cooperativas de Ahorro y Crédito entendida como la captación de recursos (ahorros), se dedican en una buena proporción a la actividad crediticia. Es claro que su papel no ha sido suficientemente valorado a tal punto que pasan desapercibidas por las autoridades financieras del país, pese a que atienden de manera directa a más de 2 millones de asociados.

Las empresas de la economía solidaria están obligadas a reportar información financiera a la Superintendencia de la Economía Solidaria, entidad que, para ese efecto, ha establecido un régimen de reportes socioeconómicos periódicos, además de fijar las reglas de contabilidad a que deben sujetarse las entidades bajo su supervisión, las cuales se encuentran contenidas en el Plan Único de Cuentas. Dichas organizaciones deben reportar la información financiera en el Formulario Oficial de Rendición de Cuentas de manera mensual, trimestral y anual, dependiendo de su nivel de supervisión.

5. Hipótesis

El Sector Solidario está conformado por 3 tipos de organizaciones: Cooperativas, Fondos de Empleados y Asociaciones Mutuales; a su vez, el cooperativismo lo integran distintas modalidades como las Cooperativas de Ahorro y Crédito (CAC), los fondos de empleados, las Cooperativas de Aportes y Crédito y las Cooperativas de Trabajo Asociado, entre otras. Las organizaciones que desarrollan la actividad crediticia son las CAC, los fondos de empleados y las de aporte y crédito. Estas últimas presentan la tasa de cartera vencida más alta del sector solidario, que a diciembre

2019 registró un indicador de cartera vencida del 8.73% según los estados financieros reportados a la Supersolidaria.

A partir de este indicador se evidenció que el segmento de las Cooperativas Aporte y Crédito es el más frágil en cuanto a la colocación y recuperación de cartera y su consecuente deterioro. Adicionalmente, existe una vertiente débil que caracteriza al sector solidario y particularmente, el de aporte y crédito, el cual está fundamentado en una deficiente constitución de provisiones, sin que el ente regulador reconozca el riesgo desde la colocación del crédito, es decir, todos los créditos calificados en categoría A, a los cuales la Supersolidaria no les exige la constitución de provisión, hecho que significa una falencia dentro de la teoría de constitución de provisión, al considerar, equivocadamente, que existe riesgo 0 a partir del momento de la colocación.

Adicionalmente, la constitución de provisiones no está ligada a una estructura que identifique las condiciones particulares del crédito, sino que está reglamentada a través de unos porcentajes graduales asignados a cada categoría de riesgo, sin que se evalúe las características del crédito, como garantías y tiempos en el incumplimiento.

Resolver este asunto, constituiría un avance, no solo en la gestión de los administradores de las organizaciones, sino en la labor de vigilancia, inspección y control, hecho que eventualmente se puede traducir en la mitigación del riesgo de crédito o, de omitirse, en la quiebra de instituciones por un inadecuado manejo de la actividad crediticia.

Por tal circunstancia partimos de la hipótesis de que los criterios previos para el ejercicio de la actividad crediticia en este tipo de organizaciones no son lo suficientemente robustos para medir la capacidad de pago de los asociados que hacen uso del crédito, por lo que la colocación de cartera

se está realizando sin el debido análisis para definir, de manera acertada, la aceptación o el rechazo de solicitudes de crédito.

6. Metodología

El modelo de Riesgo Crediticio propuesto se basa en metodologías aplicadas por el sistema financiero tradicional, denominado SARC, desde la originación del crédito hasta la recuperación del mismo. Basado en esa metodología se propone en esta monografía el desarrollo de un scoring combinado con una metodología KNN a partir de variables soportadas estadísticamente para predecir la capacidad de pago de un cliente y la constitución del deterioro adaptando los modelos de referencia impartidos por la Superintendencia Financiera de Colombia, para aplicarlos a las Cooperativas de Aporte y Crédito.

Basada en el desarrollo de la monografía realizada, es claro que esta, es un tipo de investigación básica ya que se busca en primera instancia la implementación de una nueva metodología de scoring combinada con la implementación de los modelos de referencia aplicada para las entidades financieras en cuanto al deterioro de la cartera llevado al Sector Real Cooperativo, así mismo, se pretende medir los niveles de resistencia financiera de las entidades objeto del estudio en cuanto a sus niveles de provisión y su estructura patrimonial.

El Target objeto del modelo implementado son las Cooperativas del Sector Real Solidario también llamadas Aporte y Crédito definidas como las cooperativas que se organizan para atender varias necesidades, mediante concurrencia de servicios en una sola entidad jurídica. Los servicios deberán ser organizados en secciones independientes de acuerdo con las características e casa tipo especializado de cooperativa. Es decir, son aquellas entidades que realizan actividad financiera

(Colocación de Crédito) y adicionalmente realizan funciones enfocadas al sector real especializado en un producto o servicio específico.

6.1 Desarrollo de la Metodología de Scoring

El desarrollo de la metodología scoring fue construido a partir de variables cuantitativas y cualitativas basada en una herramienta utilizada para el análisis en el otorgamiento de crédito diseñado para Personas Naturales debido a que este es el target de las entidades del sector Real Solidario, con la cual se busca tomar la mejor decisión frente a la aprobación o rechazo de la solicitud del crédito. El objetivo primario de este modelo es disminuir el riesgo en el otorgamiento conformada por variables y criterios mínimos de colocación de crédito adicionando aspectos socioeconómicos, se determinan los puntajes definitivos de aceptación o rechazo en relación a la solicitud del crédito del cliente.

Para efectos de la construcción del modelo se consideraron las siguientes variables y criterios puntuables en la construcción del modelo de otorgamiento en el resultado final del crédito como fundamento para la aprobación de este:

6.1.1 Parámetros del Modelo

Tabla.3 *Parámetros de Scoring para Otorgamiento de Crédito.*

Edad			Tiempo Actividad			Nivel de Estudio	
Mínimo	Maximo	Puntaje	Mínimo	Maximo	Puntaje	Maximo	Puntaje
18	22	3	0	2	1	1	2
22	28	6	2	4	3	2	4
29	50	10	4	6	5	3	6
51	60	5	6	8	6	4	8
61	70	2	8	10	8	5	10
70	99	1	10	99	10		

Habitudo de Pago			Capacidad de Pago			Endeudamiento		
Mínimo	Maximo	Puntaje	Mínimo	Maximo	Puntaje	Mínimo	Maximo	Puntaje
0	8	10	1,8	999999	10	0	0,5	10
8	18	8	1,5	1,8	8	0,5	0,6	8
18	28	6	1,3	1,5	6	0,6	0,7	6
28	35	4	1	1,3	4	0,7	0,8	4
35	44	2	0,5	1	2	0,8	0,9	2
44	999999	0	0	0,5	0	0,9	9999999	0

Actividad Economica		Endeudamiento Externo			Solvencia	
Maximo	Puntaje	Mínimo	Maximo	Puntaje	Maximo	Puntaje
1	10	0	0,5	10	1	10
2	8	0,5	0,6	8	2	8
3	6	0,6	0,7	6	3	6
4	4	0,7	0,8	4	4	4
5	2	0,8	0,9	2	5	2
		0,9	9999999	0		

Garantia		Tipo Inversion		Trayectoria	
Maximo	Puntaje	Maximo	Puntaje	Maximo	Puntaje
1	10	1	10	1	10
2	8	2	8	2	8
3	6	3	6	3	6
4	4	4	4	4	4
5	2	5	2	5	2

Puntaje Final			Zona	Zona
Mínimo	Maximo	Puntaje		
100	120	10	Excelente	Bueno
80	100	8	Bueno	Bueno
60	80	6	Aceptable	Bueno
40	60	4	Regular	Malo
20	40	2	Deficiente	Malo
0	20	0	Malo	Malo

Fuente: Tablas elaboradas por el autor en el desarrollo del modelo.

6.1.2 Descripción de Variables

- Edad. Referida al solicitante del crédito.
- Tiempo de actividad. Es la experiencia en la actividad laboral que desarrolla comúnmente el solicitante del crédito. Esta variable se mide en los años, a mayor tiempo de actividad mayor puntaje recibe.
- Nivel de estudio. Asigna un puntaje en relación al nivel de estudio que tiene el solicitante del crédito.

- Hábito de pago. Es el comportamiento de pago en relación con las obligaciones contraídas con las entidades financieras, comerciales y de servicios. Esta variable determina el promedio de días de mora con los que el solicitante ha efectuado sus pagos con las obligaciones contraídas en el sector.
- Capacidad de pago. Mide el porcentaje de los ingresos que se destina a la cobertura de los gastos. Es decir, determina el número de veces en que los ingresos del solicitante logran cubrir el nivel de gastos.
- Endeudamiento. Relación entre pasivos y activos del solicitante.
- Actividad económica. Hace referencia a la actividad por medio de la cual el asociado recibe sus ingresos
- Endeudamiento externo. Determina el comportamiento del cliente en el pago de sus obligaciones con el sector financiero.
- Solvencia. Mide el respaldo patrimonial que tiene el solicitante para responder con sus obligaciones en un momento dado.
- Garantías. Determina el puntaje que se le asigna al solicitante en relación a la garantía otorgada por el crédito solicitado.
- Tipo de inversión. Corresponde al destino del crédito.
- Tiempo de vinculación del asociado. Está representado por puntajes en los cuales cada uno determina un tiempo de referencia.

Para soportar el modelo de scoring desarrollado, se analizaron las variables utilizadas para el cálculo del Scoring para el desarrollo del modelo de riesgo crediticio en el cual se analizaron en primera instancia los resultados obtenidos definiendo los puntajes de Scoring aceptados y los rechazados a través de un histograma de frecuencias definiendo los resultados Buenos (Aquellos

puntajes aceptables según su situación financiera actual) y los resultados malos (Aquellos puntajes deficientes según su situación financiera actual) estableciendo el resultado final en dos grupos: Grupo Scoring Buenos y Grupo Scoring Malos. Se utilizó una de las regresiones simuladas expuestas en el anexo 1 como base para el Análisis Discriminante. Se calculó la predicción del resultado del obtenidos combinando los resultados de cada una de las variables por los resultados de cada coeficiente asignado producto de la regresión más el respectivo intercepto.

El Análisis Discriminante para este modelo busca corroborar la adecuada clasificación de los clientes según los puntajes obtenidos del Scoring, según el análisis realizado para las variables dependientes, el resultado de la predicción concluye que el 16.8% de los puntajes de scoring definitivos fueron mal clasificados mientras que el 83.16% (Ver Anexo 3) se clasificaron de manera correcta según los puntajes y rangos, validando la acertada escogencia de las variables utilizadas como base al desarrollo del modelo crediticio.

6.2 KNN-Nearest-Neighbor

(Merkleic, 2020), “La idea es realmente sencilla: el algoritmo clasifica cada dato nuevo en el grupo que corresponda, según tenga k vecinos más cerca de un grupo o de otro. Es decir, calcula la distancia del elemento nuevo a cada uno de los existentes, y ordena dichas distancias de menor a mayor para ir seleccionando el grupo al cual pertenecer. Este grupo será, por tanto, el de mayor frecuencia con menores distancias. El K-NN es un algoritmo de aprendizaje supervisado, es decir, que a partir de un juego de datos inicial su objetivo será el de clasificar correctamente todas las instancias nuevas. El juego de datos típico de este tipo de algoritmos está formado por varios atributos descriptivos y un solo atributo objetivo”.

Para el desarrollo del modelo KNN se determinaron los mínimos y los máximos de las variables utilizadas para la asignación del puntaje final de scoring mostrando el siguiente comportamiento según los datos resultantes del aleatorio asignado:

Tabla.4 Resultados de Mínimos y Máximos del Modelo KNN

	Edad	Tiempo Actividad	Nivel de Estudios	Habito de Pago	Capacidad de Pago	Endeudamiento	Actividad Económica	Endeudamiento Externo	Solvencia	Garantía	Tipo de Inversion	Trayectoria
Mínimo	18	0	1	0	0,142666167	0,019743561	1	0,00192254	1	1	1	1
Maximo	79	20	5	50	7,221498831	0,994126697	5	0,983840015	5	5	5	5

Fuente: Tablas elaboradas por el autor en el desarrollo del modelo.

Una vez asignados los mínimos y máximos se aplicó la siguiente fórmula para determinar los puntajes de asignación del KNN para cada obligación registrada en la base de cartera creada a través de la siguiente formulación:

(Resultado de la Variable – Mínimos Aplicados a la Variable) / (Diferencia entre el Máximo y el Mínimo de la Variable de Scoring)

Una vez incluidas las variables del nuevo cliente (para el caso del modelo es el cliente 101) se determina la distancia entre cada uno de los clientes de la base de datos con el nuevo asociado para cada una de las variables del scoring a través de la siguiente fórmula:

Ejemplo Variable Edad:

Raíz (((Resultado de la variable Edad registrada en la base de datos – resultado de la variable (101)) elevado al cuadrado + Resultado de la variable Capacidad de Pago registrada en la base de datos – resultado de la variable (101)) elevado al cuadrado) y así para todas las variables evaluadas.

Se define los clientes de la base de datos que más se asimilan en los puntajes de las variables al nuevo cliente aplicando el K Esimo Menor por cada cliente con la base de datos actual para definir lo que dentro del modelo se denomina el “Vecino más Cercano”.

6.3 Modelo de Referencia Comercial para el Cálculo de provisión

Para el modelo de referencia Comercial, se trajo la información básica de la cartera para el desarrollo del modelo en cuanto al saldo de capital, intereses, otros conceptos, altura de mora actual y tipo de garantía utilizada al momento de la colocación del crédito. Frente a las garantías utilizadas en el desarrollo del modelo se tomaron las siguientes garantías:

Tabla 5. *Tipos de Garantías utilizados para la realización del Modelo*

Código	Nombre de la Garantía
1	Garantias No Idoneas
2	Fondo Nacional de Garantias
4	Bienes Raices Comerciales y Residenciales
7	Garantias Prendarias
8	Sin Garantia

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Calificación:

La calificación de la obligación se calcula en relación al comportamiento de la altura de mora. Frente al análisis de las calificaciones, estas se clasifican en categorías de riesgo y categorías contables (Homologación de las categorías de riesgo), en la cual, la primera se utiliza para determinar la gradualidad para efectos de provisiones y la segunda, se enfoca a los reportes de endeudamiento y estados financieros caracteriza de la siguiente forma:

Tabla 6. Clasificación de Categorías

Relación de Categorías Reportadas	
Categoría de Riesgo	Categoría Contable
AA	A
A	B
BB	B
B	C
CC	C
Incumplimiento	D
Incumplimiento	E

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Circular básica contable y financiera

La descripción de las Categorías de Riesgo es como sigue:

AA: Obligaciones otorgadas con mora inferior a 29 días de mora.

A: Se clasifican las obligaciones entre 30 y 59 días mora.

BB: Se clasifican las obligaciones entre 60 y 89 días mora.

B: Se clasifican las obligaciones entre 90 y 119 días mora.

CC: Se clasifican las obligaciones entre 120 y 149 días mora.

I*: Se clasifican las obligaciones con mora mayor a 150 días.

*Incumplimiento: Hace referencia al momento en el cual, la obligación ingresa a categoría D o categoría E, es decir, para el caso de la cartera comercial, ingresa a categoría de incumplimiento cuando registra 150 días de mora lo que es igual a 1 día de incumplimiento. A medida que aumentan los días de incumplimiento aumenta el deterioro de la cartera hasta llegar al 100% de provisión.

Probabilidad de Incumplimiento:

Según la definición establecida por el anexo 3 del modelo de referencia según la normatividad de la Superintendencia Financiera de Colombia, “Corresponde a la probabilidad de que, en un periodo de doce meses, los deudores de un determinado portafolio de cartera comercial incurran

en incumplimiento”, es decir, al aumentar la categoría de riesgo hay un aumento en la probabilidad de incumplimiento hasta llegar al 100% según las matrices asignadas.

Tabla 7. Probabilidad de Incumplimiento Matriz A y B

MATRIZ A		MATRIZ B	
CALIF.	4	CALIF.	4
AA	5,27%	AA	8,22%
A	6,39%	A	9,41%
BB	18,72%	BB	22,36%
B	22,0%	B	25,81%
CC	32,21%	CC	37,01%
I	100%	I	100%

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Pérdida dado el incumplimiento:

Según la definición establecida por el anexo 3 del modelo de referencia según la normatividad de la Superintendencia Financiera de Colombia se define como “el deterioro económico en que incurriría la entidad en caso de que se materialice alguna de las situaciones de incumplimiento”. La PDI para deudores calificados en la categoría incumplimiento sufrirá un aumento paulatino de acuerdo con los días de incumplimiento transcurridos después de la clasificación en dicha categoría.

La PDI por tipo de garantía será la siguiente:

Tabla 8. Pérdida Dada el Incumplimiento

Codigo	Nombre de la Garantía	PDI	Incumplimiento	Nueva PDI	Incumplimiento	Nueva PDI
1	Garantías No Idóneas	55%	270	70%	540	100%
2	Fondo Nacional de Garantía	55%	-	55%	-	55%
4	Bienes Raíces Comerciales y Residenciales	40%	540	70%	1080	100%
7	Garantías Prendarias	50%	360	80%	720	100%
8	Sin Garantía	75%	210	80%	420	100%

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Una vez calculadas las variables inmersas en las condiciones actuales de la obligación se establece el cálculo de la provisión para cada una de las matrices A y B, la matriz A es utilizada para el cálculo de la provisión Procíclica y la matriz B como insumo para el cálculo de la provisión Contracíclicas. La pérdida esperada según los lineamientos dados se calcula usando el saldo de la

obligación multiplicada por la probabilidad de incumplimiento (porcentaje asignado dependiendo de la categoría de riesgo que presenta la obligación en matriz A) multiplicado por la pérdida dada el incumplimiento. Con este cálculo se definió la provisión a capital, intereses y otros conceptos para ambas matrices.

6.4 Modelo de Referencia Consumo Para el Cálculo de Provisión

Para calcular el modelo de referencia de Consumo, se trajo la información básica de la cartera para el desarrollo del modelo en cuanto al saldo de capital, intereses, otros conceptos, altura de mora actual y tipo de garantía utilizada. Frente a las garantías utilizadas en el desarrollo del modelo se tomaron las siguientes garantías:

Tabla 9. *Tipos de Garantías utilizados para la realización del Modelo*

Codigo	Nombre de la Garantia
1	Garantías No Idoneas
2	Fondo Nacional de Garantias
4	Bienes Raices Comerciales y Residenciales
7	Garantias Prendarias
8	Sin Garantia

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Calificación:

La calificación asignada a cada obligación se calcula en relación al comportamiento de la mora. Frente al análisis de las categorías, estas se clasifican en Categoría de Riesgo y Categoría Contable, la primera se utiliza para determinar la gradualidad para efectos de provisiones y la segunda enfocada a los reportes de endeudamiento y estados financieros en donde una homologa a la otra. Para la Cartera de Consumo, se presenta una diferencia en cuanto a la homologación de las categorías comparada con el modelo comercial debido a la inclusión de una nueva categoría A-A,

la interpretación de esta calificación de riesgo es para aquellos créditos con mora actual inferior a 30 días y mora máxima en los últimos 36 meses superior a 30 días genera esa caracterización.

Tabla 10. *Clasificación de Categorías*

Relacion de Categorías Reportadas	
Categoría de Riesgo	Categoría Contable
AA	A
A	A
A	B
BB	B
B	C
CC	C
Incumplimiento	D
Incumplimiento	E

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Circular básica contable y financiera

Descripción de las Categorías de Riesgo:

AA: Categoría relacionada a los créditos calificados que reflejan un comportamiento de pago excelente. El análisis de riesgo sobre el deudor refleja una capacidad de pago óptima y un comportamiento crediticio adecuado que garantiza el recaudo de la obligación en los términos convenidos.

A: Categoría relacionada a los créditos calificados que reflejan una atención adecuada. El análisis de riesgo sobre el deudor refleja una capacidad de pago apropiada y un comportamiento crediticio que permite inferir estabilidad en el recaudo de la obligación en los términos convenidos.

BB: Categoría relacionada a los créditos calificados que reflejan una atención aceptable. El análisis de riesgo sobre el deudor muestra debilidades en su capacidad de pago y comportamiento crediticio que potencialmente pueden afectar el normal recaudo de la obligación.

B: Categoría relacionada a los créditos calificados que reflejan una atención deficiente. El análisis de riesgo sobre el deudor muestra insuficiencias en la capacidad de pago y un comportamiento crediticio deficiente, afectando el normal recaudo de la obligación.

CC: Categoría relacionada a los créditos calificados que presentan graves insuficiencias en la capacidad de pago del deudor y en su comportamiento crediticio, afectando significativamente el recaudo de la obligación en los términos convenidos.

I: Categoría de incumplimiento, el cual registra el más alto nivel de riesgo de los deudores que imposibilitan la capacidad de pago del deudor.

Incumplimiento: Hace referencia al momento en el cual, la obligación ingresa a categoría D o categoría E. Es decir, para el caso de la cartera consumo se ingresa a categoría de incumplimiento cuando se registra una altura de 90 días de mora lo que es igual a 1 día de incumplimiento. A medida que aumentan los días de incumplimiento aumenta el deterioro de la cartera hasta llegar al 100% de provisión.

Probabilidad de Incumplimiento. Corresponde a la probabilidad de que en un lapso de doce meses los deudores de un determinado portafolio de la Cartera de Consumo incurran en incumplimiento, es decir, al aumentar la categoría de riesgo hay un aumento en la probabilidad de incumplimiento hasta llegar al 100% según las matrices asignadas por la Superintendencia Financiera de Colombia.

Tabla 11. *Probabilidad de Incumplimiento Consumo*

MATRIZ A			
Categoría	Homologada	Ordinario	Tarjeta Crédito
AA	A	0,021	0,0158
A	B	0,0388	0,0535
BB	B	0,1268	0,0953
B	C	0,1416	0,1417
CC	C	0,2257	0,1706
I	D	1	1

MATRIZ B			
Categoría	Homologada	Ordinario	Tarjeta Crédito
AA	A	0,0388	0,0336
A	B	0,0567	0,0713
BB	B	0,2172	0,1857
B	C	0,232	0,2321
CC	C	0,364	0,3089
I	D	1	1

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Pérdida dado el incumplimiento. Según la definición establecida por el anexo 5 del modelo de referencia según la normatividad de la Superintendencia Financiera de Colombia se define como “el deterioro económico en que incurriría la entidad en caso de que se materialice alguna de las situaciones de incumplimiento a que hace referencia el numeral 3 del presente Anexo. La PDI para deudores calificados en la categoría incumplimiento sufrirá un aumento paulatino de acuerdo con los días transcurridos después de la clasificación en dicha categoría”.

Tabla 12. Pérdida Dada el Incumplimiento Consumo

Código	Nombre de la Garantía	PDI	Incumplimiento	Nueva PDI	Incumplimiento	Nueva PDI
1	Garantías No Idóneas	60%	210	70%	420	100%
2	Fondo Nacional de Garantía	55%	-	55%	-	55%
4	Bienes Raíces Comerciales y Residenciales	40%	360	70%	720	100%
7	Garantías Prendarias	50%	270	70%	540	100%
8	Sin Garantía	75%	30	85%	90	100%

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Una vez definida las variables directas que intervienen en el cálculo del deterioro para la cartera de consumo, se analiza el comportamiento de las alturas de mora por cada obligación en cada una de las alturas que el modelo requiera:

Altura máxima: Se Registra la mora más alta de la obligación en los últimos 36 meses de la vida del crédito.

Altura trimestral: Se Define la mora con la cual quedó la obligación en los últimos tres trimestres a la fecha de análisis, es importante aclarar que los trimestres en los cuales se debe evaluar la mora son marzo, junio, septiembre y diciembre. Una vez establecido los puntajes por las alturas de mora de cada obligación, se calculó el número de trimestres en el cual se encuentra activo el crédito buscando analizar que la información de cada obligación se encuentre dentro de cada uno de los 3 trimestres, en caso contrario se registraría sin información para el trimestre.

Cada uno de los trimestres tiene una ponderación según la altura de mora registrada dentro de los meses señalados bajo los siguientes rangos establecidos:

Tabla 13. *Puntajes Comportamiento de Moras*

Mora (CAR-CAM)		
0	30	10
31	60	20
61	90	30
91	120	40
121	10000	50

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Segmentación por altura de mora. Según la definición establecida por el anexo 5 del modelo de referencia según la normatividad de la Superintendencia Financiera de Colombia, la clasificación de la altura de mora presenta la siguiente relación:

AMB (Altura de mora actual entre 31-60 días): Toma valor 1 si altura de mora del cliente al momento de la calificación para este tipo de crédito en la entidad es mayor o igual a 31 días e inferior o igual a 60 días y cero si no.

AMC (Altura de mora actual entre 61-90 días): Toma valor 1 si altura de mora actual del cliente al momento de la calificación para este tipo de crédito en la entidad es mayor o igual a 61 días e inferior o igual a 90 días y cero si no.

MMB (Máxima Altura de Mora entre 31-60 días): Toma valor 1 si la máxima altura de mora del cliente en los últimos 3 años en la entidad y para este tipo de crédito es mayor o igual a 31 días y menor o igual a 60 días y cero si no.

MMC (Máxima Altura de Mora entre 61-90 días): Toma valor 1 si la máxima altura de mora del cliente en los últimos 3 años en la entidad y para este tipo de crédito es mayor o igual a 61 días y menor o igual a 90 días y cero si no.

MMD (Máxima Altura de Mora mayor a 90 días): Toma valor 1 si la máxima altura de mora del cliente en los últimos 3 años en la entidad en este tipo de crédito es mayor a 90 días y cero si no

Cálculo Z. Define el puntaje asignado de cada obligación según el comportamiento histórico de las moras. Para el modelo desarrollado para la cartera de consumo, esta fue segmenta por cartera ordinaria y tarjeta de crédito, teniendo en cuenta esta segmentación el puntaje Z se calcula con formulación diferente debido a cada línea de negocio generada:

Crédito Ordinario. Para obtener el puntaje de los deudores que pertenecen a este segmento, las entidades deben aplicar la siguiente fórmula:

$$Z = -1.9411 + AM_B * 2.023 + AM_C * 3.602 + MM_B * 1.437 + MM_C * 1.450 + MM_D * 3.428 - Prenda * 0.196 - Hipoteca * 0.1328 + CA_R * 0.443 + CA_M * 2.323 + CRB * 0.1727$$

Tarjeta Crédito. Para obtener el puntaje de los deudores que pertenecen a este segmento, las entidades deben aplicar la siguiente fórmula:

$$Z = -1.824 + MM_B * 1.214 + MM_C * 1.313 + MM_D * 3.469 + AM_B * 2.350 + AM_C * 3.525 - PR * 0.6 + CA_R * 0.748 + CA_M * 2.470 + CRB * 0.277$$

Cálculo del puntaje definitivo para asignación de calificación. Este modelo calcula un puntaje, el cual es producto de las características particulares de cada deudor y está dado por la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Puntaje = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Cálculo de la categoría final de la obligación:

Una vez definido el puntaje Z, este puntaje debe evaluarse en las tablas asignadas por la Superfinanciera para cada una de las subcarteras de la cartera de consumo asignadas de la siguiente manera:

Tabla 14. *Puntajes Según Categorías de Riesgo*

PUNTAJE CREDITO ORDINARIO		
CONSUMO	RANGOS	MODELO
0	0,3766	AA
0,3767	0,8204	A
0,8205	0,88	BB
0,89	0,997	B
0,9971	0,99999	CC
1	1	I

PUNTAJE TARJETA CREDITO		
CONSUMO	RANGOS	MODELO
0	0,3734	AA
0,3735	0,6702	A
0,6703	0,9381	BB
0,9382	0,9901	B
0,9902	0,9999	CC
1	1	I

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Anexo 3 Circular básica contable y financiera

Cálculo del Plazo Remanente: Corresponde al número de meses restantes frente al plazo pactado de la obligación a la fecha de cálculo del deterioro de la obligación. En caso de que el plazo pactado o el plazo remanente sean menor a 72, el ajuste al plazo será igual a uno (1).

$$\text{Ajuste por Plazo (AP)} = \left[\frac{\text{Plazo Remanente}}{72} \right]$$

Una vez calculadas las variables inmersas en las condiciones actuales de la obligación, se establece el cálculo de la provisión para cada una de las matrices A y B, en donde la matriz A es utilizada para el cálculo de la provisión Procíclica y la matriz B como insumo para el cálculo de la provisión Contracíclicas. La pérdida esperada según los lineamientos dados se calcula usando el saldo de la obligación multiplicado por la probabilidad de incumplimiento (porcentaje asignado dependiendo de la categoría de riesgo que presente la obligación en matriz A) multiplicado por la pérdida dada el incumplimiento. Con este cálculo se definió la provisión a capital, intereses y otros conceptos para ambas matrices.

6.5 Apetito de Riesgo

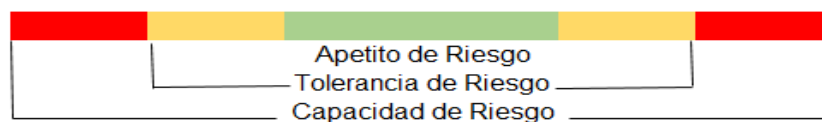
Es el nivel de resistencia patrimonial de la entidad en cuanto al aumento de provisión frente al patrimonio técnico de la entidad. Frente a la calibración para el cálculo del apetito se tomó los estados financieros reportados por la Supersolidaria y se seleccionó una Entidad del sector real cooperativo con un monto de cartera similar al desarrollado en el modelo y se calculó el patrimonio técnico con base a esos estados financieros. Los niveles de apetito se dividen en tres límites: Apetito, Tolerancia y capacidad:

Apetito: Es el máximo nivel de riesgo que los asociados, están dispuestos a aceptar, este indicador siempre debe ser mayor a cero el cual termina siendo el resultado de un balance entre crecimiento riesgo y retorno.

Tolerancia: Corresponde a la desviación respecto del apetito de riesgo, en niveles aceptables y dentro de las metas fijadas, el límite de tolerancia debe ser establecido por la alta dirección de acuerdo al grado de aversión al riesgo que tengan los asociados. La tolerancia sirve como alerta para evitar que la entidad del sector real cooperativo llegue al nivel establecido por su capacidad de riesgo, evitando poner en peligro la continuidad del negocio.

Capacidad: corresponde al nivel máximo de riesgo que la entidad podría soportar.

Figura 6. Niveles de Apetito de Riesgo



Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del Apetito de Riesgo.

Los 3 límites o niveles de exposición le permite a la alta dirección conocer el valor del patrimonio después de descontar el riesgo de crédito al que está expuesto la entidad con el fin de realizar de manera más adecuada el monitoreo o seguimiento a las posiciones asumidas por las colocaciones de cartera.

Pérdida Esperada: para un crédito individual, corresponde a la exposición en el momento del default multiplicada por la probabilidad de incumplimiento y por la severidad, la cual es igual a 1 menos la tasa de recuperación de la garantía asociada al crédito.

$$PE = \text{Valor expuesto del activo} * PI * PDI$$

Pérdida no esperada: Corresponde a la desviación de la pérdida esperada a un nivel de confianza dado

$$PNE = \text{Desviación del incumplimiento} * \text{valor expuesto} * PDI * \# \text{de desvíos del NC}$$

La desviación del incumplimiento se calcula acorde con el tipo de distribución de probabilidad que sigan los datos, si esta fuera una distribución binomial, que es la más común en los portafolios de créditos.

$$\text{Desviación del Incumplimiento} = \text{raíz} (\# \text{de obligaciones} * PI * (1 - PI))$$

Los cálculos se realizaron por cada modalidad de crédito y se incluyeron los siguientes cálculos:

- a. Desviación del incumplimiento
- b. Desviación de la pérdida esperada o nivel de pérdida no esperada con un nivel de confianza del 99% al cual le corresponden el 2.33 desvíos estándar en una distribución normal estándar acumulada.
- c. Cálculo de riesgo de crédito
- d. Determinación del nivel o límite como el riesgo de crédito / Patrimonio técnico

Para establecer los límites que corresponden al apetito, tolerancia y capacidad de riesgo de crédito, se definieron 3 escenarios, uno moderado correspondiente al límite o nivel de apetito por riesgo de crédito, otro escenario es el fuerte, correspondiente al límite o nivel de tolerancia de riesgo de crédito y el último es el escenario severo como límite para la capacidad máxima de riesgo de crédito. Para estos cálculos se tomó la PI y la PDI de los modelos de referencia calculados, así como el crecimiento proyectado de la cartera de crédito y el límite de máximo deterioro o nivel máximo de provisiones permitido en la cartera de crédito.

De igual manera, existen otras metodologías desarrolladas por otros autores en cuanto a la implementación del riesgo crediticio a nivel general en cuanto al segmento de mercado se refiere, es por esto por lo que se presentan las siguientes metodologías alternas a la propuesta:

Modelo KMV de Monitoreo de Crédito: (García, 2010), “Entre los modelos modernos, el modelo más popular es el KMV, el cual fue desarrollado a inicios de la década de los noventa por la calificadora Moody’s y es una extensión del modelo de Merton, que toma en cuenta el comportamiento crediticio de los deudores (Saavedra, 2005).

Este es un modelo de diversificación basado en las correlaciones del mercado de acciones que permite estimar la probabilidad de incumplimiento entre activos y pasivos. El modelo KMV toma ideas del modelo de Frecuencias de Incumplimiento Esperado, además de considerar la diversificación requerida en los portafolios de deuda. El modelo KMV define la probabilidad de incumplimiento como una función de la estructura del capital de la firma, la volatilidad del rendimiento esperado de los activos y su valor actual. Las EDF son específicas de una empresa y pueden ser transformadas hacia cualquier sistema de calificación para derivar la calificación equivalente del acreditado. Así también, las EDF pueden verse como calificaciones cardinales de

los acreditados respecto del riesgo de incumplimiento, en lugar de la más convencional calificación ordinal propuesta por las agencias de calificaciones, expresadas en las letras, como AAA, AA, etc.

Contrario a otros modelos (CreditMetrics / Credit VaR I), el modelo KMV no hace referencias explícitas a las probabilidades de transición, las cuales en la metodología de KMV están ya implícitas en las EDF. Además, cada valor EDF está asociado con la curva de spread¹⁶ y la correspondiente calificación de crédito. La traducción de la información del mercado a probabilidades de incumplimiento se realiza en tres etapas (Crouhy, Galai y Mark, 2000): Primera etapa: estimación del valor del activo y la volatilidad del rendimiento. Los modelos financieros generalmente consideran un valor de mercado de los activos y no el valor en libros que sólo representan los costos históricos de los activos tangibles, netos de depreciación. Segunda etapa: cálculo del riesgo de los activos, en el que se incluyen el riesgo del negocio y del sector en el que trabaja la empresa. Este riesgo se mide por la volatilidad de los activos.

Sin embargo, esta volatilidad está relacionada con la de las acciones, pero no es exactamente la misma, ya que el endeudamiento de una compañía impacta la volatilidad de los activos de la empresa. Tercera etapa: derivación de la probabilidad de incumplimiento. Consiste en convertir la distancia al incumplimiento en la EDF. Una vez que se tiene la EDF para determinado acreditado, el modelo KMV utiliza un modelo de valuación de riesgo neutral para derivar los precios descontados al valor esperado de futuros flujos de efectivo”.

Modelo Credimetrics JP Morgan; (Cerezo, 2011), “CreditMetrics desarrolla el modelo de riesgo de crédito a través de las siguientes etapas: Primera, especifica un sistema de calificaciones y una matriz de transición utilizando la información de las agencias calificadoras (Moody’s o Standard&Poor’s); Segunda, establece un horizonte de tiempo que por lo general es de un año;

Tercera, desarrolla un modelo de valoración; Cuarta, analiza los cambios en el valor de la cartera de créditos; y Quinta define el incumplimiento como el momento en el cual el valor de los activos se encuentra por debajo del valor nominal de los créditos”.

Modelos de Probabilidad Lineal: (Sanchez, 2014), “Señala que los modelos de probabilidad lineal constituyen la forma más simple de trabajar con una variable independiente binaria (variable *dummy*), y están basados en el supuesto de que la probabilidad de que ocurra un evento (incumplimiento 1 o cumplimiento del pago 0) P_i , se encuentra linealmente relacionada con un set de variables explicativas. Las probabilidades actuales no pueden ser observadas, por lo que se estima un modelo en el cual los resultados P_i (la serie de 0 o 1) serán las variables dependientes; este modelo puede ser estimado utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Los coeficientes estimados pueden ser interpretados como el cambio en la probabilidad por el cambio en una unidad de la variable independiente.

Modelos Logit: Describe que los modelos de regresión logística permiten calcular la probabilidad que tiene un cliente para pertenecer a uno de los grupos establecidos a priori (no pagador o pagador). La clasificación se realiza de acuerdo con el comportamiento de una serie de variables independientes de cada observación o individuo. La principal ventaja del modelo de regresión logística radica en que no es necesario plantear hipótesis de partida, como por ejemplo la normalidad de la distribución de las variables, mejorando el tratamiento de las variables cualitativas o categóricas. Además, este modelo presenta la ventaja de medir la probabilidad de incumplimiento al mantener la variable explicada siempre dentro de un rango de variación entre cero y uno.

Redes Neuronales Artificiales: Son modelos de Inteligencia Artificial basados en Redes Neuronales Artificiales que tratan de imitar al sistema nervioso, de modo que construyen sistemas con cierto grado de inteligencia. La red está formada por una serie de procesadores simples, denominados nodos, que se encuentran interconectados entre sí. Como nodos de entrada se consideran las características o variables de la operación de crédito. El nodo de salida sería la variable respuesta definida como la probabilidad de no pago. La finalidad de cada nodo consiste en dar respuesta a una determinada señal de entrada.

Método Estándar: Bajo este enfoque, la medición del riesgo de crédito de los activos se realiza con base en calificaciones o ratings externos otorgados por una empresa calificadora de riesgo de reconocido prestigio internacional. Para ello, de cara a estimar los activos ponderados por riesgo de crédito, a las exposiciones netas de previsión específica se aplica un coeficiente de ponderación en función a la calificación de riesgo. Este método es considerado como una extensión del método utilizado en la actualidad y propuesto en el primer Acuerdo de Capital, ligeramente más sensible al riesgo.

Método Basado en Calificaciones Internas: Este método es más sofisticado que el anterior, debido a que incorpora nuevos conceptos relacionados con la medición del riesgo de crédito. Bajo un esquema de calificaciones internas, se deben calcular los componentes del riesgo de una determinada operación y cuantificar el requerimiento de capital y provisiones correspondientes a esa exposición. Estos cálculos deberán ser realizados mediante la utilización de información interna de cada entidad, debidamente validada”.

Otros documentos relacionados con este tema y que fueron revisados en el desarrollo de la investigación fueron:

- a. (Ochoa, 2010), Scoring Estadístico, su aplicación y Desarrollo.
- b. (Leal, 2017), Análisis de Riesgo Crediticio, Propuesta del Modelo Credit Scoring.
- c. (Gonzalez-Santos, 2016), Evaluación del Algoritmo KNN-SP para Problemas de Predicción con Salidas Compuestas.
- d. (Rubio, 2010), Un Modelo de Credit Scoring para instituciones de Microfinanzas en el Marco de Basilea II.
- e. (Sepulveda-Reina, 2012), Estimación del Riesgo de Crédito en Empresas del Sector Real en Colombia.
- f. (Garcia-Laencina, 2008), Algoritmo KNN basado en Información Mutua para clasificación de Patrones con Valores Perdidos.

7. Trabajo de campo

7.1. Desarrollo del modelo de riesgo crediticio

El esquema propuesto de riesgo crediticio implementado para las Cooperativas de Aporte y Crédito del Sector Real, pretende robustecer la estructura de Crédito que se maneja actualmente a través de los lineamientos exigidos por la Superintendencia de Economía Solidaria, buscando una mejor lectura del cliente a través de un modelo de Scoring robustecido el cual pretende analizar todas las variables que influyen dentro de la actividad financiera y no financiera del cliente, combinado este esquema con el modelo (Merkleic, 2020), KNN (K-Nearest-Neighbor) buscando complementar el resultado del proceso del análisis del cliente producto del scoring seleccionado y definir de manera más asertiva su capacidad de pago, buscando disminuir la cartera vencida del nicho de mercado al cual está dirigido el modelo de riesgo diseñado, siendo que el sector

seleccionado presenta el deterioro más alto del sector solidario con un indicador aproximado del 9% a diciembre del 2019.

De igual manera, se pretende cambiar la estructura del cálculo de provisión utilizado y requerido actualmente por la Supersolidaria, implementando la estructura de deterioro exigida hoy en día por la Superintendencia Financiera de Colombia para las entidades financieras, buscando tener una mayor cobertura y un mayor cubrimiento frente al rodamiento de la cartera, mitigando en una proporción más alta los impactos presentados en el estado de pérdidas y ganancias que pueden surgir producto del deterioro de la cartera.

Este modelo pretende analizar todo el proceso de riesgo crediticio desde la vinculación del cliente para el otorgamiento del crédito, hasta la recuperación del mismo a través de un esquema detallado en el cual evidencia el capital económico necesario para el desarrollo de la actividad crediticia del Sector Real Solidario. Es por esto por lo que se analizará todo el componente crediticio estructurado de la siguiente manera:

7.2 Desarrollo del proceso de Scoring

Para el desarrollo del proceso Scoring se creó un plano simulado con datos reales en cuanto a la situación financiera y variables no financieras, para esto, se simuló la información del Scoring de 100 clientes a través de aleatorios con rangos pactados para cada una de las variables, creando así la base de datos de los clientes con los cuales se dará inicio al desarrollo del modelo.

Para el proceso de Scoring se tuvo en cuenta las siguientes variables no puntuadas para la definición del scoring, pero fundamentales para el insumo de este, las cuales deben ser definidas por el asociado al momento de realizar la solicitud de crédito: Ingresos Mensuales, Gastos

mensuales, Activo, Pasivo, Patrimonio y el monto del endeudamiento financiero al momento de la solicitud. Una vez se cuente con la información financiera relacionada anteriormente, se analizarán las variables para definir el puntaje final del Scoring. Cada una de las variables tiene un puntaje implícito cuyo rango oscila entre 1 y 10 puntos el cual se determina a través de unos rangos enfocados entre mínimos y máximos según la situación actual del cliente en las cuales se analizaron: Edad del asociado, tiempo de actividad, nivel de estudios, hábito de pago, capacidad de pago, nivel de endeudamiento, actividad económica, endeudamiento externo, solvencia, garantías, tipo de inversión y trayectoria.

Cada una de las variables señaladas presenta un puntaje individual producto de la situación actual del cliente, la combinación de estos puntajes preliminares genera una puntuación final que va de 1 a 120 puntos el cual es segmentado en 6 zonas:

- Zona Mala: Cuyo puntaje final está entre 0 y 20 puntos y puntaje agregado de 0.
- Zona Deficiente: Cuyo puntaje final está entre 20 y 40 puntos y puntaje agregado de 2.
- Zona Regular: Cuyo puntaje final está entre 40 y 60 puntos y puntaje agregado de 4.
- Zona Aceptable: Cuyo puntaje final está entre 60 y 80 puntos y puntaje agregado de 6.
- Zona Bueno: Cuyo puntaje final está entre 80 y 100 puntos y puntaje agregado de 8.
- Zona Excelente: Cuyo puntaje final está entre 100 y 120 puntos y puntaje agregado de 10.

Con este esquema se determina la situación actual del cliente y se lleva a las zonas referidas para determinar el nivel de riesgo actual del cliente y la respectiva aprobación o rechazo del crédito según la condición registrada.

De igual manera, se creó dentro de la herramienta un formulario donde se registra la información del cliente la cual alimenta la base de datos ya existente con los 100 clientes

mencionados con anterioridad, es decir para efecto de comprobar la metodología establecida para determinar el nivel de riesgo del cliente, se creó el cliente 101 desde la misma vinculación para analizar su comportamiento y su posición en cuanto a la metodología KNN.

Para definir el acierto en la escogencia de las variables, estas fueron seleccionadas para realizar una regresión lineal, siendo la variable dependiente el puntaje final y las variables independientes las demás variables producto del resultado del Scoring dando los siguientes resultados: Ver Anexo 1.

7.2.1 Resultados de Regresión

Coefficiente de correlación múltiple: (Vallejo, 2011) “Expresa en qué grado los sujetos tienen el mismo orden en las variables X e Y. Si la correlación es perfecta ($r = 1$) el orden de los sujetos en ambas variables es el mismo y el diagrama de dispersión coincidirá con una recta (la recta de regresión)”. En el análisis de correlación canónica se examina la relación lineal entre un grupo de variables X, y un grupo, o más de un grupo de variables Y. Frente a los resultados presentados se evidencia en las cinco regresiones que existe una relación lineal positiva entre las variables independientes y la dependiente en el cual el coeficiente se encuentra por encima del 0.9 para los tres escenarios presentados. Los resultados de las regresiones en todas las simulaciones presentadas evidencian que las variables escogidas para el scoring muestran una concordancia clara en cuanto a los resultados de aprobación o rechazo en el otorgamiento del crédito, es decir las variables socioeconómicas seleccionadas abarcan de manera completa el comportamiento de pago del cliente en relación a su situación actual. Frente a los fundamentos de la regresión se tuvo en cuenta en los análisis:

Coeficiente de determinación: (Lopez, 2020)“Es la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El coeficiente de determinación, también llamado R cuadrado, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar”. El coeficiente de determinación muestra resultados por encima del 80% para las tres regresiones generadas, es decir, más del 80% de las variables independientes explican el comportamiento de la variable dependiente.

R2 ajustado: (Rankia, 2019), “Determina la extensión de la varianza de la variable dependiente que puede explicarse por la variable independiente. La especialidad del R^2 modificado es que no tiene en cuenta el impacto de todas las variables independientes, sino solo aquellas que impactan la variación de la variable dependiente. El valor del R^2 modificado también puede ser negativo, aunque no es negativo la mayoría de las veces”.

Valor crítico de F: (Cansino, 2019), “Es una prueba estadística científica para determinar la distribución de datos en virtud de la teoría del valor predeterminado, y es la forma en que los datos se estructuran sobre la base de la hipótesis de los estándares corrientes”. Para las regresiones simuladas en el anexo 1 se evidencia para la primera simulación un F de 43.96 con un valor P inferior al alfa del 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa concluyendo que el resultado del scoring es dependiente en un 95% a las variables utilizadas por lo que existe una relación lineal entre las variables. Para las demás simulaciones se presenta el mismo comportamiento de la primera simulación entre las variables del F y el valor P.

El Valor P es la probabilidad de cumplir con la hipótesis nula basado en el nivel de significancia propuesto. Está compuesto por la hipótesis nula (Describe que las variables son

independientes, es decir no tienen relación entre sí) y la alternativa (Describe que las variables son dependientes dado el nivel de significancia asignado).

Nota: Teniendo en cuenta que la información de 100 clientes se está manejando a través de aleatorios entre rangos específicos los resultados de la regresión no variaron, siempre se mantuvieron en un valor aproximado en los señalados en los resultados anteriores con una variación no superior al 5% aproximadamente para cada uno de los coeficientes calculados.

Resultados del Scoring para Cliente 101:

Figura 7. Simulación 1 Ingreso de Información Cliente 101.

UserForm1

SCORING DE CREDITO

Digite el Nombre del Cliente	75654567	Endeudamiento Total	0.6
Ingresos del Mes	5.000.000	Actividad Economica	3
Gastos del Mes	2.000.000	Endeudamiento Externo	0.6
Total Activos	300.000.000	Solvencia	2
Total Pasivos	200.000.000	Garantia	1
Total Patrimonio	100.000.000	Tipo de Inversion	2
Deuda Financiera	100.000.000	Trayectoria	3
Edad	35	<div style="background-color: #e6e6fa; padding: 10px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">RESULTADO SCORIG</div> <div style="background-color: #333; color: white; padding: 5px; display: inline-block;">CERRAR</div>	
Tiempo de Actividad	10		
Nivel de Estudios	3		
Habito de Pago	18		
Capacidad de Pago	1.6		

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en la información del cliente

Figura 8. Simulación 1 Resultados Scoring Información Cliente 101.

Nombre del Deudor	Puntaje Actividad	Endeudamiento Externo	Puntaje Endeudamiento Ext	Solvencia	Puntaje Solvencia	Garantia	Puntaje Garantia	Tipo de Inversion	Puntaje Tipo Inversion	Tipo Trayectoria	Puntaje Trayectoria	Puntaje Final	Puntaje Definitivo	Score
81	4	61.9%	6	1	10	4	4	1	10	4	4	63	6	Bueno
82	4	63.6%	6	5	2	4	4	5	2	5	2	58	4	Malo
83	2	37.8%	10	1	10	2	8	1	10	5	2	92	8	Bueno
84	4	30.7%	10	5	2	5	2	2	8	1	10	62	6	Bueno
85	10	44.9%	10	3	6	4	4	3	6	2	8	81	8	Bueno
86	8	57.4%	8	1	10	1	10	5	2	4	4	78	6	Bueno
87	8	37.3%	10	2	8	3	6	3	6	5	2	61	6	Bueno
88	6	19.3%	10	3	6	3	6	4	4	2	8	75	6	Bueno
89	4	62.7%	6	3	6	4	4	1	10	1	10	69	6	Bueno
90	4	44.6%	10	2	8	2	8	4	4	3	6	84	8	Bueno
91	4	6.0%	10	2	8	2	8	1	10	5	2	82	8	Bueno
92	4	22.5%	10	3	6	2	8	5	2	5	2	67	6	Bueno
93	6	22.6%	10	5	2	1	10	3	6	4	4	74	6	Bueno
94	8	96.0%	0	4	4	4	4	5	2	4	4	53	4	Malo
95	4	92.8%	0	4	4	3	6	5	2	5	2	51	4	Malo
96	8	46.2%	10	3	6	1	10	5	2	3	6	73	6	Bueno
97	8	80.4%	2	5	2	4	4	2	8	2	8	65	6	Bueno
98	4	42.7%	10	1	10	2	8	2	8	3	6	94	8	Bueno
99	4	6.4%	10	4	4	3	6	2	8	1	10	73	6	Bueno
100	6	2.8%	10	4	4	4	4	2	8	2	8	67	6	Bueno
75654567	6	0.6	0	2	8	1	10	2	8	3	6	70	6	Bueno

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en el resultado del scoring.

Resultado: Para la simulación número 1 con las variables asignadas se registra un puntaje final de 70 puntos agregado 6 puntos dándole un score “Bueno” para el otorgamiento del crédito.

Figura 9. Simulación 2 Ingreso de Información Cliente 101.

UserForm1 ×

SCORING DE CREDITO

Digite el Nombre del Cliente	75654567
Ingresos del Mes	3000000
Gastos del Mes	2500000
Total Activos	100000000
Total Pasivos	100000000
Total Patrimonio	0
Deuda Financiera	90.000.000
Edad	56
Tiempo de Actividad	10
Nivel de Estudios	1
Habito de Pago	44
Capacidad de Pago	0,7

Endeudamiento Total	0,9
Actividad Economica	5
Endeudamiento Externo	0,9
Solvencia	4
Garantia	5
Tipo de Inversion	4
Trayectoria	3

RESULTADO SCORIG

CERRAR

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en la información del cliente

Figura 10. Simulación 2 Resultados Scoring Información Cliente 101.

Nombre del Deudor	Puntaje Actividad	Endeudamiento Externo	Puntaje Endeudamiento Ext	Solvencia	Puntaje Solvencia	Garantía	Puntaje Garantía	Tipo de Inversion	Puntaje Tipo Inversion	Trayectoria	Puntaje Trayectoria	Puntaje Final	Puntaje Definitivo	Score
81	10	11,7%	10	2	8	2	8	1	10	4	4	70	6	Buena
82	10	69,3%	6	3	6	2	8	5	2	4	4	61	6	Buena
83	6	31,3%	10	2	8	1	10	3	6	3	6	72	6	Buena
84	4	55,3%	8	4	4	5	2	2	8	3	6	69	6	Buena
85	10	74,0%	4	4	4	1	10	3	6	2	8	79	6	Buena
86	2	96,5%	0	4	4	4	4	5	2	5	2	48	4	Mala
87	10	31,3%	10	5	2	2	8	2	8	4	4	77	6	Buena
88	8	69,3%	6	3	6	1	10	3	6	4	4	86	8	Buena
89	6	61,2%	6	2	8	2	8	4	4	4	4	54	4	Mala
90	2	4,2%	10	4	4	5	2	5	2	5	2	63	6	Buena
91	8	57,5%	8	3	6	5	2	5	2	1	10	71	6	Buena
92	4	27,3%	10	4	4	1	10	5	2	4	4	74	6	Buena
93	6	38,2%	10	5	2	2	8	2	8	2	8	77	6	Buena
94	8	35,2%	10	1	10	4	4	2	8	1	10	79	6	Buena
95	4	91,6%	0	5	2	2	8	2	8	3	6	70	6	Buena
96	4	98,2%	0	5	2	1	10	1	10	4	4	72	6	Buena
97	8	27,0%	10	5	2	2	8	1	10	4	4	72	6	Buena
98	2	66,8%	6	2	8	5	2	2	8	3	6	74	6	Buena
99	2	54,3%	8	1	10	2	8	5	2	4	4	83	8	Buena
100	10	46,8%	10	5	2	5	2	1	10	3	6	73	6	Buena
75654567	2	0,9	0	4	4	5	2	4	4	3	6	35	2	Mala

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en el resultado del scoring.

Resultado: Para la simulación número 2 con las variables asignadas se registra un puntaje final de 35 puntos agregado 6 puntos dándole un score “Malo” para el otorgamiento del crédito.

Para complementar el Scoring diseñado, la herramienta KNN (Nearest-Neighbor) utilizada para la creación del solicitante 101 se analizó el comportamiento de los indicadores del cliente frente a la base ya establecida del Scoring para determinar los resultados generados, comparando los puntajes previamente calculados de los demás clientes definiendo cuales tienen características similares al cliente 101 y definir si los resultados del mismo son positivos o negativos en cuanto al puntaje poblacional.

7.2.2 Resultados del KNN

Resultados para la simulación 1

Tabla.15 Resumen Menor valores en el cálculo KNN para la Simulación 1

Numero KNN	100
Que valor es el Menor	0,1489104
Que valor es el Segundo Menor	0,2941641

Fuente: Tabla Elaborada por el mismo autor

Tabla.16 Resultados metodología KNN Simulación 1

Vecinos Malos	12
Vecinos Buenos	88
Clasificación 101	Bueno

Fuente: Tabla Elaborada por el mismo autor

Resultados para la simulación 2

Tabla.17 Resumen Menor valores en el cálculo KNN para la Simulación 2

Numero KNN	100
Que valor es el Menor	0,4300523
Que valor es el Segundo Menor	0,5927264

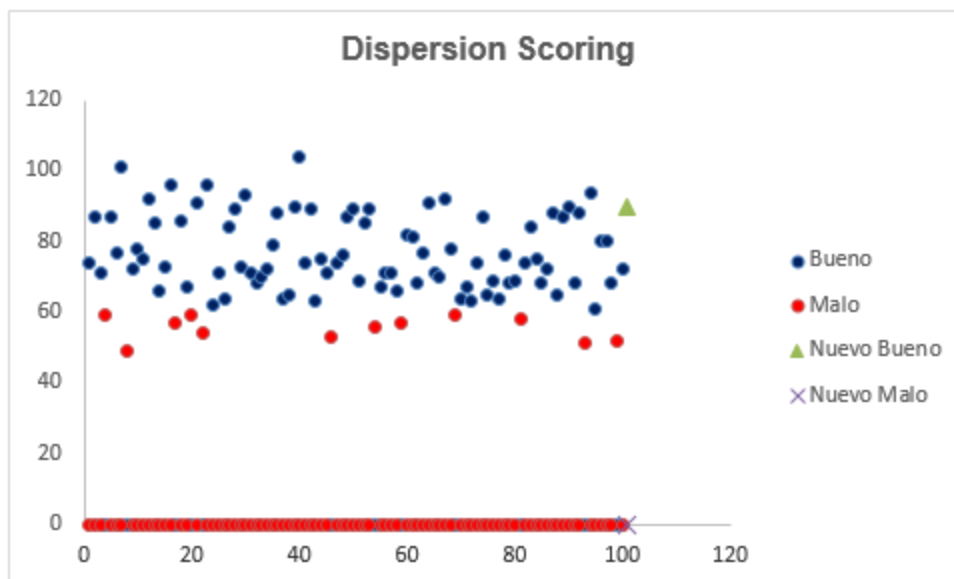
Fuente: Tabla Elaborada por el mismo autor

Tabla.18 Resultados metodología KNN Simulación 2

Vecinos Malos	16
Vecinos Buenos	86
Clasificación 101	Malo

Fuente: Tabla Elaborada por el mismo autor

Figura 11. Puntaje asignado según Scoring por Gráfica de Dispersión.



Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del scoring del modelo desarrollado.

Una vez desarrollado y soportado el modelo a aplicar del Scoring para las entidades del sector real solidario, se construyó la base de cartera con la información real del mercado financiero a través de aleatorios entre rangos establecidos, consolidando la cartera actual en el cual se precisan: El consecutivo del deudor que va desde el cliente 1 hasta el número 101, número de pagaré para referenciar la obligación (informativo) plazo de la obligación, amortización, tasa efectiva anual, tasa con periodicidad de la amortización, valor del préstamo, saldo actual de la obligación, tipo de cartera (Para efectos del modelo se trabajó con la modalidad comercial y Consumo), saldo de interés, saldo de otros conceptos relacionados a la obligación, mora a la fecha de análisis, tipo de garantía representado de la siguiente manera: 4. Garantías hipotecarias, 7. Garantías prendarias, 2. Fondo Nacional de Garantías, 1. Garantías no idóneas y 8. No presenta garantía.

Tabla.19 *Composición de la Cartera*

Saldo de Cartera	12.017.082.615
Saldo en Categoría A	9.421.463.045
Saldo en Categoría B	1.189.580.282
Saldo en Categoría C	-
Saldo en Categoría D	918.056.901
Saldo en Categoría E	487.982.387
Saldo Vencido y Riesgo	
Saldo Cartera Vencida	1.406.039.288
Saldo Cartera en Riesgo	2.595.619.570
Indicador Vencido y Riesgo	
Indicador Cartera Vencida	11,70%
Indicador Cartera en Riesgo	21,60%

Fuente: Tabla elaborada por el autor con base en los resultados de la cartera.

Adicionalmente se muestra un resumen de la provisión calculada por tipo de cartera el cual se detallará a continuación, mostrando el resultado final de deterioro por tipo de obligación y el tipo de categoría producto de la mora estimada.

Para lograr desarrollar el nuevo esquema de provisión, se calculó con la cartera generada, el modelo de provisión actual exigido por la Superintendencia de Economía Solidaria buscando comparar los resultados con lo exigido actualmente y lo implementado con la nueva metodología desarrollada. La parametrización en el cálculo del deterioro actual exigido por el ente regulador del sector solidario fue aplicada de la siguiente manera:

Tabla 20. *Porcentaje para cálculo de Provisión por tipo de cartera*

Categoría	COMERCIAL		CONSUMO		VIVIENDA		MICROCRÉDITO	
	DÍAS	PROVISIÓN	DÍAS	PROVISIÓN	DÍAS	PROVISIÓN	DÍAS	PROVISIÓN
A	0-30	0%	0-30	0%	0-60	0%	0-30	0%
B	31-90	1%	31-60	1%	61-150	1%	31-60	1%
C	91-180	20%	61-90	10%	151-360	10%	61-90	20%
D	181-360	50%	91-180	20%	361-540	20%	91-120	50%
E	>360	100%	181-360	50%	541-720	30%	>120	100%
			>360	100%	721-1080	60%		
					>1080	100%		

Fuente: Superintendencia de Economía Solidaria. Circular Básica Contable y Financiera

Una vez analizados los porcentajes a aplicar para el cálculo de la provisión según la instrucción dada por la Superintendencia de Economía Solidaria se obtuvieron los siguientes resultados según la base de cartera manejada:

Tabla 21. *Resultados de Provisión Modelo Estándar SES*

Provision Modelo Estandar SES	1.093.296.050
Provision en A	95.979.949
Provision en B	480.095
Provision en C	30.733.488
Provision en D	177.698.151
Provision en E	788.404.368
Indicadores	
Cubrimiento por Caificación de Riesgo SES	52,85%
Cobertura Cartera Vencida SES	82,06%

Fuente: Tabla elaborada por el autor con base en los resultados de la Provisión SES.

Nota Aclaratoria:

Una vez establecidos los resultados del deterioro con la metodología exigida en la actualidad por la Solidaria, se analiza que el deterioro está enfocado en unos porcentajes progresivos atados al aumento en la calificación más la constitución de la provisión general. Para el cálculo de la provisión se toma en cuenta la provisión general (Es el 1% del saldo de la cartera de la obligación) la cual es asignada a la categoría a la cual pertenece la obligación, sin embargo, es importante mencionar que el ente regulador no reconoce el riesgo para las obligaciones en categoría A.

Para el desarrollo de los modelos de referencia se inició con la asignaron de las categorías de riesgo y contables en relación al comportamiento de las moras, una vez definidas las categorías, se calcularon los días de incumplimiento para definir los tipos de PDI asociadas a la garantía para todas aquellas obligaciones en calificación D y E. A partir de acá y según las tablas explicadas en la metodología se calculó la probabilidad de incumplimiento tanto para la matriz A como para la

matriz B y se asignó la PDI para cada obligación. Una vez asignados los puntajes señalados, se determinó el cálculo del deterioro a través de la siguiente formulación:

Exposición Actual x P.I x PDI

Tabla 22. *Resultados de Provisión Esquema Desarrollado.*

Provision Nuevo Esquema SARC	1.425.964.134
Provision en A	303.971.901
Provision en B	115.163.680
Provision en C	33.296.775
Provision en D	417.499.645
Provision en E	556.032.133
Indicadores	
Cubrimiento por Caificación de Riesgo Nuevo Esquema	42,74%
Cobertura Cartera Vencida Nuevo Esquema	67,11%

Fuente: Tabla elaborada por el autor con base en los resultados de la Provisión Modelo Desarrollado.

7.3 Modelo Stresstesting:

Las pruebas de stresstesting son un método de diagnóstico que permite entender el perfil de riesgo ante una situación o escenario de crisis, permite simular y sacar conclusiones sobre lo que pudiera suceder en cuanto al deterioro de la cartera buscando definir estrategias y niveles de resistencia. Para el modelo desarrollado, el stresstesting fue enfocado simulando el deterioro de la obligación actual con dos categorías de riesgos dando los siguientes resultados:

Tabla 23. *Resultados Modelos de Referencia Versus Stresstesting*

Modelo	Modelo de Referencia Prociclico	Modelo Estresado	Variacion
Modelo Comercial	780.850.098	957.699.521	22,6%
Modelo Consumo	1.235.138.710	2.116.214.940	71,3%
Total Provision	2.015.988.808	3.073.914.461	52,5%

Fuente: Resultados presentados producto del desarrollo del modelo

Frente a estos resultados, se evidencia un incremento en provisión del 69.1% pasando de \$2.496 millones en provisión procíclica regular a \$4.220 millones de provisión estresada afectado considerablemente la cartera producto del deterioro presentado vulnerando el grado de resistencia de la entidad.

7.4 Resultados Apetito de Riesgo:

El indicador actual aproximado con los datos de provisión calculados establece un indicador del 7.859% concluyendo que el nivel de deterioro se encuentra dentro del apetito de riesgo:

Figura 12. Resultado del indicador del Apetito de Riesgo.

Normal	Comercial	Consumo
Saldo Cartera	5.972.911.023	5.842.891.938
PI	0,186676238	0,16890099
PDI	0,556435644	0,588118812
Deterioro Total	747.533.546	551.180.931
Numero de Creditos	47	54
PNE	440.133.301	408.220.158
Riesgo de Credito 99%	1.187.666.848	959.401.089
Cartera Total	11.815.802.961	11.815.802.961
Participacion RC/Cartera	10,05%	8,12%
Participacion RC/Patrimonio Tecnico	7,19%	5,81%
Deterioro Total/PT	4,52%	3,34%
(Deterioro Total/PT)*Desvest	10,54%	7,77%
Indicador Actual		7,859%

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del Apetito de Riesgo.

Cálculo del Límite de Apetito de Riesgo:

Figura 13. Resultado Límite del Apetito de Riesgo.

Estimacion Crecimiento de Cartera	12.406.593.109		
Escenario Moderado	Comercial	Consumo	Limite Apetito
Saldo Cartera	6.271.556.574	6.135.036.535	
PI Anterior	18,11%	16,38%	
PI Estresada	19,23%	17,40%	
PDI Anterior	53,97%	57,05%	
PDI Estresada	57,31%	60,58%	
Perdida Esperada Proyectada	691.120.499	646.530.279	
Desvest			
Incumplimiento	2.701739134	2.785672268	
PNE desvest 99%	481.425.386	446.695.555	
RC 99%	1.172.545.885	1.093.225.835	
Apetito	7,10%	6,62%	13,711%

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del Apetito de Riesgo.

Cálculo del Límite de Tolerancia de Riesgo:

Figura 14. Resultado Límite de Tolerancia de Riesgo.

Escenario Fuerte	Comercial	Consumo	Limite Tolerancia
Saldo Cartera	6.271.556.574	6.135.036.535	
PI Anterior	18,11%	16,38%	
PI Estresada	19,80%	17,92%	
PDI Anterior	53,97%	57,05%	
PDI Estresada	59,03%	62,39%	
Perdida Esperada Proyectada	733.209.738	685.903.974	
Desvest			
Incumplimiento	2.732157439	2.818203172	
PNE desvest 99%	501.451.021	465.469.399	
RC 99%	1.234.660.759	1.151.373.372	
Tolerancia	7,47%	6,97%	14,439%

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del Apetito de Riesgo.

Cálculo del Límite de Tolerancia de Riesgo:

Figura 15. Resultado Límite de Capacidad de Riesgo.

Escenario Severo	Comercial	Consumo	Limite Capacidad
Saldo Cartera	6.271.556.574	6.135.036.535	
PI Anterior	18,11%	16,38%	
PI Estresada	20,40%	18,46%	
PDI Anterior	53,97%	57,05%	
PDI Estresada	60,80%	64,27%	
Perdida Esperada Proyectada	777.862.211	727.675.526	
Desvest			
Incumplimiento	2.762546479	2.850782661	
PNE desvest 99%	522.239.380	484.975.912	
RC 99%	1.300.101.590	1.212.651.438	
Capacidad	7,87%	7,34%	15,206%

Fuente: Figura elaborada por el autor con base en los resultados del Apetito de Riesgo.

8. Discusión de Resultados

A partir del planteamiento de la hipótesis la cual está fundamentada en que la actividad crediticia del sector real solidario no presenta la robustez suficiente para medir la capacidad de pago del deudor, la misma está comprobada a través del incremento progresivo que ha venido presentando el indicador de cartera vencida del sector en los últimos años.

A cierre de diciembre 2020, se generó un indicador de 8.80% frente a lo reportado en diciembre 2019 del 8.73% presentando una variación frente al anterior del 0.80%. Ciertamente el sector no fue ajeno a la coyuntura actual del país, a pesar de las medidas adoptadas para mitigar el aumento de la probabilidad de impago a través del otorgamiento de alivios de cartera

Aplicando el modelo señalado de Scoring soportado con la metodología KNN, es posible llegar a tener una cartera más sana, debido al conocimiento obtenido en relación a la estructura financiera del cliente, determinando así su capacidad de pago. La combinación de variables permite predecir el posible comportamiento de pago del cliente, soportado en puntajes de scoring que analizan diferentes flancos de la situación actual del cliente, evidenciando una correlación significativa entre las variables seleccionadas y el resultado final del scoring.

Lo anterior se soporta a través de las simulaciones realizadas a través de regresiones y análisis discriminante concluyendo que las variables seleccionadas explican el resultado del modelo dando un conocimiento integral del cliente.

La implementación de los modelos de referencia generó un aumento en la constitución del deterioro de provisiones del 30% frente a la metodología actual implementada por la Supersolidaria. Este aumento evidencia en primera instancia un reconocimiento al riesgo al

momento de la originación, debido a que la Supersolidaria determinó un porcentaje de constitución de provisión del 0% para los créditos en categoría A, a categoría que presentó una variación de la provisión de 2.18 veces lo constituido actualmente en los esquemas de la Supersolidaria versus los modelos de referencia, adicionándole el 1% de la provisión general.

Este mayor reconocimiento en provisión establece una mejor asignación en la composición del deterioro en cuanto a la gradualidad en el aumento de esta, la importancia de los colaterales asignados (garantías) para determinar el grado de deterioro en el que puede incurrir un crédito según las condiciones implícitas en la obligación y los tiempos de incumplimiento atados a través de la PDI, aumentando los niveles de provisión a medida que el incumplimiento aumente dando una mayor robustez para la constitución de los niveles de provisión.

9. Conclusiones

- a. El modelo desarrollado estructura de manera completa la gestión del riesgo desde la vinculación del cliente pasando por el filtro del scoring definido hasta la recuperación de este a través de un esquema que abarca de manera más rigurosa la gestión integral del riesgo crediticio.
- b. La implementación del Apetito de Riesgo dentro del modelo de riesgo crediticio permite mirar los niveles de resistencia patrimonial frente a un aumento en las provisiones, el cual determina el grado de apetito tolerancia y capacidad de la entidad.
- c. Con el scoring propuesto en la metodología, se logra robustecer el análisis frente a la capacidad de pago del cliente, soportada a través de los resultados generados en las regresiones establecidas. Dado el nuevo enfoque establecido para el análisis de crédito, existe una alta

posibilidad de que existan menos obligaciones que entren en default, lo cual permite estabilizar la cartera de crédito generando así una mayor solvencia dentro de la estructura financiera de la entidad.

- d. La implementación del nuevo esquema para el desarrollo de los modelos de referencia para la constitución de provisiones, permite establecer una mayor cobertura frente al deterioro de la cartera, que alineado con la estructura de apetito de riesgo, permite mantener controlado el respaldo en provisiones tanto por el aumento en la procíclica como por la implementación de la estructura contracíclicas, la cual permite, en ciertas instancias de dificultades financieras, la desacumulación de la provisión para respaldar las operaciones realizadas producto de las dificultades señaladas.

10. Referencias

Portal web Asesoría MSS, Asesoría MSS, (12 julio de 2020), *Tipos de Investigación en la elaboración de tesis de Grado* Recuperado de <https://asesoriamss.com/servicios/empresa-2/item/153-tipos-de-investigacion-en-la-elaboracion-de-tesis-de-grado>

Portal Web Superfinanciera, Normativa, Circular Básica Contable y Financiera, Anexo 3, *Modelo de Referencia Comercial*, <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/index.jsf>

Portal Web Superfinanciera, Normativa, Circular Básica Contable y Financiera, Anexo 5, *Modelo de Referencia Comercial*, <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/index.jsf>

Portal web Upav Biblioteca, Morales Vallejo, (5 julio de 2011), *Correlación y regresión, simple y múltiple* Recuperado de <http://upav-biblioteca.org/site/wp-content/uploads/2017/10/11-Introduccion-a-la-regresion.pdf>

Portal web Economipedia, López, (Febrero de 2020), *Coefficiente de Determinación* Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html#:~:text=El%20coeficiente%20de%20determinaci%C3%B3n%20es,la%20variable%20que%20pretender%20explicar>

Portal web Rankia, Rankia, (diciembre de 2019), *Cómo comenzar a invertir en bolsa ¿Qué es el R cuadrado ajustado?* Recuperado de <https://www.rankia.co/blog/como-comenzar-invertir-bolsa/4439147-que-r-cuadrado-ajustado>

Portal web Rpubs, Amat Rodrigo, (Enero de 2016), *Test estadísticos para variables cualitativas* Recuperado de https://rpubs.com/Joaquin_AR/220579

Portal web Techlandia, Cansino, (Septiembre de 2019), *Como calcular el valor critico F* Recuperado de <https://techlandia.com/13074361/como-calcular-el-valor-critico-de-f>

Portal Web Función Pública, (Agosto 1998), *Ley 454 de 1998*, Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3433#:~:text=Decl%C3%A1rase%20de%20inter%C3%A9s%20com%C3%BAAn%20la,y%20del%20ingreso%20y%20a%20la>

Portal Web Supersolidaria, (2020), *Entidades Vigiladas que Reportan Información*, Recuperado de <http://www.supersolidaria.gov.co/es/entidades-vigiladas/entidades-vigiladas-que-reportan-informacion-por-ano>

Portal Web Universidad Javeriana, (2005), *Medición y Control de Riesgos Financieros*, Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9542/tesis01.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Portal Web Universidad de los Andes, (2019), *Una visión retrospectiva de dos crisis financieras de los últimos cuarenta años en Colombia*, Recuperado de <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.13043/dys.82.5>

Referencias Modelos KNN y Scoring

Portal web Merkleinc, Merkle, (1 septiembre de 2020), *El algoritmo K-NN y su importancia en el modelado de datos* Recuperado de <https://www.merkleinc.com/es/es/blog/algoritmo-knn-modelado-datos>

Portal web Scielo, Saavedra García, (Junio de 2010), *Modelos Para Medir el Riesgo de Crédito de la Banca*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v23n40/v23n40a13.pdf>

Portal web Scielo, Caicedo Cerezo, (Junio de 2011), *Medición del Riesgo de Crédito mediante modelos estructurales*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v24n42/v24n42a04.pdf>

Portal web Scielo, Vargas Sánchez, (Noviembre de 2014), *Medición del Riesgo Crediticio Mediante la Aplicación de Métodos Basados en Calificaciones Internas*, Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312014000200002

Portal web Scielo, Ochoa, (Diciembre de 2010), *Construcción de un Modelo de Scoring para el otorgamiento de Crédito de una entidad financiera*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pece/n16/n16a10.pdf>

Portal web Scielo, Ludovic Leal, (Enero de 2017), *Análisis de Riesgo Crediticio, Propuesta del Modelo de Credit Scoring*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v26n1/0121-6805-rfce-26-01-00181.pdf>

Portal web Scielo, González - Santos, (Septiembre 2016), *Evaluación del algoritmo KNN-SP para problemas de predicción con salidas compuestas*, Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000300009

Portal web Scielo, Rayo Canton – Lara Rubio, (Junio 2010), *Un Modelo de Credit Scoring para Instituciones de Microfinanzas en el Marco de Basilea II*, Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-18862010000100005

Portal web Scielo, Sepúlveda - Reina, (Agosto 2012), *Estimación del Riesgo de Crédito en Empresas del Sector Real Colombiano*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v28n124/v28n124a10.pdf>

Portal web Reserchgate, Garcia-Laencina, (Enero 2018), *Algoritmo KNN basado en Información Mutua para clasificación de Patrones con Valores Perdidos*, Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260909129_Algoritmo_KNN_basado_en_informacion_mutua_para_clasificacion_de_patrones_con_valores_perdidos

Anexo 1. RESULTADOS DE LA REGRESION

Primera Simulación de Regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,926516855
Coefficiente de determinación R ²	0,858433482
R ² ajustado	0,838907066
Error típico	4,174417854
Observaciones	100

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	9192,998495	766,0832079	43,96267443	1,00112E-31
Residuos	87	1516,041505	17,42576442		
Total	99	10709,04			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	113,5732319	3,106607959	36,55859811	1,38655E-54	107,3985122	119,7479516
Edad	-0,093834864	0,024588637	-3,816188034	0,000253081	-0,142707443	-0,044962285
Tiempo Actividad	0,510278874	0,083389673	6,119209435	2,62206E-08	0,344532869	0,676024879
Nivel de Estudios	1,566976241	0,303067944	5,170379351	1,47483E-06	0,964595885	2,169356596
Habito de Pago	-0,204994656	0,030590718	-6,701204514	1,9655E-09	-0,26579702	-0,144192292
Capacidad de Pago	2,10960175	0,319049941	6,612136461	2,93556E-09	1,475455444	2,743748055
Endeudamiento	-8,717469587	1,535440925	-5,677502433	1,77149E-07	-11,76932469	-5,665614489
Actividad Economica	-2,207373623	0,292338086	-7,550756236	4,01309E-11	-2,788427223	-1,626320023
Endeudamiento Externo	-12,34270766	1,548832994	-7,969037141	5,72011E-12	-15,42118094	-9,264234371
Solvencia	-2,123316646	0,321901849	-6,5961617	3,15403E-09	-2,763131427	-1,483501866
Garantía	-1,858637966	0,299853178	-6,19849347	1,85067E-08	-2,454628626	-1,262647306
Tipo de Inversion	-2,91191949	0,30466534	-9,557764225	3,23816E-15	-3,517474843	-2,306384136
Trayectoria	-1,934814048	0,316720642	-6,108897844	2,74329E-08	-2,56433062	-1,305297477

Segunda Simulación de Regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,910960203
Coefficiente de determinación R ²	0,829848492
R ² ajustado	0,806379318
Error típico	4,730960116
Observaciones	100

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	9496,877425	791,4064521	35,35908458	2,53221E-28
Residuos	87	1947,232575	22,38198362		
Total	99	11444,11			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	112,3139468	3,443511979	32,61610457	1,45556E-50	105,4695939	119,1582997
Edad	-0,130363158	0,026203974	-4,974938382	3,25715E-06	-0,182446395	-0,078279922
Tiempo Actividad	0,467913766	0,084536931	5,535021911	3,24101E-07	0,299887462	0,63594007
Nivel de Estudios	2,148546046	0,342192849	6,278757873	1,29858E-08	1,468400705	2,828691386
Habito de Pago	-0,228702846	0,033809057	-6,764543766	1,47634E-09	-0,295902008	-0,161503684
Capacidad de Pago	1,756220151	0,347061279	5,060259556	2,30889E-06	1,06639828	2,446042023
Endeudamiento	-12,46840222	1,764572909	-7,065960355	3,74609E-10	-15,97568194	-8,96112249
Actividad Economica	-1,966598929	0,34822135	-5,647554138	2,01237E-07	-2,658726569	-1,274471289
Endeudamiento Externo	-11,99670041	1,825419571	-6,572023553	3,51504E-09	-15,62491947	-8,368481355
Solvencia	-2,028496373	0,331260165	-6,123574722	2,57235E-08	-2,68691182	-1,370080925
Garantía	-1,682129778	0,370155442	-4,544387539	1,76642E-05	-2,4178538	-0,946405756
Tipo de Inversion	-1,700099771	0,378587368	-4,490640511	2,16912E-05	-2,452583159	-0,947616384
Trayectoria	-2,307186655	0,336165785	-6,863240574	9,43821E-10	-2,975352553	-1,639020756

Tercera Simulación de Regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,943694957
Coefficiente de determinación R ²	0,890560173
R ² ajustado	0,875465024
Error típico	3,929673908
Observaciones	100

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	10932,51688	911,0430566	58,99644951	1,64265E-36
Residuos	87	1343,483321	15,44233702		
Total	99	12276			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	114,3333876	2,984847319	38,30460166	3,02812E-56	108,4006803	120,2660948
Edad	-0,171862517	0,021793021	-7,886126467	8,4264E-12	-0,215178505	-0,128546529
Tiempo Actividad	0,560031032	0,069583665	8,048311808	3,94763E-12	0,421725963	0,698336101
Nivel de Estudios	2,346733721	0,310923656	7,547620381	4,07188E-11	1,728739288	2,964728155
Habito de Pago	-0,279177274	0,03217916	-8,675716612	2,0712E-13	-0,343136839	-0,215217709
Capacidad de Pago	3,124386105	0,410561275	7,610036051	3,04798E-11	2,308351114	3,940421096
Endeudamiento	-10,30222301	1,408480379	-7,31442423	1,19686E-10	-13,10173028	-7,502715747
Actividad Económica	-1,972323381	0,282604822	-6,979086076	5,57071E-10	-2,534031066	-1,410615696
Endeudamiento Externo	-12,77531135	1,37851266	-9,2674603	1,27231E-14	-15,51525453	-10,03536817
Solvencia	-2,802301939	0,276024196	-10,15237788	1,97726E-16	-3,350929917	-2,253673962
Garantía	-1,655832548	0,32459774	-5,101183225	1,95566E-06	-2,301005705	-1,010659391
Tipo de Inversion	-2,356557614	0,300236645	-7,849003242	1,00206E-11	-2,953310257	-1,759804971
Trayectoria	-2,002717059	0,280458315	-7,140872454	2,65812E-10	-2,56015833	-1,445275789

Cuarta Simulación de Regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,935617145
Coefficiente de determinación R ²	0,875379443
R ² ajustado	0,858190401
Error típico	4,305187982
Observaciones	100

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	11326,87601	943,9063342	50,92659759	4,29724E-34
Residuos	87	1612,51399	18,53464356		
Total	99	12939,39			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	112,7446896	3,133909352	35,97573411	5,15143E-54	106,5157054	118,9736738
Edad	-0,126161067	0,024603752	-5,127716573	1,75547E-06	-0,175063688	-0,077258446
Tiempo Actividad	0,431752372	0,072747662	5,934931232	5,85648E-08	0,287158516	0,576346228
Nivel de Estudios	1,946580657	0,326436279	5,963125986	5,18196E-08	1,297753206	2,595408109
Habito de Pago	-0,193115304	0,031544937	-6,121911157	2,59118E-08	-0,255814282	-0,130416325
Capacidad de Pago	1,864009104	0,373100527	4,995996968	2,99274E-06	1,122431406	2,605586802
Endeudamiento	-14,80732174	1,553592724	-9,531018979	3,67302E-15	-17,8952555	-11,71938797
Actividad Económica	-1,965696915	0,307318789	-6,396279639	7,70935E-09	-2,576526286	-1,354867544
Endeudamiento Externo	-10,27756046	1,703017233	-6,03491278	3,79112E-08	-13,66249162	-6,892629309
Solvencia	-2,455568407	0,291448197	-8,425402644	6,72777E-13	-3,034853256	-1,876283557
Garantía	-2,242533462	0,320992217	-6,986254943	5,39149E-10	-2,88054025	-1,604526673
Tipo de Inversion	-1,463593875	0,323356133	-4,526259823	1,89339E-05	-2,106299204	-0,820888546
Trayectoria	-1,57373213	0,320168478	-4,915325014	4,1353E-06	-2,210101649	-0,937362611

Quinta Simulación de Regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,937860034
Coefficiente de determinación R ²	0,879581444
R ² ajustado	0,862971987
Error típico	4,379773174
Observaciones	100

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	12190,04006	1015,836672	52,95666759	9,89309E-35
Residuos	87	1668,869936	19,18241306		
Total	99	13858,91			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	111,805143	3,158754536	35,39532488	1,93915E-53	105,5267763	118,0835097
Edad	-0,103068741	0,027210515	-3,787827692	0,000279161	-0,157152586	-0,048984897
Tiempo Actividad	0,43538309	0,079486181	5,477468966	4,12907E-07	0,277395698	0,593370482
Nivel de Estudios	2,150893518	0,320149379	6,718406035	1,81866E-09	1,514561961	2,787225074
Habito de Pago	-0,202826474	0,029871416	-6,789985185	1,31575E-09	-0,262199148	-0,143453799
Capacidad de Pago	3,056383146	0,420223123	7,273238857	1,4469E-10	2,221144187	3,891622105
Endeudamiento	-12,17443281	1,603091334	-7,594347588	3,27827E-11	-15,36075042	-8,988115194
Actividad Economica	-2,18228182	0,296060574	-7,371065288	9,2166E-11	-2,770734269	-1,593829371
Endeudamiento Externo	-13,81671314	1,66167221	-8,314945066	1,13061E-12	-17,11946658	-10,51395969
Solvencia	-2,470786493	0,332420348	-7,432717361	6,9321E-11	-3,131507931	-1,810065056
Garantía	-1,763718554	0,34851811	-5,060622395	2,3055E-06	-2,456436037	-1,071001072
Tipo de Inversion	-1,739949136	0,334064087	-5,208429174	1,2619E-06	-2,403937681	-1,07596059
Trayectoria	-2,195242584	0,333611685	-6,580232893	3,38789E-09	-2,858331932	-1,532153236

Anexo 2. MODELO DE RIESGO DE CRÉDITO

Se Anexa el archivo Modelo de Riesgo de Crédito, el cual es la aplicación de la presente monografía la cual muestra los resultados del proyecto propuesto.

Anexo 3. ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Se Anexa el archivo Análisis Discriminante, el cual determina si existes diferencias significativas entre los dos grupos demarcados (Scoring buenos y Scoring Malos) frente a las variables seleccionadas para definir el nivel de Scoring final por cada tipo de cliente buscando determinar la correcta clasificación de estos.