

# Modelo matemático optimiza utilidades en los créditos del sistema financiero en la región de Áncash

*Mathematical model optimizes profits in financial system loans in the Ancash region*

**Jonhy Garay Santisteban**

Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú

2020825015@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-6329-4438>

**Ernesto Cedrón León**

Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú

ecedron@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3198-831X>

---

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos del sistema financiero. La investigación fue pre experimental, de enfoque cuantitativo. La muestra estuvo conformada por cuatro tipos de créditos. Como instrumento se utilizó la hoja de registro de datos para recolectar datos en dos tiempos: antes, para registrar los datos de ingresos por créditos, capital, costos y restricciones de cada línea de crédito; después, para recoger los resultados generados en el software LINGO de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal. Los resultados revelaron que el modelo

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the extent to which the nonlinear programming mathematical model optimizes profits in the financial system credits. The research was pre-experimental, with a quantitative approach. The sample consisted of four types of loans. A data recording sheet was used as an instrument to collect data in two stages: before, to record data on loan income, capital, costs and restrictions for each credit line; after, to collect the results generated in the LINGO software from the application of the nonlinear programming mathematical model. The results revealed that the model increased overall profits by 2.66%,

---

RECIBIDO: 26/01/2024 - ACEPTADO: 15/05/2024 - PUBLICADO: 17/06/2024

---

aumentó las utilidades generales en un 2,66%, con incrementos específicos en los créditos agropecuarios (2,98%), hipotecarios (3,88%), al sector informal (1,11%) y al sector formal (2,68%). Esto demuestra que la programación no lineal es efectiva para mejorar las utilidades en el ámbito financiero.

with specific increases in agricultural (2.98%), mortgage (3.88%), informal sector (1.11%) and formal sector (2.68%) loans. This shows that nonlinear programming is effective in improving profits in the financial sector.

**Palabras clave:** Modelo matemático; programación no lineal; créditos del sistema financiero; utilidades.

**Keywords:** Mathematical model; nonlinear programming; financial system loans; profits.

## INTRODUCCIÓN

La gerencia de la institución financiera obtiene utilidades por cada uno de los créditos que oferta. No obstante, estas utilidades no son óptimas y la empresa está perdiendo ingresos y utilidades debido a que estos créditos no están siendo adecuadamente gestionados o asignados de manera óptima (Kindleberger, 2015; Rist, 2016). Por ello, se ha propuesto el modelamiento matemático no lineal en función al número de periodos del crédito, sin tomar en cuenta los créditos solicitados exactamente por un año, ya que en ese caso serían lineales. El aporte de la presente investigación consiste en modelar matemáticamente cada tipo de crédito y cada modelo para calcular los valores óptimos en función a la cantidad de capital, tasa de interés, número de periodos e interés ganado. Todo ello, teniendo en cuenta las restricciones para cada modelo.

El presente estudio abarca solo a las instituciones del sistema financiero de la zona sierra de la región Ancash, tales como bancos, micro financieras y cajas municipales. No incluye las cooperativas de ahorro y crédito debido a que disponen de otras metodologías de crédito.

El problema fundamental que afrontan las instituciones financieras respecto a la atención a los servicios de crédito es cómo maximizar las utilidades por cada uno de los tipos de créditos que realiza con la finalidad de optimizar los costos e ingresos que se generan por cada tipo de crédito (Espinosa-Paredes & Vásquez, 2016; Ciccarelli et al., 2015). La falta de optimización de cada una de las líneas de crédito permite que las instituciones financieras dejen de obtener ingresos por concepto de intereses y falta de rotación de la masa monetaria (Nogales, 2014). Si continúa esta situación sostenidamente en el tiempo, el sistema financiero puede entrar en problemas económicos y, en el largo plazo, colapsar (Ramos, 2017). Debido a que las ecuaciones de préstamo o de otorgamiento de créditos son no lineales, los problemas de optimización se complican. Por ello, la mayoría de instituciones financieras no ha implementado soluciones para este tipo de transacciones (Sotelo, 2010).

El modelo matemático no lineal es similar al de una programación lineal, con la diferencia de que uno o más de sus variables presentan exponente diferente de 1 (Veloz et al., 2024). Presenta una función objetivo, restricciones y la condición de no negatividad debido a que una de sus variables es diferente de 1 y la solución se hace más compleja (Marki & Knezevic, 2024). La programación no

lineal tiene como propósito suministrar los constituyentes para hallar los puntos óptimos para una función objetivo (Gutiérrez-Sánchez, 2022).

Los costos o egresos incurridos en la generación de un tipo de crédito los asume el sistema financiero y, en otros casos, el cliente. Cada tipo de crédito tiene sus costos respectivos. Estos costos pueden ser costos de seguros, costos de desgravamen, costos de estudio del crédito, entre otros, que varían en función del sistema financiero (Hill et al., 2017; Hsu, Tian & Xu, 2014). Da Silva et al. (2017) y Chiavenato (2006) manifiestan que la utilidad, desde la perspectiva matemática, es la diferencia entre la sumatoria de todos los ingresos logrados dentro de un periodo de ejercicio económico y los gastos en el mismo tiempo de los ingresos. Carranza y Moncada (2019) en su tesis se plantearon como objetivo general la optimización de las utilidades en la empresa en estudio mediante un modelo de programación lineal con fines de mejora del rendimiento operacional. Concluyeron que inicialmente se encontró pérdidas y con el proceso de optimización se generaron rentabilidades en el intervalo (0; 669,6) que representó el 66% del total de los productos. Castillo (2007), en su tesis, se planteó como objetivo realizar la propuesta del Modelo de Markowitz para determinar la optimización de las carteras de inversión fundamentándose en la conducta racional del inversionista, avalando máxima rentabilidad en situaciones de riesgo, desde la perspectiva de la programación no lineal. Concluyó que casi la totalidad de las acciones mostraron rentabilidades promedio positivas y/o menores a la tasa libre de riesgo y que los portafolios óptimos fundados a través del modelo de Markowitz tuvieron una alta concentración en escasas acciones. Carrasco (2020), en su tesis abordó el problema de la optimización de los principales créditos en la Caja Sullana en la ciudad de Chimbote, 2018. Tuvo como objetivo modelar matemáticamente los créditos aplicando algoritmos genéticos para optimizar las utilidades de los créditos en la institución financiera. Como resultado del modelamiento matemático de los créditos, se obtuvo un modelo de programación matemática de los créditos de la Caja Sullana, Chimbote mediante los algoritmos genéticos que contribuyen a la optimización de las utilidades de los créditos en lo empresarial, agrícola, pesca, vehicular y comercial.

Esta investigación se justifica desde varias perspectivas. Económicamente, optimizar las utilidades de diferentes tipos de créditos en el sistema financiero, mejora los ingresos y egresos de créditos agropecuarios e hipotecarios del sector informal y formal, beneficiando directamente a las instituciones financieras. Socialmente, al incrementar sus utilidades mediante la implementación de un modelo de programación no lineal, las instituciones financieras pueden contribuir con mayores impuestos, apoyando al Estado en la atención a las poblaciones vulnerables. Metodológicamente, el estudio avanza en la formulación y aplicación de modelos matemáticos de programación no lineal específicos para cada tipo de crédito, empleando software especializado para optimizar estas operaciones. Prácticamente, ofrece a los operadores financieros una herramienta basada en software para mejorar la gestión de créditos, según sea necesario, evidenciando un impacto directo en la eficiencia y rentabilidad del sector financiero.

El objetivo general de esta investigación fue determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal utilizando el software LINGO optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero. Los objetivos específicos fueron: 1.-Determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero; 2.-Determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal optimiza

las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero; 3.-Determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero; 4.-Determinar en qué medida el modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de un modelo de programación no lineal es muy complejo, se ha optado por aplicar el software LINGO para ejecutar cada modelo y en función a ello comparar los resultados correspondientes a los objetivos específicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo aplicado porque se empleó los fundamentos teóricos de la programación no lineal y los fundamentos teóricos de la optimización de recursos financieros desde la perspectiva de maximización de ingresos y utilidades. El diseño de investigación fue pre experimental porque se manipuló la variable 'modelo de programación no lineal' para ver los resultados en la variable 'utilidades en los créditos del sistema financiero' (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2023). Se realizó dos observaciones durante todo el proceso investigativo. La población estuvo constituida por 8 tipos de créditos que ofertan dichos sistemas financieros. Para elegir la muestra se utilizaron los criterios de inclusión y exclusión y, finalmente, se conformó con 4 tipos de créditos.

Para concretizar la investigación, se desarrollaron las siguientes actividades:

**Captación de datos:** Se obtuvieron datos de los registros históricos de cada uno de los tipos de créditos. Para ello se utilizó la hoja de registro de datos, donde se llenaron datos de capital, tasa de interés, número de periodos, costos por tipo de crédito y las utilidades por tipo de crédito.

**Modelo de programación no lineal:** Se crearon los diccionarios de variables por cada tipo de crédito, que consistió en identificar las variables del modelo y teniendo en cuenta la hoja de registro de datos se modeló la función objetivo, las restricciones y las condiciones de no negatividad por cada tipo de crédito:

- **Modelo de programación no lineal para el crédito agropecuario:**

*Función objetivo*

$$\max UCA = \left( \sum_{j=1}^m XCA_j * \left( 1 + \frac{CATEA_j}{100} \right)^{CANP_j} - XCA_j + \sum_{j=1}^m (ICCA_j + CAPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CAD_j + CAGM_j + CAITF_j + CAOC_j)$$

*sujeto a:*

$XCA_j \geq 300$	$ICCA_j \leq 300$
$XCA_j \leq 500\,000$	$CAPC_j < 50$
$CATEA_j \geq 30\%$	$CAD_j \leq 80$
$CATEA_j \leq 40\%$	$CAGM_j \geq 20$

$$\begin{aligned} \text{CANP}_j &\geq 1 & \text{CAITF}_j &\leq 0.005 * \text{XCA}_j \\ \text{CANP}_j &\leq 12 & \text{CAOC}_j &\leq 50 \\ \forall \text{XCA}_j, \text{CATEA}_j, \text{CANP}_j, \text{CAPC}, \text{CAD}_j, \text{CAGM}_j, \text{CAOC}_j, \text{CAITF}_j &\geq 0 \end{aligned}$$

• **Modelo de programación no lineal para el crédito hipotecario:**

*Función objetivo*

$$\max UCH = \left( \sum_{j=1}^m \text{XCH}_j * \left( 1 + \frac{\text{CHTEA}_j}{100} \right)^{\text{CHNP}_j} - \text{XCH}_j + \sum_{j=1}^m (\text{ICCH}_j + \text{CHPC}_j) \right) - \sum_{j=1}^m (\text{CAD}_j + \text{CAGM}_j + \text{CAITF}_j + \text{CAOC}_j)$$

*sujeto a:*

$$\begin{aligned} \text{XCH}_j &\geq 5000 & \text{ICCH}_j &\leq 500 \\ \text{XCH}_j &\leq 300\,000 & \text{CHPC}_j &\leq 200 \\ \text{CHTEA}_j &\geq 40\% & \text{CHD}_j &\leq 200 \\ \text{CHTEA}_j &\leq 50\% & \text{CHGM}_j &\geq 150 \\ \text{CHNP}_j &\geq 1 & \text{CHITF}_j &\leq 0.005 * \text{XCH}_j \\ \text{CHNP}_j &\leq 30 & \text{CHOC}_j &\leq 70 \\ \forall \text{XCH}_j, \text{CHTEA}_j, \text{ICCH}_j, \text{CHD}_j, \text{CHNP}_j, \text{CHD}_j, \text{CHGM}_j, \text{CHOC}_j, \text{CHITF}_j &\geq 0 \end{aligned}$$

• **Modelo de programación no lineal para el crédito al sector informal:**

*Función objetivo*

$$\max UCSI = \left( \sum_{j=1}^m \text{XCSI}_j * \left( 1 + \frac{\text{CSITEA}_j}{100} \right)^{\text{CSINP}_j} - \text{XCSI}_j + \sum_{j=1}^m (\text{ICCSI}_j + \text{CSIPC}_j) \right) - \sum_{j=1}^m (\text{CSID}_j + \text{CSIGM}_j + \text{CSIOC}_j)$$

*sujeto a:*

$$\begin{aligned} \text{XCSI}_j &\geq 300 & \text{ICCSI}_j &\leq 300 \\ \text{XCSI}_j &\leq 200\,000 & \text{CIPC}_j &\leq 150 \\ \text{CSITEA}_j &\geq 30\% & \text{CSID}_j &\leq 50 \\ \text{CSITEA}_j &\leq 40\% & \text{CSIGM}_j &\geq 60 \\ \text{CSINP}_j &\geq 1 & \text{CSIITF}_j &\leq 0.005 * \text{XCSI}_j \\ \text{CSINP}_j &\leq 10 & \text{CSIOC}_j &\leq 40 \\ \forall \text{XCSI}_j, \text{CSITEA}_j, \text{CSINP}_j, \text{CSID}_j, \text{CSIGM}_j, \text{CSIOC}_j, \text{CSIITF}_j &\geq 0 \end{aligned}$$

• **Modelo de programación no lineal para el crédito al sector formal:**

*Función objetivo*

$$\max UCSF = \left( \sum_{j=1}^m XCSF_j * \left( 1 + \frac{CSFTEA_j}{100} \right)^{CSFNP_j} - XCSF_j + \sum_{j=1}^m (ICCSF_j + CSFPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CSFD_j + CSFGM_j + CSFOC_j)$$

*sujeto a:*

$XCSF_j \geq 10000$	$ICCSF_j \leq 400$
$XCSF_j \leq 1000000$	$CSFPC_j \leq 200$
$CSFTEA_j \geq 40\%$	$CSFD_j \leq 300$
$CSFTEA_j \leq 50\%$	$CSFGM_j \geq 150$
$CSFNP_j \geq 1$	$CSFITF_j \leq 0.005 * XCSF_j$
$CSFNP_j \leq 20$	$CSFOC_j \leq 200$
$\forall XCSF_j, CSFTEA_j, CSFNP_j, CSFD_j, CSFGM_j, CSFOC_j, CSFITF_j \geq 0$	

• **Modelo general de programación no lineal para el área de créditos de la institución financiera:**

Es el modelo completo del área de créditos de la institución financiera, dado por la unificación de los cuatro modelos de crédito.

*Función objetivo*

$$\begin{aligned} \max Utc = & \left( \sum_{j=1}^m XCA_j * \left( 1 + \frac{CATEA_j}{100} \right)^{CANP_j} - XCA_j + \sum_{j=1}^m (ICCA_j + CAPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CAD_j + CAGM_j + CAITF_j + CAOC_j) \\ & + \left( \sum_{j=1}^m XCH_j * \left( 1 + \frac{CHTEA_j}{100} \right)^{CHNP_j} - XCH_j + \sum_{j=1}^m (ICCH_j + CHPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CHD_j + CHGM_j + CHITF_j + CHOC_j) \\ & + \left( \sum_{j=1}^m XCSI_j * \left( 1 + \frac{CSITEA_j}{100} \right)^{CSINP_j} - XCSI_j + \sum_{j=1}^m (ICCSI_j + CSIPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CSID_j + CSIGM_j + CSIOC_j) \\ & + \left( \sum_{j=1}^m XCSF_j * \left( 1 + \frac{CSFTEA_j}{100} \right)^{CSFNP_j} - XCSF_j + \sum_{j=1}^m (ICCSF_j + CSFPC_j) \right) - \sum_{j=1}^m (CSFD_j + CSFGM_j + CSFITF_j + CSFOC_j) \end{aligned}$$

*sujeto a:*

$XCA_j \geq 300$	$XCSI_j \geq 300$
$XCA_j \leq 500\ 000$	$XCSI_j \leq 200000$
$CATEA_j \geq 30\%$	$CSITEA_j \geq 30\%$
$CATEA_j \leq 40\%$	$CSITEA_j \leq 40\%$
$CANP_j \geq 1$	$CSINP_j \geq 1$
$CANP_j \leq 12$	$CSINP_j \leq 10$
$ICCA_j \leq 300$	$ICCSI_j \leq 300$

CAPC <sub>j</sub> < 50	CIPC <sub>j</sub> ≤ 150
CAD <sub>j</sub> ≤ 80	CSID <sub>j</sub> ≤ 50
CAGM <sub>j</sub> ≥ 20	CSIGM <sub>j</sub> ≥ 60
CAITF <sub>j</sub> ≤ 0.005*XCA <sub>j</sub>	CSIITF <sub>j</sub> ≤ 0.005*XCSI <sub>j</sub>
CAOC <sub>j</sub> ≤ 50	CSIOC <sub>j</sub> ≤ 40
XCH <sub>j</sub> ≥ 5000	CSFTEA <sub>j</sub> ≥ 40%
XCH <sub>j</sub> ≤ 300 000	CSFTEA <sub>j</sub> ≤ 50%
CHTEA <sub>j</sub> ≥ 40%	CSFNP <sub>j</sub> ≥ 1
CHTEA <sub>j</sub> ≤ 50%	CSFNP <sub>j</sub> ≤ 20
CHNP <sub>j</sub> ≥ 1	ICCSF <sub>j</sub> ≤ 400
CHNP <sub>j</sub> ≤ 30	CSFPC <sub>j</sub> ≤ 200
ICCH <sub>j</sub> ≤ 500	CSFD <sub>j</sub> ≤ 300
CHPC <sub>j</sub> ≤ 200	CSFGM <sub>j</sub> ≥ 150
CHD <sub>j</sub> ≤ 200	CSFITF <sub>j</sub> ≤ 0.005*XCSF <sub>j</sub>
CHGM <sub>j</sub> ≥ 150	CSFOC <sub>j</sub> ≤ 200
CHITF <sub>j</sub> ≤ 0.005*XCH <sub>j</sub>	
CHOC <sub>j</sub> ≤ 70	
∀ XCA <sub>j</sub> , CATEA <sub>j</sub> , CANP <sub>j</sub> , CAPC, CAD <sub>j</sub> , CAGM <sub>j</sub> , CAOC <sub>j</sub> , CAITF <sub>j</sub> ≥ 0	
∀ XCH <sub>j</sub> , CHTEA <sub>j</sub> , ICCH <sub>j</sub> , CHD <sub>j</sub> , CHNP <sub>j</sub> , CHD <sub>j</sub> , CHGM <sub>j</sub> , CHOC <sub>j</sub> , CHITF <sub>j</sub> ≥ 0	
∀ XCSI <sub>j</sub> , CSITEA <sub>j</sub> , CSINP <sub>j</sub> , CSID <sub>j</sub> , CSIGM <sub>j</sub> , CSIOC <sub>j</sub> , CSIITF <sub>j</sub> ≥ 0	
∀ XCSF <sub>j</sub> , CSFTEA <sub>j</sub> , CSFNP <sub>j</sub> , CSFD <sub>j</sub> , CSFGM <sub>j</sub> , CSFOC <sub>j</sub> , CSFITF <sub>j</sub> ≥ 0	

**Optimización de los créditos:** Para este caso, se ha optimizado a cada uno de los modelos de créditos haciendo uso del software LINGO 17. Se ha hallado el óptimo de las utilidades y se ha comparado con las utilidades iniciales para valorar la variación o mejora de la optimización no lineal.

Los instrumentos utilizados en el desarrollo de esta investigación fueron los siguientes: Hoja de registro de datos, que se utilizó en dos tiempos, antes y después de la aplicación del modelo matemático. Antes, para registrar los datos de ingresos por créditos, capital, costos, restricciones de cada línea de crédito, así como los valores de las optimizaciones por cada tipo de crédito. Después, para recoger todos los datos generados en los resultados de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal. También se utilizó la Hoja de diccionario de variables, que sirvió para identificar los nombres de las variables durante la construcción del modelo de programación no lineal.

Los datos fueron procesados utilizando el software LINGO y Microsoft Excel. La información recolectada se procesó estadísticamente mediante tablas y figuras. Se utilizó la estadística descriptiva para la elaboración y presentación de datos.

## RESULTADOS

Se realizó la comparación de las utilidades entre el antes y después de aplicar el modelo matemático de programación no lineal, por cada tipo de crédito. A continuación, se presentan los resultados de acuerdo con los objetivos planteados:

**Respuesta al objetivo específico 1:**

Antes de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal, las utilidades del crédito agropecuario en el sistema financiero se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución, con una tasa de 30% y con los periodos más solicitados, los cuales fueron de 2, 3, 5 y 6 años. Las utilidades encontradas se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Utilidad del crédito agropecuario antes del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	Nº de periodos	Utilidad
1	120000.0	30%	5	325551.6
2	78000.0	30%	2	53820.0
3	45000.0	30%	5	122081.9
4	20000.0	30%	2	13800.0
5	136000.0	30%	5	368958.5
6	10000.0	30%	2	6900.0
7	80000.0	30%	2	55200.0
8	130000.0	30%	5	352680.9
9	21000.0	30%	2	14490.0
10	70000.0	30%	3	83790.0
11	25000.0	30%	2	17250.0
12	110000.0	30%	5	298422.3
13	150000.0	30%	5	406939.5
14	15000.0	30%	3	17955.0
15	125000.0	30%	5	339116.3
16	30000.0	30%	2	20700.0
17	80000.0	30%	2	55200.0
18	130000.0	30%	3	155610.0
19	90000.0	30%	6	344412.8
20	140000.0	30%	3	167580.0

Después de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal para el crédito agropecuario en el software LINGO, las utilidades del crédito agropecuario en el sistema financiero han sido calculadas con los mismos montos de capital, tasa y números de periodos, de los datos obtenidos antes de la aplicación del modelo matemático.

**Tabla 2***Utilidades del crédito agropecuario después del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	Nº de períodos	Utilidad
1	120000.0	30%	5	525718.0
2	78000.0	30%	2	75210.0
3	45000.0	30%	5	197350.8
4	20000.0	30%	2	43530.0
5	136000.0	30%	5	595770.6
6	10000.0	30%	2	9930.0
7	80000.0	30%	2	77130.0
8	130000.0	30%	5	569501.2
9	21000.0	30%	2	20490.0
10	70000.0	30%	3	122410.0
11	25000.0	30%	2	24330.0
12	110000.0	30%	5	481936.4
13	150000.0	30%	5	657066.0
14	15000.0	30%	3	26790.0
15	125000.0	30%	5	547610.0
16	30000.0	30%	2	29130.0
17	80000.0	30%	2	77130.0
18	130000.0	30%	3	227050.0
19	90000.0	30%	6	587988.2
20	140000.0	30%	3	244490.0

Las diferencias en soles de las utilidades del crédito agropecuario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se han calculado restando las utilidades obtenidas en el después, menos el antes.

**Tabla 3**

*Diferencia en cantidad y porcentaje de las utilidades en el crédito agropecuario entre el antes y después de aplicar el modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Antes	Después	Diferencia	%
1	325551.6	525718.0	200166.4	10.4
2	53820.0	75210.0	21390.0	1.1
3	122081.9	197350.8	75269.0	3.9
4	13800.0	43530.0	29730.0	1.5
5	368958.5	595770.6	226812.1	11.8
6	6900.0	9930.0	3030.0	0.2
7	55200.0	77130.0	21930.0	1.1
8	352680.9	569501.2	216820.3	11.3
9	14490.0	20490.0	6000.0	0.3
10	83790.0	122410.0	38620.0	2.0
11	17250.0	24330.0	7080.0	0.4
12	298422.3	481936.4	183514.1	9.6
13	406939.5	657066.0	250126.5	13.0
14	17955.0	26790.0	8835.0	0.5
15	339116.3	547610.0	208493.7	10.9
16	20700.0	29130.0	8430.0	0.4
17	55200.0	77130.0	21930.0	1.1
18	155610.0	227050.0	71440.0	3.7
19	344412.8	587988.2	243575.4	12.7
20	167580.0	244490.0	76910.0	4.0
Total	3220458.7	5140561.2	1920102.5	100.0

En promedio, las utilidades obtenidas en el crédito agropecuario fueron 96 005,10 soles y el promedio porcentual de incremento fue 2,98%. Esto indica que el modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades en un 2,98%.

**Respuesta al objetivo específico 2:**

Antes de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal, las utilidades del crédito hipotecario en el sistema financiero, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución, con una tasa de 40%, con los periodos más solicitados, los cuales fueron de 5 a 10 años. Las utilidades encontradas se observan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Utilidad del crédito hipotecario antes del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	Nº de periodos	Utilidad
1	120000.0	40%	5	525388.8
2	95000.0	40%	6	620305.9
3	80000.0	40%	5	350259.2
4	55000.0	40%	10	1535900.6
5	110000.0	40%	5	481606.4
6	40000.0	40%	5	175129.6
7	85000.0	40%	5	372150.4
8	140000.0	40%	7	1335789.1
9	150000.0	40%	8	2063683.6
10	75000.0	40%	6	489715.2
11	48000.0	40%	10	1340422.3
12	135000.0	40%	7	1288082.3
13	105000.0	40%	5	459715.2
14	55000.0	40%	5	240803.2
15	125000.0	40%	6	816192.0
16	138000.0	40%	4	392140.8
17	65000.0	40%	5	284585.6
18	115000.0	40%	10	3211428.5
19	92000.0	40%	6	600717.3
20	140000.0	40%	8	1926104.7

Después de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal para del crédito hipotecario mediante el software LINGO, las utilidades del crédito hipotecario en el sistema financiero han sido calculadas con los mismos montos de capital, tasa y números de periodos, de los datos obtenidos antes de la aplicación del modelo matemático.

**Tabla 5***Utilidades de crédito hipotecario después del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	N° de períodos	Utilidad
1	120000.0	40%	5	791800.0
2	95000.0	40%	6	987659.4
3	80000.0	40%	5	528050.0
4	55000.0	40%	10	3117127.0
5	110000.0	40%	5	725862.5
6	40000.0	40%	5	264300.0
7	85000.0	40%	5	561018.8
8	140000.0	40%	7	2252581.0
9	150000.0	40%	8	3694886.0
10	75000.0	40%	6	779846.9
11	48000.0	40%	10	2720472.0
12	135000.0	40%	7	2172152.0
13	105000.0	40%	5	692893.8
14	55000.0	40%	5	363206.2
15	125000.0	40%	6	1299378.0
16	138000.0	40%	4	561175.0
17	65000.0	40%	5	429143.8
18	115000.0	40%	10	6517029.0
19	92000.0	40%	6	956487.5
20	140000.0	40%	8	3448597.0

Las diferencias en soles de las utilidades del crédito hipotecario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, han sido calculadas restando las utilidades obtenidas en el después, menos el antes.

**Tabla 6**

*Diferencia en cantidad y porcentaje de las utilidades en el crédito hipotecario entre el antes y después de aplicar el modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Antes	Después	Diferencia	%
1	525388.8	791800.0	266411.2	1.9
2	620305.9	987659.4	367353.5	2.6
3	350259.2	528050.0	177790.8	1.2
4	1535900.6	3117127.0	1581226.4	11.0
5	481606.4	725862.5	244256.1	1.7
6	175129.6	264300.0	89170.4	0.6
7	372150.4	561018.8	188868.4	1.3
8	1335789.1	2252581.0	916791.9	6.4
9	2063683.6	3694886.0	1631202.4	11.4
10	489715.2	779846.9	290131.7	2.0
11	1340422.3	2720472.0	1380049.7	9.6
12	1288082.3	2172152.0	884069.7	6.2
13	459715.2	692893.8	233178.6	1.6
14	240803.2	363206.2	122403.0	0.9
15	816192.0	1299378.0	483186.0	3.4
16	392140.8	561175.0	169034.2	1.2
17	284585.6	429143.8	144558.2	1.0
18	3211428.5	6517029.0	3305600.5	23.0
19	600717.3	956487.5	355770.2	2.5
20	1926104.7	3448597.0	1522492.3	10.6
Total	18510120,7	32863665.9	14353545.2	100.0

En promedio, las de utilidades obtenidas en el crédito hipotecario fue 717 677,30 soles y el promedio porcentual de incremento fue 3,88%. Esto indica que el modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades en un 3,88%.

**Respuesta al objetivo específico 3:**

Antes de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal, las utilidades del crédito al sector informal en el sistema financiero, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución, con una tasa de 35%, y con los periodos más solicitados, los cuales fueron de 2 a 5 años. Las utilidades encontradas se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Utilidades del crédito al sector informal antes del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	Nº de periodos	Utilidad
1	10000.0	35%	2	8225.0
2	15000.0	35%	3	21905.6
3	8000.0	35%	2	6580.0
4	12000.0	35%	2	9870.0
5	25000.0	35%	3	36509.4
6	9000.0	35%	2	7402.5
7	45000.0	35%	2	37012.5
8	50000.0	35%	4	116075.3
9	14000.0	35%	3	20445.3
10	20000.0	35%	5	69680.7
11	5000.0	35%	3	7301.9
12	27000.0	35%	3	39430.1
13	30000.0	35%	5	104521.0
14	35000.0	35%	3	51113.1
15	42000.0	35%	4	97503.3
16	11000.0	35%	2	9047.5
17	19500.0	35%	4	45269.4
18	17000.0	35%	3	24826.4
19	38000.0	35%	5	132393.3
20	43000.0	35%	4	99824.8

Después de la aplicación del del modelo matemático de programación no lineal para el crédito al sector informal mediante el software LINGO, las utilidades del crédito al sector informal en el sistema financiero han sido calculadas con los mismos montos de capital, tasa y números de periodos, de los datos obtenidos antes de la aplicación del modelo matemático.

**Tabla 8**

Cliente	Capital	Tasa	Nº de períodos	Utilidad
1	10000.0	35%	2	10240.0
2	15000.0	35%	3	26800.0
3	8000.0	35%	2	8320.0
4	12000.0	35%	2	12160.0
5	25000.0	35%	3	44240.0
6	9000.0	35%	2	9280.0
7	45000.0	35%	2	43840.0
8	50000.0	35%	4	142720.0
9	14000.0	35%	3	25056.0
10	20000.0	35%	2	75955.4
11	5000.0	35%	3	9360.0
12	27000.0	35%	2	46560.0
13	30000.0	35%	5	131987.2
14	35000.0	35%	3	61680.0
15	42000.0	35%	4	119987.2
16	11000.0	35%	2	11200.0
17	19500.0	35%	4	56051.2
18	17000.0	35%	3	30288.0
19	38000.0	35%	5	167013.1
20	43000.0	35%	4	122828.8

*Utilidades del crédito al sector informal después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias en soles de las utilidades del crédito al sector informal en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, han sido calculadas restando las utilidades obtenidas en el después, menos el antes.

**Tabla 9**

*Diferencia en cantidad y porcentaje de las utilidades en el crédito al sector informal entre el antes y después de aplicar el modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Antes	Después	Diferencia	%
1	8225.0	10240.0	2015.0	1.0
2	21905.6	26800.0	4894.4	2.3
3	6580.0	8320.0	1740.0	0.8
4	9870.0	12160.0	2290.0	1.1
5	36509.4	44240.0	7730.6	3.7
6	7402.5	9280.0	1877.5	0.9
7	37012.5	43840.0	6827.5	3.2
8	116075.3	142720.0	26644.7	12.6
9	20445.3	25056.0	4610.7	2.2
10	69680.7	75955.4	6274.7	3.0
11	7301.9	9360.0	2058.1	1.0
12	39430.1	46560.0	7129.9	3.4
13	104521.0	131987.2	27466.2	13.0
14	51113.1	61680.0	10566.9	5.0
15	97503.3	119987.2	22483.9	10.7
16	9047.5	11200.0	2152.5	1.0
17	45269.4	56051.2	10781.8	5.1
18	24826.4	30288.0	5461.6	2.6
19	132393.3	167013.1	34619.8	16.4
20	99824.8	122828.8	23004.0	10.9
Total	944937.1	1155566.9	210629.8	100.0

En promedio, las utilidades obtenidas en el crédito al sector informal fueron 10 531,50 soles y el promedio porcentual de incremento fue 1,11%. Esto indica que el modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades en un 1,11%.

**Respuesta al objetivo específico 4:**

Antes de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal, las utilidades del crédito al sector formal en el sistema financiero, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución, con una tasa de 45%, y con periodos más solicitados, los cuales fueron de 4 a 8 años. Las utilidades encontradas se indican en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Utilidades del crédito formal antes del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	N° de periodos	Utilidad
1	65000.0	45%	5	351632.7
2	50000.0	45%	4	171025.3
3	45000.0	45%	6	373235.1
4	80000.0	45%	6	663529.2
5	95000.0	45%	7	1185264.3
6	35000.0	45%	2	38587.5
7	60000.0	45%	2	66150.0
8	58000.0	45%	5	313764.6
9	105000.0	45%	7	1310028.9
10	93000	45%	5	503105.3
11	32000	45%	4	109456.2
12	55000	45%	3	112674.4
13	114000	45%	8	2113659.8
14	87000	45%	4	297584.0
15	115000	45%	5	622119.4
16	46000	45%	3	94236.8
17	122000	45%	6	1011882.0
18	92500	45%	4	316396.8
19	83600	45%	3	171265.1
20	128000	45%	6	1061646.6

Después de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal para el crédito al sector formal mediante el software LINGO, las utilidades del crédito al sector formal en el sistema financiero han sido calculadas con los mismos montos de capital, tasa y números de periodos, de los datos obtenidos antes de la aplicación del modelo matemático.

**Tabla 11***Utilidades del crédito formal después del modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Capital	Tasa	Nº de períodos	Utilidad
1	65000.0	45%	5	429043.8
2	50000.0	45%	4	203575.0
3	45000.0	45%	6	468028.1
4	80000.0	45%	6	831700.0
5	95000.0	45%	7	4528614.0
6	35000.0	45%	2	44200.0
7	60000.0	45%	2	75450.0
8	58000.0	45%	5	382887.5
9	105000.0	45%	7	1689473.0
10	93000	45%	5	613668.8
11	32000	45%	4	130450.0
12	55000	45%	3	131075.0
13	114000	45%	8	2808145.0
14	87000	45%	4	353887.5
15	115000	45%	5	758731.2
16	46000	45%	3	109700.0
17	122000	45%	6	1268106.0
18	92500	45%	4	376231.2
19	83600	45%	3	199000.0
20	128000	45%	6	1330450.0

Las diferencias en soles de las utilidades del crédito al sector formal en el sistema financiero antes y después de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal, han sido calculadas restando las utilidades obtenidas en el después, menos el antes (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Diferencia en cantidad y porcentaje de las utilidades en el crédito al sector formal entre el antes y después de aplicar el modelo matemático de programación no lineal*

Cliente	Antes	Después	Diferencia	%
1	351632.7	429043.8	77411.1	1.3
2	171025.3	203575.0	32549.7	0.6
3	373235.1	468028.1	94793.0	1.6
4	663529.2	831700.0	168170.8	2.9
5	1185264.3	4528614.0	3343349.7	57.2
6	38587.5	44200.0	5612.5	0.1
7	66150.0	75450.0	9300.0	0.2
8	313764.6	382887.5	69122.9	1.2
9	1310028.9	1689473.0	379444.1	6.5
10	503105.3	613668.8	110563.5	1.9
11	109456.2	130450.0	20993.8	0.4
12	112674.4	131075.0	18400.6	0.3
13	2113659.8	2808145.0	694485.2	11.9
14	297584.0	353887.5	56303.5	1.0
15	622119.4	758731.2	136611.8	2.3
16	94236.8	109700.0	15463.3	0.3
17	1011882.0	1268106.0	256224.0	4.4
18	316396.8	376231.2	59834.4	1.0
19	171265.1	199000.0	27735.0	0.5
20	1061646.6	1330450.0	268803.4	4.6
TOTAL	10887243.9	16732416.1	5845172.2	100.0

En promedio, las utilidades obtenidas en el crédito al sector formal fueron 292 258,60 soles y el promedio porcentual de incremento fue 2,66%. Esto indica que el modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades en un 2,66%.

### Respuesta al objetivo general:

Haciendo uso el software LINGO con el modelo matemático de programación no lineal de los cuatro tipos de crédito financieros, se obtuvieron las utilidades que se observan en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Promedio de diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad en los créditos financieros entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal*

Crédito	Diferencia de utilidad (en promedio)	Incremento de utilidad (%)
Agropecuario	96 005.10	2.98
Hipotecario	717 677.30	3.88
Del sector informal	10 531.50	1.11
Del sector Formal	292 258.60	2.68
Promedio	279 118.10	2.66

El porcentaje incrementado de las utilidades en el crédito agropecuario fue de 2,98%; en el crédito hipotecario, 3,88%; en el crédito del sector informal, 1,11%; en el crédito del sector formal fue 2,68%. El general, el incremento de las rentabilidades de los cuatro tipos de créditos del sistema financiero fue 2,66%.

### DISCUSIÓN

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en la Tabla 13 que muestra que el modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades en los créditos financieros, con un incremento del 2,66% en las rentabilidades. Este resultado coincide ligeramente con la investigación de Carranza y Moncada (2019) quienes encontraron que con el proceso de optimización se generaron rentabilidades de 66% del total de los productos. Estos resultados se relacionan con nuestra investigación porque también se aplica un modelo matemático en el proceso de optimización de utilidades en un sistema financiero.

Los resultados obtenidos mostraron un incremento del 2,66% en las utilidades en los créditos financieros, resultados que concuerdan con los de Castillo (2007), quien encontró que casi la totalidad de las acciones mostraron rentabilidades promedio positivas y/o menores a la tasa libre de riesgo. Asimismo, encontró que la cartera satisfizo los requisitos de eficiencia y optimalidad. También se encontró que en el estudio el uso del modelo matemático de programación no lineal incrementa las utilidades en los créditos financieros. Dichos resultados concuerdan con los obtenidos por Carrasco (2020), quien encontró que un modelo de programación matemática de los créditos, mediante algoritmos genéticos, contribuye a la optimización de las utilidades de los créditos en lo empresarial, agrícola, pesca, vehicular y comercial.

## CONCLUSIONES

El modelo matemático de programación no lineal, haciendo uso del software LINGO, optimizó en 2,66% las utilidades en los créditos del sistema financiero, con un incremento de 279 118,10 soles en promedio.

El modelo de programación no lineal para el crédito agropecuario, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades del crédito agropecuario en un 2,98%.

El modelo de programación no lineal para el crédito hipotecario, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades del crédito a hipotecario en un 3,88%.

El modelo de programación no lineal para el crédito al sector informal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades del crédito al sector informal en un 1,11%.

El modelo de programación no lineal para el crédito al sector formal, haciendo uso del software LINGO, optimizó las utilidades del crédito al sector formal en un 2,68%.

## REFERENCIAS

- Carrasco, W. (2020). *Algoritmos genéticos aplicados a la optimización de los créditos en la Caja Sullana-Chimbote* [Tesis de doctorado, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/15765>
- Carranza, D. y Moncada, L. (2019). *Optimización de las utilidades en la Empresa DM&E S.A.S mediante un modelo de programación lineal que permita mejorar su rendimiento operacional* [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6428>
- Castillo, J. (2007). *Aplicación de la programación no lineal para la determinación de la cartera óptima de inversión: una aplicación al mercado de valores peruano* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11071>
- Chiavenato, I. (2006). *Introducción a la teoría general de la administración*. México: McGraw-Hill.
- Ciccarelli, M., Maddaloni, A., & Peydró, J. (2015). *Trusting the bankers: A new look at the credit channel of monetary policy*. *Review of Economic Dynamics*, 18(4), 979-1002. <https://doi.org/10.1016/j.red.2014.11.002>
- Da Silva, S., Tabak, B., Cajueiro, D., & Fazio, D. (2017). *Economic growth, volatility and their interaction: What's the role of finance?* *Economic Systems*, 41(3), 433-444. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2016.10.008>
- Espinosa-Paredes, G., & Vásquez, A. (2016). *Aplicaciones de programación no lineal*. *OmniaScience*.

<http://dx.doi.org/10.3926/oss.21>

- Gutiérrez-Sánchez, P. (2022). *Programación no lineal [Trabajo de fin de grado, Inédito, Universidad de Sevilla]*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México. <https://bit.ly/3U7NZLm>
- Hill, M., Kelly, G., Preve, L., & Sarria-Allende, V. (2017). *Trade Credit or Financial Credit? An International Study of the Choice and Its Influences. Emerging Markets Finance and Trade*, 52(10), 2318-2332. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2017.1319355>
- Hsu, P., Tian, X., & Xu, Y. (2014). *Financial development and innovation: Crosscountry evidence. Journal of Financial Economics*, 112(1), 116-135. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2013.12.002>
- Kindleberger, C. (2015). *A financial history of Western Europe*. Routledge.
- Marki, R. & Knezevic, M. (2024). *Nonlinear optimization for compact representation of orientation distributions based on generalized spherical harmonics. Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 187, 105609. <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2024.105609>
- Nogales, A. (2014). *Mixed Integer Nonlinear Optimization. Applications to Competitive Location and Supervised Classification [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]*. <https://hdl.handle.net/11441/106951>
- Rist, C. (2016). *History of Monetary and Credit Theory: From John Law to the Present Day*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315440965>
- Ramos, H. (2017). *Implementación de una herramienta de análisis de riesgo de crédito basado en el modelo de rating de crédito, algoritmos genéticos y clustering jerárquico aglomerativo [Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. <https://core.ac.uk/download/pdf/323349107.pdf>
- Sotelo, C. (2010). *Problemática de la Gestión Financiera de las MYPEs [conferencia]*. XXII Congreso Nacional de Contadores Públicos del Perú 2010, Arequipa, Perú. <https://es.slideshare.net/CarlosSoteloLuna/ti-problematika-mypes-en-el-peru-2009>
- Veloz, C., Jiménez, D. L., Almache, V. C., & Salazar, R. (2024). *A non-linear optimization model assessment for the economic dispatch of isolated microgrids. Ingenius*, (31), 32–42. <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.03>