REICE
Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas
Abriendo Camino al Conocimiento
Área de Conocimiento de Ciencias Económicas y Administrativas
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)

Vol. 12, No. 23, enero – junio 2024 REICE ISSN: 2308-782X
https://revistas.unan.edu.ni/index.php/reice
revista.reice@unan.edu.ni

La programación lineal como herramienta en la toma de decisiones de inversiones

Linear programming as a tool in investment decision making

Fecha de recepción: mayo 13 de 2024
Fecha de aceptación: mayo 24 de 2024
DOI: https://doi.org/10.5377/reice.v12i23.18293

Humberto Antonio Brenes González
Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales (INIES)
Área de Conocimiento de Ciencias Económicas y Administrativas
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)
Correo: humberto.brenes@unan.edu.ni ; hbrenes1988@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5787-1526

Silvia Elena González Tellería
Departamento de Matemáticas
Área de Conocimiento de Ciencias Básicas y Tecnología
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)
Correo: sgonzalezt@unan.edu.ni ; silviagt75hv@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2991-2148

Juana María Lizano Loza
Centro Universitario Regional de Carazo (CUR-Carazo)
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)
Correo: juanalizano72@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-8023-7420

Resumen

La programación matemática es una herramienta que sirve para solucionar problemas de diversas índoles en los distintos campos de las Ciencias, incluyendo el de las Ciencias Económicas, en el cual, puede ser utilizado para optimizar los recursos económicos y financieros.

El artículo tuvo como objetivo mostrar la importancia que tiene la programación lineal como herramienta para la toma de decisiones, en el campo de la Economía, mediante el análisis de inversiones financieras, utilizando la programación lineal y la herramienta de Solver del programa Microsoft Excel.

Los resultados obtenidos muestran que, para optimizar el VAN, con las restricciones presupuestarias de inversión planteadas, se debe de invertir en los proyectos A y C, un monto total de $12,500.00 para obtener una rentabilidad, medida por medio del VAN, de $5,000.00, siendo esta la óptima.

Palabras claves: Programación lineal, inversiones, toma de decisiones.

Abstract

Mathematical programming is a tool that is used to solve problems of various kinds in the different fields of Science, including that of Economic Sciences, in which it can be used to optimize economic and financial resources.

The article aimed to show the importance of linear programming as a tool for decision making, in the field of Economics, through the analysis of financial investments, using linear programming and the Solver tool of the Microsoft Excel program.

The results obtained show that to optimize the NPV, with the proposed investment budgetary restrictions, a total amount of $ 12,500.00 must be invested in projects A and C to obtain a profitability, measured by the NPV, of $ 5,000.00, being this the most optimal.

Keywords: Linear programming, investments, decision making.

Introducción

El campo de las matemáticas es una herramienta útil en el campo de las Ciencias Económicas para la evaluación de inversiones y la selección de las inversiones más optimas, mediante el uso de la programación matemática.

Yepes Piqueras (2014), establece que optimizar significa buscar la mejor manera de realizar una actividad, y en términos matemáticos, hallar el máximo o mínimo de una cierta función, definida en algún dominio. La optimización constituye un proceso para encontrar la mejor solución de un problema donde "lo mejor" se concilia con criterios establecidos previamente.

La programación matemática constituye un campo amplio de estudio que se ocupa de la teoría, aplicaciones y métodos computacionales para resolver los problemas de optimización condicionada. En estos modelos se busca el extremo de una función objetivo, sometida a un conjunto de restricciones que deben cumplirse necesariamente. Las situaciones que pueden afrontarse con la programación matemática se suelen presentar en ingeniería, empresas comerciales y en ciencias sociales y físicas. (Yepes Piqueras, 2014).

Por su parte, La gran Enciclopedia de Economía, (2009), define la programación matemática como un conjunto de teoremas, algoritmos, métodos y técnicas para resolver problemas de optimización económica. Además, afirma que todo problema de programación matemática consta de una función objetivo a maximizar o minimizar y de un conjunto de restricciones o ecuaciones de condición.

Entonces, se puede definir la programación matemática como un modelo matemático que busca encontrar una solución óptima, la cual, puede ser con el objetivo de maximizar o minimizar una función objetivo.

En la programación matemática cuando la función objetivo y todas las restricciones son de tipo lineal estamos en presencia de un problema de programación lineal, que es la forma de programación matemática más desarrollada, establece la La gran Enciclopedia de Economía, (2009).

La programación lineal estudia la optimización de una función lineal que satisface un conjunto de restricciones lineales de igualdad o desigualdad. Fue George B. Dantzig quien en 1947 concibió el método simplex para resolver este problema cuando trabajaba como consejero de los controladores de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, si bien en 1939 el matemático y economista soviético L.V. Kantorovich plateó y solucionó un problema de estas características relacionado con la organización y la planificación, aunque su trabajo permaneció sin conocerse hasta 1959. (Yepes Piqueras, 2014).

La idea del método simplex, según Yepes (2014), se basa en recorrer el poliedro formado por las restricciones del programa lineal, vértice a vértice, a lo largo de las aristas, hasta alcanzar el vértice óptimo. Esta idea se remonta a Fourier (1826) (ver Schrijver, 1986), si bien la mecanización algebraica del algoritmo fue propuesta por Dantzig. Sin embargo, cuando las variables que intervienen en un modelo son muchas, el tiempo de respuesta de este algoritmo no es operativo para alcanzar la solución óptima. Se resuelven con la programación lineal problemas típicos de asignación de recursos, de planificación de mano de obra, la necesidad de equipos en ejecución de proyectos, etc.

Salazar López, (2019), establece que la Programación Lineal (Optimización lineal), es el nombre que se le da al cálculo de la mejor solución, a un problema modelado como un conjunto de relaciones lineales. Estos problemas surgen en muchas disciplinas de la ciencia y la ingeniería.

Es comúnmente utilizada en el ejercicio de la ingeniería, afirma Salazar (2019), para abordar problemas de productividad, de acuerdo a la satisfacción de determinadas restricciones – por ejemplo: recursos, principalmente los limitados y costosos -, de acuerdo a un criterio de optimización: maximizar un beneficio o minimizar un costo.

Según Salazar (2019), el objetivo primordial de la Programación Lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales, en varias variables lineales, con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo también lineal.

Los resultados y el proceso de optimización se convierten en una base cuantitativa del proceso de toma de decisiones frente a las situaciones planteadas y que es preciso considerar que la solución de un modelo matemático establece una base para la toma de decisiones; sin embargo, puede considerarse como esencial el análisis de los resultados obtenidos. (Salazar López, 2019).

Westreicher, (s.f), menciona que la programación lineal es un método mediante el cual se optimiza, ya sea maximizando o minimizando, una función objetivo, donde las variables están elevadas a la potencia 1. Esto, tomando en cuenta distintas restricciones dadas.

A su vez, Westreicher, (s.f), establece que los elementos principales de la programación lineal son los siguientes:

- Función objetivo
- Restricciones

La Función objetivo, es aquella función que se optimiza, ya sea maximizando o minimizando su resultado y las restricciones, son aquellas condiciones que deben cumplirse al optimizar la función objetivo. Puede tratarse de ecuaciones o inecuaciones algebraicas. (Westreicher, s.f).

El presente artículo, con un enfoque académico, tiene como objetivo mostrar la importancia que tiene la programación lineal como herramienta para la toma de decisiones, en el campo de la Economía, mediante el análisis de inversiones financieras. Es importante mencionar que los datos utilizados en el presente artículos son bajos supuestos.

Materiales y métodos utilizados

Para la resolución de problema bajo el método simplex, se hará uso de la metodología planteada por Méndez (2020), la cual establece cinco pasos a seguir, los cuales son:

1. Definir el problema en la forma estándar y generar la matriz.
2. Determinar la solución básica inicial.
3. Seleccionar la variable de entrada utilizando la condición de optimalidad. Si no se puede seleccionar una variable de entrada, quiere decir que estamos en la condición óptima y finalizan las iteraciones. De otro modo se continúa con el siguiente paso.
4. Seleccionar la variable de salida utilizando la condición de factibilidad.
5. Actualizar la matriz realizando las operaciones de Gauss-Jordan. Volver al paso número 3.

La definición del problema de manera matemática estándar queda expresada de la siguiente forma:

$$\boldsymbol{Funci\text{ó}n\ Objetivo}:$$

$$(Maximizar\ o\ Minimizar) Z = cx_1 + cx_2 + \cdots + cx_n$$

$$Sujeto\ a:$$

$$c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \cdots + c_{1n}x_n (\geq, \leq, =)\ b_1$$

$$c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \cdots + c_{2n}x_n (\geq, \leq, =)\ b_2$$

$$\ldots$$

$$c_{m1}x_1 + c_{m2}x_2 + \cdots + c_{mn}x_n (\geq, \leq, =)\ b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \ldots\ x_n \geq 0$$

En este caso, se partió bajo el supuesto que se tienen tres alternativas de inversión, en tres proyectos con distinta inversión requerida y distintas rentabilidades.

La función objetivo del modelo, consiste en optimizar la función objetivo, que fue maximizar la rentabilidad, la cual viene derivada mediante el valor actual neto de cada uno de los proyectos.

Así mismo, se plantean restricciones presupuestarias, es decir, no se cuentan con los recursos suficientes para invertir en los tres proyectos y también, está restringido cada proyecto a ser seleccionado una sola vez.

Para la selección de los proyectos, se construyó la siguiente matriz:

	Proyecto A	**Proyecto B**	**Proyecto C**
Realización	1	1	1
Inversión	A	B	C
Valor actual neto	VAN-A	VAN-B	VAN-C

Una vez obtenidos los valores de la matriz anterior, se procedió a plantear la función objetivo y sus restricciones:

Función objetivo

Maximizar el valor del VAN, es decir,

Maximizar: Z

El problema planteado queda expresado en su forma matemática de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Funci\acute{o}n\ objetivo}:$$

$$Maximizar: Z = x_1 + x_2 + x_3$$

Restricciones

1. Existe una restricción presupuestaria, solo podemos invertir un máximo del 70% del monto total de la inversión en todos los proyectos.
2. No hay inversiones parciales en cada uno de los proyectos.
3. Los proyectos son sin reposición, es decir, no se pueden repetir los proyectos.

Las restricciones anteriores, se pueden escribir en su forma matemática de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Sujeto\ a}:$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq Presupuesto\ máximo\ a\ invertir$$

$$x_1, x_2, x_3 = Enteros$$

$$x_1, x_2, x_3 \leq 1$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \dots\ x_n \geq 0$$

Para la realización de los cálculos, bajo el método de programación lineal simple, se utilizó la herramienta de la programación lineal, así como también, Microsoft Excel y el complemento de Solver, mismos que, darán la solución óptima de la función objetivo con las restricciones planteadas anteriormente.

Análisis y discusión de los resultados

Partiendo de que se tienen tres alternativas de inversión, las cuales se encuentran referidas en los Proyectos A, B y C, cuya inversión requerida es de $5,000.00, $8,000.00 y $7,500.00, respectivamente.

Así mismo, se estima que la rentabilidad esperada de cada uno de los proyectos, medida por medio del valor actual neto (VAN), se encuentra dada en la siguiente tabla:

Tabla 1. Rentabilidad esperada de los proyectos por medio del VAN.

Proyecto	Valor actual neto (VAN)
A	$1,500.00
B	$2,000.00
C	$3,500.00

Fuente: Elaboración propia

Con relación a los tres proyectos, es evidente que, el que mayor rendimiento generado, medido por el VAN, es el proyecto C, y que, además, este proyecto tiene una inversión mayor que la requerida en el proyecto A, pero menor a la requerida en el proyecto B.

El monto total de los recursos con los que se cuenta para la selección de los proyectos es de un monto total de $14,350.00, los cuales, significan el 70% del monto total de las inversiones de los tres proyectos.

Si se contara con el monto total de los recursos, para realizar la inversión en los tres proyectos ($20,500.00), se obtendría una rentabilidad total de $7,000.00, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Inversión requerida y rentabilidad esperada de los proyectos.

	Proyecto A	Proyecto B	Proyecto C	Total
Inversión	$5,000	$8,000	$7,500	$20,500
Valor actual neto	$1,500	$2,000	$3,500	$7,000

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, no se cuenta con los recursos necesarios para la selección de todos los proyectos, por lo cual, se debe de elegir la mejor combinación que genere la mayor rentabilidad posible, entonces, se plantea la función objetivo con sus restricciones para lograr la optimización.

Función objetivo

Maximizar el valor de la rentabilidad (VAN), entonces, $Z = VAN$

$$\boldsymbol{Funci\acute{o}n\ objetivo}:$$
$$Maximizar: Z = 1{,}500x_1 + 2{,}000x_2 + 3{,}500x_3$$

Restricciones:

1. El monto máximo a invertir es de $14,350.00
2. No hay inversiones parciales en los proyectos A, B y C.
3. No se pueden repetir dos veces los proyectos A, B y C.

$$\boldsymbol{Sujeto\ a}:$$
$$5{,}000x_1 + 8{,}000x_2 + 7{,}500x_3 \leq 14{,}350$$
$$x_1 = N\acute{u}meros\ enteros$$
$$x_2 = N\acute{u}meros\ enteros$$
$$x_3 = N\acute{u}meros\ enteros$$
$$x_1 \leq 1$$
$$x_2 \leq 1$$
$$x_3 \leq 1$$
$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \ldots\ x_n \geq 0$$

Lo anterior, lleva a plantear la siguiente tabla, para poder hacer la selección de los proyectos:

Tabla 3. Matriz para selección de los proyectos.

	Proyecto A	Proyecto B	Proyecto C	Total
Realización	1	1	1	
Inversión	$5,000	$8,000	$7,500	$20,500
Valor actual neto	$1,500	$2,000	$3,500	$7,000

Fuente: Elaboración propia

Los valores de la inversión de cada uno de los proyectos de la tabla anterior vienen determinados por la multiplicación de la Realización multiplicada por la inversión de cada proyecto. De igual manera, el VAN de cada proyecto es igual a la multiplicación de la Realización por el VAN de cada proyecto.

Haciendo uso de la herramienta de Solver, en Microsoft Excel, realizamos los siguientes pasos:

- ✓ Primero, hacer clic en la pestaña de Datos, ubicarse en la sección de Análisis de Datos y seleccionar Solver.
- ✓ Luego, en la ventana de Solver, establecer el objetivo (en este caso, el objetivo es maximizar la rentabilidad medida por medio del VAN).
- ✓ Después, seleccionamos las celdas cambiantes (en este trabajo, las celdas cambiantes son las de la Realización).
- ✓ Posterior, se agregan las restricciones:
    - Inversión menor o igual a $12,350.00
    - Realización menor o igual a 1
    - Realización igual a entero
- ✓ En método de resolución seleccionamos Simplex LP.
- ✓ Finalmente, dar clic en resolver.

Los resultados obtenidos al aplicar la herramienta de Solver, fueron los que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Selección de los proyectos.

	Proyecto A	Proyecto B	Proyecto C	Total
Realización	1	0	1	
Inversión	\$5,000.00	0	\$7,500.00	**\$12,500.00**
Valor actual neto	\$1,500.00	0	\$3,500.00	**\$5,000.00**

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se puede apreciar que con una invirtiendo en el proyecto A y en el proyecto C, un monto total de \$12,500.00 se obtiene una rentabilidad de \$5,000.00, es decir, para optimizar la rentabilidad, obtenidas del VAN, considerando las restricciones planteadas, solamente se debe de invertir en los proyectos A y C, dejando por fuera el proyecto B.

Realizando los cálculos de manera manual, se obtiene la matriz inicial a como se muestra a continuación:

Tabla 5. Matriz inicial.

	C_j	1500	2000	3500	0	0	0	0	
C_b	**Base**	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**S_4**	**R**
0	**S_1**	5000	8000	7500	1	0	0	0	14350
0	**S_2**	1	0	0	0	1	0	0	1
0	**S_3**	0	1	0	0	0	1	0	1
0	**S_4**	0	0	**1**	0	0	0	1	1
	Z	-1500	-2000	-3500	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Ingresa la variable x_3 y sale de la base la variable s_4. El elemento pivote sería de 1.

Luego se tendría las siguientes tres iteraciones, las cueles se muestran a continuación:

Tabla 6. Iteración 1.

	C_j	1500	2000	3500	0	0	0	0	
C_b	**Base**	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**S_4**	**R**
0	**S_1**	5000	**8000**	0	1	0	0	-7500	6850
0	**S_2**	1	0	0	0	1	0	0	1
0	**S_3**	0	1	0	0	0	1	0	1
3500	**X_3**	0	0	1	0	0	0	1	1
	Z	-1500	-2000	0	0	0	0	3500	3500

Fuente: Elaboración propia

Ingresa la variable x_2 y sale de la base la variable s_1. El elemento pivote sería de 8000.

Tabla 7. Iteración 2.

	C_j	1500	2000	3500	0	0	0	0	
C_b	**Base**	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**S_4**	**R**
2000	**X_2**	5/8	1	0	1/800	0	0	-15/16	137/160
0	**S_2**	**1**	0	0	0	1	0	0	1
0	**S_3**	-5/8	0	0	-1/800	0	1	15/16	23/160
3500	**X_3**	0	0	1	0	0	0	1	1
	Z	-250	0	0	1/4	0	0	1625	10425/2

Fuente: Elaboración propia

Ingresa la variable x_1 y sale de la base la variable s_2. El elemento pivote sería de 1.

Tabla 8. Iteración 3.

	C_j	1500	2000	3500	0	0	0	0	
C_b	**Base**	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**S_4**	**R**
2000	**X_2**	0	1	0	1/8000	-5/8	0	-15/16	37/160
1500	**X_1**	1	0	0	0	1	0	0	1
0	**S_3**	0	0	0	-1/8000	5/8	1	15/16	123/160
3500	**X_3**	0	0	1	0	0	0	1	1
	Z	0	0	0	1/4	250	0	1625	**10925/2**

Fuente: Elaboración propia

La solución óptima es:

$$Z = \frac{10925}{2}$$

$$Z = 5462.50$$

$$x_1 = 1\,, x_2 = \frac{37}{160}\,,\ x_3 = 1, \qquad s_1 = 0\,, s_2 = 0, s_3 = \frac{123}{160}, s_4 = 0$$

El valor de x_2, se considera igual a cero, debido a que no podemos invertir parcialmente en un proyecto, por lo que el valor de Z sería de $5,500.00, mismo resultado obtenido utilizando Solver.

Si se cambia la restricción presupuestaria en torno a la inversión máxima, pasar de $14,350.00 a $17,000.00, entonces el escenario quedaría de la siguiente manera:

Función objetivo

Maximizar el valor de la rentabilidad (VAN)

$$\boldsymbol{Funci\acute{o}n\ objetivo}:$$

$$Maximizar: Z = 1{,}500x_1 + 2{,}000x_2 + 3{,}500x_3$$

Restricciones:

1. El monto máximo a invertir es de $17,000.00
2. No hay inversiones parciales en los proyectos A, B y C.
3. No se pueden repetir dos veces los proyectos A, B y C.

$$\boldsymbol{Sujeto\ a}:$$

$$5{,}000x_1 + 8{,}000x_2 + 7{,}500x_3 \leq 17{,}000$$

$$x_1 = N\acute{u}meros\ enteros$$

$$x_2 = N\acute{u}meros\ enteros$$

$$x_3 = N\acute{u}meros\ enteros$$

$$x_1 \leq 1$$

$$x_2 \leq 1$$

$$x_3 \leq 1$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \dots x_n \geq 0$$

Nuevamente haciendo uso de la herramienta de Solver, en Microsoft Excel, se plantea lo siguiente:

- ✓ Primero, hacer clic en la pestaña de Datos, ubicarse en la sección de Análisis de Datos y seleccionar Solver.
- ✓ Luego, en la ventana de solver, establecer el objetivo (en este caso, el objetivo es maximizar la rentabilidad medida por medio del VAN).
- ✓ Después, seleccionamos las celdas cambiantes (en este trabajo, las celdas cambiantes son las de la Realización).
- ✓ Posterior, se agregan las restricciones:
    - Inversión menor o igual a $17,000.00
    - Realización menor o igual a 1
    - Realización igual a entero
- ✓ En método de resolución seleccionamos Simplex LP.
- ✓ Finalmente, dar clic en resolver.

Los resultados obtenidos con un monto máximo a invertir se presentan a continuación, como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Selección de proyectos con monto máximo a invertir.

	Proyecto A	Proyecto B	Proyecto C	Total
Realización	0	1	1	
Inversión	0	$8,000.00	$7,500.00	**$15,500.00**
Valor actual neto	0	$2,000.00	$3,500.00	**$5,500.00**

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los proyectos a elegir en este caso serían el proyecto B y el proyecto C, dejando por fuera al proyecto A. La selección de los proyectos B y C generarían una rentabilidad, medida por medio del VAN, de $5,500.00.

Al comparar los resultados de las dos situaciones planteadas se obtiene como resultado lo siguiente:

Tabla 10. Comparación de alternativas de selección de proyectos.

	Situación 1	**Situación 2**
Inversión	$12,500.00	$15,500.00
Valor actual neto	$5,000.00	$5,500.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se puede apreciar que en la situación 2, donde se invierten $15,500.00 en los proyectos B y C, se invierten $3,000.00 más que en la situación 1, invertir en los proyectos A y C. Además, es evidente que la diferencia de invertir en la situación 2 sobre la situación 1, el VAN mejora solamente en $500.00.

En otras palabras, para la situación 1, invertir en el proyecto A y C, se tiene un rendimiento del 40% por cada unidad monetaria que se invierte, mientras que en la situación 2, invertir en B y C, se obtiene aproximadamente un rendimiento de 35.48%, es claro, según los resultados obtenidos y las restricciones planteadas, que la situación 1, es la más eficiente, es decir, es la óptima.

Conclusiones

La programación matemática es un modelo matemático que busca encontrar una solución óptima, la cual, puede ser con el objetivo de maximizar o minimizar una función objetivo y que puede ser resuelta mediante la programación lineal bajo el método Simplex.

La programación lineal, es la programación matemática más desarrollada, la cual trata de optimizar una función objetivo, que puede ser de maximizar o minimizar, sujeto a ciertas restricciones que se forman como inecuaciones lineales.

La programación matemática, bajo el modelo de programación lineal, sirve para resolver diversos problemas en diversos campos y disciplinas, dentro de los cuales se encuentra el campo económico y financiero, en donde se puede utilizar el método Simplex.

Solver del programa Microsoft Excel, es una herramienta de programación matemática, con la cual, se pueden resolver problemas de optimización, que sirven de base para la toma de decisiones, cuando se tienen diversas alternativas de inversión.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones de inversión que signifique el 70% del monto total de la inversión en los tres proyectos, tuvo como resultado una inversión de $12,500.00 con una rentabilidad, medida por medio del VAN de $5,000.00, siendo los proyectos para invertir el proyecto A y C.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones de una inversión máxima de $17,000.00, tuvo como resultado una inversión de $15,500.00 con una rentabilidad, medida por medio del VAN de $5,500.00, siendo los proyectos para invertir B y C.

Con las restricciones planteadas y valorados los dos escenarios, la mejor combinación de alternativas de inversión es la selección de los proyectos A y C.

Bibliografía

La gran Enciclopedia de Economía. (2009). *Programación matemática.* Retrieved fromhttp://www.economia48.com/spa/d/programacion-matematica/programacion-matematica.htm

Mendez A. (17 de agosto de 2020). Método Simplex Paso a Paso: Ejemplos de Maximizar y Minimizar. Recuperado el 3 de noviembre de 2021 de Plan de Mejora: https://www.plandemejora.com/metodo-simplex-paso-a-paso ejemplos-maximizar-minimizar/

Salazar López, B. (2019, Junio 6). Programación lineal. Retrieved from https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/programacion-lineal/

Westreicher, G. (n.d.). Programación lineal. Retrieved from https://economipedia.com/definiciones/programacion-lineal.html

Yepes Piqueras, V. (2014, Junio 5). Optimización y programación matemática. Retrieved from https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/06/05/optimizacion-programacion-matematica/