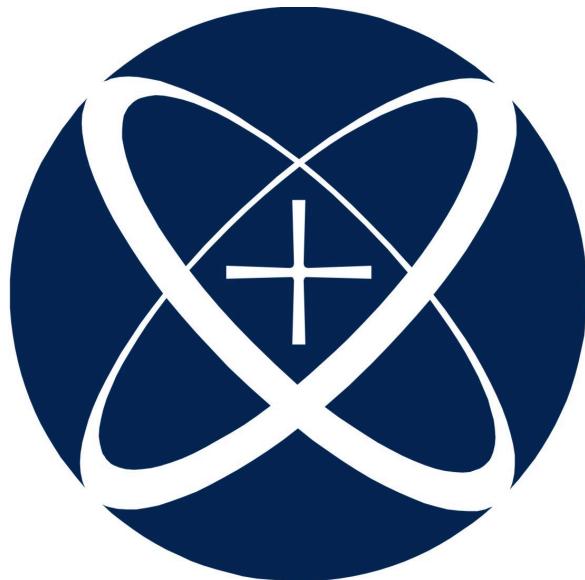


**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE  
ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**



**ITESO**

**Universidad Jesuita  
de Guadalajara**

**“PROYECTO FINAL: HEALTHPAY SCORE”**

Modelos de Crédito

Gian Carlo Campos Sayavedra

Paulina Elizabeth Mejía Hori

Jeanette Valenzuela Gutierrez

Profesor: Rodolfo Slay Ramos

**Tlaquepaque, Jal. A 1 de diciembre de 2025**

# Índice

<b>Índice.....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Problemática.....</b>	<b>8</b>
Acceso, cobertura y financiamiento de procedimientos médicos en México.....	8
Falta de liquidez de las personas para costear estos gastos.....	10
Ausencia de mecanismos de financiamiento especializado.....	11
Abandono de tratamientos por falta de pago.....	11
Cobertura de Seguros Médicos en México.....	12
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>13</b>
Salud como necesidad básica.....	13
Liquidez, restricción presupuestaria y comportamiento financiero del hogar.....	14
Teoría del crédito: riesgo, información y modelos predictivos.....	14
a) Selección adversa.....	14
b) Riesgo moral.....	15
Por qué un crédito médico/estético reduce problemas clásicos del crédito.....	15
Experiencias internacionales de financiamiento médico.....	16
Conexión entre teoría económica y el modelo propuesto.....	17
<b>Diseño del Modelo.....</b>	<b>19</b>
1. Construcción del dataset.....	21
2. Limpieza, transformación y enriquecimiento.....	21
3. División en subconjuntos.....	21
4. Entrenamiento y selección de modelo.....	22
5. Validación del modelo.....	22
6. Interpretabilidad aplicada.....	22
<b>Modelo Operativo.....</b>	<b>23</b>
1. Captura del solicitante.....	23
2. Validación y normalización.....	23
3. Predicción con la red neuronal.....	23
4. Conversión a Score y categoría de riesgo.....	24
5. Reglas de decisión.....	24
Crédito personal estándar.....	24
Crédito médico.....	24
6. Determinación de tasa de interés.....	24
7. Generación del dictamen.....	25
8. Procesamiento masivo.....	25
<b>Modelo Financiero.....</b>	<b>25</b>
1. Construcción de la tasa de interés (APR).....	25
A. Componentes base (comunes a todos los clientes).....	26
B. Prima por riesgo de crédito.....	26
2. Modelo financiero del crédito médico.....	26

3. Comisiones a la clínica.....	27
4. Límites de crédito por riesgo.....	27
5. Proyección financiera y volumen.....	27
<b>Impacto.....</b>	<b>28</b>
Impacto Social.....	28
1. Mayor acceso a la salud privada.....	28
2. Reducción de tratamientos abandonados.....	28
3. Inclusión financiera y acceso responsable al crédito.....	28
Impacto Financiero.....	28
1. Rentabilidad del modelo.....	28
2. Crecimiento escalable.....	29
3. Nueva línea de negocio para clínicas.....	29
Impacto Operativo.....	29
1. Reducción del tiempo de aprobación.....	29
2. Incremento en la conversión de pacientes.....	29
3. Reducción de cancelaciones y riesgo operativo.....	29
<b>Riesgos y Mitigaciones.....</b>	<b>30</b>
1. Riesgo Financiero.....	30
Riesgos identificados.....	30
Mitigaciones.....	31
2. Riesgo Operativo.....	31
Riesgos identificados.....	31
Mitigaciones.....	31
3. Riesgo de Modelo.....	31
Riesgos identificados.....	31
Mitigaciones.....	32
4. Riesgo Comercial.....	32
Riesgos identificados.....	32
Mitigaciones.....	32
<b>Mejoras futuras del modelo.....</b>	<b>33</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>35</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>35</b>

## Resumen

En México, millones de personas enfrentan una barrera económica para acceder a tratamientos médicos ambulatorios y procedimientos estéticos que, aunque no son de urgencia, sí impactan directamente en su salud, bienestar y calidad de vida. El sistema de salud mexicano tiene una alta dependencia del gasto de bolsillo: casi 49 % del gasto total en salud lo pagan las familias directamente, uno de los porcentajes más altos de la OCDE. Además, solo el 10 % de la población cuenta con seguro de gastos médicos privados, y aun quienes tienen seguro público siguen pagando procedimientos odontológicos, dermatológicos, nutricionales, psicológicos o estéticos.

En este contexto, el proyecto propone el diseño, evaluación e implementación de un modelo de crédito médico–estético especializado, construido con técnicas modernas de análisis de datos e inteligencia artificial. El modelo predice la probabilidad de incumplimiento (PD) de cada solicitante con una precisión del 79.39 % (AUC-ROC) y convierte esa probabilidad en decisiones claras de aprobación, rechazo o revisión manual. A diferencia de un crédito personal tradicional, este producto financiero está vinculado al procedimiento, el pago se hace directo a la clínica y se aplican tasas reducidas debido a que el riesgo moral es mucho menor.

Para sostener estas decisiones, el proyecto incluye:

- Un modelo operativo completo, desde la captura de datos hasta la emisión del dictamen en segundos.
- Un modelo financiero sostenible, donde la tasa de interés se construye con componentes base, riesgo individual y comisiones de clínicas.
- Una proyección del mercado, respaldada por datos oficiales, que muestra un sector estético en expansión (más del 30 % de crecimiento 2020–2025) y una población con fragilidad financiera: 34.6 % no podría enfrentar un gasto médico imprevisto.
- Un ecosistema donde el paciente, la clínica y la financiera obtienen beneficios claros: acceso, liquidez inmediata y riesgo controlado.

En síntesis, este proyecto demuestra que un crédito médico especializado no solo es una solución financiera viable, sino una respuesta directa a una problemática real del país. Aprovecha datos, teoría económica, modelos de riesgo y evidencia internacional para habilitar acceso a salud ambulatoria de manera responsable, escalable y sostenible.

## Glosario

1. **APR (Tasa de interés anual):** La tasa de interés expresada como porcentaje anual que paga un cliente por un crédito, incluyendo todos los costos (base, riesgo, márgenes).
2. **Batch prediction (Procesamiento masivo):** Mecanismo por el cual el sistema procesa muchas solicitudes de crédito al mismo tiempo (en lote), en lugar de hacerlo una por una.
3. **Comisión a la clínica:** Porcentaje que la clínica afiliada recibe sobre el costo del procedimiento cuando se financia mediante crédito médico, como incentivo por ofrecer dicho financiamiento.
4. **Crédito médico:** Préstamo destinado específicamente a cubrir gastos médicos, estéticos o de salud ambulatoria, pagado directamente a la clínica.
5. **Crédito personal:** Préstamo genérico para consumo, que el cliente puede usar libremente, no necesariamente para fines médicos.
6. **Curva ROC / AUC:** Gráfico y métrica usados para evaluar la capacidad de un modelo de distinguir entre “buenos” y “malos” pagadores. AUC mide el área bajo la curva ROC.
7. **Data drift:** Fenómeno por el cual con el tiempo cambian las características o comportamiento de los solicitantes, lo que puede hacer que un modelo entrenado deje de predecir correctamente.
8. **Equidad del modelo:** Propiedad del modelo de no discriminar injustamente entre distintos grupos (por ingresos, vivienda, etc.), asegurando justicia en las decisiones de crédito.
9. **Escalamiento de variables:** Técnica de preprocessamiento que ajusta las variables numéricas a una escala comparable, para que el modelo las use correctamente.

- 10. Financiamiento especializado:** Oferta de crédito adaptada a necesidades específicas (como salud), distinta de un crédito general, con condiciones y riesgos ajustados al contexto.
- 11. Gasto de bolsillo:** Los gastos que una persona paga directamente, de su propio dinero, cuando un servicio de salud no está cubierto por seguro.
- 12. LTI (Loan to Income):** Relación entre el monto del crédito solicitado y el ingreso anual del solicitante; sirve para evaluar la carga financiera relativa del préstamo.
- 13. Liquidez:** Capacidad de un hogar o persona para contar con dinero disponible inmediatamente, sin necesidad de endeudarse o vender activos.
- 14. Matriz de confusión:** Herramienta de evaluación de modelos que muestra falsos positivos, verdaderos positivos, falsos negativos y verdaderos negativos — útil para medir precisión, recall, etc.
- 15. Modelo de riesgo crediticio:** Sistema (estadístico o de machine learning) que estima la probabilidad de que un solicitante incumpla su crédito, usando variables socioeconómicas, crediticias y de comportamiento.
- 16. One-hot encoding:** Técnica para convertir variables categóricas en variables binarias (0/1), de modo que puedan ser usadas por un modelo.
- 17. Overfitting (Sobreajuste):** Cuando un modelo aprende demasiado de los datos de entrenamiento (incluyendo errores o ruido) y pierde capacidad de generalizar a nuevos datos.
- 18. PD (Probabilidad de Incumplimiento):** Medida que estima la probabilidad de que un cliente no pague su crédito en un horizonte de tiempo determinado.
- 19. Restricción presupuestaria:** Situación en la que un hogar decide sus gastos conforme a su ingreso disponible inmediato, sin margen para gastos imprevistos.
- 20. Riesgo moral:** Problema clásico del crédito: cuando un prestatario usa el dinero para algo distinto al propósito original, lo que incrementa la probabilidad de incumplimiento.
- 21. Score crediticio:** Valor numérico derivado de la PD u otras métricas, que resume la solvencia o riesgo del solicitante.

- 22. Scorecard:** Herramienta de evaluación crediticia que asigna puntajes al solicitante con base en sus características, usada para decidir aprobación, tasa o límite.
- 23. Selección adversa:** Situación en la que los solicitantes más riesgosos tienden a pedir crédito, lo que puede elevar el riesgo global de la cartera.
- 24. Sobreendeudamiento:** Cuando la persona tiene varias deudas o créditos activos, lo que limita su capacidad real de pago.
- 25. Tasa de interés:** Costo del crédito expresado generalmente como un porcentaje; en este proyecto se ajusta de forma dinámica según el riesgo del solicitante.
- 26. Validación cruzada (K-Fold):** Técnica de evaluación de modelos que divide el dataset en partes, entrena y prueba en diferentes subconjuntos para asegurar que el modelo generalice y no esté sobreajustado.
- 27. Variables crediticias:** Datos relacionados con el historial de crédito del solicitante: cuentas abiertas, atrasos, uso del crédito, antigüedad, etc.
- 28. Variables derivadas (LTI, ITI):** Indicadores calculados a partir de variables originales (ingreso, monto, cuota) para obtener información más útil para la predicción (por ejemplo, carga del crédito relativa al ingreso).

## Introducción

Acceder a servicios médicos ambulatorios en México es un reto que combina dos factores estructurales: una cobertura limitada de los seguros de salud —públicos y privados— y una alta dependencia del gasto de bolsillo por parte de las familias. A pesar de que instituciones como IMSS o ISSSTE atienden enfermedades graves y servicios hospitalarios, la mayoría de los procedimientos cotidianos —odontología, estudios de laboratorio, consultas dermatológicas, salud mental, nutrición y tratamientos estéticos— quedan fuera de cobertura. Esto obliga a que su costo recaiga directamente en los hogares, lo que limita el acceso y provoca que millones de personas pospongan o abandonen su atención.

La problemática se agrava por la baja liquidez de la población: casi la mitad de los adultos no cuenta con ahorros para enfrentar un gasto inesperado y solo uno de cada diez posee un fondo equivalente a tres meses de ingresos. En este escenario, pagar un tratamiento de \$10,000, \$20,000 o \$40,000 pesos en una sola exhibición se vuelve inalcanzable, aun cuando la persona podría cubrirlo sin problema en

mensualidades accesibles. Esta combinación entre necesidad real y falta de liquidez genera una brecha que afecta tanto la salud como la calidad de vida.

A nivel económico y financiero, esto plantea una oportunidad clara para desarrollar mecanismos de financiamiento especializados que permitan transformar gastos médicos de alto impacto en pagos mensuales manejables. Sin embargo, en México no existen programas públicos ni privados de crédito médico masivo, y la oferta comercial se limita a tarjetas de crédito con meses sin intereses o a esquemas aislados de grandes cadenas médicas. La ausencia de financiamiento accesible deja sin atender a millones de personas.

Este proyecto presenta el diseño completo de un modelo de crédito médico-estético, construido a partir de técnicas modernas de machine learning, reglas de negocio y principios financieros. El sistema calcula la probabilidad de impago de cada solicitante, asigna tasas diferenciadas por riesgo y paga directamente a la clínica, reduciendo riesgos tradicionales del crédito y garantizando el destino de los fondos. A través de este mecanismo, se busca facilitar el acceso a servicios médicos no cubiertos, fortalecer la operación de clínicas privadas y crear una línea de negocio rentable y socialmente valiosa para la institución financiera.

## Problemática

### Acceso, cobertura y financiamiento de procedimientos médicos en México

El sistema de salud en México está estructurado de manera fragmentada y con una fuerte dependencia del gasto directo de los hogares. Aunque los seguros públicos como IMSS o ISSSTE cubren gran parte de la atención hospitalaria y enfermedades graves, la realidad es que la mayoría de los procedimientos ambulatorios, diagnósticos y de bienestar no están incluidos en las coberturas estándar, lo cual obliga a la población a pagar esos servicios completamente de su bolsillo.

Entre los procedimientos más comunes que quedan fuera de cualquier póliza básica se encuentran los odontológicos, dermatológicos, psicológicos, nutricionales y estéticos. Estos servicios son altamente demandados, pero su costo suele representar un reto financiero para la mayoría de los hogares, especialmente cuando deben pagarse de contado. Algunos ejemplos de precios promedio en el sector privado ilustran esta barrera económica:

- **Ortodoncia (brackets):** \$12,000 a \$25,000 MXN por un tratamiento completo con brackets metálicos tradicionales (los tipos estéticos o alineadores invisibles pueden elevarse hasta \$40,000-\$90,000 MXN dependiendo de la tecnología).

- **Consulta dermatológica:** \$1,000 a \$1,500 MXN por consulta privada con un dermatólogo (este precio varía según la ciudad y la reputación del especialista; hay clínicas económicas que anuncian consultas desde \$600 MXN).
- **Estudios de laboratorio:** varían según la prueba y el laboratorio. Por ejemplo, una química sanguínea (perfil básico de 6 elementos) puede costar \$1,469 MXN en un laboratorio privado de renombre, mientras que en una clínica de bajo costo puede valer \$320 MXN. Otros análisis rutinarios presentan rangos amplios: una biometría hemática básica puede ir desde \$95 hasta \$269 MXN, y un examen general de orina desde \$50 hasta \$168 MXN dependiendo del lugar. Estas cifras muestran que incluso pruebas diagnósticas comunes implican gastos importantes para quien no tiene cobertura.
- **Terapia psicológica:** \$500 MXN por sesión en promedio, pudiendo ascender a \$2,000 MXN o más en ciudades como la CDMX. Dado que típicamente se requiere una sesión semanal o quincenal para un tratamiento efectivo, el costo mensual rápidamente excede los \$2,000 MXN, monto que generalmente no es cubierto por seguros médicos estándar.
- **Consulta nutricional:** \$300 a \$800 MXN por sesión individual con un nutriólogo, según la experiencia y ubicación. Una consulta inicial suele situarse entre \$400 y \$700 MXN (incluyendo evaluación y plan alimenticio), con seguimientos de \$300-\$500 MXN. Este tipo de atención preventiva tampoco suele incluirse en coberturas de seguros básicos.
- **Procedimientos estéticos (quirúrgicos y no quirúrgicos):** México se encuentra entre los cinco países con mayor volumen de procedimientos estéticos del mundo, con más de 1.2 millones realizados al año. Los tratamientos más comunes incluyen:
  - **Liposucción:** \$95,000 a \$200,000 MXN
  - **Aumento de busto:** \$75,000 a \$85,000 MXN
  - **Rinoplastia:** \$45,000 a \$70,000 MXN
  - **Blefaroplastia (párpados):** \$35,000 a \$55,000 MXN
  - **Botox:** \$3,000 a \$5,000 MXN por sesión
  - **Rellenos con ácido hialurónico:** \$5,000 a \$10,000 MXN por jeringa
  - **Hilos tensores, peelings, depilación láser:** \$2,000 a \$20,000 MXN según la tecnología y la zona tratada. Estos tratamientos, aunque electivos, tienen una demanda creciente, impulsada tanto por la población local como por el turismo médico. Sin embargo, su acceso sigue estando condicionado por la capacidad de pago, ya que no son cubiertos por seguros públicos ni privados.

Muchas intervenciones “menores” o ambulatorias quedan fuera del alcance de las pólizas de seguro (públicas o privadas), enfocadas mayormente en gastos hospitalarios o enfermedades graves. Tratamientos odontológicos, servicios de salud mental, consultas de seguimiento, estudios diagnósticos y procedimientos

electivos suelen estar excluidos de la cobertura, por lo que las personas deben financiarlos con sus propios medios. Esto establece una barrera económica importante para acceder a cuidados de salud cotidianos.

Dado que pocas clínicas públicas ofrecen estos servicios, y que su costo representa una carga financiera significativa para la mayoría, muchas personas acuden a clínicas pequeñas o informales con precios bajos pero sin certificación. Asimismo, una parte importante de los pacientes recurre a esquemas de financiamiento, como pagos a meses sin intereses con tarjeta, créditos especializados o incluso sistemas informales como "ciru-tandas". Estas estrategias reflejan una necesidad clara: muchas personas desean estos procedimientos, pero no tienen liquidez para cubrirlos de contado. Por ello, el financiamiento médico especializado aparece como una solución con gran potencial de impacto en este sector.

## **Falta de liquidez de las personas para costear estos gastos**

La limitación económica no proviene solo del costo de los servicios, sino de la baja liquidez y fragilidad financiera de la población mexicana. Estudios de educación y comportamiento financiero revelan que cerca de la mitad de los adultos no cuenta con ningún tipo de ahorro que le permita enfrentar gastos imprevistos, y únicamente alrededor del 10 % de la población posee un fondo equivalente a tres meses de ingresos.

Esta falta de respaldo económico se refleja en que un 34.6 % de los mexicanos reconoce que no podría cubrir un gasto médico inesperado con sus propios recursos. Para estos hogares, una emergencia de salud los obliga a endeudarse, pedir apoyo a familiares o bien posponer la atención.

Adicionalmente, 7 de cada 10 mexicanos viven con estrés financiero, originado principalmente por endeudamiento, ingresos insuficientes o falta de ahorros. Más del 60 % llega al fin de mes con la cartera prácticamente vacía, sin margen para destinar dinero a salud preventiva o tratamientos que no son urgentes. En esta situación, gastos como poner brackets, pagar una endodoncia, asistir a psicoterapia o atender problemas dermatológicos se perciben como "lujos" o compromisos imposibles de cubrir en un solo pago.

En resumen, una parte importante de la población vive al día, sin liquidez suficiente para afrontar tratamientos médicos que son necesarios pero no urgentes. Esta realidad explica por qué tantos pacientes optan por posponer procedimientos, buscar alternativas más económicas (y en ocasiones de menor calidad), o recurrir a formas de financiamiento informales para poder costearlos.

## **Ausencia de mecanismos de financiamiento especializado**

A diferencia de otros rubros (como vivienda o automóviles) donde existen créditos dedicados, en el sector salud prácticamente no hay mecanismos formales de financiamiento accesible para procedimientos médicos de costo mediano. Algunos puntos destacables:

1. No existe un sistema público ni programas masivos de crédito médico para personas de ingresos medios o bajos. Quienes no pueden pagar de contado generalmente recurren a *tarjetas de crédito*, préstamos personales o endeudamiento informal.
2. Clínicas u hospitales medianos suelen exigir el pago inmediato de consultas y procedimientos. Solo unas pocas instituciones ofrecen pagos fraccionados sin intereses, típicamente en convenio con bancos. Por ejemplo, ciertos laboratorios privados como Chopo permiten pagar en 3 meses sin intereses con tarjeta para cuentas mayores a \$2,000 MXN. De igual modo, redes privadas como AXA Keralty promocionan 3 y 6 MSI con tarjetas bancarias participantes en sus clínicas. Sin embargo, estas opciones están limitadas a contadas cadenas o hospitales grandes, generalmente en procedimientos costosos, y requieren que el paciente posea una tarjeta de crédito con línea suficiente.
3. La gran mayoría de consultorios y clínicas pequeñas no cuentan con planes de pago a plazos. No es común que ofrezcan financiamiento in-house ni convenios de meses sin intereses, en parte por los costos administrativos y riesgos que implicaría. Esto significa que el paciente promedio debe pagar de contado o abstenerse del servicio.
4. Si bien existen iniciativas recientes de financiamiento médico (p. ej. empresas fintech o programas de algunas instituciones privadas que otorgan créditos rápidos para cirugías en ciertas clínicas), su alcance es muy limitado. Estos esquemas suelen requerir pagos iniciales significativos y están disponibles sólo en hospitales de alta especialidad o con proveedores específicos. En términos generales, no hay un equivalente a “pagos chiquitos” o crédito asequible y difundido para tratamientos de salud.

En conclusión, hay un vacío en mecanismos de financiamiento especializados en salud. Fuera de los programas de “meses sin intereses” con tarjeta de crédito en algunas clínicas de prestigio, el paciente mexicano promedio no tiene opciones formales para diferir o financiar el costo de tratamientos médicos medianos. Esta realidad deja desatendido a un amplio segmento de la población que no tiene seguro que cubra estos gastos pero tampoco puede pagarlos de una sola vez.

## **Abandono de tratamientos por falta de pago**

La combinación de los puntos anteriores deriva en que miles de pacientes sean rechazados o ellos mismos abandonen tratamientos por no poder pagarlos de

inmediato. En otras palabras, la incapacidad económica se convierte en una barrera de acceso real a la salud. Evidencias al respecto:

- De acuerdo con encuestas nacionales de salud, cerca de 3 de cada 10 mexicanos que necesitaban atención médica no acudieron al médico por motivos financieros, es decir, por falta de recursos o costos inaccesibles. Este 27% de la población que pospone o cancela consultas por dinero representa decenas de millones de personas que cada año no reciben la atención que requieren.
- Organismos como CONEVAL han documentado que la carencia por acceso a la salud (principalmente por razones económicas) aumentó drásticamente en los últimos años: de 20 millones de personas en 2018 a 50.4 millones en 2022. Esto implica que el problema de pacientes sin atención por costos se ha agravado, dejando a 39% de los mexicanos sin acceso efectivo a servicios médicos básicos.
- En el ámbito de enfermedades crónicas, también hay evidencia de abandono de tratamientos por cuestiones económicas. Por ejemplo, en el contexto de la diabetes y otros padecimientos, se ha visto que pacientes interrumpen sus medicamentos o consultas al verse abrumados por los gastos recurrentes, lo cual empeora sus resultados de salud (aunque el porcentaje exacto varía por enfermedad, la “no adherencia financiera” es un fenómeno reconocido). Además, ante el desabasto en el sistema público, muchas familias no pueden costear en farmacias privadas los medicamentos de alto precio y terminan dejando incompletos sus tratamientos. (*Nota: Este punto puede variar según la patología, pero ilustra la relación entre problemas económicos y abandono de la atención.*)

La falta de capacidad de pago inmediato está provocando que miles de pacientes no inicien o no concluyan sus tratamientos. Clínicas y médicos reportan cancelaciones frecuentes de procedimientos (cirugías programadas, terapias, estudios) porque el paciente no reunió el dinero a tiempo. Del lado de los pacientes, muchas familias optan por no atenderse, buscar alternativas caseras o simplemente “aguantar” la condición médica ante la falta de solvencia. Esta situación no solo impacta la salud individual, sino que también se refleja en indicadores nacionales: un alto gasto de bolsillo (49% del gasto en salud para 2023) y un incremento en enfermedades no atendidas oportunamente.

## Cobertura de Seguros Médicos en México

Como contexto general, es importante señalar que México tiene una baja cobertura de seguros médicos integrales, lo que explica en parte la problemática:

- Tras cambios en el sistema público de salud, se estima que unos 50 millones de mexicanos (aprox. 39% de la población) no cuentan con acceso

garantizado a servicios de salud. Es decir, casi 4 de cada 10 personas no están afiliadas a ninguna institución pública (IMSS, ISSSTE u otras) y tampoco poseen seguro privado, quedando descubiertas ante gastos médicos.

- Incluso entre quienes sí tienen “seguridad social” pública, la cobertura no siempre incluye todos los tratamientos mencionados (por ejemplo, el IMSS no cubre ortodoncia, cirugías estéticas, lentes, etc., y hay largas esperas o desabasto de ciertos servicios). Muchos terminan atendiéndose por fuera. De hecho, 6 de cada 10 mexicanos que reciben atención médica lo hacen en el sector privado o consultorios de farmacia, aunque 63% reporte afiliación pública. Esto evidencia que estar afiliado no siempre evita el gasto de bolsillo ni garantiza el acceso a los servicios necesarios.
- Por otro lado, la penetración de seguros médicos privados es muy reducida. Datos de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros señalan que solo cerca del 10% de la población cuenta con un seguro de gastos médicos mayores privado. La gran mayoría de mexicanos, por tanto, depende del sistema público limitado o de su propio bolsillo para cualquier necesidad de salud.
- Este bajo aseguramiento se refleja en el alto gasto de bolsillo nacional. En 2024, el gasto directo de las familias representó alrededor de 3.4% del gasto total de los hogares, y en particular medicamentos y consultas externas representaron casi el 38-50% del gasto en salud de los hogares (proporción más alta en hogares de bajos ingresos). Al cierre de 2023, se calculó que casi la mitad del gasto en salud en México (49%) provino del bolsillo de las personas y no de aseguradoras ni gobierno – uno de los porcentajes más altos entre países de la OCDE.

En definitiva, la falta de cobertura financiera en salud es un problema estructural en México. Una mayoría sustancial de la población enfrenta los gastos médicos cotidianos sin apoyo de seguros, y dada la precariedad económica y falta de ahorro, esto deriva en la situación problemática que se ha descrito: tratamientos pequeños/medianos sin cubrir, personas sin liquidez para pagarlos, ausencia de créditos accesibles, y pacientes que renuncian a atender su salud por costo. Todas estas evidencias refuerzan la necesidad de un mecanismo de financiamiento especializado o soluciones innovadoras que permitan a más mexicanos acceder a la atención médica que requieren sin caer en estrés financiero.

## Marco Teórico

### Salud como necesidad básica

La teoría económica reconoce que la salud no es un gasto cualquiera: es una necesidad básica que impacta directamente en la calidad de vida, el bienestar y la

productividad de las personas. Por eso, en la mayoría de los países, los sistemas de salud intentan proteger a las familias de gastos excesivos.

Pero cuando esa protección no alcanza, como ocurre en México, las personas tienen que pagar muchos servicios por su cuenta. Esto se conoce como gasto de bolsillo, y en México es de los más altos del mundo. Este fenómeno obliga a las familias a decidir entre atenderse o usar ese dinero para otros gastos esenciales.

La lógica económica es simple:

Si la persona tiene que pagar todo de una sola vez, y no tiene el dinero disponible, pospone el tratamiento, aunque lo necesite.

## **Liquidez, restricción presupuestaria y comportamiento financiero del hogar**

La liquidez es la capacidad de un hogar para disponer de recursos económicos inmediatos. En economías donde los ingresos son inestables, informales o insuficientes, la liquidez se convierte en un factor determinante para la toma de decisiones. La teoría económica establece que, ante una restricción presupuestaria dura —ingresos limitados, ahorro bajo, acceso restringido a crédito— las familias priorizan el gasto urgente sobre el gasto preventivo.

Esto explica por qué, incluso cuando el costo de un tratamiento es razonable en términos anuales, el pago de contado lo convierte en un gasto prohibitivo. Para un hogar promedio, no es lo mismo pagar \$25,000 pesos en una sola exhibición que pagarlos en mensualidades accesibles. La restricción de liquidez impide acceder a servicios necesarios y genera decisiones subóptimas como:

- posponer atención dental, dermatológica o estética,
- recurrir a alternativas más baratas y de menor calidad,
- ignorar síntomas o problemas que requieren intervención,
- endeudarse informalmente.

En términos de bienestar, la falta de liquidez produce una desconexión entre lo que la gente quiere o necesita y lo que realmente puede pagar en ese momento. Esta brecha es clave para entender por qué un mecanismo de financiamiento puede mejorar el acceso y, al mismo tiempo, funcionar como un producto financiero viable.

## **Teoría del crédito: riesgo, información y modelos predictivos**

Otorgar crédito implica enfrentar dos problemas clásicos descritos por la teoría económica y financiera:

### **a) Selección adversa**

Las personas con mayor necesidad o mayor riesgo de impago pueden ser quienes más buscan crédito, lo cual eleva el riesgo de la institución financiera si no se evalúa adecuadamente al solicitante.

### b) Riesgo moral

Una vez otorgado el crédito, el prestatario puede utilizar el dinero para fines distintos a los previstos, lo cual incrementa la probabilidad de incumplimiento.

Para resolver estos problemas, la industria financiera utiliza modelos de riesgo crediticio, cuya base teórica es la regresión logística, las scorecards y más recientemente modelos de aprendizaje automático. Estos modelos analizan variables como ingresos, estabilidad laboral, historial crediticio, nivel de endeudamiento y otras características para calcular la probabilidad de que una persona no pague (PD).

La teoría respalda el uso de métricas como:

- ROC / AUC, para medir la capacidad de discriminación;
- KS (Kolmogorov-Smirnov), para evaluar la separación entre buenos y malos pagadores;
- matrices de confusión, para medir exactitud y sensibilidad.

Un modelo de crédito bien diseñado reduce incertidumbre, segmenta a los clientes y permite asignar tasas, plazos y montos de manera racional y sostenible.

## Por qué un crédito médico/estético reduce problemas clásicos del crédito

Cuando el crédito se destina a consumo libre (como ocurre con un préstamo personal), la institución financiera no tiene forma de controlar en qué usará el cliente el dinero. Esto aumenta el riesgo moral y dificulta calibrar adecuadamente la probabilidad de default.

En cambio, en un crédito médico especializado, el dinero no se deposita al paciente, sino que se paga directamente a la clínica. Esto genera varios beneficios teóricos:

1. **Reduce el riesgo moral**, porque el dinero se aplica exactamente al tratamiento previsto.
2. **Disminuye la selección adversa**, ya que el perfil del solicitante coincide con un gasto específico, de monto relativamente predecible.
3. **Permite modelos más precisos**, ya que el tipo de tratamiento, la clínica y el ticket promedio se convierten en variables útiles para predecir el riesgo.
4. **Ligado a un bien meritorio**, aumenta la adherencia al pago (la gente valora más tratamientos que mejoran su salud y bienestar).

Así, el crédito médico no es solo un préstamo; es un mecanismo alineado a incentivos económicos y conductuales que reduce la incertidumbre.

## **Experiencias internacionales de financiamiento médico**

El marco teórico se enriquece al observar casos de éxito internacionales. En Estados Unidos, CareCredit opera desde hace más de tres décadas financiando odontología, dermatología, procedimientos estéticos, veterinaria y cirugía menor. Su modelo se basa en:

- evaluación crediticia automática,
- pago directo a la clínica,
- comisiones de proveedor,
- mensualidades fijas
- alianzas con miles de clínicas.

En Europa, Klarna Medical permite financiar tratamientos ambulatorios mediante esquemas “Buy Now, Pay Later”. Affirm, otra plataforma de pagos estadounidense, también incursiona en procedimientos médicos electivos.

Estos ejemplos confirman la validez de:

- la demanda por financiamiento de salud no cubierto por seguros,
- la rentabilidad del modelo cuando se opera a escala,
- la reducción del riesgo mediante la vinculación entre clínica, paciente y financiera.

## **Demanda y gasto en tratamientos estéticos en México**

Un componente clave del mercado que justifica la existencia de un crédito médico especializado es el acelerado crecimiento de los procedimientos estéticos en México durante los últimos años. De acuerdo con una nota periodística publicada por *E/Financiero* (EFE & Redacción, 2025), la demanda por tratamientos estéticos en el país aumentó aproximadamente un 30% entre 2020 y 2025, impulsada principalmente por tres factores:

1. Mayor exposición en videollamadas durante la pandemia, lo que aumentó la preocupación por la imagen personal.
2. La influencia de redes sociales e influencers, que constantemente promueven el uso de bótox, ácido hialurónico y otros procedimientos.
3. El fenómeno de la “midorexia”, es decir, el miedo a envejecer que lleva a más personas a buscar intervenciones preventivas o estéticas.

México, además, se ha consolidado como un protagonista en el mercado estético de la región. El especialista Andrés Rosales señala que el país ocupa el cuarto lugar en América en demanda de procedimientos estéticos inyectables, solo detrás de

Estados Unidos, Brasil y Argentina. A esto se suma un fenómeno relevante para el modelo financiero: México se ha convertido en un destino de turismo médico, pues los tratamientos suelen ser entre 30% y 40% más baratos que en Estados Unidos.

Desde la perspectiva económica del paciente, el gasto promedio por procedimiento es significativo. Según los datos reportados por *El Financiero* (2025), una persona en México gasta entre 6,000 y 12,000 pesos por tratamiento estético no invasivo, particularmente rellenos de ácido hialurónico, aplicaciones de bótox, bioestimuladores y técnicas de rejuvenecimiento facial. Y en muchos casos, estos tratamientos se realizan varias veces al año, lo que incrementa el gasto anual destinado a estética.

La importancia de este sector no es menor: cifras de la consultora *Markets and Markets* citadas en la misma fuente indican que la industria mexicana de medicina estética supera los 8 mil millones de dólares anuales, con una proyección de alcanzar 16 mil millones de dólares hacia 2025, es decir, duplicar su tamaño en un periodo muy corto. A nivel mundial, el sector ya supera los 75 mil millones de dólares, con expectativas de crecimiento anual compuesto de 9.5% hasta llegar a 155 mil millones de dólares para 2030.

Este dinamismo confirma que los tratamientos estéticos —particularmente los no invasivos— se han incorporado al consumo habitual de un segmento amplio de la población. Sin embargo, la mayoría de ellos no está cubierta por seguros de gastos médicos, ni públicos ni privados. Esto significa que el gasto es completamente de bolsillo, lo cual, sumado a la falta de liquidez de los hogares, refuerza el valor de un crédito especializado que permita convertir un gasto de alto impacto en pagos mensuales accesibles.

## **Conexión entre teoría económica y el modelo propuesto**

Reuniendo todos los elementos anteriores, el marco teórico permite concluir que este modelo de crédito especializado tiene una base sólida desde el punto de vista económico, financiero y práctico. Primero, la salud —sobre todo la atención ambulatoria— debe entenderse como un bien meritorio, es decir, un servicio cuyo consumo genera beneficios privados y también efectos positivos para la sociedad: mejor desempeño laboral, mayor bienestar, prevención de enfermedades costosas, e incluso impacto psicológico y emocional. Sin embargo, cuando el acceso depende casi por completo del gasto de bolsillo, como ocurre en México, el consumo de estos servicios se frena drásticamente. No porque las personas no los necesiten, sino porque no pueden asumirlos en un solo pago.

En segundo lugar, la falta de liquidez explica la mayor parte de estas decisiones. La teoría de las restricciones presupuestarias señala que las familias toman decisiones en función de su dinero disponible hoy, no en función de su capacidad de pago a lo largo del tiempo. Por eso, tratamientos que podrían cubrir cómodamente en

mensualidades terminan siendo inalcanzables si deben pagarse en una sola exhibición. Este fenómeno no solo impacta el bienestar individual, sino que también reduce la productividad, deteriora la salud preventiva y agrava las desigualdades existentes.

En tercer lugar, la teoría financiera aporta una herramienta clave: los modelos de riesgo crediticio, que permiten evaluar de manera matemática y objetiva la probabilidad de que alguien incumpla un crédito. Gracias a estos modelos, las instituciones pueden tomar decisiones informadas basadas en datos reales (ingreso, historial crediticio, estabilidad laboral, tipo de tratamiento, monto, etc.). Esto evita que la aprobación de crédito sea arbitraria y, al mismo tiempo, permite ofrecer condiciones de financiamiento sostenibles sin comprometer la estabilidad de la institución.

A partir de esto, surge la lógica del crédito médico especializado, que ofrece ventajas teóricas importantes sobre un crédito personal tradicional. Al estar vinculado directamente a un tratamiento específico y al pagarse el monto directamente a la clínica, se reduce drásticamente el riesgo moral (que el cliente use el dinero para otra cosa) y se disminuye la selección adversa (que el créditoatraiga a quienes buscan dinero libre). Esta estructura hace que el crédito sea más seguro para la financiera, más accesible para el paciente y más funcional para la clínica, lo que genera un ecosistema alineado entre todas las partes.

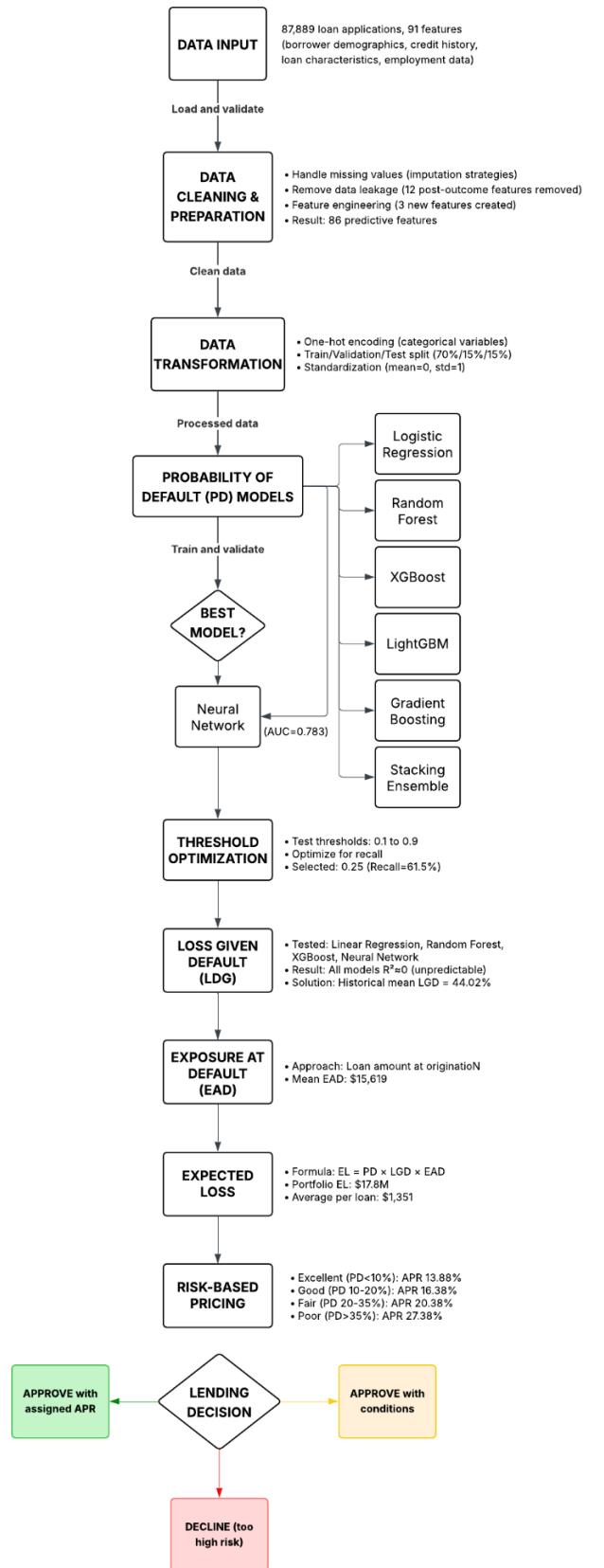
Finalmente, la evidencia internacional confirma que este tipo de financiamiento no solo funciona, sino que tiende a escalar con rapidez. Modelos como CareCredit en Estados Unidos, Affirm Medical y Klarna Medical han demostrado que el financiamiento para salud ambulatoria y estética tiene demanda real, incrementa la conversión de clínicas y puede administrarse de manera sostenible si se acompaña de análisis de riesgo adecuados. Estos casos sirven como validación empírica de que la propuesta es viable, replicable y financieramente atractiva.

En conjunto, el análisis teórico muestra que el crédito médico/estético no es un simple préstamo ni un producto improvisado: es una solución que surge exactamente donde convergen una necesidad real (atención médica no cubierta), una limitación estructural (falta de liquidez), una herramienta financiera comprobada (modelos de riesgo) y una trayectoria internacional exitosa. Así, el modelo está plenamente alineado con los principios económicos y financieros, y responde de forma directa a un problema creciente en el país: la dificultad de financiar procedimientos que sí mejoran la salud y el bienestar, pero que están fuera del alcance del bolsillo de la mayoría de los hogares.

## Diseño del Modelo

El modelo de riesgo de crédito desarrollado para este proyecto sigue una arquitectura moderna, escalable y totalmente alineada con las prácticas actuales de evaluación crediticia en instituciones financieras y fintechs. Su diseño parte de una premisa fundamental: estimar con la mayor precisión posible la probabilidad de que una persona incumpla un crédito, utilizando para ello variables socioeconómicas, crediticias y de comportamiento. Este valor, conocido como Probability of Default (PD), se convierte en el eje central para decisiones de aprobación, fijación de tasas y asignación de límites de crédito.

### Credit Risk Model - Technical Flow



**Figura 1. Diagrama de Flujo del Modelo.** Elaboración propia.

## **1. Construcción del dataset**

El dataset utilizado contiene información histórica de miles de solicitudes de crédito reales. Cada registro incluye:

- Datos demográficos (edad, nivel de ingresos).
- Historial crediticio (antigüedad del buró, número de cuentas abiertas, atrasos, consultas recientes, revoluciones, utilización de crédito).
- Variables del préstamo solicitado (monto, interés, plazo).
- Variables derivadas como:
  - Loan to Income (LTI) = monto del crédito / ingreso anual.
  - Installment to Income (ITI) = pago mensual anualizado / ingreso anual.
  - Credit history length (años).

Estas variables permiten capturar el perfil financiero del solicitante y constituyen la base para un modelo robusto.

## **2. Limpieza, transformación y enriquecimiento**

Antes de introducir los datos al modelo se aplicaron técnicas estandarizadas de limpieza y transformación:

- Imputación de valores faltantes mediante medianas de cada variable, garantizando consistencia incluso en solicitudes incompletas.
- One-hot encoding para variables categóricas como tipo de vivienda, finalidad del crédito o verificación de ingresos.
- Escalamiento estandarizado usando un StandardScaler previamente entrenado, que convierte todas las variables numéricas a una escala comparable.

El sistema incluye un módulo completo (ApplicationProcessor) capaz de reconstruir una solicitud completa aunque el usuario solo proporcione 8–12 variables clave. Esto lo hace usable en escenarios reales, donde las solicitudes no siempre llegan completas.

## **3. División en subconjuntos**

Siguiendo buenas prácticas de machine learning, el dataset se dividió en:

- 70% Entrenamiento
- 15% Validación
- 15% Prueba

Esto asegura que el modelo no memorice el dataset y generalice correctamente en datos nuevos.

#### **4. Entrenamiento y selección de modelo**

Se probaron múltiples algoritmos:

- Regresión Logística
- Random Forest
- Gradient Boosting
- XGBoost
- LightGBM
- Stacking Ensemble
- Red Neuronal (multicapa)

La red neuronal fue seleccionada como modelo final debido a:

- AUC-ROC más alto: 0.7939
- Accuracy competitivo: 0.8370
- Mayor estabilidad en validación cruzada
- Mejor capacidad para capturar relaciones no lineales entre variables

La arquitectura incluye:

- Capa densa de 128 neuronas
- Batch Normalization
- Dropout para evitar sobreajuste
- Capas ocultas de 64 y 32 neuronas
- Output con activación sigmoidal (probabilidad entre 0 y 1)

#### **5. Validación del modelo**

La validación incluye:

- Curva ROC y cálculo de AUC
- Matriz de confusión
- Precision, Recall y F1-score
- Validación cruzada K-Fold con 5 particiones
- Análisis de umbrales de decisión
- Pruebas de fairness por grupo (ingresos, score, tipo de vivienda)

El modelo demuestra generalización sólida, bajo sobreajuste y comportamiento estable en todas las métricas.

#### **6. Interpretabilidad aplicada**

Aunque se usa una red neuronal, las salidas se interpretan usando:

- Conversión de PD → Score crediticio (escala 300–850)
- Asignación automática de categoría de riesgo:
  - Excellent, Very Good, Good, Fair, Poor
- Reglas de negocio basadas en la PD para aprobar, rechazar o mandar a revisión manual

Esto lo hace defendible ante sinodales y totalmente implementable en operación real.

## Modelo Operativo

El modelo operativo describe cómo funciona el sistema completo desde que una persona solicita un crédito hasta que recibe una decisión clara sobre su aprobación. Este flujo integra datos, inteligencia artificial, análisis crediticio y reglas de negocio.

### 1. Captura del solicitante

El proceso inicia cuando un usuario o una clínica (en el caso del crédito médico) captura:

- ingreso anual,
- monto requerido,
- empleo y antigüedad,
- crédito actual,
- score crediticio,
- plazo deseado,
- tipo de gasto médico

En caso de que falte información, el sistema reconstruye la solicitud usando medianas y variables derivadas, asegurando que todas las aplicaciones sean procesables.

### 2. Validación y normalización

El **ApplicationProcessor**:

- valida estructura y formato,
- transforma variables categóricas a indicadores (one-hot),
- genera variables derivadas como cuotas y ratios deuda/ingreso,
- asegura consistencia con las 87 variables que requiere el modelo.

Esto garantiza que todo pase por un pipeline idéntico.

### 3. Predicción con la red neuronal

El CreditDecisionEngine:

1. Carga el modelo (`best_pd_model.h5`)
2. Escala los datos con el `scaler.pkl`
3. Genera una **probabilidad de default** (PD) entre 0 y 1.

Ejemplo: si el modelo predice 0.18, significa que según el historial del dataset, personas con características similares fallan el 18% de las veces.

## 4. Conversión a Score y categoría de riesgo

Para hacerlo interpretable:

- Se convierte PD → Score 300–850
- Se asigna categoría:
  - 800–850: Excellent
  - 740–799: Very Good
  - 670–739: Good
  - 580–669: Fair
  - < 579: Poor

Esto facilita la explicación al usuario, al sinodal y al área de negocio.

## 5. Reglas de decisión

Dependiendo del tipo de crédito:

### Crédito personal estándar

- Aprobado: PD < 0.30
- Revisión manual: 0.30 – 0.50
- Rechazado: PD ≥ 0.50

### Crédito médico

Por ser un crédito de uso verificado y menor riesgo moral operativo (dinero nunca pasa al usuario), los umbrales se ajustan:

- Aprobado: PD < 0.35
- Revisión: 0.35 – 0.50
- Rechazado: PD ≥ 0.50

Esto permite financiar a más personas sin incrementar significativamente el riesgo.

## 6. Determinación de tasa de interés

El sistema calcula automáticamente una tasa diferenciada según el riesgo del solicitante, usando:

- tasa base,
- inflación,
- liquidez,
- costos operativos,
- margen de ganancia,
- prima por riesgo según PD.

En el caso de crédito médico, se aplican descuentos explícitos por operación más segura y comisiones de clínicas aliadas.

## 7. Generación del dictamen

El sistema genera:

- dictamen: Approved / Manual Review / Rejected
- PD estimada
- motivo de la decisión
- score crediticio
- tasa asignada
- límites de crédito recomendados
- desglose de componentes de la tasa
- (si es médico) comisiones, ahorro frente a crédito personal y monto que recibe la clínica.

## 8. Procesamiento masivo

Para clínicas grandes o campañas:

- el motor procesa cientos de aplicaciones por lote,
- predicta PD con batch de 256 entradas,
- genera toda la base aprobada en segundos.

Esto lo convierte en un sistema listo para operación real.

# Modelo Financiero

El modelo financiero del crédito está diseñado para ser sostenible, competitivo y alineado con el riesgo individual de cada solicitante, especialmente en el segmento de créditos médicos no cubiertos por seguros.

## 1. Construcción de la tasa de interés (APR)

La tasa total que paga el cliente se descompone en componentes fijos y variables:

## A. Componentes base (comunes a todos los clientes)

- Tasa de referencia: 3.875%
- Prima por inflación: 3.0%
- Prima por liquidez: 1.0%
- Costos operativos: 2.0%
- Margen de utilidad: 3.0%

Total base: 12.875%

Este es el “piso” del costo financiero.

## B. Prima por riesgo de crédito

Depende 100% de la PD predicha por la IA:

- $PD < 10\% \rightarrow +1.0\%$
- $PD 10\%-20\% \rightarrow +3.5\%$
- $PD 20\%-35\% \rightarrow +7.5\%$
- $PD \geq 35\% \rightarrow +14.5\%$

Ejemplos:

- $PD 5\% \rightarrow \text{tasa final} \approx 13.88\%$
- $PD 15\% \rightarrow \text{tasa final} \approx 16.38\%$
- $PD 25\% \rightarrow \text{tasa final} \approx 20.38\%$
- $PD 40\% \rightarrow \text{tasa final} \approx 27.38\%$

Todo esto se respalda desde el código de `interest_rate_calculator.py`.

## 2. Modelo financiero del crédito médico

El crédito médico tiene ajustes favorables:

- menor prima de riesgo: el dinero nunca va al cliente, sino a la clínica;
- menor riesgo moral: el destino del crédito está verificado;
- menores costos operativos: la clínica actúa como canal de venta;
- comisiones pagadas por la clínica (5%) que subsidian parte del interés.

Esto reduce el APR final entre 1.0% y 1.5% respecto a un crédito personal equivalente con la misma PD.

Ejemplo real (tomado del código):

Si alguien tiene PD = 0.20:

- crédito personal  $\rightarrow \sim 16.38\%$

- crédito médico → ~15.08%

Diferencia: 1.3 puntos porcentuales más barato

### **3. Comisiones a la clínica**

El módulo `calculate_clinic_commission` determina:

- Comisión promedio: 5% del costo del procedimiento
- Rango de mercado: 3–6%

Ejemplo: Procedimiento de \$40,000 MXN

- Comisión: \$2,000 MXN
- Clínica recibe: \$38,000 MXN
- La financiera retiene: \$2,000 MXN

Esto crea un incentivo claro para que las clínicas ofrezcan este financiamiento.

### **4. Límites de crédito por riesgo**

Según la categoría:

- Excellent → hasta \$50,000
- Very Good → \$40,000
- Good → \$30,000
- Fair → \$20,000
- Poor → \$10,000

Esto balancea crecimiento y riesgo.

### **5. Proyección financiera y volumen**

El mercado mexicano lo respalda:

- más del 41% del gasto en salud es de bolsillo (vs 20% OCDE),
- 34.6% de mexicanos no puede cubrir un gasto médico imprevisto,
- El mercado estético en México crecerá de \$1.46B USD a \$3.1B USD para 2034.

El modelo financiero del crédito médico se vuelve sumamente atractivo, porque:

- es más barato de operar,
  - más fácil de aprobar,
  - más seguro en destino,
- y atiende un mercado con carencia total de financiamiento.

## **Impacto**

El modelo de crédito desarrollado no solo demuestra solidez técnica, sino que genera impactos reales en tres dimensiones clave: social, financiera y operativa. Su implementación integrada —que va desde la captura de datos hasta la asignación de tasas diferenciadas por riesgo— permite transformar la forma en la que pacientes y clínicas acceden, ofrecen y gestionan financiamiento médico.

### **Impacto Social**

La aplicación del modelo tiene un efecto directo en la accesibilidad a servicios de salud. Al evaluar el riesgo con mayor precisión —incluso cuando el solicitante sólo proporciona 8–12 variables— el sistema permite aprobar a más usuarios sin elevar significativamente la morosidad. Esto se traduce en:

#### **1. Mayor acceso a la salud privada**

El crédito médico es más flexible y más barato que un crédito personal equivalente, ya que incorpora una menor prima de riesgo y comisiones que subsidian parte de la tasa final. Esto abre la puerta a procedimientos que gran parte de la población no podría pagar de contado, especialmente en un país donde 41% del gasto en salud es de bolsillo y 34.6% de los mexicanos no puede cubrir un gasto médico imprevisto.

#### **2. Reducción de tratamientos abandonados**

El sistema incrementa la probabilidad de que el paciente continúe con su tratamiento, ya que permite financiar gastos médicos sin requerir liquidez inmediata. Al eliminar barreras financieras, disminuye el abandono de intervenciones críticas o preventivas.

#### **3. Inclusión financiera y acceso responsable al crédito**

La conversión PD → score y las reglas de negocio claras ayudan al usuario a comprender su nivel de riesgo, lo que fomenta la educación financiera. Además, el crédito médico reduce el riesgo moral (el dinero nunca va al usuario), permitiendo aprobar perfiles que en un crédito personal serían rechazados.

## **Impacto Financiero**

El modelo financiero demuestra que este sistema es rentable, sostenible y escalable tanto para la institución como para las clínicas asociadas.

### **1. Rentabilidad del modelo**

La prima por riesgo basada en PD permite que cada crédito refleje el costo real del riesgo individual. Esto asegura márgenes estables incluso en segmentos tradicionalmente subatendidos.

Además, el crédito médico reduce costos operativos y riesgo moral, lo que permite tasas más bajas sin sacrificar utilidad.

## 2. Crecimiento escalable

La arquitectura del modelo —entrenamiento robusto, validación cruzada, predicción masiva en batch y reglas automáticas de tasa— permite procesar cientos de solicitudes en segundos. Esta capacidad habilita campañas masivas en clínicas, expansión geográfica y alianzas con cadenas de salud privada.

## 3. Nueva línea de negocio para clínicas

El sistema crea un incentivo directo para los establecimientos médicos:

- reciben hasta el 95% del costo del procedimiento,
- obtienen liquidez inmediata,
- y pagan una comisión razonable (5%) que, en realidad, subsidia parte del interés del paciente.

Esto convierte el financiamiento en una fuente adicional de ingresos y en una ventaja competitiva para atraer más pacientes.

## Impacto Operativo

El modelo eleva de manera significativa la eficiencia operativa tanto del originador del crédito como de las clínicas.

### 1. Reducción del tiempo de aprobación

El pipeline procesado por el *ApplicationProcessor* y el *CreditDecisionEngine* permite pasar de solicitudes incompletas a un dictamen final en segundos. Esto elimina tiempos muertos, agiliza ventas y evita la pérdida de pacientes por procesos lentos.

### 2. Incremento en la conversión de pacientes

Al ofrecer una tasa más baja, umbrales más flexibles y un proceso de decisión inmediato, aumenta la proporción de pacientes que finalmente aceptan un procedimiento médico. Clínicas con altos volúmenes pueden automatizar completamente su ciclo de ventas.

### 3. Reducción de cancelaciones y riesgo operativo

El crédito médico disminuye el riesgo moral (fondos destinados directamente a la clínica) y reduce cancelaciones, ya que el paciente no maneja el dinero y el tratamiento está programado desde la aprobación.

Para la financiera, esto implica menor variabilidad operativa, menor fraude y portafolios más predecibles.

En conjunto, el modelo demuestra cómo una solución crediticia basada en inteligencia artificial puede transformar simultáneamente el acceso a la salud, la operación de las clínicas y la sostenibilidad financiera del sistema. Al integrar un motor de decisión preciso, reglas de riesgo adaptativas y un modelo financiero alineado con el comportamiento real del paciente, el proyecto crea un ecosistema en el que cada actor gana.

Para los usuarios, significa acceder a tratamientos médicos sin barreras económicas, reduciendo la tasa de abandono y promoviendo un uso más responsable del crédito. Para las clínicas, representa una nueva vía de crecimiento, mayor conversión de pacientes y una operación más fluida. Y para la institución financiera, el sistema genera rentabilidad controlada, riesgo administrado y escalabilidad, al permitir decisiones rápidas, consistentes y ajustadas al perfil de cada solicitante.

En síntesis, el modelo no solo resuelve un problema financiero: crea un puente entre salud, tecnología y crédito, habilitando un mecanismo sostenible que mejora la vida de los pacientes, fortalece a las clínicas y consolida un portafolio saludable para la entidad financiera.

## Riesgos y Mitigaciones

Al implementar un modelo de crédito, siempre existen riesgos que pueden afectar la operación, la experiencia del usuario o la estabilidad financiera del proyecto. Por eso, es importante identificarlos de manera clara y establecer acciones concretas para controlarlos. A continuación se presentan los principales riesgos financieros, legales y operativos, así como las mitigaciones que se integraron al diseño del modelo.

### 1. Riesgo Financiero

#### Riesgos identificados

- **Impago:** el solicitante podría no cumplir con los pagos del crédito.
- **Ingresos inestables:** algunas personas tienen ingresos variables, lo que hace más probable que enfrenten dificultades para pagar.
- **Sobreendeudamiento:** usuarios con muchas líneas de crédito abiertas pueden tener una capacidad real de pago más limitada.

## Mitigaciones

- El modelo utiliza un score basado en la probabilidad de incumplimiento (PD), lo que permite aprobar únicamente a quienes tienen un riesgo manejable.
- Se asignan límites de crédito por categoría de riesgo, evitando otorgar montos altos a perfiles vulnerables.
- Se promueve el pago domiciliado, que reduce atrasos y facilita la cobranza.
- Las tasas se ajustan según el riesgo real del usuario, lo que ayuda a mantener la rentabilidad incluso en perfiles de riesgo medio.

## 2. Riesgo Operativo

### Riesgos identificados

- **Fraude por identidad:** solicitudes con datos falsos o robados.
- **Duplicidad de solicitudes:** la misma persona enviando varias aplicaciones en diferentes puntos, lo que puede alterar la evaluación del riesgo.

### Mitigaciones

- Se realizan validaciones simples de identidad, como verificación de correo y consistencia entre los datos capturados.
- El *ApplicationProcessor* detecta inconsistencias en la información, lo que ayuda a identificar posibles fraudes.
- Se revisan duplicados mediante coincidencias de datos, evitando que se procese más de una solicitud por persona.
- Todas las aplicaciones pasan por el mismo pipeline, lo que reduce errores operativos y mantiene el proceso ordenado.

## 3. Riesgo de Modelo

### Riesgos identificados

- **Sesgos en los datos:** si el dataset histórico tiene distribuciones desbalanceadas, el modelo puede reproducir esos sesgos al evaluar a nuevos usuarios.
- **Sobreajuste:** la red neuronal podría aprender patrones demasiado específicos del entrenamiento y no generalizar bien a casos nuevos.
- **Data drift:** el comportamiento financiero de los solicitantes puede cambiar con el tiempo, haciendo que el modelo pierda precisión.

- **Dependencia excesiva del modelo:** confiar solo en la predicción sin revisiones adicionales puede generar decisiones incorrectas en casos con información atípica.

## Mitigaciones

- Se aplicó validación cruzada K-Fold y revisión de métricas (ROC, matriz de confusión, precision, recall) para garantizar estabilidad.
- Se realizaron pruebas de fairness por grupo para detectar posibles sesgos.
- Las reglas de negocio (aprobado, revisión, rechazado) funcionan como una segunda capa de control sobre la PD.
- El modelo puede reentrenarse periódicamente cuando se incorporen nuevos datos o se identifiquen cambios en el perfil de los usuarios.

## 4. Riesgo Comercial

### Riesgos identificados

- **Información incompleta o mal explicada a los pacientes:** el personal de las clínicas podría no comunicar bien las condiciones del crédito.
- **Sobreprecio de procedimientos:** algunas clínicas pueden inflar costos para aumentar su comisión.
- **Presión para aprobar casos riesgosos:** al depender de las ventas, las clínicas pueden intentar influir en la aprobación del crédito.
- **Afectación a la reputación:** si el servicio de la clínica es malo, el usuario puede relacionarlo negativamente con el crédito.

## Mitigaciones

- Se establecen contratos claros con clínicas, con una comisión fija del 5% que evita incentivos negativos.
- Se valida el costo del procedimiento dentro de rangos de mercado.
- Se da capacitación básica al personal de las clínicas para explicar correctamente el crédito.
- Las decisiones finales se basan únicamente en la PD y las reglas del modelo, no en presión comercial.
- Se buscan alianzas con clínicas verificadas y formales para proteger la experiencia del paciente.

En conjunto, la identificación y mitigación de estos riesgos permite que el modelo de crédito funcione de manera más segura, ordenada y confiable. Al combinar herramientas técnicas (como la PD, validaciones automáticas y métricas de

desempeño) con reglas de negocio y controles operativos, se logra reducir los riesgos más comunes en este tipo de productos. Además, al incluir medidas específicas para las clínicas y para el modelo de IA, se fortalece la operación completa del crédito médico y se protege tanto a los usuarios como a la institución. En general, estas estrategias hacen que el sistema sea más sólido y que pueda aplicarse en escenarios reales sin comprometer su estabilidad financiera ni la experiencia del paciente.

## Mejoras futuras del modelo

Aunque el modelo desarrollado alcanza un nivel sólido de desempeño y una estructura operativa completamente funcional, existen áreas de mejora que permitirían refinar aún más su precisión y alinearla a condiciones reales del mercado mexicano. Una de las principales oportunidades consiste en ampliar y adaptar la base de datos utilizada para el entrenamiento. Dado que el acceso a datos reales del Buró de Crédito mexicano es complejo, costoso y requiere convenios institucionales, el proyecto empleó como base un dataset estandarizado utilizado comúnmente en Estados Unidos para modelos educativos y de competencia. Si bien este dataset es robusto y permite entrenar un motor de riesgo competitivo, sus patrones de comportamiento crediticio no reflejan por completo la realidad mexicana, donde la informalidad laboral, la variabilidad de ingresos y el acceso al crédito son marcadamente distintos. Por ello, una mejora futura clave sería incorporar gradualmente datos reales del contexto mexicano, lo que permitiría recalibrar la probabilidad de default, ajustar las reglas de aprobación y alinear mejor el score a los perfiles típicos de solicitantes de crédito médico en México.

Además, el modelo podría beneficiarse de integrar variables adicionales de comportamiento, como historial de puntualidad en servicios, uso de tarjetas departamentales, estabilidad en los depósitos mensuales o variación de ingresos en los últimos 6–12 meses. Este tipo de atributos tienden a ser muy predictivos en segmentos con empleo informal o mezcla de fuentes de ingreso, comunes en el país.

Otra línea de mejora consiste en explorar modelos complementarios, como Gradient Boosting, CatBoost o ensamblados (ensembles) que combinen la interpretabilidad de modelos clásicos con la capacidad predictiva de redes neuronales. También sería útil incorporar herramientas avanzadas de interpretabilidad como SHAP values, que permiten explicar exactamente qué variables contribuyeron al riesgo asignado, brindando transparencia regulatoria y confianza a clínicas y usuarios.

Asimismo, el sistema puede evolucionar hacia un esquema de reentrenamiento periódico, que detecte automáticamente cambios en el comportamiento financiero de los solicitantes (data drift) y actualice el modelo con nuevos datos para evitar deterioro en la precisión.

Finalmente, una mejora natural del modelo consiste en segmentar el riesgo según el tipo de procedimiento médico —por ejemplo, diferenciar dermatología, ortodoncia, tratamientos estéticos no invasivos o cirugías— ya que cada categoría tiene patrones distintos de adherencia al pago. Esta segmentación permitiría ajustar tasas, límites de crédito y reglas de aprobación con una precisión aún mayor.

En conjunto, estas mejoras permitirán evolucionar el modelo hacia una versión más adaptada al mercado local, más transparente y con capacidad predictiva aún más robusta, consolidando un sistema de crédito médico sostenible y alineado con la realidad financiera de los hogares mexicanos.

## Conclusiones

El análisis completo permite concluir que el modelo de crédito médico–estético desarrollado es técnica, financiera y socialmente viable. Parte de una problemática real —falta de acceso a servicios médicos por liquidez insuficiente— y ofrece una solución estructurada que utiliza herramientas modernas de análisis de datos para tomar decisiones más precisas y justas.

Primero, el diagnóstico del mercado mexicano muestra que existe una brecha significativa entre la demanda por tratamientos médicos ambulatorios y la capacidad de las familias para pagarlos al contado. El gasto de bolsillo, la baja cobertura de seguros médicos y el crecimiento acelerado del sector estético evidencian la necesidad de un producto financiero especializado.

Segundo, el modelo de riesgo implementado demuestra solidez técnica: logra una discriminación del 79.39% (AUC-ROC), incorpora 87 variables crediticias y socioeconómicas, y convierte una predicción probabilística en un puntaje interpretable y defendible. Las reglas de negocio, así como la segmentación por riesgo, permiten equilibrar aprobación, control y rentabilidad.

Tercero, el diseño del crédito médico corrige problemas clásicos del crédito personal: reduce el riesgo moral, disminuye la selección adversa y permite ofrecer tasas más competitivas gracias a comisiones de clínicas y procesos operativos más seguros. El dinero no pasa por el cliente, sino que llega directo al proveedor del servicio, lo que mejora la calidad del portafolio y reduce costos operativos.

Finalmente, el impacto del modelo trasciende lo financiero. Aumenta el acceso a salud, reduce la tasa de abandono de tratamientos, genera inclusión financiera y permite que más personas cuiden su bienestar sin comprometer su estabilidad económica. Para las clínicas, significa mayor conversión de pacientes y liquidez inmediata. Para la institución financiera, representa una línea de negocio escalable con riesgo controlado.

En conjunto, el proyecto demuestra que el crédito médico–estético es una solución sostenible que puede transformar la forma en la que se financian tratamientos ambulatorios en México. Combina salud, tecnología y finanzas en un modelo alineado con las necesidades actuales del mercado, con potencial para crecer, replicarse e integrarse en sistemas reales de originación de crédito.

## Anexos

### Anexo 1. Modelo de Riesgo de Crédito

En este apartado se incluye el enlace al repositorio de GitHub que contiene el código completo del modelo de riesgo crediticio. El repositorio reúne todas las fases del proyecto, desde la preparación y análisis de datos hasta el entrenamiento, validación y optimización del modelo, así como el cálculo de parámetros de riesgo y la evaluación de nuevas solicitudes.

## Referencias

ABC Medical Center. (2025, 27 octubre). *Formas de pago | Centro Médico ABC*. Centro Médico ABC. <https://centromedicoabc.com/para-pacientes/formas-de-pago/>

Castillo, I. B. (2025, 11 febrero). *¿Cuál es el costo de los brackets en México y qué considerar al elegirlos?* Moons.

<https://www.mymoons.mx/posts/cuanto-cuestan-los-brackets-mexico>

Ciss. (2024, 15 julio). *64.7 millones de mexicanos no cuentan con acceso a seguridad social, revela el Coneval - CISS*. CISS.

<https://ciss-bienestar.org/2024/07/15/64-7-millones-de-mexicanos-no-cuentan-con-acceso-a-seguridad-social-revela-el-coneval/>

Congrega Voz. (2022, diciembre 20). *Por altos precios, 3 de cada 10 mexicanos no acude al médico.*

<https://congregavoz.cmt-global.org/articulos/por-altos-precios-3-de-cada-10-mexicanos-no-acude-al-medico>

*Cual es el costo promedio de una endodoncia?* (s. f.).

<https://www.doctoralia.com.mx/preguntas-respuestas/cual-es-el-costo-promedio-de-una-endodoncia>

*Dermatólogos en México | 499 MXN Por Consulta.* (2024, 10 junio). Miiskin.

<https://miiskin.com/mx/>

EFE & Redacción. (2025, febrero 25). *¿Cuánto dinero gasta una persona en un tratamiento estético en México? Especialista responde.* El Financiero.

<https://www.elfinanciero.com.mx/estilo/2025/02/25/cuanto-dinero-gasta-una-persona-en-un-tratamiento-estetico-en-mexico-especialista-responde/>

Efe. (2025, 26 febrero). *La demanda de tratamientos estéticos crece un 30% en México desde 2020.* SWI swissinfo.ch.

<https://www.swissinfo.ch/spa/la-demanda-de-tratamientos-est%C3%A9ticos-crece-un-30%25-en-m%C3%A9xico-desde-2020/88928549>

*Endodoncia: Cuánto Cuesta en México y Preguntas Frecuentes.* (s. f.).

<https://www.dentalia.com/es/endodoncia-precios>

Galindo, J. (2022, 23 febrero). *El costo de la salud mental, ¿Cuánto cuesta ir al psicólogo?* El Economista.

<https://www.eleconomista.com.mx/finanzaspersonales/El-costo-de-la-salud-mental-Cuanto-cuesta-ir-al-psicologo-20220222-0084.html>

Garcia, K. (2025, 6 noviembre). *¿Cuánto cuesta una consulta con nutriólogo en México? [Guía 2025]. Software de nutrición para nutriólogos en línea. Software para nutricionistas y app de dieta balanceada.*

<https://www.monitornutricional.com/pacientes/precio-consulta-con-nutriologo/>

Gómez, J. (2024, agosto 20). *¿Cuánto cuesta una cirugía plástica en México? Estos son los precios y las cirugías más solicitadas.* Reporte Índigo.

<https://www.reporteindigo.com/entretenimiento/Cuanto-cuesta-una-cirugia-plastica-en-Mexico-Estos-son-los-precios-y-las-cirugias-mas-solicitadas-20240820-0073.html>

Keralty, A. (s. f.). AXA Keralty. <https://axakeralty.mx/get-plan>

Markets and Markets. (2024). *Aesthetic Medicine Market – Global Forecast 2030*. Markets and Markets Research.

Méndez, J. S. M. (s. f.). *Gasto de bolsillo en salud: Resultados de la ENIGH 2024 – CIEP*.

<https://ciep.mx/gasto-de-bolsillo-en-salud-resultados-de-la-enigh-2024/>

*MSI page*. (s. f.).

<https://www.chopo.com.mx/msi-page?srsltid=AfmBOoreHdo-ZpBSu0H0s1gmRXG8PnNxSDKXpeEWv2WC5kCjTtaXnuZx>

N+. (2024, junio 26). *Endeudados y sin ahorros: Siete de cada 10 mexicanos viven en estrés financiero*.

<https://www.nmas.com.mx/economia/endeudados-y-sin-ahorros-siete-de-cada-10-mexicano-s-viven-en-estres-financiero/>

*No fuimos Dinamarca: gobierno de AMLO deja sin surtir 15 millones de recetas, cinco veces más que Peña Nieto*. (2024, 5 marzo). Animal Político.

[https://animalpolitico.com/salud/gobierno-amlo-deja-sin-surtir-15-millones-recetas-peña-nieto?rtbref=rtb\\_qittie2wgj7pb2qhilo\\_1713964185775](https://animalpolitico.com/salud/gobierno-amlo-deja-sin-surtir-15-millones-recetas-peña-nieto?rtbref=rtb_qittie2wgj7pb2qhilo_1713964185775)

Notimex. (2018, 2 enero). Botox, la «manita de gato» que cada vez tiene más presencia en México. *El Financiero*.

<https://www.thefinanciero.com.mx/nacional/botox-la-manita-de-gato-que-cada-vez-tiene-mas-presencia-en-mexico/>

*Probabilidad de incumplimiento (PD) - BBVA in 2013*. (s. f.).

<https://shareholdersandinvestors.bbva.com/microsites/bbvain2013/es/G/c2.html>

Redacción. (2022, 10 julio). Chequeo médico en CDMX: Esto cuestan los 5 estudios más comunes en 4 laboratorios diferentes. *El Financiero*.

<https://www.thefinanciero.com.mx/salud/2022/07/10/chequeo-medico-en-cdmx-esto-cuestan-los-5-estudios-mas-comunes-en-4-laboratorios-diferentes/>

Redacción, L. (2025, 8 abril). Sólo 1 de cada 10 mexicanos cuenta con seguro de gastos médicos. *La Jornada*.

<https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/04/07/economia/solo-1-de-cada-10-mexicanos-cuenta-con-seguro-de-gastos-medicos>

Reddit user chobi1702. (2025, enero 26). *Presupuesto inicial para consulta en dermatología?* [Publicación en foro en línea]. Reddit. r/AskMexico.

[https://www.reddit.com/r/AskMexico/comments/1l500re/presupuesto\\_inicial\\_para\\_consulta\\_en\\_dermatologia/](https://www.reddit.com/r/AskMexico/comments/1l500re/presupuesto_inicial_para_consulta_en_dermatologia/)

Soto, D. (2025, 28 mayo). *Mexicanos gastan más de su bolsillo para comprar medicamentos por falta de acceso a salud*. ADNPolítico.

<https://politica.expansion.mx/mexico/2025/05/27/mexicanos-gastan-mas-de-su-bolsillo-comprar-medicamentos>