UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA

TEMA:

Simulación matemática en base al modelo Cox orientada a la reducción de la morosidad en la Coop. Kisapincha

Plan del Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica

Autor(a)

Lic. Darío Israel Pérez Mayorga

Tutor(a)

Econ. Morales Molina Tania

AMBATO – ECUADOR
2025

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Darío Israel Pérez Mayorga, declaro ser autor del Trabajo Titulación con el nombre "**Simulación matemática en base al modelo Cox orientada a la reducción de la morosidad en la Coop. Kisapincha**", como requisito para optar al grado de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica, y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 22 días del mes de enero de 2025, firmo conforme:

Autor: Lic. Darío Israel Pérez Mayorga

Firma:

Número de Cédula: 1804766101
Dirección: Tungurahua, Ambato, Atahualpa.
Correo Electrónico: isra97dario@gmail.com
Teléfono: 0995397500

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación "**Simulación matemática en base al modelo Cox orientada a la reducción de la morosidad en la Coop. Kisapincha**" presentado por el Lic. Darío Israel Pérez Mayorga, para optar por el Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinador que se designe.

Ambato, 22 de enero de 2025

Firmado electrónicamente por:
TANIA MORALES MOLINA

Econ. Morales Molina Tania

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica. son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 22 de enero de 2025

……

Lic. Darío Israel Pérez Mayorga
1804766101

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: "**SIMULACIÓN MATEMÁTICA EN BASE AL MODELO COX ORIENTADA A LA REDUCCIÓN DE LA MOROSIDAD EN LA COOP. KISAPINCHA**" previo a la obtención del Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo Titulación.

Ambato, 22 de enero de 2025

Firmado digitalmente
por Christopher López
Fecha: 2025.01.23
15:00:22 -05'00'

……..

Presidente(a): PhD. LOPEZ SAMANIEGO CHRISTOPHER NEPTALI

Firmado electrónicamente por:
WENDY ALEXANDRA
CARRIEL NUNEZ

……..

Examinador(a): Mg. CARRIEL NUÑEZ WENDY ALEXANDRA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, Mentor y Martha, quienes no solo me dieron la vida, sino que también me regalaron el mejor ejemplo de amor, trabajo arduo y esfuerzo. Gracias a ellos, tuve la fortaleza y el ánimo para superar los retos y seguir adelante con mi carrera profesional

A mi hermano Daniel, por su apoyo incondicional que ha sido fundamentales en cada etapa de mi vida.

También quiero dedicar este logro a mis amigos y familiares, quienes, con su cariño, palabras de aliento y pequeños gestos de apoyo, contribuyeron a mi formación académica.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que creyeron en mí y me motivaron a alcanzar esta meta, demostrando que los sueños se logran con perseverancia y dedicación.

Darío Pérez

AGRADECIMIENTO

Mi eterno e infinito agradecimiento a Dios, por otorgarme la salud y la vida necesarias para alcanzar este sueño.

A mis padres, Mentor y Martha, por haber sembrado en mí valores y responsabilidad, los cuales hoy se reflejan en la culminación de este proyecto.

A mi hermano Daniel, por su paciencia y apoyo constante a lo largo de este camino.

De manera especial, a Michelle, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y en los más felices de mi vida.

Asimismo, agradezco profundamente a mis docentes y a mi tutor de tesis, quienes con su guía y conocimientos han sido fundamentales en mi formación académica y en mi desarrollo profesional.

Darío Pérez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA i

APROBACIÓN DEL TUTOR iii

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD iv

APROBACIÓN DE LECTORES v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE DE CONTENIDOS viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

RESUMEN EJECUTIVO xiii

ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN 15

CAPÍTULO I 17

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 17

1.1. Antecedentes 17

1.1.1. La morosidad 22

1.1.2. Modelos matemáticos en la gestión de morosidad 22

1.1.3. Modelo Cox 23

1.2. Preguntas de investigación 24

1.3. Objetivos. 25

1.4. Hipótesis o pregunta científica 25

CAPÍTULO II 26

2. MEDOTOLOGÍA 26

2.1 Diseño de Investigación 26

Ubicación 28

Población y Muestra 28

2.2 Recopilación de Datos..... 29

2.3 Instrumentos y Herramientas..... 29

a. Base de Datos Interna 29

b. Software de Gestión Financiera..... 30

c. Software empleado en la propuesta..... 30

d. Documentación y Manuales..... 30

2.4 Procedimientos..... 31

2.5 Análisis de Datos..... 38

2.5.1 Consideraciones éticas y limitaciones 39

CAPÍTULO III..... 41

3. PROPUESTA..... 41

TEMA DE LA PROPUESTA..... 41

3.1 Diagnóstico 41

3.1.2 Evolución Financiera de la Cooperativa (2022-2023) 43

3.1.3 Indicadores Financieros Claves (2023) 44

3.2. Objetivos de la propuesta 46

General 46

Específicos 46

3.3. Desarrollo de la Propuesta..... 46

3.3.1 Propuesta de modelo de simulación matemática..... 47

3.4. Validación de la propuesta..... 52

3.4.1 Interpretación general..... 57

3.5 Cotización de la propuesta..... 58

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60

Conclusiones 60

Recomendaciones 62

BIBLIOGRAFÍA 63

ANEXOS 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Balance general de la Cooperativa Kisapincha..... 31
Tabla 2 Estado de pérdidas y ganancias 34
Tabla 3 Análisis del flujo de efectivo 36
Tabla 4 Morosidad trimestral 2023 42
Tabla 5 Morosidad 2023 43
Tabla 6 Evolución financiera 43
Tabla 7 Indicadores financieros claves 44
Tabla 8 Valores porcentuales de los indicadores financieros claves 45
Tabla 9 Información del Modelo 52
Tabla 10 Coeficientes del Modelo 54
Tabla 11 Evaluación del Modelo 56
Tabla 12 Cotización de la propuesta 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Google Colab (interfaz)..... 38
Figura 2 Bibliotecas 50
Figura 3 Factores e indicadores clabe 51
Figura 4 variables categóricas y ajuste del modelo..... 51
Figura 5 Coeficientes y Exp(coef) 57

UNIVERSIDAD A INDOAMÉRICA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA

TEMA: SIMULACIÓN MATEMÁTICA EN BASE AL MODELO COX ORIENTADA A LA REDUCCIÓN DE LA MOROSIDAD EN LA COOP. KISAPINCHA

AUTOR(A): Ing. Darío Israel Pérez Mayorga

TUTOR (A): Econ. Morales Molina Tania

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación titulada "Simulación matemática basada en el modelo Cox orientada a la reducción de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha" aborda el incremento de la morosidad en las instituciones financieras, particularmente en las cooperativas de ahorro y crédito. La Cooperativa Kisapincha enfrenta importantes desafíos debido a la ausencia de estrategias predictivas efectivas para gestionar la morosidad, lo que afecta su estabilidad financiera. Este estudio propone un modelo de simulación basada en el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox, con el objetivo de reducir la morosidad y mejorar la gestión crediticia. La metodología tiene un enfoque cuantitativo a razón del uso de datos históricos de la cooperativa. Su línea de investigación es descriptivo-explicativa, orientada a comprender los factores que influyen en la morosidad, y de tipo no experimental, pues no se manipulan variables, sino que se analiza su comportamiento natural. Los resultados evidencian que el modelo de Cox permite identificar factores clave que afectan la morosidad y diseñar estrategias para su mitigación. Se concluye que integrar modelos predictivos en la gestión financiera de la Cooperativa Kisapincha contribuye significativamente a mejorar su estabilidad y eficiencia operativa, así como la calidad de los servicios ofrecidos a sus miembros. La implementación de este modelo es una herramienta eficaz para optimizar la sostenibilidad de la institución frente a los riesgos crediticios.

DESCRIPTORES: morosidad, modelo cox, simulación matemática, cooperativas financieras.

UNIVERSIDAD A INDOAMÉRICA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA

THEME: MATHEMATICAL SIMULATION BASED ON THE COX MODEL AIMED AT REDUCING DELINQUENCY IN COOP. KISAPINCHA

AUTHOR: Lic. Darío Israel Pérez Mayorga

TUTOR: Econ. Morales Molina Tania

ABSTRACT

Mathematical simulation based on the Cox model aimed at reducing arrears in the Kisapincha Credit Union

The research called “Mathematical simulation based on the Cox model aimed at reducing arrears in the Kisapincha Credit Union" addresses the increase of arrears in financial institutions, particularly in Credit Unions. The “Kisapincha” Credit Union faces significant challenges due to the absence of effective predictive strategies to manage the arrears, which affects its financial stability. This research proposes a simulation model based on the Cox Proportional Risk model, intending to reduce arrears and improve credit management. The methodology uses a quantitative approach due to historical data from the Credit Union. The research is descriptive-explanatory, focusing on understanding the factors that influence arrears. It is non-experimental, as it analyzes the natural behavior of the variables without manipulating them. The results indicate that the Cox model effectively identifies key factors affecting arrears and helps design strategies for their mitigation. In conclusion, there is a significant contribution of integrating predictive models in the financial management of the "Kisapincha" Credit Union to improve its operational stability and efficiency and the quality of the services offered to its members. Its implementation is an effective tool for optimizing the institution's sustainability in the face of credit risks.

KEYWORDS: delinquency, cox model, mathematical simulation, financial cooperatives.

INTRODUCCIÓN

El control de la morosidad en las cooperativas financieras representa hoy por hoy un desafío significativo que impacta directamente en su sostenibilidad con incidencia en su estabilidad económica y en la calidad de los servicios ofertados. Este estudio toma como base la realidad de la Cooperativa Kisapincha, ubicada en el cantón Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua, la cual premia de estrategias que le permitan reducir y mitigar los casos asociados con la morosidad, misma que es definida como el resultado de la falta de enfoques que permitan identificar los principales factores asociados a la morosidad.

El incremento de la morosidad en las instituciones financieras, y en particular en las cooperativas de ahorro y crédito, es un problema recurrente que requiere soluciones innovadoras y efectivas. La Cooperativa Kisapincha, al igual que muchas otras, no ha sido inmune a estos desafíos, lo que ha derivado en una necesidad urgente de desarrollar estrategias que permitan prever estos riesgos asociados con la morosidad. Estudios recientes han destacado la falta de herramientas predictivas son una de las principales causas de la alta morosidad en estas instituciones (Smith et al., 2019; Martínez, 2019).

El problema central que aborda esta investigación es la falta de un enfoque predictivo y específico para la gestión eficaz de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha. Este estudio se pregunta: ¿Cómo la implementación de un enfoque predictivo basado en la simulación, específicamente utilizando por referencia el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox, puede contribuir significativamente a la reducción de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha?

La importancia de esta investigación radica en su potencial para aportar tanto al campo teórico como práctico, pues se estima expandir el conocimiento sobre la aplicabilidad del modelo de Cox en la gestión de morosidad dentro del contexto de cooperativas de ahorro y crédito, mientras que en el campo práctico esta investigación ofrecerá un esquema o propuesta que permitirá a la Cooperativa Kisapincha optimizar su gestión de morosidad a través de la identificación de los principales factores asociados a la morosidad, mejorando así su estabilidad

financiera y la calidad de los servicios ofrecidos a sus miembros (García & López, 2022).

La investigación empleará un enfoque cuantitativo utilizando un diseño no experimental. Para el cumplimiento de los objetivos planteados se plantea el desarrollo de un modelo de simulación basado en el modelo de Cox para determinar los factores o indicadores principales que generan una mayor tendencia a la morosidad y así permitir a la Cooperativa analizar y prever patrones. Además, se destaca el uso de datos históricos de morosidad de la Cooperativa Kisapincha, recopilados a través de la gestión directa con dicha institución.

Se espera que la implementación del modelo de simulación basado en Cox permita identificar estrategias efectivas para la reducción de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha, mejorando su liquidez y capacidad para cumplir con sus compromisos financieros.

El trabajo está estructurado en tres capítulos principales:

Capítulo I: Fundamentación Teórica: Incluye una revisión exhaustiva de la literatura, la formulación de preguntas de investigación, objetivos y la definición de hipótesis.

Capítulo II: Metodología: Describe el diseño de investigación, la población y muestra, la recopilación de datos, los instrumentos y herramientas utilizados, procedimientos, análisis de datos, consideraciones éticas, limitaciones y validación.

Capítulo III: Propuesta: Presenta el diagnóstico de la situación actual, los objetivos de la propuesta, el desarrollo de la misma y su validación.

Esta estructura asegura un abordaje comprensivo y detallado del problema de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha, proporcionando una solución práctica y fundamentada para su gestión eficaz.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes

Como preámbulo, se destaca la necesidad de contrastar los métodos de estudio y los resultados relacionados con el tema de investigación como recurso que guíe el marco teórico de este trabajo "Simulación matemática basada en el modelo de Cox orientada a la reducción de la morosidad en las cooperativas de Kisapincha". Es crucial buscar conocimientos sobre el área de investigación y mostrar su relevancia a nivel macro, meso y micro.

El desarrollo de modelos de simulación para la predicción de la morosidad en entidades financieras como las cooperativas ha tenido un gran auge en la actualidad, convirtiéndose en una herramienta fundamental de la economía crediticia. Algunos estudios en el campo han abordado este problema utilizando métodos estadísticos y matemáticos para mejorar la precisión de las previsiones y aumentar así la estabilidad financiera de las empresas. En particular, el uso del modelo de riesgos proporcionales de Cox ha demostrado ser un método fiable en la predicción de particularidades tanto en el sector de la salud como en el financiero, ya que permite analizar la morosidad en el contexto de instituciones financieras. El modelo de Cox permite estimar la probabilidad de un suceso, como el impago de un préstamo, en función del tiempo y de diversas covariables que influyen en el retraso del pago por parte de los usuarios, proporcionando resultados importantes que pueden ayudar a tomar mejores decisiones crediticias.

Kang y Wang en su estudio titulado “Predicción de dificultades financieras de las cooperativas: evidencia de las cooperativas de crédito de Taiwán”, abordan los principales factores e indicadores que generan dificultades económicas de las cooperativas de crédito taiwanesas utilizando el modelo Merton Distance to Default (Merton DD). El modelo empleado combina puntuaciones Z y medidas de volatilidad bursátil para captar los factores del mercado y proporcionar una mejor capacidad predictiva ante futuras crisis financieras, profundizando en las razones

tentativas que podrían provocar estas crisis. El estudio se basa en datos financieros y organizativos de cooperativas de crédito taiwanesas recopilados desde enero de 2001 hasta diciembre de 2009. Los resultados muestran que los modelos de predicción del riesgo financiero, como el modelo Merton DD modificado, son mejores predictores de las dificultades financieras que los ratios de ingresos, activos totales y gastos operativos.

Profundizando en el análisis numérico, se destaca que el estudio tomó como punto de análisis a 263 cooperativas de crédito, donde se observó que un aumento del 1% en el ratio de préstamos morosos resulta en un incremento del 5.4% en la probabilidad de angustia financiera. Además, las uniones de crédito con una eficiencia operativa inferior al promedio presentan un riesgo 3.2 veces mayor de enfrentar dificultades financieras en comparación con aquellas con eficiencia operativa superior. El estudio concluye que la combinación de nuevas técnicas con modelos estadísticos y matemáticos, como el modelo Merton DD y el modelo de Cox, puede proporcionar un enfoque más sólido para predecir las crisis financieras en las cooperativas de crédito (Kang & Wang, 2022).

De acuerdo con Wang et al. (2024), en su estudio titulado “Adaptación del modelo de riesgos proporcionales de Cox a Big Data”, el modelo Cox ha sido uno de los métodos más empleados en el campo financiero debido a su versatilidad y reducido margen de error al predecir riesgos de morosidad. Utilizando técnicas analíticas y procesamiento en paralelo, los autores logran emplear el modelo Cox para procesar eficazmente grandes cantidades de datos sin comprometer la precisión del resultado y disminuyendo el margen de sesgos. Este enfoque es complementario al presente estudio, ya que destaca la importancia de métodos predictivos de morosidad en las instituciones financieras que manejan grandes cantidades de datos sobre créditos, lo que les permite predecir el riesgo financiero y gestionar la morosidad con datos más sólidos y precisos.

El estudio de Wang es de carácter descriptivo, razón por la cual se centra en profundizar en la aplicación del modelo Cox para el manejo de grandes cantidades de datos. Este estudio demuestra que la aplicación de algoritmos a grandes conjuntos de datos reduce significativamente el tiempo de procesamiento. Concluye

que, aplicando técnicas de clasificación de datos y procesamiento en paralelo a una base de datos de millones de registros, el tiempo necesario para el ajuste del modelo se redujo en un 70%. La capacidad de procesar cantidades tan grandes de información es fundamental para que las entidades financieras tomen decisiones basadas en datos completos y a tiempo, reduciendo la negligencia y mejorando la estabilidad financiera.

Aimin Li, Zhiyong Li y Anthony Bellotti, plantearon investigar la morosidad en términos de casos identificados en instituciones financieras de Europa, donde se señala que esto tiene consecuencias negativas en la variabilidad de las puntuaciones de supervivencia asociadas a préstamos bancarios. Su artículo se centra en el estudio del algoritmo de submuestreo para modelos de riesgos proporcionales de Cox cuando se trata de grandes conjuntos de datos de supervivencia y valores numéricos. El estudio desarrolla un estimador de submuestreo basado en la expansión parcial ponderada y muestra su consistencia y normalidad asintótica, obteniendo resultados positivos en la reducción de sesgos.

La comparación demuestra que el método propuesto puede estimar con precisión las variables predictoras de todo el conjunto de datos. Este método ha sido utilizado en informes de créditos corporativos y de cáncer de mama para demostrar su eficacia bajo diferentes tasas de censura, campos en los que su uso es más frecuente, como el ámbito de la salud y las finanzas. En particular, la comparación de tres métodos de submuestreo muestra que el método propuesto (Full-opt) tiene la varianza asintótica más baja y la varianza más baja en comparación con otros métodos. Los resultados de la simulación mostraron que Full-opt tiene ventajas significativas en términos de reducción de la carga computacional y mejora de la precisión de la estimación (Li et al., 2023).

Smuts y Alcrot abordaron la morosidad desde un enfoque predictivo a través del uso de métodos y modelos matemáticos como herramientas para anticiparse a eventos que pueden influir negativamente en las finanzas de una institución, específicamente dentro del campo de la manufactura en el departamento administrativo contable.

Los métodos incluyen un modelo matemático similar al de Cox para la optimización de tiempo (Just-In-Time, JIT), operaciones seguras y gestión predictiva. Los resultados muestran que el método JIT reduce significativamente los costos en aspectos como el mantenimiento y mejora la rotación de inventario. En promedio, se observa una reducción del 20% en los costos de mantenimiento y una mejora del 15% en la rotación de la base de datos. Este método es más eficaz en entornos con alta exigencia en el manejo de datos numéricos y estadísticos. Estos resultados son comparables a la necesidad de reducir los fallos en las instituciones financieras mediante modelos matemáticos para mejorar la previsión y la gestión del riesgo.

En cuanto a la cadena de suministro presentada en el estudio, los resultados demuestran su eficacia con una mejora del 18% en la precisión de las previsiones de demanda y una reducción del 8% en los costos. El estudio concluye que, a pesar de la gestión de las previsiones requiere una inversión importante en tecnología y formación del personal en el manejo de modelos matemáticos, estas herramientas permiten flexibilidad y una respuesta rápida a los cambios de la demanda. Esta precisión y flexibilidad son coherentes con las mejoras previstas en la predicción y gestión de errores mediante modelos como el de Cox. Todo ello redunda en una mayor precisión y eficacia a la hora de identificar y mitigar el riesgo de crédito o relacionados al ámbito económico de la institución (Smuts & Alcrot, 2020).

El artículo "Modelos predictores de la morosidad con variables macroeconómicas", elaborado por Guillen y Peñafiel, explora cómo pueden utilizarse las variables macroeconómicas ajustadas al modelo Cox para predecir los impagos en el sector financiero. El estudio es de carácter exploratorio y se enfoca en utilizar un modelo econométrico que incluye variables como el desempleo, la inflación y el crecimiento del PIB como factores que pueden influir en la morosidad. Los resultados muestran que un aumento del desempleo del 1% se asocia a un incremento del 0,3% en el número de préstamos impagados o retrasados. Este resultado pone de relieve la importancia de vigilar las condiciones económicas generales para predecir el aumento de las situaciones de morosidad.

De acuerdo con los autores en el año 2018, la inflación y el crecimiento del PIB también son significativos, con coeficientes de 0,25 y -0,15, respectivamente a los

resultados de su estudio. Esto demuestra que la inflación ha aumentado a medida que lo ha hecho el déficit, mostrándose directamente relacionadas. Esto sugiere que una mayor inflación está asociada a mayores déficits, mientras que un mayor crecimiento del PIB tiende a reducir los déficits, siendo para el segundo caso una relación inversa.

De esta forma, se destaca que el modelo propuesto a partir del modelo Cox es óptimo para la detección de errores y la predicción de sucesos basados en resultados estadísticos sujetos a interpretación. Una vez aplicado el modelo, se concluye que este fue capaz de mantener una alta correlación entre la realidad observada y la predicha, con un coeficiente de 0,85, lo que indica una fuente confiable de predicción de la morosidad. Esto lo caracteriza como una valiosa herramienta de planificación financiera y gestión de riesgos de crédito (Guillen & Peñafiel, 2019).

En el estudio "Modelo matemático para medir la probabilidad de la incurrencia en mora de créditos utilizando regresión lineal en una institución financiera de la ciudad de Ambato", Bustamante y Marcalla, abordan el análisis de la aprobación de créditos para instituciones financieras con el objetivo de rentabilizar la inversión, reducir su capital de riesgo y establecer contratos más sólidos entre prestatarios y prestamistas, especialmente en contextos de instituciones bancarias y financieras. La metodología del estudio se centra en el uso de modelos de regresión lineal, como el método Cox, para examinar variables socioeconómicas, territoriales y de género y transformarlas en variables dummy para predecir la probabilidad de incumplimiento o mora entre los usuarios de la institución. La investigación se basa en datos de la base de datos de la Cooperativa de ahorro y crédito Chibuleo Ltda.

Los resultados del estudio se obtuvieron mediante la ejecución del modelo R, implementado a partir del modelo Cox, el cual se basa en una modelación matemática y se aplica a los factores relacionados con la morosidad registrada en la cooperativa. El estudio concluye que este tipo de análisis no solo proporciona una valiosa herramienta para la gestión del crédito, sino que también ofrece una visión global de los factores relacionados con el cumplimiento de los pagos. Esto permite a las instituciones financieras aplicar mejores estrategias para reducir los retrasos en los pagos y estabilizar los resultados financieros (Bustamante & Marcalla, 2022).

1.1.1. La morosidad

El término "morosidad" se define como el incumplimiento en el pago de una deuda de acuerdo con los términos acordados inicialmente. Dentro del contexto financiero, esto se refiere específicamente a los retrasos en los pagos de préstamos o créditos, tanto a nivel individual como corporativo. Según el Banco Central del Ecuador (BCE), la morosidad se refiere al porcentaje de créditos que no han sido pagados en el tiempo establecido, lo que genera una deuda pendiente (Hermoza, 2021).

De acuerdo con la Asociación de Bancos del Ecuador (ABE), la morosidad es una situación en la que un cliente no ha realizado el pago de una o más cuotas de su préstamo en el plazo estipulado, lo que genera una deuda atrasada que puede afectar tanto al prestatario como al prestamista en términos de flujo de efectivo y riesgo financiero.

La morosidad en el ámbito financiero, y específicamente en instituciones como cooperativas, puede acarrear varios problemas. Estos incluyen la reducción de la liquidez, la necesidad de aumentar las provisiones para créditos incobrables, un impacto negativo en la rentabilidad y en la calificación crediticia. Estas consecuencias no solo afectan a las instituciones financieras, sino también a los prestatarios. Entre los efectos para estos últimos se encuentran la afectación de su calificación crediticia, dificultades para acceder a futuros créditos y el aumento de los costos debido a intereses moratorios y cargos adicionales (Alcívar & Bravo, 2020).

1.1.2. Modelos matemáticos en la gestión de morosidad

El uso de modelos matemáticos es fundamental en la gestión de la deuda, ya que permiten realizar análisis precisos y prever el comportamiento de los prestatarios. Esta capacidad posibilita a las entidades financieras anticipar el riesgo de impago y tomar medidas preventivas. Mediante técnicas avanzadas de análisis de datos y algoritmos de aprendizaje automático, los modelos matemáticos pueden detectar tendencias en el comportamiento de pago de los clientes, lo que facilita la segmentación y el control de inventarios. Asimismo, estas herramientas son útiles

para diseñar estrategias de recuperación, reducir las pérdidas y mejorar la rentabilidad de las instituciones financieras (Rwanda, 2018).

Entre los modelos matemáticos comúnmente utilizados para la gestión de pagos se encuentran el modelo de coste-balance y el modelo de Cox. Los modelos de crédito se basan en algoritmos que evalúan a los clientes según su capacidad para reembolsar la deuda. Estos modelos emplean variables históricas y demográficas, como los ingresos, el historial crediticio y los patrones de pago anteriores, para predecir la probabilidad de incumplimiento. Por otro lado, el método Cox es un tipo de análisis de supervivencia que considera el tiempo hasta que ocurre un evento, como el vencimiento de una hipoteca. Este modelo es especialmente útil para abordar los incumplimientos, ya que toma en cuenta el factor tiempo y permite a las instituciones financieras planificar a largo plazo (Cook, 2019).

1.1.3. Modelo Cox

El modelo de Cox, también conocido como modelo de riesgos proporcionales de Cox, es una técnica de análisis vital utilizada para examinar la relación entre la duración de un suceso (como un préstamo hipotecario) y una o varias variables predictoras. Matemáticamente, el modelo de Cox se basa en una función de probabilidad, que representa la probabilidad de que ocurra un suceso en un período de tiempo dado, suponiendo que el suceso no ha ocurrido anteriormente. Los principios básicos del modelo se expresan mediante la ecuación:

Modelo de Riesgos Proporcionales de Cox:

$$h(tIx) = h_o(t).\, e^{b1X_1+b_2X_2+\cdots b_pX_p}$$

donde:

- $h(tIx)$ es la función de riesgo en el tiempo *t* dado un conjunto de variables predictoras *X*.
- $h_o(t)$ es la función de riesgo base (baseline hazard function), que representa el riesgo cuando todas las variables predictoras son cero.

- X1,X2,…,Xp son las variables independientes o covariables que influyen en el evento de interés.
- β1,β2,…,βp son los coeficientes que miden el efecto de cada variable sobre el riesgo.
- $e^{b_1X_1+b_2X_2+\cdots b_pX_p}$ es la parte exponencial del modelo, que garantiza que el riesgo sea siempre positivo.

El modelo de Cox es ampliamente utilizado en economía, especialmente en la evaluación del riesgo crediticio y la predicción de impagos. Por ejemplo, las instituciones financieras emplean este modelo para predecir la duración de un préstamo, lo que les permite identificar a los clientes de riesgo y tomar medidas preventivas. En el sector de seguros, este modelo se utiliza para estimar el tiempo que pasará hasta que un cliente pueda presentar una reclamación importante, facilitando así una mejor gestión de los presupuestos de las empresas aseguradoras. Además, en la gestión económica, el modelo de Cox se aplica para analizar el tiempo que podría transcurrir hasta que ocurran ciertos eventos del mercado que podrían afectar el valor de un activo (Salazar, 2022).

1.2. Preguntas de investigación

La Cooperativa Kisapincha se enfrenta a un desafío crucial relacionado con la morosidad, lo que ha generado consecuencias financieras adversas y ha impactado la calidad de los servicios que ofrece. La falta de un enfoque predictivo y específico para la gestión eficaz de la morosidad ha llevado a la institución a una situación vulnerable. Este problema se manifiesta en la carencia de herramientas proactivas que permitan anticipar y abordar eficientemente los riesgos asociados con la morosidad.

En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la implementación de un enfoque predictivo basado en la simulación matemática, específicamente utilizando el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox, puede contribuir significativamente a la reducción de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha?

1.3. Objetivos.

General

Desarrollar un modelo de simulación basado en el modelo Cox para reducir la morosidad en la Cooperativa Kisapincha.

Específicos

- Analizar la evolución de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha del periodo de enero a diciembre del año 2023.
- Determinar mediante análisis estadístico la eficacia del modelo propuesto.
- Proponer recomendaciones para el uso del modelo presentado.

1.4. Hipótesis o pregunta científica

El modelo de simulación matemática basado en el modelo Cox propuesto es eficaz para prever los riesgos de morosidad y mejorar la gestión crediticia en la Cooperativa Kisapincha, permitiendo una reducción significativa de la morosidad

CAPÍTULO II

2. MEDOTOLOGÍA

La Cooperativa Kisapincha enfrenta hoy por hoy uno de sus desafíos más significativos a causa del constante aumento de las cifras de morosidad en su cartera de crédito, lo que pone en riesgo su estabilidad financiera y la calidad de los servicios ofertados a sus miembros. El problema descrito, es común en muchas cooperativas de ahorro y crédito, donde la falta de estrategias predictivas efectivas para gestionar la morosidad puede llevar a desequilibrios financieros graves. Partiendo de esta premisa, se plantea el desarrollo y presentación de una propuesta que busca implementar un modelo de simulación basado en los riesgos proporcionales de Cox con el objetivo principal de identificar los principales factores asociados a riesgos de morosidad o tendencia a esta. Este enfoque predictivo no solo permitirá a la cooperativa prever los posibles impagos, sino también diseñar estrategias específicas para su mitigación, mejorando así su estabilidad financiera y la calidad de sus servicios.

La propuesta a desarrollarse usará de base los parámetros del modelo de Cox con lo cual se prevé que su aplicación a partir del acceso a grandes bases datos históricos de la cooperativa, permitan identificar patrones y factores clave que influyen la morosidad, lo que dará paso a una gestión crediticia más informada y proactiva. La validación del modelo se dará en función a datos tentativos codificados para demostrar el potencial del modelo y así la propuesta este libre a modificaciones para mejorar la precisión de las previsiones de morosidad, de tal forma que su implementación en la Cooperativa Kisapincha pueda resultar en una reducción significativa de los índices de morosidad. Este enfoque no solo contribuirá a la sostenibilidad financiera de la cooperativa, sino que también mejorará la confianza de los miembros y la eficiencia operativa de la institución

2.1 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación toma como base un enfoque mixto, pues combina el trabajo con datos numéricos representativos a los valores relacionados a la

morosidad a estudiar y así como el modelo matemático tentativo de implementación, de tal forma que cumpla con el abordaje de un enfoque cuantitativo y a su vez este trabajo hace uso de un enfoque cualitativo que permite la interpretación de los datos, resultados y factores sujetos a subjetividad con mayor probabilidad de influir en la morosidad de los créditos.

Partiendo de un desglose los citado anteriormente, el enfoque cualitativo de esta investigación se da en razón a factores relacionados a situaciones, conductas y hechos identificados pero variables entre clientes pues no todos repercuten a un factor determinado que lo asocia con la morosidad. En adición a esto, se tiene la premisa de hacer hincapié en factores extras como la actitud crediticia de los clientes y experiencias o registros de morosidad.

Continuando con la línea de enfoque mixto se detalla el enfoque cuantitativo de esta investigación en donde se remarca el trabajo en base a datos numéricos, cuantificables, sistemáticos y ordenados lo que permitirá que la investigación tenga un desarrollo planificado, lógico y coherente asociado al historial de morosidad detectado en la Coop. Kisapincha de Ambato. Desde este enfoque se espera obtener un panorama amplio en relación con la realidad de la institución citada y así obtener estrategias que orienten el correcto abordaje del problema.

En tanto al nivel o línea de investigación, se caracteriza como descriptivo – explicativo debido a que se busca describir la relación y/o efectividad del modelo matemático para predecir la morosidad, además, de que en base a esta premisa se plantea la propuesta del análisis causal entre la implementación del modelo y su relación con la reducción de la morosidad en años venideros.

De acuerdo con la tipología de la investigación y la naturaleza de los objetivos, esta se clasifica como no experimental ya que las variables serán puestas a análisis de acuerdo con datos históricos de la cooperativa y no se asumirá el rol de manipulación directa de las mismas pues su propósito es el planteamiento de una propuesta de soluciones prácticas al problema de la morosidad.

La investigación se plantea de acuerdo con un esquema sistematizado compuesta por fases que dan orden y coherencia a este trabajo:

La primera fase será compuesta por la investigación de carácter bibliográfica con el objetivo de comprender a nivel macro, meso y micro la naturaleza del problema y del tema de investigación propuesto a partir de publicación y referentes documentales afines; de tal forma que se facilite la comprensión de términos y comprensión de diferentes perspectivas de un mismo tema, así como su abordaje.

Dentro de la segunda fase se estipula el abordaje del diseño de la investigación en contemplación a su naturaleza y objetivos planteados, determinándose en esta fase que el trabajo será en parte de campo pues la recolección de datos se dará a través de un acercamiento con la institución financiera citada; estos datos le dan la característica de no experimental a la investigación pues los datos obtenidos tendrán un origen en un ambiente no controlado, es decir son apegados a la realidad de la institución.

La tercera fase se compone por el análisis de los datos históricos y diagnóstico del modelo propuesto, pues de esta forma se plantea cumplir con los objetivos descritos los cuales buscan diagnosticar los índices de morosidad y determinar los principales riesgos financieros.

Por último, se destaca que la investigación es de carácter transversal pues su desarrollo se centra en un determinado periodo de tiempo.

Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la Cooperativa de Ahorro y Crédito Kisapincha Ltda., de manera específica el estudio se dará en función a los datos de su oficina matriz en Ambato – Tungurahua, ubicada en las calles García Moreno y Vargas Torres.

Población y Muestra

En cuanto a la determinación de la población y muestra necesarias para llevar a cabo la investigación se hace hincapié en la relación directa de este estudio con el departamento financiero de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Kisapincha Ltda., pues el acceso a datos históricos se da en función a dicho departamento los cuales proporcionaran valores referenciales a estados financieros e indicadores.

De forma específica se determina que la población estará constituida por los prestamos o créditos otorgados por parte de la cooperativa en su oficina matriz de la ciudad de Ambato, las cuales comprenderá el periodo tentativo entre enero 2023 y diciembre 2023.

2.2 Recopilación de Datos

Para llevar a cabo la investigación sobre la morosidad en la Cooperativa Kisapincha, se recopilaron datos a través de la revisión de registros internos que permiten al investigador profundizar en la realidad financiera de la institución y de esta manera realizar un diagnóstico y establecimiento de propuesta. Como se detalló previamente, el acceso a los registros internos se dará en trabajo conjunto con el departamento financiero.

Los registros internos estarán compuestos por los siguientes documentos relacionados a datos que permitan identificar los casos de préstamos y morosidad:

- Balance general
- Estado de resultados
- Flujo de efectivo

2.3 Instrumentos y Herramientas

Para la recopilación de datos, así como para el cumplimiento de objetivos y análisis de resultados, se plantea el uso de los siguientes instrumentos y herramientas:

a. Base de Datos Interna

Se accedió a la base de datos interna de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Kisapincha para extraer datos históricos sobre préstamos y morosidad (balance general, estado de resultados, flujo de caja).

- **Datos Históricos:** Información detallada sobre los préstamos otorgados, incluyendo montos, fechas, tipos de crédito, garantías, y el historial de pagos de cada prestatario.

- **Registro de Morosidad:** Datos sobre el comportamiento de pago, incluyendo días de atraso, número de cuotas atrasadas, y cualquier acción tomada en respuesta a la morosidad.

b. Software de Gestión Financiera

La cooperativa utiliza software especializado para la gestión de sus operaciones financieras. Este software a cargo del departamento financiero permitió extraer y organizar los datos necesarios para el análisis.

- **Herramientas Utilizadas:** Software de gestión financiera que facilita el acceso a datos precisos y actualizados sobre los préstamos y la morosidad.

c. Software empleado en la propuesta

Para el desarrollo de la propuesta se utilizó Google Colab como software de acceso libre, que es adecuado para realizar la identificación de los factores que podrían verse asociados en mayor proporción con la morosidad. A su vez, se destaca la necesidad de manejar una correcta tipología de programación como es el lenguaje pyhton.

- **Análisis de Datos:** el lenguaje Python es propuesto como medio para desarrollar la propuesta de simulación, aplicar el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox, y visualizar los resultados, se estima su uso dentro de la plataforma web de Google Colab.

d. Documentación y Manuales

La revisión documental de manuales y normativas técnica de la cooperativa es punto clave para comprender mejor los procedimientos internos y la estructura de los datos.

- **Manuales de Procedimientos:** Documentos que describen cómo se manejan y registran los datos de préstamos y morosidad dentro de la cooperativa.

- **Guías Técnicas**: Información técnica sobre el uso del software de gestión financiera y las herramientas estadísticas utilizadas en el análisis.

2.4 Procedimientos

El proceso de recopilación de datos se llevó a cabo en varias etapas, siguiendo una metodología sistemática y ordenada:

Obtención de Permisos: Se gestionaron los permisos necesarios con la administración de la Cooperativa Kisapincha para acceder a los datos internos.

Revisión de Registros Internos: Se extrajeron los datos relevantes de la base de datos de la cooperativa. Este proceso incluyó la limpieza y preparación de los datos para asegurar su calidad y relevancia.

Análisis del balance general: se plantea el estudio del balance para determinar la naturaleza de las cuentas relacionadas con el activo, el pasivo y el patrimonio neto, y calcular indicadores que evalúen la calidad, el valor y la solvencia de los activos.

Tabla 1 Balance general de la Cooperativa Kisapincha

Categoría	Subcategoría	Monto (USD)	Descripción
Activo	Caja y bancos	4,850,107.43	Representa los recursos líquidos disponibles, principalmente en bancos y caja chica.
	Inversiones	1,231,144.53	Fondos destinados a inversiones a corto y mediano plazo en el sector financiero y privado.
	Cartera de créditos	19,646,034.57	Préstamos otorgados a socios, incluye créditos vencidos y no devengados.

	Propiedades y equipos	417,245.95	Activos tangibles como terrenos, equipos de computación y muebles, menos depreciación acumulada.
	Otros activos	282,742.63	Gastos anticipados, inversiones en acciones y gastos diferidos.
	Total Activo	26,682,266.48	
Pasivo	Obligaciones con el público	22,560,683.61	Depósitos de socios en cuentas de ahorro, a plazo y restringidas.
	Cuentas por pagar	984,831.77	Obligaciones a corto plazo como intereses, impuestos y aportaciones.
	Obligaciones financieras	885,841.37	Deudas con instituciones financieras nacionales y extranjeras.
	Otros pasivos	33,824.48	Pasivos diversos por regularizar.
	Total Pasivo	24,465,181.23	
Patrimonio	Capital social	826,918.67	Aportaciones de socios como certificados de participación.
	Reservas	1,124,881.17	Fondos acumulados de reservas legales y

			capitalizaciones.
	Resultados	265,285.41	Excedentes o utilidades acumuladas.
	Total Patrimonio	2,217,085.25	
Indicadores Financieros	Solvencia Activo/Pasivo	1.09	Indica una ligera capacidad de cubrir pasivos con activos.
	Calidad de Cartera (Cartera de créditos/Activo total)	73.6%	La cartera de crédito constituye la mayor parte de los activos, indicando dependencia del crédito.
	Liquidez (Caja y bancos/Activo total)	18.2%	Porcentaje de activos líquidos frente al total de activos.

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2023).

La tabla presentada ofrece un resumen del balance general de la Cooperativa Kisapincha al 31 de diciembre de 2023. Este análisis se enfoca en identificar la estructura financiera de la institución mediante la clasificación y evaluación de los activos, pasivos y patrimonio. Además, se incluyen indicadores financieros clave que proporcionan una visión integral de la calidad, solvencia y liquidez de la cooperativa

- Solvencia (Activo/Pasivo): Mide la capacidad de la cooperativa para cubrir sus pasivos con sus activos. El índice de 1.09 indica solvencia limitada, pero suficiente.

- Calidad de Cartera: La cartera de créditos es el mayor activo, representando un riesgo si la recuperación de estos créditos es lenta o insegura.

- Liquidez: Los activos líquidos representan el 18.2% del total, indicando disponibilidad razonable para cubrir necesidades inmediatas.

Análisis del estado de resultados: se prima el considerar los estados financieros o de resultados para analizar los distintos tipos de ingresos, gastos y cobros generados por la cooperativa durante el periodo estudiado.

Tabla 2 Estado de pérdidas y ganancias

Categoría	Subcategoría	Monto (USD)	Descripción
Ingresos	Intereses y descuentos ganados	4,252,552.77	Principales ingresos provenientes de cartera de créditos (microcréditos, consumo y mora).
	Ingresos por servicios	17,726.97	Comisiones por servicios como transferencias, certificaciones y emisión de movimientos.
	Otros ingresos	178,109.71	Recuperaciones de activos castigados e ingresos de ejercicios anteriores.
	Total Ingresos	4,448,389.45	
Gastos	Intereses causados	1,688,435.52	Pago de intereses sobre depósitos a plazo y otras obligaciones financieras.
	Provisiones	1,097,439.98	Reservas para cubrir posibles

			pérdidas en cartera de créditos y cuentas por cobrar.
	Gastos de operación	1,654,454.68	Incluye gastos de personal, honorarios, servicios básicos, impuestos y contribuciones.
	Otros gastos	5,579.66	Depreciaciones, amortizaciones y gastos diversos.
	Total Gastos	4,445,909.84	
Resultado del Ejercicio	Utilidad	2,479.61	Margen positivo después de deducir todos los costos e ingresos.

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2023).

- **Principales Fuentes de Ingresos**:
    - **Cartera de Créditos**: Representa el 93.9% de los ingresos totales, lo que demuestra una fuerte dependencia de esta actividad.
    - **Otros Ingresos**: Incluyen recuperaciones y comisiones adicionales, lo que aporta estabilidad en situaciones de mora.
- **Distribución de Gastos**:
    - **Intereses Causados**: Constituyen el 37.9% del total de gastos, destacando los costos financieros asociados con los depósitos de los socios.
    - **Provisiones**: Representan el 24.7% del total de gastos, lo que refleja un enfoque en la mitigación del riesgo crediticio.
    - **Gastos de Operación**: Incluyen principalmente remuneraciones,

servicios básicos y honorarios, mostrando un fuerte peso en la gestión diaria.

- **Resultado del Ejercicio**:
    - La utilidad es positiva pero marginal, con un total de **2,479.61 USD**, lo que indica un manejo ajustado de ingresos y costos.

Análisis del flujo de efectivo: se analiza el flujo de caja para determinar la capacidad de generar efectivo y la capacidad de la empresa para hacer frente a sus obligaciones financieras.

Tabla 3 Análisis del flujo de efectivo

Categoría	Saldo 2022	Saldo 2023	Variación	Descripción
Caja General	176,668.89	308,054.43	131,385.54	Incremento en el saldo disponible, reflejando mayor capacidad de liquidez inmediata.
Bancos	3,595,891.86	4,542,053.00	946,161.14	Incremento en depósitos bancarios, indicando una mejora en la gestión de recursos líquidos.
Depósitos a Plazo	11,390,025.05	17,555,284.89	6,165,259.84	Crecimiento significativo,

				reflejando una estrategia de inversión a mediano plazo.
Intereses por Pagar	540,909.81	881,490.77	340,580.96	Incremento en las obligaciones financieras, que podrían indicar expansión o uso de financiamiento.
Utilidad o Excedente Acumulado	194,051.15	262,805.80	68,754.65	Mejora en el rendimiento financiero acumulado.
Total Aumento Neto en Efectivo	-	-	2,058,742.16	Saldo final de caja y bancos muestra una capacidad sólida de generación de efectivo.

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2023).

- **Capacidad de Generar Efectivo**:
    - Se observa un incremento neto en efectivo de **2,058,742.16**, proveniente de mayores ingresos operativos e inversiones eficientes en depósitos a plazo fijo.
    - El crecimiento del saldo en bancos y caja general indica una mejora en la liquidez de la cooperativa.

- **Capacidad para Cumplir Obligaciones Financieras**:
    - Aunque los intereses por pagar aumentaron en **340,580.96,** los fondos disponibles (Caja + Bancos) son suficientes para cubrir estas obligaciones.
    - El incremento en el excedente acumulado refleja una gestión sostenible de los recursos.

Aplicación del Modelo matemático: Utilizando Google Colab se plantea la aplicación del modelo con base en el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox a datos tentativos. Se destaca la necesidad de ajustar los parámetros del modelo a la realidad de la cooperativa para evaluar su capacidad predictiva en relación con la morosidad.

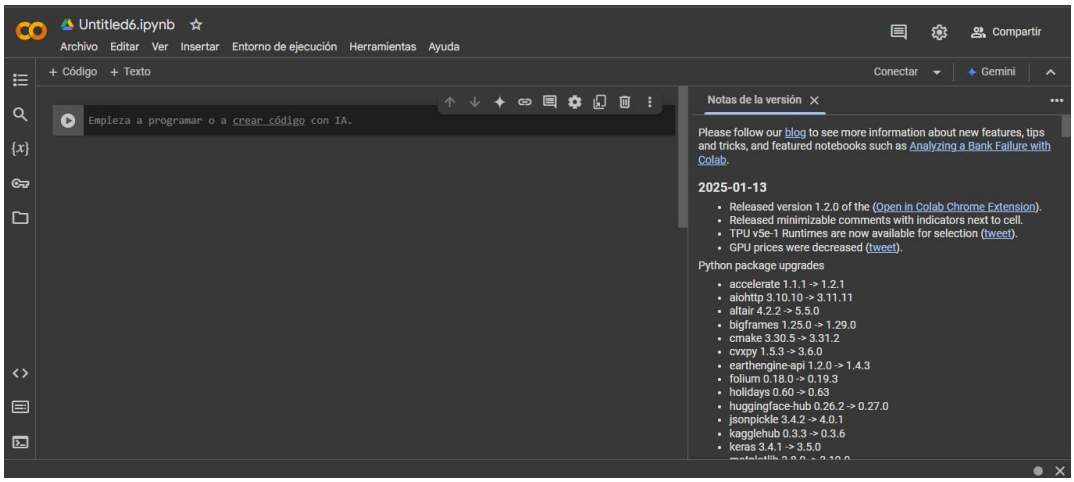

Figura 1 Google Colab (interfaz)

Nota: Obtenido de Google 2024

2.5 Análisis de Datos

Para el análisis de los datos recopilados, se estima el uso de las siguientes técnicas y herramientas:

Modelado matemático: esta irá en función o guía al Modelo de Riesgos Proporcionales de Cox para analizar los factores que influyen en la morosidad. Esto permitirá identificar variables significativas que afectan la probabilidad de que ocurra la morosidad siendo para el presente caso las siguientes: número de préstamo, periodicidad de pago, garante, tipo de crédito, destino financiero del crédito.

Software Utilizado: se prevé el uso de la plataforma Google Colab, el cual es adecuado para la implementación del modelo de Cox y otros análisis estadísticos complejos.

Interpretación de Resultados: los resultados del modelo se interpretaron para identificar los factores clave que influyen en la morosidad y así dar paso al desarrollo de estrategias de mitigación basadas en los hallazgos.

2.5.1 Consideraciones éticas y limitaciones

Confidencialidad y uso ético de los datos

La investigación guarda como premisa la protección y buen uso de los datos proporcionados por la cooperativa Kisapincha por lo que se prima respetar los acuerdos previstos por dicha institución para el acceso a los datos históricos y documentos esenciales para el desarrollo de la investigación. Los datos serán utilizados exclusivamente para los fines de esta investigación.

Limitaciones

Acceso a Datos: a pesar de contar con una excelente predisposición de colaboración por parte de la cooperativa Kisapincha, la principal limitación se encuentra ligada a la dependencia de los datos proporcionados por la cooperativa.

Factores No Cuantificables: dentro de este apartado se destaca la contemplación de factores cualitativos relacionados o con influencia en la morosidad los cuales pueden no haber sido completamente capturados o cuantificados en los datos históricos, destacándose el uso único de los datos facilitados por la cooperativa al

investigador.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

La propuesta orientada a desarrollar un modelo de simulación basado en el Modelo Cox se encuentra fundamentada en el diagnóstico detallado de los índices de morosidad del año 2023 y en un análisis exhaustivo de los registros internos de la Cooperativa Kisapincha.

El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar un modelo matemático que permita prever y gestionar de manera efectiva los riesgos asociados a la morosidad, proporcionando así una herramienta útil para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de créditos. Este modelo no solo ayudará a reducir los índices de morosidad, sino que también contribuirá a la sostenibilidad financiera a largo plazo de la cooperativa a partir de la premisa de proporcional un modelo matemático sujeto a modificaciones que puedan surgir en base a necesidades nuevas de la cooperativa.

Para alcanzar este objetivo, se plantean el acceso y análisis de registros internos de la cooperativa para obtener de esta forma una perspectiva más amplia respecto a la realidad financiera de dicha institución respecto al año 2023 y así concretar la estructura base para la elaboración del modelo matemático a partir de factores clave y variables denotadas en el punto 3.1 de esta propuesta. Estas medidas se diseñan con el propósito de mejorar la gestión crediticia y la estabilidad financiera de la cooperativa, respondiendo así a las necesidades detectadas en el diagnóstico y alineándose con los objetivos estratégicos de la institución.

TEMA DE LA PROPUESTA

SIMULACIÓN EN BASE AL MODELO COX ORIENTADA A LA REDUCCIÓN DE LA MOROSIDAD EN LA COOP. KISAPINCHA

3.1 Diagnóstico

Dentro de la propuesta, la etapa de diagnóstico es fundamental como punto de partida para conocer la situación actual de la Coop. Kisapincha y de allí denotar

aquellas variables o factores necesarios a tomar en cuenta para la modelación matemática. Es por ello por lo que se toma en consideración la presentación de aspectos clave como la información proporcionada por la cooperativa respecto a los índices de morosidad del año 2023, evolución financiera, indicadores financieros y de endeudamiento; se prima la interpretación de dichos datos en este apartado.

3.1.1 Índices de Morosidad 2023

La tabla presentada a continuación muestra el desglose en trimestres de los índices de morosidad percibidos en la Cooperativa Kisapincha en el año 2023.

Tabla 4 Morosidad trimestral 2023

Trimestre	Cartera Microcrédito Total (USD)	Cartera Microcrédito Vencida (USD)	Índice Microcrédito (%)	Cartera Consumo Total (USD)	Cartera Consumo Vencida (USD)	Índice Consumo (%)
Q1	2,480,799.33	328,326.87	13.23	24,968.20	76.54	0.31
Q2	640,839.04	263,606.82	41.13	58,781.55	49.23	0.08
Q3	10,951,330.87	106,635.86	0.97	12,471.77	274.44	2.20
Q4	4,678,779.06	298,402.84	6.38	106,046.51	68.62	0.06

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2024).

- **Microcréditos**:
    - El segundo trimestre (Q2) muestra el índice de morosidad más alto (41.13%), probablemente debido a un incremento en la cartera vencida respecto a la cartera total.
    - En el tercer trimestre (Q3), el índice es el más bajo (0.97%), lo que indica un control efectivo de la morosidad durante este periodo.
- **Consumo**:
    - El índice más alto (2.20%) se registra en el tercer trimestre (Q3), relacionado con un aumento en la cartera vencida.
    - Los demás trimestres tienen índices por debajo del 0.31%, reflejando estabilidad en esta cartera.

Tabla 5 Morosidad 2023

Tipo de Cartera	Cartera Total (USD)	Cartera Vencida (USD)	Índice de Morosidad (%)
Microcréditos	18,751,748.31	996,972.38	5.32
Consumo	202,268.03	468.83	0.23

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2024).

- **Microcréditos**: El índice de morosidad es del 5.32%, lo que indica que una fracción significativa de la cartera total está en mora. Esto podría requerir estrategias de gestión más estrictas para reducir la morosidad.
- **Consumo**: El índice de morosidad es del 0.23%, lo que refleja una buena calidad de la cartera de consumo con bajo riesgo crediticio.

3.1.2 Evolución Financiera de la Cooperativa (2022-2023)

La tabla presentada muestra un resumen financiero comparativo de dos periodos consecutivos, Enero a Diciembre 2022 y Enero a Diciembre 2023, en dólares

Tabla 6 Evolución financiera

Cuentas	Enero 2022 a diciembre 2022 (USD)	Enero 2023 a diciembre 2023 (USD)
Activos	17,202,894.02	26,682,266.48
Pasivo	15,419,529.92	24,465,181.23
Obligaciones con el público	13,248,557.99	15,855,566.43
Obligaciones financieras	1,699,330.14	859,129.29
Patrimonio	1,595,581.73	2,217,085.25
Ingresos	1,406,850.62	4,448,389.45

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2024).

La tabla refleja un fortalecimiento general de la situación financiera de la entidad durante 2023. El incremento significativo en los activos y el patrimonio sugiere una gestión eficiente de los recursos, con una capacidad de generación de riqueza mayor que en 2022.

A pesar del aumento en los pasivos, que podría interpretarse como un mayor apalancamiento financiero, la disminución en las obligaciones financieras indica una estrategia para reducir la dependencia de deuda externa con instituciones financieras. Este cambio puede estar vinculado a una mayor confianza de los socios o clientes, evidenciado por el aumento en las obligaciones con el público.

3.1.3 Indicadores Financieros Claves (2023)

A continuación, se presentan algunos indicadores financieros relevantes para el análisis de la morosidad y el riesgo financiero de la cooperativa en 2023.

Tabla 7 Indicadores financieros claves

Indicador	Valor (USD)	Valor (USD)
Nivel de endeudamiento	Pasivo: 24,465,181.23	Activo: 26,682,266.48
Concentración de endeudamiento	Obligaciones con el público: 15,855,566.43	Pasivo: 24,465,181.23
Endeudamiento financiero	Obligaciones financieras: 859,129.29	Ingresos: 4,448,389.45
Endeudamiento patrimonial	Pasivo: 24,465,181.23	Patrimonio: 2,217,085.25
Endeudamiento a corto plazo	Obligaciones con el público: 15,855,566.43	Patrimonio: 2,217,085.25

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2024).

La tabla resalta una estructura financiera marcada por un alto apalancamiento, donde las obligaciones con el público representan la principal fuente de financiamiento. Esto implica que la entidad se apoya principalmente en la confianza de sus socios o clientes, en lugar de recurrir a deuda financiera con instituciones. Además, el patrimonio, aunque en crecimiento, es relativamente bajo en comparación con los pasivos, lo que sugiere una estrategia basada en maximizar el uso de recursos externos para impulsar sus operaciones. Este enfoque podría

generar oportunidades de expansión, pero también demanda una gestión eficiente del riesgo y de la liquidez para garantizar el cumplimiento de las obligaciones.

Tabla 8 Valores porcentuales de los indicadores financieros claves

Indicador	Formula	Resultado (%)
Nivel de endeudamiento	(Pasivo/Activo) x100	91,69 %
Concentración de endeudamiento	(Obligaciones con el público/Pasivo) x100	64,80 %
Endeudamiento financiero	(Obligaciones financieras/Ingresos) x100	19,31 %
Endeudamiento patrimonial	(Pasivo/Patrimonio) x100	1103,48 %
Endeudamiento a corto plazo	(Obligaciones con el público/Patrimonio) x100	715,15 %

Nota: Obtenido de (Coop. Kisapincha, 2024).

La tabla complementaria proporciona un análisis porcentual de los indicadores financieros previamente presentados, ofreciendo una perspectiva más detallada sobre la estructura financiera de la entidad. A partir de esto, se pueden interpretar los siguientes aspectos clave:

1. **Nivel de Endeudamiento (91.69%):** Este porcentaje confirma que la entidad está altamente apalancada, con una proporción significativa de sus activos financiados por pasivos. Aunque refleja una capacidad para captar financiamiento externo, también indica un riesgo elevado si no se gestiona adecuadamente.
2. **Concentración del Endeudamiento (64.80%):** Más de la mitad del total de pasivos proviene de obligaciones con el público, lo que refuerza la dependencia de los depósitos como fuente principal de financiamiento y subraya la necesidad de mantener la confianza de los clientes para garantizar la estabilidad operativa.
3. **Endeudamiento Financiero (19.31%):** La baja proporción de obligaciones financieras frente a los ingresos sugiere que el impacto de los costos

asociados a la deuda financiera es limitado, lo que permite a la entidad mantener mayores márgenes operativos.

4. **Endeudamiento Patrimonial (1103.48%):** Este indicador destaca un alto apalancamiento en relación con el patrimonio, lo que puede interpretarse como un riesgo financiero significativo, aunque podría ser una estrategia para maximizar el retorno sobre el capital propio.
5. **Endeudamiento a Corto Plazo (715.15%):** Este valor refleja la fuerte dependencia de los depósitos a corto plazo para sustentar las operaciones de la entidad, lo que resalta la importancia de gestionar adecuadamente la liquidez y cumplir con las obligaciones en el corto plazo.

3.2. Objetivos de la propuesta

General

Proponer un modelo de simulación basado en el modelo Cox para predecir la probabilidad de morosidad en los créditos de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Kisapincha, con el fin de mejorar la gestión del riesgo crediticio y reducir la incidencia de cartera vencida.

Específicos

- Desarrollar una estructura preliminar del modelo de simulación utilizando el modelo Cox.
- Evaluar la viabilidad y precisión del modelo propuesto.
- Proveer recomendaciones para la implementación del modelo de simulación en la cooperativa, incluyendo sugerencias para futuras modificaciones y ajustes.

3.3. Desarrollo de la Propuesta

Para iniciar con el desarrollo de la propuesta, profundizaremos en primera instancia en los principios o bases del modelo Cox el cual es definido como un modelo predictivo de regresión el cual en función a datos históricos es capaz de

proporcionar un bosquejo de eventos tentativos a suscitarse; por esta razón el modelo Cox es empleado tanto en el campo medico como financiero (Marcalla, 2022)

Partiendo del modelo Cox aplicado en instituciones financieras tenemos que es un método matemático - estadístico enfocado en determinar la relación entre una variable de carácter continuo y una o más variables de carácter independiente. Dependiendo del contexto, a la variable modelada se le conoce como variable respuesta o dependiente, y a las variables independientes como regresores, predictores o features (Marcalla, 2022).

Modelo de Riesgos Proporcionales de Cox:

$$h(tIx) = h_o(t).\, e^{b1X_1 + b_2X_2 + \cdots b_pX_p}$$

Identificación de variables en la fórmula del modelo:

Como planteamiento de la propuesta se destaca el uso de Google Colab como medio de adaptación de las bases que rigen al modelo cox, en donde el modelado del código a generar toma en cuenta los siguientes parámetros que posteriormente serán detallados y desarrollados en los epígrafes próximos.

1. **h(t|X) (Función de riesgo en el tiempo t)**
    - **h(t|X) =** MOROSIDAD_DIAS: Representa el tiempo hasta que ocurre el evento de morosidad.
2. **Evento o δ (Variable indicadora de si ocurrió el evento)**
    - MOROSIDAD_VALOR: Es la variable binaria que indica si el préstamo entró en morosidad (1) o si no lo hizo (0). Esto es crucial en la importación de bibliotecas basadas en el modelo de Cox.
3. **Representación de variables que afectan la morosidad**

    Específicamente, las siguientes variables:

    - β1 = PERIOCIDAD_PAGO_VALOR (Frecuencia de pago)

- β2 = OFICINA_CONCECION_VALOR (Oficina donde se otorgó el crédito)
- β3 = GARANTIA_VALOR (Tipo de garantía)
- β4 = TIPO_CREDITO_VALOR (Tipo de crédito)
- β5 = DESTINO_FINANCIERO_VALOR (Destino del crédito)
- β6 = ACTIVIDAD_ECONOMICA_OPERACION_VALOR (Actividad económica del prestatario)
- β7 = INGRESO_RANGO_SBU_VALOR (Nivel de ingresos del prestatario)

4. **Interpretación de los coeficientes (Efecto de cada variable sobre el riesgo de morosidad)**
    - Estos coeficientes son ajustados por el modelo y se obtienen con cph.print_summary().
    - Cada coeficiente βi, indica cómo influye la variable Xi en el riesgo de morosidad:
        - Si $\beta i > 0$, la variable aumenta el riesgo de morosidad.
        - Si $\beta i < 0$, la variable reduce el riesgo de morosidad.
        - Si $\beta i = 0$, la variable no tiene efecto significativo.

3.3.1 Propuesta de modelo de simulación matemática

La propuesta presentada toma como base los principios del modelo Cox y para su desarrollo se destaca el uso de la plataforma online "Google Colab" el cual mantiene relación con Python y sus bibliotecas especializadas. Esta propuesta permitirá a la Cooperativa de Ahorro y Crédito Kisapincha evaluar la morosidad de sus créditos a partir de indicadores o factores clave a tomar en cuenta.

Google Colab es una herramienta desarrollada por la empresa Google, la cual ha cobrado hoy en día gran impacto dentro del campo de la programación y modelado matemático pues permite generar códigos y ejecutarlos pues tiene acceso a sistemas más complejos como Python o Júpiter, así esta permite acceder, instalar y usar bibliotecas que potencializan sus funciones, siendo esta la razón por la que su uso hoy en día se encuentra en auge (Cervera y otros, 2022).

Para el desarrollo del modelo de simulación matemática se destaca que este se dio en función al asesoramiento de un profesional del área de programación. De tal forma que le modelo de simulación matemática contemplo los siguientes pasos:

Acceso a Google Colab

- Google Colab al ser una herramienta online, su uso se dará en función a un navegador web como Chrome.
- Una vez situados en la página de Google Colab, se debe generar una cuenta desde cero o generar una mediante asociación de nuestra cuenta de Gmail.

Acceso a la interfaz y preparación del espacio de trabajo

- Al iniciar una nueva ventana de trabajo, esta deberá ser despejada o por su defecto seleccionar la opción de crear un nuevo cuaderno.
- En el espacio de trabajo generado tendremos la opción “Código”, donde daremos clic y se nos habilitara un apartado para poner en marcha la redacción del código.

Instalar bibliotecas

- Como punto de partida para la programación del código se toma en consideración que un modelo de simulación matemática precisa de bibliotecas complementarias a Google Colab las cuales pueden ser instaladas o importadas desde dicha plataforma mediante el siguiente código:

```
# Importar bibliotecas necesarias
import pandas as pd
import numpy as np
from lifelines import CoxPHFitter
```

Figura 2 Bibliotecas

Nota: Elaboración propia

- El código deberá ser agregado en una sola celda y para comprobar una descripción correcta se procede a ejecutar el código inicial, en caso de que la descripción tenga errores en su redacción, Google Colab se encargara de destacarlo y sugerir correcciones pues al no estar bien redactado este no será ejecutado y el acceso a las bibliotecas no podrá llevarse a cabo.

Factores clave para el modelo

- Dentro de este paso, se toma en consideración indicadores clave de morosidad para de esta forma programar el código en función a dichos indicadores; se obtuvo el siguiente código:

```
# Crear el DataFrame
data = {
    'MOROSIDAD_VALOR': [1, 0, 1, 0, 1],
    'MOROSIDAD_DIAS': [45, 0, 60, 0, 90],
    'SECUENCIAL': [1, 2, 3, 4, 5],
    'NUMEROPRÉSTAMO': [1001, 1002, 1003, 1004, 1005],
    'PERIOCIDAD_PAGO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'OFICINA_CONCECION_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'GARANTIA_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'TIPO_CREDITO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'DESTINO_FINANCIERO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'ACTIVIDAD_ECONOMICA_OPERACION_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'INGRESO_RANGO_SBU_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1]
}

df = pd.DataFrame(data)
```

Figura 3 Factores e indicadores clabe

Nota: Elaboración propia

- La información del código generado toma en cuenta indicadores como, cantidad de préstamos, registros previos de morosidad, pago del crédito, garantías de pago, destino del crédito, entre otros.

Conversión de variables categóricas y ajuste del modelo

- Respecto a las variables categóricas estas se plantean en función al apartado anterior a partir de la "PERIOCIDAD_PAGO_VALOR" hasta "INGRESO_RANGO_SBU_VALOR".
- Respecto al ajuste del modelo se contempla el uso de la regularización del modelo en función a las bases del modelo cox.

  Este apartado se encuentra estructurado y presentado de la siguiente forma:

```
# Convertir Variables Categóricas
categorical_columns = ['PERIOCIDAD_PAGO_VALOR', 'OFICINA_CONCECION_VALOR', 'GARANTIA_VAL
df[categorical_columns] = df[categorical_columns].astype('category')

# Ajustar el Modelo de Cox con Regularización
cph = CoxPHFitter(penalizer=0.1)  # Ajusta el valor del penalizer según sea necesario
cph.fit(df, duration_col='MOROSIDAD_DIAS', event_col='MOROSIDAD_VALOR')
cph.print_summary()  # Resumen del modelo
cph.plot()  # Gráfica de los coeficientes del modelo
```

Figura 4 variables categóricas y ajuste del modelo

Nota: Elaboración propia

A partir de estos pasos, se estructura y presenta el código de programación representativo al modelo de simulación matemática. Google Colab al ser una herramienta de amplia variedad de funciones permite comprobar la viabilidad y funcionalidad de la propuesta a partir de la puesta en marcha o ejecución del código el cual es detallado en el apartado 3.4.

3.4. Validación de la propuesta

La validación del modelo de simulación matemática propuesto se da en función al uso de Google Colab y su ejecución, obteniendo los siguientes resultados respecto a su viabilidad.

Información del Modelo

Tabla 9 Información del Modelo

Model	lifelines.CoxPHFitter
duration col	'MOROSIDAD_DIAS'
event col	'MOROSIDAD_VALOR'
Penalizer	0.1
l1 ratio	0.0
baseline estimation	Breslow
number of observations	5
number of events observed	3
partial log-likelihood	-0.58

Nota: Elaboracíón propia

- **model:** El nombre de “lifelines.CoxPHFitter” indica el tipo de modelo utilizado, o en el cual se basó que corresponde al modelo de regresión de Cox.
- **duration col:** La Etiqueta de 'MOROSIDAD_DIAS' es la columna referente al tema de duración del evento o relativo al tiempo que en que se presenta el caso de morosidad.
- **event col:** 'MOROSIDAD_VALOR' es la columna de eventos, que indica si el evento (morosidad) ocurrió o no.
- **penalizer:** El valor de 0.1 presentado a partir del análisis y ejecucion de Google Colab es el valor de la penalización aplicada para manejar la multicolinealidad.
- **l1 ratio:** El valor de 0.0 indica la proporción de penalización L1 (lazo) utilizada. Aquí se usa solo la penalización L2 (ridge).

- **baseline estimation:** La etiqueta de “breslow” es el método utilizado para estimar la función de riesgo base.
- **number of observations:** El valor determinado por Google Colab es de 5 representativo al número de observaciones que se recomienda tomar en cuenta para analizar la predicción de morosidad.
- **number of events observed:** El valor de 3 es el número de eventos relacionados a la morosidad que se tomaran en cuenta para determinar su existencia o no.
- **partial log-likelihood:** El valor de -0.58 es representativo a la verosimilitud parcial del modelo ajustado al modelo Cox.

Tabla 10 Coeficientes del Modelo

	coef	exp(coef)	se(coef)	coef lower 95%	coef upper 95%	exp(coef) lower 95%	exp(coef) upper 95%	cmp to	z	p	-log2(p)
SECUENCIAL	-0.47	0.62	0.73	-1.91	0.97	0.15	2.63	0.00	-0.65	0.52	0.95
NUMEROPRÉSTAMO	-0.47	0.62	0.73	-1.91	0.97	0.15	2.63	0.00	-0.65	0.52	0.95
PERIOCIDAD_PAGO_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
OFICINA_CONCECION_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
GARANTIA_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
TIPO_CREDITO_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
DESTINO_FINANCIERO_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
ACTIVIDAD_ECONOMICA_OPERACION_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00
INGRESO_RANGO_SBU_VALOR	0.00	1.00	2.58	-5.06	5.06	0.01	157.69	0.00	0.00	1.00	-0.00

Nota: Elaboración propia

Cada variable en el modelo tiene una serie de estadísticas asociadas:

- **coef:** El coeficiente de la variable. Un valor positivo indica que la variable aumenta el riesgo del evento (morosidad), y un valor negativo indica que disminuye el riesgo. Tomado en consideración la premisa presentada y destacado las etiquetas “secuencial” y “numero de prestado” como identificadores, el resto de las variables obtienen una puntuación 0.00 como punto neutral que afirman la funcionalidad del código para identificar aquellas que generen mayor tendencia de morosidad pero resaltando la necesidad de ampliar la cantidad de datos históricos para lograr identificar aquellas que tienden a mayor probabilidad de mora.
- **exp(coef):** La exponencial del coeficiente, representa el riesgo relativo asociado con la variable. Las variables al tener un valor de 1 positivos son indicativas a que todas son potenciales causa de morosidad.
- **se(coef):** Error estándar del coeficiente. Respecto a la tabla el valor de las variables es 2.58, lo que indica una alta variabilidad en la estimación de los coeficientes asociado a la necesidad de ampliar la cantidad de datos históricos registrados al momento de correr la simulación en Google Colab.
- **coef lower 95% y coef upper 95%:** Los límites inferior y superior del intervalo de confianza del 95% para el coeficiente. El análisis al tener como valores rangos que van desde -5.06 a 5.06 determinan un espectro inestable por la necesidad de ampliación de datos, contrastado con los identidicadores los cuales son representativos a un impacto significativo con la morosidad con valores de -1.91 y 0.97, demostrando la funcionalidad de la simulación desarrollada en Google Colab
- **exp(coef) lower 95% y exp(coef) upper 95%:** Los límites inferior y superior del intervalo de confianza del 95% para el riesgo relativo. Los valores obtenidos en la tabla estiman un rango amplio a causa de la premisa anteriormente citada.
- **cmp to:** Indica contra qué se compara el coeficiente. Aquí es 0.00 para todas las variables mostrando un punto neutral.
- **z:** El valor Z para la prueba de hipótesis sobre el coeficiente.

- **p:** El valor p de la prueba de hipótesis sobre el coeficiente. Un valor p bajo (típicamente < 0.05) indica que el coeficiente es significativamente diferente de cero.
- **-log2(p):** El valor negativo del logaritmo en base 2 del valor p, que a veces se usa para medir la significancia, que el caso presentado al ser -0,00 determina la necesidad de ingreso de mayor cantidad de datos.

La funcionalidad operativa del código se ve asociada a la cantidad de datos históricos registrados en el mismo, destacando que el análisis de Google Colab es la encargada de otorga el grado de confianza al código generado y la propuesta quedaría a disposición de la cooperativa para ingreso de los datos confidenciales de sus libros financieros y puedan de esta forma identificar aquellas variables con mayor tendencia a la morosidad y a su vez pueda el código ajustar a las necesidades que puedan presentarse.

Evaluación del Modelo

Tabla 11 Evaluación del Modelo

Concordance	1.00
Partial AIC	19.16
log-likelihood ratio test	2.42 on 9 df
-log2(p) of ll-ratio test	0.02

Nota: Elaboración propia

- **Concordance:** 1.00 es la concordancia del modelo. Un valor de 1 indica una predicción perfecta.
- **Partial AIC:** 19.16 es el criterio de información de Akaike (AIC) parcial del modelo.
- **log-likelihood ratio test:** 2.42 on 9 df es la prueba de razón de verosimilitud, con 9 grados de libertad.
- **-log2(p) of ll-ratio test:** 0.02 es el valor negativo del logaritmo en base 2 del valor p de la prueba de razón de verosimilitud.

3.4.1 Interpretación general

Coeficientes y Exp(coef): Los coeficientes (coef) y sus exponenciales (exp(coef)) indican la dirección y la magnitud del efecto de cada variable sobre el riesgo de morosidad. Un coeficiente positivo sugiere un aumento en el riesgo, mientras que un coeficiente negativo sugiere una reducción en el riesgo. En el presente caso, Google colab determino que el modelo matemático propuesto tiene los coeficientes en su mayoría con valores de 0, lo que sugiere que no tienen un efecto significativo en el riesgo de morosidad.

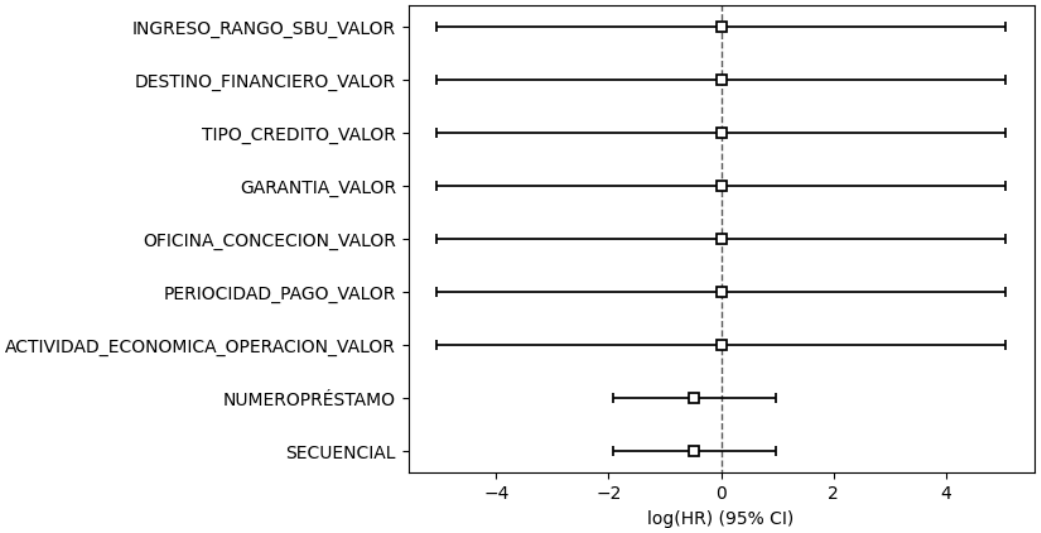

Figura 5 Coeficientes y Exp(coef)

Nota: Elaboración Propia

Error Estándar e Intervalos de Confianza: El error estándar (se(coef)) y los intervalos de confianza (coef lower 95%, coef upper 95%, exp(coef) lower 95%, exp(coef) upper 95%) permiten evaluar la precisión de las estimaciones de los coeficientes. Intervalos de confianza amplios indican mayor incertidumbre.

Valores P: Los valores p se encargan de señalar si los coeficientes son significativamente diferentes de cero. Para el presente caso, los valores p son altos (0.52 y 1.00), lo que sugiere que no hay suficiente evidencia para concluir que las variables propuestas o indicadores tienen un efecto significativo en la morosidad.

Concordancia: Una concordancia de 1 indica que el modelo predice perfectamente los datos, aunque esto puede ser un signo de sesgo debido a la pequeña cantidad de datos (5 observaciones) y los indicadores seleccionados.

3.5 Cotización de la propuesta

A continuación, se presenta un desglose estimado de los costos asociados a la implementación de la simulación basada en el modelo Cox a través de Google Colab para identificar factores de morosidad en la cooperativa. Este análisis considera gastos clave como capacitación del personal, contratación de expertos, infraestructura tecnológica y mantenimiento del sistema. Los valores han sido ajustados a la realidad económica de Ecuador, tomando en cuenta el Salario Básico Unificado (SBU) y costos referenciales de servicios especializados.

Tabla 12 Cotización de la propuesta

Concepto	**Descripción**	**Costo Estimado**
Capacitación del Personal	Cursos sobre el uso del modelo y Google Colab. Por ejemplo, el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP) ofrece cursos con tarifas accesibles, como capacitaciones de hasta 29 horas por $10.	$100 - $500
Contratación de Analista de Datos	Profesional especializado en análisis de datos y modelos estadísticos. Considerando que el SBU es de $460, el salario mensual de un analista podría oscilar entre 2 SBU, es decir, entre $920. Para un proyecto de 3 meses, el costo total sería entre $2,760.	$2,760 aproximado
Supervisión y Validación del Modelo	Consultoría externa para asegurar la precisión y eficacia del modelo. Este servicio podría tener un costo aproximado de $500 por	$500 - $1,000

	revisión, dependiendo de la complejidad y duración.	
Infraestructura Tecnológica	Adquisición de licencias de software adicionales o herramientas complementarias. Por ejemplo, licencias de software estadístico pueden costar entre $200 y $500.	$200 - $500
Servicios en la Nube (Opcional)	Suscripción a Google Colab Pro u otras plataformas para procesamiento avanzado. Google Colab Pro tiene un costo de aproximadamente $10 mensuales.	$120/año
Integración con Sistemas Existentes	Adaptación del modelo a los sistemas informáticos de la cooperativa. Este proceso podría requerir servicios de programación y pruebas, estimados entre $500 y $1,000.	$500 - $1,000
Mantenimiento y Soporte	Actualizaciones y soporte técnico continuo para el modelo implementado. Se podría considerar un costo anual de mantenimiento de aproximadamente $500.	$500/año

Nota: Elaboración propia

Estos valores son aproximados y pueden variar según proveedores y necesidades específicas de la cooperativa. Se recomienda realizar cotizaciones detalladas con proveedores locales para obtener cifras más precisas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- A partir de la fundamentación teórica se demostró que la implementación de un enfoque predictivo basado en el modelo Cox es viable para la gestión de la morosidad en la Cooperativa Kisapincha. A través de la propuesta se presentó un modelo de simulación basada en el modelo Cox, en donde se consigue identificar entre variables como frecuencia de pago, oficina donde se otorgó el crédito, tipo de garantía, tipo de crédito, destino del crédito, actividad económica del prestatario y nivel de ingresos del prestatario, esto como un punto de estudio dentro del análisis financiero de la cooperativa y de esta forma obtener una mejor gestión de los créditos.
- Los resultados señalan que el modelo propuesto guarda un alto nivel de eficacia sin embargo de acuerdo a la sustentación estadística se determinó que para precisar la funcionalidad del modelo de simulación matemática es necesario trabajar en función a una mayor cantidad de datos e indicadores pues de esta forma se reducen sesgos y se es más preciso con el nivel predictivo; los resultados dependerán así mismo en gran medida de su calidad es decir de lo detallado y precisos que sean los datos sobre la realidad financiera de la cooperativa.
- Respecto a la fundamentación del modelo propuesto, se destaca el papel del modelo Cox el cual brindo una perspectiva significativa respecto a la importancia de identificar patrones y tendencias en el comportamiento de los clientes respecto a la morosidad. Este conocimiento es fundamental para diseñar estrategias preventivas y correctivas que pueden reducir significativamente los casos de morosidad, mejorando así la estabilidad financiera de la cooperativa.
- Finalmente, se destaca que el presente trabajo al ser fundamentado por estudios previos asociados a las variables trabajadas se aborda la importancia de herramientas predictivas para la gestión eficaz de la morosidad en instituciones financieras, dejando de esta forma como precedente un aporte teórico, pues proporciona evidencia bibliográfica de la

aplicabilidad del modelo Cox en el contexto específico de una cooperativa de ahorro y crédito en Ecuador.

Recomendaciones

- Se recomienda que para el uso del modelo de simulación matemática propuesto, la Cooperativa Kisapincha deberá ampliar y ser más detallado respecto a su base de datos de clientes, esto debido a que la inclusión de más variables e indicadores de estudio, así como un mayor número de observaciones permitiría al modelo ofrecer predicciones más precisas y fiables, lo cual es crucial para la gestión eficaz de la morosidad.
- La propuesta al ser un modelo de simulación matemática preliminar se recomienda realizar una mayor cantidad de ensayos que fortalezcan su confiabilidad pues el modelo propuesto se encuentra abierto a modificaciones y ajustes que puedan ser requeridas a partir de las necesidades actuales de la Cooperativa Kisapincha. Esto no solo mejorará la toma de decisiones, sino que permitirá que la Cooperativa sea participe de la actualización constante del modelo, así mismo también incrementará la capacidad de la cooperativa para implementar estrategias preventivas y correctivas basadas en datos.
- Se recomienda que una vez que la propuesta sea empleada por parte de la cooperativa, esta tome en consideración los resultados de los ensayos y resultados finales para desarrollar e implementar estrategias específicas basadas en los hallazgos del modelo. Estas estrategias deben estar orientadas a prevenir la morosidad mediante la identificación temprana de clientes en riesgo y la implementación de medidas correctivas adecuadas. Esta premisa es resaltada debido a que el modelo propuesto se encuentra abierto a modificaciones finales por parte de la cooperativa.
- Se sugiere dar seguimiento a la confiabilidad del modelo de simulación matemática propuesto, pues este deberá ser ajustado según la realidad actual de la Cooperativa y en funciones a sus nuevos datos. El incentivar a los trabajadores del área administrativa y contabilidad para capacitarse constantemente respecto al uso de plataformas y herramientas que permitan identificar estos eventos es una parte fundamental respecto a la prevención de riesgos financieros asegurando una gestión de morosidad eficiente y sostenible a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

Alcívar, X., & Bravo, V. (2020). Índice del riesgo de morosidad en los microcreditos simples; caso cooperativa de ahorro y credito Chone Ltda. *Revista científica multidisciplinaria arbitrada yachusun, 4*(7), 17. https://doi.org/https://doi.org/10.46296/yc.v4i7edesp.0080

Bustamante, E., & Marcalla, L. (2022). Modelo matemático para medir la probabilidad de la incurrencia en mora de créditos utilizando regresión lineal en una institución financiera de la ciudad de Ambato. *Univeridad Ténica de Ambato*. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36915

Cervera, E., Maarin, R., & Marin, J. (2022). Más allá de Jupyter: Google Colab en la programación. *Dialnet, 7*(2), 12. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728702

Cook, M. (2019). A Life Cycle Explanation of Cooperative Longevity. *Sustainability, 10*(5), 7. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su10051586

Coop. Kisapincha. (2024). Transparecia. *Cooperativa de Ahorro y Credito Kisapincha*. Obtenido de https://kisapincha.com/transparencia/

Guillen, E., & Peñafiel, L. (2019). Modelos predictor de la morosidad con variables macroeconómicas. *Ciencia, 3*(7), 11. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/5826/582661257002/html/

Hermoza, H. (2021). Gestión crediticia y la morosidad del banco Pichincha del Perú, periodo 2019. *Quipukamayoc, 29*(59), 7. https://doi.org/https://doi.org/10.15381/quipu.v29i59.20354

Kang, C., & Wang, M. (2022). Financial Distress Prediction of Cooperative Financial Institutions—Evidence for Taiwan Credit Unions. *International Journal of Financial Studies, 10*(2), 5. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijfs10020030

Li, A., Li, Z., & Bellotti, A. (2023). Predicting loss given default of unsecured consumer loans with time-varying survival scores. *Pacific-Basin Finance*

Journal, *7*(3), 4. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2023.101949

Marcalla, L. (2022). Modelo matemático para medir la probabilidad de la incurrencia en mora de créditos utilizando regresión lineal en una institución financiera de la ciudad de ambato. *Universidad Tecnica de Ambato*. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36915

Montero, R. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. *Granada*. Obtenido de https://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion_lineal.pdf

Rwanda. (2018). Innovation, Integration, Agglomeration, and Competition. *Goberment of Rwanda*.

Salazar, J. (2022). Diseño de un modelo predictivo para otorgar créditos. *Semestre Económico*, *24*(57), 8. https://doi.org/https://doi.org/10.22395/seec.v24n57a15

Smuts, M., & Alcrot, J. (2020). An overview of survival analysis with anapplication in the credit risk environment. *Orion*, *36*(2), 16. Obtenido de https://orion.journals.ac.za/pub/article/view/690/596

Wang, J., Zeng, D., & Yu, D. (2024). Fitting the Cox proportional hazards model to big data. *Biometrics*, *80*(1), 5-7. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/biomtc/ujae018

ANEXOS

Anexo 1: Modelo de simulación matemática para análisis de datos.

!pip install lifelines

```
# Importar bibliotecas necesarias
import pandas as pd
import numpy as np
from lifelines import CoxPHFitter

# Crear el DataFrame
data = {
    'MOROSIDAD_VALOR': [1, 0, 1, 0, 1],
    'MOROSIDAD_DIAS': [45, 0, 60, 0, 90],
    'SECUENCIAL': [1, 2, 3, 4, 5],
    'NUMEROPRÉSTAMO': [1001, 1002, 1003, 1004, 1005],
    'PERIOCIDAD_PAGO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'OFICINA_CONCECION_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'GARANTIA_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'TIPO_CREDITO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'DESTINO_FINANCIERO_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'ACTIVIDAD_ECONOMICA_OPERACION_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1],
    'INGRESO_RANGO_SBU_VALOR': [1, 2, 1, 2, 1]
}

df = pd.DataFrame(data)

# Convertir Variables Categóricas
categorical_columns = ['PERIOCIDAD_PAGO_VALOR',
'OFICINA_CONCECION_VALOR', 'GARANTIA_VALOR',
'TIPO_CREDITO_VALOR', 'DESTINO_FINANCIERO_VALOR',
'ACTIVIDAD_ECONOMICA_OPERACION_VALOR',
'INGRESO_RANGO_SBU_VALOR']
df[categorical_columns] =
df[categorical_columns].astype('category')

# Ajustar el Modelo de Cox con Regularización
cph = CoxPHFitter(penalizer=0.1)  # Ajusta el valor del
penalizer según sea necesario
cph.fit(df, duration_col='MOROSIDAD_DIAS',
event_col='MOROSIDAD_VALOR')
cph.print_summary()  # Resumen del modelo
cph.plot()  # Gráfica de los coeficientes del modelo
```