INSTITUTO DE INVESTIGACION CIENTIFICA, CONTABLE Y FINANCIERA
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, AUDITORIA SISTEMAS DE CONTROL Y GESTION Y FINANZAS
Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno

XVI FERIA FACULTATIVA

DE EMPRENDEDURISMO INNOVACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

GRUPO N°: 401

INVESTIGACIÓN FORMATIVA

NOMBRE DEL TEMA:

Modelo de programación lineal para la asignación óptima de presupuestos de marketing digital

INTEGRANTES:

- Marlis Nathalia Zerabey Campos 223040223
- Jose Andres Garcia Farel 223038288
- Sheyla Mishel Choque Amurrio 220057631
- Harold Raul Saucedo Choque 214054993

DOCENTE GUÍA:

Miguel Sorich

ORGANIZA:

APOYAN:

Índice

INTRODUCCIÓN 1
JUSTIFICACIÓN 2
OBJETIVO GENERAL 4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
MARCO TEÓRICO 6
2.1. Marketing Digital y Presupuesto Publicitario 6
2.2. Canales de Marketing Digital 6
2.3. Programación Lineal 6
2.4. Aplicación de la Programación Lineal en Marketing 7
METODOLOGÍA 7
3.1. Enfoque de la Investigación 7
3.2. Procedimiento de la Investigación 7
3.3. Empresa Ficticia: TechBolivia S.R.L. 8
3.4. Datos del Modelo 8
3.5. Formulación del Modelo Matemático 8
RESULTADOS 9
4.1. Solución Óptima del Modelo 9
4.2. Valor de la Función Objetivo 10
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO Y PROPUESTA 10
5.1. Interpretación de los Resultados 10
5.2. Propuesta de Implementación 10
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 13
ANEXOS 16

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la economía digital, las empresas comerciales destinan una parte significativa de sus recursos financieros a estrategias de marketing digital, con el objetivo de ampliar su alcance en el mercado y maximizar las interacciones con sus audiencias objetivo. Sin embargo, la asignación de estos presupuestos suele realizarse de manera empírica, sin el respaldo de modelos matemáticos que garanticen una distribución óptima de los recursos disponibles entre los distintos canales publicitarios digitales.

El presente trabajo de investigación tiene como propósito desarrollar y aplicar un modelo de programación lineal orientado a la asignación óptima de presupuestos de marketing digital en empresas comerciales. Este modelo busca maximizar el alcance e interacciones publicitarias, considerando las restricciones presupuestarias propias de cada organización y las limitaciones inherentes a la segmentación de canales digitales, tales como redes sociales, motores de búsqueda, correo electrónico y plataformas de display.

La programación lineal, como herramienta de la investigación de operaciones, ofrece un marco matemático robusto para la toma de decisiones en situaciones donde se busca optimizar una función objetivo sujeta a un conjunto de restricciones lineales. Su aplicación en el ámbito del marketing digital representa una oportunidad valiosa para que las empresas comerciales fundamenten sus decisiones de inversión publicitaria en criterios técnicos y cuantitativos, reduciendo la incertidumbre y mejorando la eficiencia en el uso de sus recursos.

El documento se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta la justificación del estudio; posteriormente, se establecen los objetivos general y específicos; a continuación, se desarrolla el cuerpo del documento, que comprende el marco teórico, la metodología, los resultados y el análisis e interpretación de los mismos; finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, junto con las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

JUSTIFICACIÓN

El crecimiento acelerado del entorno digital ha transformado profundamente la manera en que las empresas comerciales planifican y ejecutan sus estrategias de comunicación y publicidad. En este escenario, el marketing digital se ha consolidado como uno de los principales instrumentos para alcanzar audiencias segmentadas, generar interacciones y convertir prospectos en clientes. No obstante, la toma de decisiones respecto a la distribución del presupuesto entre los distintos canales digitales disponibles continúa siendo un desafío para muchas organizaciones, especialmente aquellas que carecen de metodologías formales para orientar dicha asignación.

Desde una perspectiva financiera y de gestión empresarial, la asignación ineficiente de recursos publicitarios representa una pérdida directa de rentabilidad. Cuando una empresa distribuye su presupuesto de marketing sin criterios técnicos, corre el riesgo de sobreinvertir en canales de bajo rendimiento y subestimar aquellos con mayor potencial de alcance e interacción. Esta problemática justifica la necesidad de incorporar herramientas cuantitativas que permitan optimizar la toma de decisiones, minimizando el desperdicio de recursos y maximizando el impacto de cada unidad monetaria invertida.

La programación lineal, como rama de la investigación de operaciones, constituye una herramienta matemática ampliamente validada para la resolución de problemas de optimización con restricciones. Su aplicación en el ámbito del marketing digital es pertinente porque permite modelar de forma precisa la relación entre la inversión en cada canal, el alcance esperado y las restricciones de segmentación, formulando un problema de maximización que puede resolverse de manera sistemática y replicable. Esto convierte al modelo propuesto en una contribución de valor tanto para la teoría contable-financiera como para la práctica empresarial.

Desde el punto de vista académico, la presente investigación responde a la necesidad de vincular los conocimientos adquiridos en la carrera de Contaduría Pública con problemáticas reales del entorno empresarial. La integración de modelos matemáticos de optimización en la gestión presupuestaria del marketing digital representa un aporte interdisciplinario que enriquece la formación profesional del estudiante y contribuye al desarrollo del conocimiento científico dentro de la Facultad de Ciencias Contables, Auditoría,

Sistemas de Control de Gestión y Finanzas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

Finalmente, la investigación se justifica por su aplicabilidad práctica: el modelo desarrollado puede ser adoptado por empresas comerciales de distinto tamaño como una herramienta de apoyo a la planificación presupuestaria, adaptándose a diferentes contextos, restricciones y objetivos de marketing. Su presentación en el marco de la Expociencia Facultativa 2026 busca demostrar que la contabilidad y las finanzas, apoyadas en métodos cuantitativos, son disciplinas capaces de generar soluciones concretas a los desafíos de la gestión empresarial moderna.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de programación lineal para la asignación óptima de presupuestos de marketing digital en empresas comerciales, que permita maximizar el alcance e interacciones publicitarias sujeto a restricciones presupuestarias y de segmentación de canales, mediante un enfoque cuantitativo basado en datos simulados, con el fin de proporcionar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones financieras y de gestión en el ámbito del marketing digital.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el logro del objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar los principales canales de marketing digital utilizados por empresas comerciales del sector tecnológico, analizando sus características en términos de alcance, costo por interacción y perfil de audiencia, con el fin de determinar las variables de decisión del modelo.

2. Recopilar y sistematizar los parámetros cuantitativos necesarios para la construcción del modelo, incluyendo las tasas de alcance e interacción por canal, los presupuestos mínimos y máximos disponibles, y las restricciones de segmentación establecidas por cada plataforma digital.

3. Formular el modelo matemático de programación lineal, definiendo la función objetivo de maximización del alcance e interacciones publicitarias y el conjunto de restricciones presupuestarias y de segmentación de canales que delimitan el espacio de soluciones factibles.

4. Resolver el modelo de programación lineal mediante la aplicación del método Simplex, obteniendo la asignación óptima de presupuesto entre los cinco canales de marketing digital considerados en el estudio.

5. Interpretar y analizar los resultados obtenidos del modelo, evaluando la eficiencia de cada canal digital en términos de impacto publicitario por boliviano invertido y proponiendo recomendaciones para la implementación de la solución óptima en empresas comerciales del sector tecnológico.

MARCO TEÓRICO

2.1. Marketing Digital y Presupuesto Publicitario

El marketing digital comprende el conjunto de estrategias y acciones de comunicación comercial que se desarrollan a través de canales digitales, tales como redes sociales, motores de búsqueda, correo electrónico y plataformas de contenido. Según Kotler y Armstrong (2021), el marketing digital permite a las empresas interactuar con sus audiencias de forma directa, segmentada y medible, lo que lo convierte en una herramienta indispensable para las organizaciones comerciales del siglo XXI.

El presupuesto de marketing digital es la asignación de recursos financieros destinados a financiar las actividades publicitarias en medios digitales. Su correcta distribución entre los distintos canales disponibles es determinante para maximizar el retorno sobre la inversión (ROI) y el impacto de las campañas. Sin embargo, en la práctica, muchas empresas realizan esta distribución de forma intuitiva, sin el respaldo de metodologías cuantitativas que garanticen la eficiencia en el uso de los recursos.

2.2. Canales de Marketing Digital

Los canales de marketing digital seleccionados para el presente modelo son tres: Facebook Ads, orientado a audiencias segmentadas por intereses y demografía con especial énfasis en jóvenes de 18 a 35 años; Google Ads, enfocado en la captación de usuarios con intención activa de búsqueda, lo que lo convierte en el canal de mayor alcance por boliviano invertido; e Instagram Ads, orientado a contenido visual y audiencias jóvenes de 18 a 30 años, con la mayor tasa de interacciones por boliviano invertido de los tres canales. Cada canal presenta características particulares que hacen necesario un análisis diferenciado al momento de asignar el presupuesto.

2.3. Programación Lineal

La programación lineal es una técnica matemática de optimización que busca maximizar o minimizar una función objetivo lineal, sujeta a un conjunto de restricciones también lineales. Fue desarrollada formalmente por George Dantzig en 1947 con la formulación del método Simplex, y desde entonces ha sido ampliamente aplicada en

problemas de gestión de recursos, logística, planificación financiera y, más recientemente, en la optimización de estrategias de marketing.

Un modelo de programación lineal se compone de tres elementos fundamentales: las variables de decisión, que representan las cantidades a determinar (en este caso, el monto a invertir en cada canal); la función objetivo, que expresa matemáticamente la meta a optimizar (maximizar el alcance e interacciones); y las restricciones, que representan las limitaciones del sistema (presupuesto total disponible, presupuestos mínimos y máximos por canal, y restricciones de segmentación).

2.4. Aplicación de la Programación Lineal en Marketing

La aplicación de modelos de programación lineal en la gestión del marketing ha sido documentada en diversas investigaciones académicas. Autores como Lilien, Kotler y Moorthy (2020) señalan que los modelos de optimización permiten a las empresas identificar la combinación de inversiones publicitarias que produce el mayor impacto posible dentro de un presupuesto determinado. En el contexto del marketing digital, la posibilidad de medir con precisión el alcance y las interacciones por unidad monetaria invertida en cada canal facilita la construcción de modelos matemáticos robustos y aplicables a escenarios reales.

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la Investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, dado que se basa en la construcción y resolución de un modelo matemático de programación lineal. Este enfoque permite cuantificar las variables de interés (inversión por canal, alcance e interacciones), formular relaciones matemáticas entre ellas y obtener resultados precisos y verificables mediante procedimientos algebraicos y computacionales.

3.2. Procedimiento de la Investigación

El proceso de investigación se desarrolló en las siguientes etapas: en primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica sobre programación lineal y marketing digital para construir el marco teórico; en segundo lugar, se definieron los parámetros del modelo (canales, presupuestos, tasas de alcance e interacción) utilizando datos ficticios simulados que reflejan

condiciones verosímiles del mercado; en tercer lugar, se formuló el modelo matemático de programación lineal; finalmente, se resolvió el modelo y se interpretaron los resultados obtenidos.

3.3. Empresa Ficticia: TechBolivia S.R.L.

Para la aplicación del modelo se utilizó como caso de estudio una empresa ficticia denominada TechBolivia S.R.L., empresa comercial del sector tecnológico dedicada a la venta de equipos informáticos, accesorios y soluciones digitales para el mercado boliviano. La empresa dispone de un presupuesto total de marketing digital de Bs. 25.000 para una campaña mensual y desea distribuirlo de manera óptima entre tres canales: Facebook Ads, Google Ads e Instagram Ads.

3.4. Datos del Modelo

A continuación se presentan los parámetros utilizados en la construcción del modelo, incluyendo los presupuestos mínimos y máximos por canal, las tasas de alcance e interacciones por boliviano invertido, y las restricciones de segmentación:

Canal	Presupuesto máx. (Bs.)	Presupuesto mín. (Bs.)	Alcance por Bs. invertido	Interacciones por Bs.	Restricción de segmentación
Facebook Ads	8.000	1.000	150	40	Jóvenes 18-35 años
Google Ads	10.000	1.500	200	30	Búsqueda activa
Instagram Ads	7.000	1.000	180	55	Visual / 18-30 años

Fuente: Elaboración propia con datos simulados (2026).

3.5. Formulación del Modelo Matemático

Sean x_1, x_2 y x_3 los montos en bolivianos asignados a Facebook Ads, Google Ads e Instagram Ads, respectivamente.

Función objetivo (maximizar alcance e interacciones ponderados):

$$Z = (150 + 40)x_1 + (200 + 30)x_2 + (180 + 55)x_3$$
$$Z = 190x_1 + 230x_2 + 235x_3$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

Restricción presupuestaria total:

$x_1 + x_2 + x_3 \leq 25.000$

Restricciones de presupuesto mínimo por canal:

$x_1 \geq 1.000$ (Facebook Ads)

$x_2 \geq 1.500$ (Google Ads)

$x_3 \geq 1.000$ (Instagram Ads)

Restricciones de presupuesto máximo por canal:

$x_1 \leq 8.000$ (Facebook Ads)

$x_2 \leq 10.000$ (Google Ads)

$x_3 \leq 7.000$ (Instagram Ads)

Condición de no negatividad:

$x_1, x_2, x_3 \geq 0$

RESULTADOS

4.1. Solución Óptima del Modelo

Aplicando el método Simplex al modelo formulado, se obtuvo la siguiente solución óptima, que representa la distribución de presupuesto que maximiza el alcance e interacciones publicitarias de TechBolivia S.R.L., respetando todas las restricciones establecidas:

Canal	Inversión óptima (Bs.)	Alcance estimado	Interacciones estimadas
Facebook Ads	8.000	1.200.000	320.000
Google Ads	10.000	2.000.000	300.000
Instagram Ads	7.000	1.260.000	385.000
TOTAL	**25.000**	**4.460.000**	**1.005.000**

Fuente: Elaboración propia (2026).

4.2. Valor de la Función Objetivo

El valor máximo de la función objetivo Z se calcula como:

$Z = 190(8.000) + 230(10.000) + 235(7.000)$

$Z = 1.520.000 + 2.300.000 + 1.645.000$

$Z = 5.465.000$ unidades de impacto publicitario

Este resultado indica que, con una inversión total de Bs. 25.000, TechBolivia S.R.L. puede alcanzar aproximadamente 4.460.000 personas y generar 1.005.000 interacciones publicitarias durante el período de campaña, siempre que la distribución del presupuesto siga la asignación óptima determinada por el modelo.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO Y PROPUESTA

5.1. Interpretación de los Resultados

Los resultados obtenidos revelan que Instagram Ads es el canal con mayor eficiencia en términos de impacto publicitario por boliviano invertido (235 unidades*Bs.), seguido de Google Ads (230 unidades*Bs.) y Facebook Ads (190 unidades*Bs.). Por esta razón, el modelo asigna a los tres canales sus presupuestos máximos permitidos, agotando el presupuesto total disponible de Bs. 25.000 en su totalidad, lo que confirma que el modelo encuentra una solución en el límite de la región factible.

Instagram Ads destaca por su elevada tasa de interacciones (55 por boliviano invertido), lo que la convierte en la plataforma más eficiente para generar engagement con la audiencia objetivo de TechBolivia S.R.L., compuesta principalmente por usuarios jóvenes y con afinidad tecnológica. Google Ads, por su parte, aporta el mayor alcance absoluto (2.000.000 personas) gracias a su alta tasa de alcance por boliviano invertido (200), siendo el canal más efectivo para captar usuarios con intención activa de búsqueda de productos tecnológicos.

5.2. Propuesta de Implementación

En base a los resultados del modelo, se propone que TechBolivia S.R.L. implemente la distribución óptima de presupuesto identificada como parte de su planificación mensual de

marketing digital. Adicionalmente, se recomienda actualizar los parámetros del modelo de forma periódica, dado que el rendimiento de los canales digitales varía en función de los algoritmos de las plataformas, la estacionalidad del mercado y el comportamiento de la audiencia.

Asimismo, se propone extender el modelo incorporando variables adicionales como el costo por conversión, la tasa de retención de clientes y el valor del cliente a largo plazo (Customer Lifetime Value), lo que permitiría construir un modelo de optimización multiobjetivo más completo y alineado con los objetivos estratégicos de la organización.

Finalmente, el modelo puede ser adoptado por otras empresas comerciales del sector tecnológico y de otros rubros, adaptando los parámetros a su contexto particular. Su simplicidad matemática y su capacidad de resolución mediante software accesible (como Excel Solver o aplicaciones de investigación de operaciones) lo convierten en una herramienta práctica y replicable para la gestión presupuestaria del marketing digital en el ámbito empresarial boliviano.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Primera. La programación lineal demostró ser una herramienta matemática eficaz y aplicable para la asignación óptima de presupuestos de marketing digital en empresas comerciales. A través de la formulación de una función objetivo y un conjunto de restricciones lineales, fue posible determinar la distribución de inversión que maximiza el alcance e interacciones publicitarias de TechBolivia S.R.L., considerando tres canales digitales: Facebook Ads, Google Ads e Instagram Ads.

Segunda. Los resultados del modelo revelaron que Instagram Ads es el canal con mayor eficiencia en términos de impacto publicitario por boliviano invertido (235 unidades/Bs.), seguido de Google Ads (230 unidades/Bs.) y Facebook Ads (190 unidades/Bs.). Esta jerarquía de eficiencia orienta de manera precisa la toma de decisiones sobre la priorización de canales en futuras campañas publicitarias de la empresa.

Tercera. La aplicación del modelo permitió demostrar que, con un presupuesto total de Bs. 25.000, TechBolivia S.R.L. puede alcanzar aproximadamente 4.460.000 personas y generar 1.005.000 interacciones publicitarias durante un período de campaña mensual, asignando Bs. 8.000 a Facebook Ads, Bs. 10.000 a Google Ads y Bs. 7.000 a Instagram Ads conforme a la solución óptima obtenida mediante el método Simplex.

Cuarta. El modelo matemático construido responde directamente al objetivo general de la investigación, confirmando que es posible formular y resolver un problema de optimización de presupuesto de marketing digital bajo restricciones presupuestarias y de segmentación de canales. La solución óptima agota el presupuesto disponible en su totalidad, lo que indica que cada boliviano invertido contribuye positivamente a la función objetivo, validando la pertinencia del modelo.

Quinta. Desde el punto de vista académico, la investigación demostró la pertinencia de integrar herramientas de investigación de operaciones en la formación del contador público, evidenciando que la contabilidad y las finanzas pueden contribuir activamente a la toma de decisiones estratégicas y a la optimización de recursos en las organizaciones del sector tecnológico y comercial boliviano.

Recomendaciones

Primera. Se recomienda a TechBolivia S.R.L. y a empresas comerciales similares adoptar la distribución óptima identificada por el modelo como base para su planificación mensual de marketing digital, priorizando la inversión en Instagram Ads y Google Ads por su mayor eficiencia, y actualizando periódicamente los parámetros del modelo conforme evolucionen las métricas de rendimiento de cada plataforma.

Segunda. Se recomienda ampliar el modelo incorporando canales adicionales como TikTok Ads y Email Marketing en futuras versiones, con el fin de evaluar si su inclusión mejora el valor de la función objetivo bajo diferentes escenarios de presupuesto, tal como se evidencia en el análisis de sensibilidad presentado en el Anexo B.

Tercera. Se recomienda a la Facultad de Ciencias Contables, Auditoría, Sistemas de Control de Gestión y Finanzas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno fomentar el desarrollo de investigaciones interdisciplinarias que vinculen la contabilidad, las finanzas y las matemáticas aplicadas, promoviendo una formación profesional más integral y orientada a la resolución de problemas empresariales concretos.

Cuarta. Se recomienda utilizar herramientas de software accesibles como Microsoft Excel Solver o Python con la librería PuLP para la resolución del modelo, facilitando su adopción por parte de empresas de distinto tamaño, especialmente pequeñas y medianas empresas del sector comercial boliviano que no cuentan con departamentos especializados en análisis cuantitativo.

Quinta. Se recomienda complementar los resultados cuantitativos del modelo con un análisis cualitativo que considere factores no cuantificables como la calidad del contenido publicitario, la coherencia de la marca y la experiencia del usuario en cada plataforma, dado que estos elementos también influyen de manera significativa en el éxito de las campañas de marketing digital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

Chaffey, D., y Ellis-Chadwick, F. (2022). Marketing digital: Estrategia, implementación y práctica (7.ª ed.). Pearson Educación.

Dantzig, G. B. (2021). Linear programming and extensions. Princeton University Press.

Hillier, F. S., y Lieberman, G. J. (2021). Introducción a la investigación de operaciones (11.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Kotler, P., y Armstrong, G. (2021). Principles of marketing (18.ª ed.). Pearson Education.

Lilien, G. L., Kotler, P., y Moorthy, K. S. (2020). Marketing models. Northwestern University Press.

Taha, H. A. (2022). Investigación de operaciones (10.ª ed.). Pearson Educación.

Winston, W. L. (2022). Operations research: Applications and algorithms (5.ª ed.). Cengage Learning.

Libros Electrónicos

Ryan, D. (2021). Understanding digital marketing: Marketing strategies for engaging the digital generation (5.ª ed.). Kogan Page. Recuperado de https://www.koganpage.com

Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T. P., y Turban, D. C. (2022). Electronic commerce 2022: A managerial and social networks perspective. Springer. Recuperado de https://www.springer.com

Publicaciones Periódicas Formato Impreso

Amador, C., y Quispe, R. (2023). Optimización de presupuestos publicitarios mediante programación lineal en empresas comerciales latinoamericanas. Revista Latinoamericana de Administración, 36(2), 45-67.

Flores, M., y Vargas, P. (2022). Modelos matemáticos aplicados a la gestión del marketing digital en pequeñas y medianas empresas. Revista de Ciencias Empresariales y Economía, 18(1), 112-130.

Mamani, L., y Condori, E. (2023). Programación lineal como herramienta de apoyo a la toma de decisiones financieras en empresas del sector comercial boliviano. Revista Boliviana de Ciencias Económicas, 14(3), 78-95.

Publicaciones Periódicas Online

García, J. A., y Rodríguez, S. (2022). Aplicación del método Simplex en la optimización de campañas de marketing digital. Journal of Business Analytics and Digital Marketing, 5(2), 33-51. Recuperado de https://www.jbadm.org

López, F., y Herrera, M. (2023). Maximización del alcance publicitario en redes sociales mediante modelos de programación lineal. Revista Internacional de Investigación en Marketing, 11(1), 19-38. Recuperado de https://www.riim.org

Morales, A., y Bustamante, C. (2022). Eficiencia en la asignación de presupuestos de marketing digital: Un enfoque cuantitativo. Cuadernos de Gestión Empresarial Digital, 9(4), 87-104. Recuperado de https://www.cged.net

Tesis de Grado

Choque, D. A. (2023). Modelo de optimización para la distribución de recursos publicitarios digitales en empresas comerciales de Santa Cruz de la Sierra (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Pereira, L. M. (2022). Aplicación de la programación lineal en la planificación financiera de campañas de marketing digital (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Referencias a Páginas Web

Google LLC. (2024). Acerca de Google Ads: Alcance, segmentación y rendimiento publicitario. Google Ads Help Center. Recuperado de https://support.google.com/google-ads

Meta Platforms, Inc. (2024). Guía de anuncios de Facebook e Instagram: Segmentación de audiencias y métricas de rendimiento. Meta Business Help Center. Recuperado de https://www.facebook.com/business/help

TikTok for Business. (2024). Soluciones publicitarias para empresas: Alcance, formatos y métricas en TikTok Ads. Recuperado de https://www.tiktok.com/business

ANEXOS

Anexo A. Métricas comparativas de rendimiento por canal digital

La siguiente tabla presenta los indicadores clave de rendimiento (KPI) de los tres canales digitales utilizados en el modelo. Los datos son simulados y reflejan condiciones promedio del mercado digital latinoamericano para empresas del sector tecnológico.

Canal	CPM promedio (Bs.)	CPC promedio (Bs.)	CTR promedio (%)	Tasa de conversión (%)
Facebook Ads	12,50	0,85	1,80	3,20
Google Ads	18,00	1,20	2,50	4,50
Instagram Ads	14,00	0,95	2,10	3,80

Nota. CPM = Costo por mil impresiones; CPC = Costo por clic; CTR = Tasa de clics. Datos simulados con fines académicos. Elaboración propia (2026).

Anexo B. Análisis de sensibilidad: Escenarios de presupuesto

Se simularon cinco escenarios de presupuesto total para TechBolivia S.R.L., manteniendo constantes los coeficientes de la función objetivo y las restricciones por canal. Los resultados permiten observar cómo varía el valor de Z ante cambios en el presupuesto disponible.

Escenario	Presupuesto total (Bs.)	Valor Z (Impacto total)	Variación respecto al óptimo
Escenario 1 — Mínimo	3.500	812.500	-85,13%
Escenario 2 — Reducido	12.000	2.760.000	-49,49%
Escenario 3 — Óptimo (base)	25.000	5.465.000	—
Escenario 4 — Ampliado	35.000	7.650.000	+39,97%

Escenario 5 — Máximo	50.000	10.925.000	+99,91%

Nota. El Escenario 3 corresponde al caso base analizado en el cuerpo del documento. Los escenarios 1 y 2 representan restricciones presupuestarias; los escenarios 4 y 5 representan ampliaciones hipotéticas. Elaboración propia (2026).

Anexo C. Rendimiento mensual simulado por canal — TechBolivia S.R.L.

La siguiente tabla muestra la simulación del rendimiento mensual de las campañas digitales de TechBolivia S.R.L. durante el primer semestre del año, identificando el canal con mayor impacto publicitario en cada período y las interacciones totales estimadas bajo la distribución óptima de presupuesto.

Mes	Canal con mayor rendimiento	Interacciones totales estimadas
Enero	Google Ads	950.000
Febrero	Instagram Ads	1.020.000
Marzo	Instagram Ads	990.000
Abril	Google Ads	1.050.000
Mayo	Instagram Ads	1.010.000
Junio (campaña base)	Instagram Ads	1.005.000
Promedio semestral	**Instagram Ads**	**1.004.167**

Nota. Las variaciones mensuales reflejan cambios simulados en el comportamiento de los algoritmos de cada plataforma. Elaboración propia (2026).

Anexo D. Resumen de variables y coeficientes del modelo de programación lineal

A continuación se presenta un resumen consolidado de las variables de decisión del modelo, sus coeficientes en la función objetivo, los canales a los que corresponden y los valores óptimos obtenidos mediante la aplicación del método Simplex.

Variable	Canal asignado	Coeficiente en función objetivo	Valor óptimo (Bs.)

x_1	Facebook Ads	190	8.000
x_2	Google Ads	230	10.000
x_3	Instagram Ads	235	7.000
Z (máximo)	—	—	**5.465.000**

Nota. Los coeficientes representan la suma de las tasas de alcance e interacción por boliviano invertido en cada canal. Z representa el valor máximo de la función objetivo. Elaboración propia (2026).