

## Análisis de riesgos en el mercado de valores

### Introducción

Este proyecto implementa un sistema de análisis de riesgo de impago y dificultades financieras para empresas públicas que coticen en la bolsa. Este sistema permite que un usuario introduzca una lista de tickers de empresas y sus tipos de industria, posteriormente de manera automática se recopilarán los estados financieros más recientes para calcular la variante correspondiente del Altman Z-Score y la probabilidad de impago de Merton para concluir en una decisión crediticia.

El marco analítico de este proyecto está basado en el trabajo de Edward I. Altman propuesto en 1968 y posteriormente expandido y revisado en el año 2000 en el que demostró que con unos pocos ratios financieros es posible predecir la quiebra de una compañía con alta precisión a un horizonte de tiempo de 2 años. Este proyecto amplía el marco de Altman aplicando el correspondiente modelo de Altman Z-Score según el tipo de compañía, y complementa implementando la probabilidad de impago estableciendo al final una decisión sólida sobre si es conveniente aprobar un crédito para una compañía. Este sistema se entrega como una API REST (backend en FastAPI) y un panel interactivo (frontend Streamlit), lo que lo hace accesible para cualquier usuario, aún sin conocimientos de programación.

### Metodología

El proceso de análisis se divide en las siguientes 4 etapas:

- Entradas del usuario:** El usuario introduce un ticker bursátil (por ejemplo, AAPL) y el tipo de industria que corresponde para el uso adecuado de los distintos modelos de Altman Z-Score:
  - Compañía manufacturera pública → Z-Score.
  - Compañía privada o no manufacturera → Z'-Score.
  - Compañía en mercados emergentes → Z''-Score.
- Recopilación de datos:** Se descargan los cuatro reportes financieros (balance general y estado de resultados) más recientes de la compañía, precio de la acción en mercado más reciente y el número de acciones en circulación a través de la API para Python de Yahoo Finance.
- Cálculo de los modelos:** Dependiendo del tipo de compañía seleccionada se calcula el Altman Z-Score con el modelo correspondiente. Además, se



calcula la distancia al impago y probabilidad de impago de Merton usando los históricos de los reportes financieros.

4. **Clasificación y decisión de crédito:** Cada modelo por separado clasifica en “Zona segura”, “Zona gris” y “Zona peligrosa”, posteriormente estas 2 clasificaciones se fusionan en una sola decisión de crédito:

- Crédito aprobado.
- Aprobado con precaución.
- Requerimiento de análisis de mayor profundidad.
- Crédito denegado.

5. **Despliegue de resultados:** Una vez que todo ha sido calculado y se ha tomado una decisión de crédito, los resultados se regresan al usuario desplegándose en el dashboard interactivo, dónde puede observar una tabla de resumen y todos los cálculos realizados.

## Fuentes de datos y recolección

Todas los balances generales y estados de resultados fueron obtenidos por medio de Yahoo Finance, accediendo desde la paquetería `yfinance` para Python. Para cada compañía, esta paquetería recolecta reportes anuales estandarizados y las partidas utilizadas de estos estados financieros son las siguientes:

Estado Financiero	Partidas Utilizadas
Balance General	Activos totales, capital de trabajo, ganancias retenidas, pasivos totales, pasivos circulantes, patrimonio de los accionistas.
Estado de Resultados	EBIT, ingresos totales.

El código recolecta los 4 reportes anuales más recientes, utilizando el más reciente para el cálculo de los ratios financieros para el modelo de Altman Z-Score y el histórico de los 4 períodos para estimar la volatilidad de los activos de la compañía para el modelo de Merton. Adicionalmente, se obtiene el precio de mercado de la acción más reciente y el número de acciones en circulación

## Modelos de Altman Z-Score

El modelo original de Altman Z-Score fue desarrollado por Edward I. Altman en 1968 y posteriormente actualizado en el año 2000. Consiste en una combinación de cinco ratios financieros para obtener un puntaje que sirve para distinguir si una compañía tiene posibilidades de caer en bancarrota en un horizonte de tiempo de 2 años. El modelo original (Z-Score) fue propuesto únicamente para compañías manufactureras públicas, aunque luego se actualizó y se recalibró para compañías



privadas o no manufactureras (Z'-Score) y para compañías en mercados emergentes (Z''-Score).

### *Modelo Original Altman Z-Score*

El modelo original Z-Score propone la siguiente fórmula para calcular este puntaje:

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 3.3X_3 + 0.6X_4 + 1.0X_5$$

Dónde:

Variable	Definición	Interpretación
$X_1$	Capital de trabajo / Total de activos	Liquidez relativa a la base de activos
$X_2$	Utilidades retenidas / Total de activos	Rentabilidad acumulada; medida implícita de apalancamiento
$X_3$	EBIT / Total de activos	Productividad de los activos, independiente de impuestos y apalancamiento
$X_4$	Valor de Mercado del Patrimonio / Pasivos totales	Colchón de solvencia basado en el mercado
$X_5$	Ingresos Totales / Activos Totales	Rotación de activos (eficiencia en la generación de ventas)

Como explica Altman,  $X_4$  utiliza el valor de mercado del patrimonio, el cual combina acciones preferentes y comunes permitiendo mirar hacia el futuro, algo que no se logra cuando solo se usa el valor en libros o contable. Por otra parte,  $X_3$  se considera como el predictor más importante, pues tiene el coeficiente más alto del modelo, además, este mide el poder adquisitivo de la empresa independientemente de sus decisiones de financiamiento.

Zona	Rango de puntajes
Zona segura	$Z > 2.99$
Zona gris	$1.81 \leq Z \leq 2.99$
Zona peligrosa	$Z < 1.81$

La tabla anterior muestra los umbrales de clasificación para este modelo. La zona gris es el rango donde existen más probabilidades de que el modelo tenga fallas de

clasificación. La zona segura es donde el modelo identifica menores probabilidades de bancarrota, considerando riesgo crediticio bajo y buena salud financiera. La zona peligrosa donde es más probable que la compañía sufra de problemas de salud financiera y alto riesgo crediticio, recomendando no extender crédito.

### *Modelo actualizado Altman Z'-Score*

El modelo Z'-Score fue desarrollado por Altman en el año 2000, como una actualización y respuesta directa para aquellos que querían aplicar el modelo original para compañías privadas, dónde el valor de mercado del patrimonio no está disponible. Altman no sólo actualizó  $X_4$ , sino que también, los coeficientes fueron actualizados y reestimados. A su vez, este modelo también fue propuesto para tratar compañías públicas no manufactureras.

Este modelo propone la siguiente fórmula:

$$Z = 0.717X_1 + 0.847X_2 + 3.107X_3 + 0.420X_4 + 0.998X_5$$

Una de las principales modificaciones en este modelo es la redefinición de  $X_4$  ahora como: valor en libros del patrimonio / pasivos totales. Con este cambio, este modelo es aplicable para compañías privadas sin acciones que cotizan en bolsa. Además, el coeficiente de  $X_4$  disminuye considerablemente al retirar la contribución del mercado en el modelo.

En esta nueva propuesta, la zona gris ahora tiene un rango más amplio, lo que indica que el hacer este reemplazo aumenta la incertidumbre en el modelo. Los umbrales pueden observarse en la siguiente tabla:

Zona	Rango de puntajes
Zona segura	$Z' > 2.6$
Zona gris	$1.1 \leq Z \leq 2.6$
Zona peligrosa	$Z < 1.1$

### *Modelo de Altman Z''-Score para mercados emergentes*

El modelo Z''-Score, desarrollado por Altman y presentado en el año 2000, inicialmente se aplicó para compañías mexicanas. La modificación clave en este con respecto al Z' fue la eliminación del coeficiente  $X_5$  que medía la rotación de activos de la compañía. Esto fue debido a que este ratio varía mucho dependiendo de los tipos de industrias, lo que podría introducir sesgo sistemático al comparar compañías de diferentes industrias o países. Este modelo propone la siguiente fórmula:



$$Z = 6.56X_1 + 3.26X_2 + 6.72X_3 + 1.05X_4$$

Los ratios utilizados en este modelo son los mismos que fueron propuestos para el modelo de Z'. Los umbrales de decisión de crédito son los siguientes:

Zona	Rango de puntajes
Zona segura	$Z' > 2.6$
Zona gris	$1.1 \leq Z \leq 2.6$
Zona peligrosa	$Z < 1.1$

### Modelo de probabilidad de impago de Merton

El modelo de Merton propuesto en 1974 es un modelo de riesgo crediticio basado en la teoría de opciones y la fórmula de Black-Scholes, que ve el patrimonio de una compañía como una opción de compra sobre sus activos y como precio de ejercicio el valor de los pasivos. Si el valor de los activos de la empresa cae por debajo del valor de su deuda al vencimiento, la empresa incurriría en impago. El resultado clave de este planteamiento es la distancia al incumplimiento (DD), que es el número de desviaciones estándar a las que se encuentra el valor de los activos respecto al punto de incumplimiento. Con ello es posible calcular la probabilidad de incumplimiento (PD).

Para la implementación de este modelo en el proyecto se utilizaron las siguientes fórmulas, propuestas por Merton:

$$DD = \frac{\ln \frac{V}{D} + \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$PD = 1 - \mathcal{N}(DD)$$

Dónde:

- $V$ : Valor de mercado de los activos de la compañía.
- $D$ : Valor de mercado de la deuda de la compañía.
- $r$ : Tasa libre de riesgo.
- $\sigma$ : Volatilidad de los activos de la compañía.
- $T$ : Horizonte de tiempo.
- $\mathcal{N}(DD)$ : Distribución normal estándar cumulativa.

Para la clasificación y decisiones crediticias se establecieron los siguientes umbrales de decisión; los cuales, no son una regla como en los modelos de Altman, sino que estos umbrales pueden ser decididos con base en la aversión al riesgo:

Zona	Condición	Interpretación
Zona segura	$PD < 1\%$	Probabilidad de incumplimiento muy baja
Zona gris	$1\% \leq PD < 15\%$	Incertidumbre moderada
Zona peligrosa	$PD \geq 15\%$	Riesgo de incumplimiento elevado

## Decisión final de crédito

Debido a que modelos contables como Altman y modelos de mercado como Merton captan diferentes formas de riesgo cada uno, se propone una decisión final de crédito como una combinación de ambas clasificaciones, puesto que cada uno por separado podría no ser suficiente. Este sistema combina ambas señales en una sola recomendación crediticia siguiendo las reglas de la siguiente tabla:

Zona de Altman	Zona de Merton	Decisión de Crédito
Zona segura	Zona segura	Aprobado
Zona segura	Zona gris	Aprobado con precauciones
Zona gris	Zona segura	Aprobado con precauciones
Zona gris	Zona gris	Análisis a profundidad requerido
Zona peligrosa	Cualquiera	Rechazado
Cualquiera	Zona peligrosa	Rechazado

## Ejemplo práctico y resultados

Para poner en práctica este sistema se diseñó un dashboard en streamlit, el cual, le permite al usuario ingresar el ticker de una compañía que cotice en bolsa de su preferencia, así como seleccionar el respectivo tipo de industria para utilizar el modelo de Altman correspondiente. Para este ejemplo se analizarán las compañías mostradas en la siguiente tabla:

Compañía	Ticker	Tipo de industria
Alphabet	GOOG	No manufacturera
Ford	F	Manufacturera
Taiwan Semiconductor Manufacturing Company	TSM	Mercados emergentes
Microsoft Corporation	MSFT	No manufacturera

Apple Inc.	AAPL	No manufacturera
Boeing	BA	Manufacturera

Los resultados obtenidos tras el análisis muestran que únicamente se aprobaría automáticamente el crédito para Alphabet y Taiwan Semiconductors, para Microsoft y Apple se aprobaría con ciertas precauciones y para Ford y Boeing sería rechazado de manera automática. Por otro lado, todas las empresas mostraron distancias al incumplimiento muy altas, y por ende, probabilidades de incumplimiento muy bajas, siendo todas del 0%. Los resultados pueden observarse a manera de resumen en la tabla inferior.

Ticker	Modelo de Altman	Z-Score	DD	PD	Decisión crediticia
GOOG	Z'-Score	3.0625	30.326	0.00%	Aprobado
F	Z-Score	0.7991	54.278	0.00%	Denegado
TSM	Z"-Score	6.901	32.113	0.00%	Aprobado
MSFT	Z'-Score	1.9934	51.26	0.00%	Aprobado con precauciones
AAPL	Z'-Score	2.3464	45.026	0.00%	Aprobado con precauciones
BA	Z"-Score	1.5936	10.881	0.00%	Denegado

Con estos resultados, es posible ver que el modelo de Merton no está penalizando a ninguna compañía, mientras que el de Altman si lo hace. El modelo de Altman al tomar distintas partidas de los reportes financieros analiza a las compañías desde una postura más contable y con umbrales de decisión más estrictos, mientras que el modelo de Merton tiene un enfoque completamente probabilístico y cuantitativo haciendo proyecciones futuras.

Se ha visto que Merton señaló que ninguna de estas compañías tendría el problema de caer en incumplimiento, pues sus activos son suficientemente sólidos para cubrir el valor de sus pasivos. Sin embargo, compañías como Ford y Boeing cayeron en la zona peligrosa del modelo de Altman, significando que a pesar de que tienen buenos números en sus activos, hay otras situaciones dentro de la compañía que podrían afectar e indicar problemas en su situación financiera actual.

## Limitaciones

El sistema desarrollado en este proyecto tiene limitaciones importantes, siendo la estimación de la volatilidad de los activos para el modelo de Merton una de las principales. Mientras que el patrimonio de una compañía puede ser observado en todo momento con el precio actual de la acción y el número de acciones en circulación, el valor de los activos y pasivos no se reporta de manera diaria, haciendo estas variables poco observables.

Al momento de calcular la volatilidad de los activos de una compañía, se vuelve una tarea difícil, pues la cantidad de datos disponible para esta estimación es muy limitada. Al realizar el cálculo como fue implementado en este proyecto, se están tomando los cuatro reportes más recientes, haciendo que la volatilidad se calcule con únicamente tres diferencias en los activos, siendo esto poco preciso. Con esta metodología, se obtenían volatilidades de los activos muy bajas, algunas dentro del rango del 2% a 5%, haciendo que la estimación de la probabilidad de incumplimiento no sea la más precisa, obteniendo distancias al incumplimiento muy altas e incluso sesgándola por la ausencia de información.

Como propuesta de mejora para este proyecto, se recomendaría implementar una estimación de la volatilidad por métodos numéricos, dónde si el valor de los activos es una serie de tiempo con  $n$  datos observados, se genera un sistema de ecuaciones de la siguiente forma:

$$E_1 = A_1 \mathcal{N}(d_1) - L_1 e^{-r_1 T_1} \mathcal{N}(d_2)$$

$$E_2 = A_2 \mathcal{N}(d_1) - L_2 e^{-r_2 T_2} \mathcal{N}(d_2)$$

...

$$E_n = A_n \mathcal{N}(d_1) - L_n e^{-r_n T_n} \mathcal{N}(d_2)$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, donde  $E_1 \dots E_n$  es la serie de tiempo del valor de mercado del patrimonio de la compañía, es posible estimar el valor de los activos  $A_1 \dots A_n$  para cada punto de tiempo y con ello estimar la volatilidad de los activos  $\sigma_A$  a partir de los rendimientos logarítmicos. Con esta metodología se obtendría una volatilidad mucho más robusta para el cálculo de la probabilidad de incumplimiento de una compañía, teniendo una perspectiva mucho más realista de este problema.

## Conclusiones

En este proyecto se realizó un sistema capaz de analizar el riesgo crediticio de compañías que se encuentren cotizando en la bolsa, utilizando los modelos de Altman y Merton para la toma de decisiones sobre si es factible extender un crédito a una compañía. Se diseñó un dashboard en con Streamlit para presentar una herramienta fácil de usar para el usuario, en dónde puede introducir el ticker de su preferencia y el tipo de industria de cada compañía.

Esta interfaz gráfica se está conectada a las funciones que recopilan los datos y generan las decisiones por medio de una API creada con FastAPI. Una vez calculados los respectivos Z-Score, DD y PD de los modelos de Altman y Merton, estos resultados son regresados con la API y presentados al usuario en el dashboard, incluyendo una tabla de resumen con las decisiones gráficas para observar cómo están distribuidos las ratios de Altman.

Finalmente, con las compañías analizadas, se observó que Ford y Boeing se les rechazaría un crédito, pues Altman indicó que presentan problemas en su salud financiera, mientras que a las demás compañías si se les aprobarían créditos, aunque para Apple y Microsoft se recomendó tener precaución con esta decisión. Por otro lado, el modelo de Merton indicó que todas las compañías serían capaces de cubrir sus pasivos, por lo que las probabilidades de incumplimiento fueron de 0%, por lo que se sugiere implementar una nueva forma de estimar la volatilidad de los activos, pues actualmente se obtienen valores muy pequeños que sesgan la distancia al incumplimiento.

## Referencias

- Altman, E. I. (2000). Predicting Financial Distress of Companies: Revisiting the Z-Score and ZETA® Models. Working Paper, Stern School of Business, New York University.
- Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 29(2), 449–470.
- Yahoo Finance. (2026). Financial statements data retrieved via the yfinance Python library (v0.2.x). Disponible en : <https://github.com/ranaroussi/yfinance>
- Diapositivas vistas en clase.