

Evaluación de Proyectos [CI4152-1]

Evaluación de Proyectos Bajo Incertidumbre – Análisis de Sensibilidad, de Escenarios y Value at Risk

Semestre de Primavera 2025.

Profesor de Cátedra: Diego Gutiérrez Alegría.

Análisis de Riesgo



Contenidos Informe Final

2.3.6. Análisis de Sensibilidad

- Análisis de Sensibilidad: Busca responder qué tan sensible es el VAN del proyecto ante variaciones en los parámetros que lo determinan (precios, cantidad de ventas, costo variable unitario, costo fijo, inversión, costo de la deuda, tasa de descuento, etc.). Considere 5 variables de interés y calcule su elasticidad para variaciones del 10 %. Seleccione las 2 variables de interés con mayor elasticidad y desarrolle su análisis de sensibilidad.
- Puntos de inflexión de las variables elegidas en el Análisis de Sensibilidad: De las 2 variables de interés, calcule los valores límite tales que el proyecto pase de conveniente a no conveniente, usando Solver de Ms. Excel o Análisis de Hipótesis.
- Análisis de Escenarios: Soluciona la unidimensionalidad del 'Análisis de Sensibilidad', ya que plantea 3 escenarios (pesimista, más probable y optimista) y así en cada escenario, se puede hacer variar más de una variable respecto al escenario más probable. Para su proyecto se espera que entreguen ponderadores para sus 3 escenarios de los flujos de caja del proyecto y calculen el VAN esperado.

Metodologías de Análisis Individual de Riesgo en Proyectos

Estas metodologías nos permiten evaluar la conveniencia de cada alternativa de proyecto de inversión separadamente. Dentro de este enfoque existen diversos métodos para determinar la conveniencia de un proyecto:

- Análisis de Sensibilidad.
- Análisis de Escenarios.
- Simulación (VaR – Método de Montecarlo).
- Ajustes en la tasa de descuento (CAPM y WACC).

Análisis de Sensibilidad

Primero, se realiza la Evaluación del Proyecto en una situación base, tomando los valores esperados o medios de las variables aleatorias. Después, se determinan las variables que, a priori, resultan más significativas y que afectan de mayor manera a los indicadores económicos del proyecto, y se modifican en cierto rango para ver cómo estos van cambiando.

Entre las variables más significativas, generalmente se tienen:

- Precios de venta.
- Costos de insumo.
- Volúmenes de venta.
- Inversión.
- Tasas de interés.

Considerar siempre, que las variables más significativas pueden variar de proyecto en proyecto.

Análisis de Sensibilidad

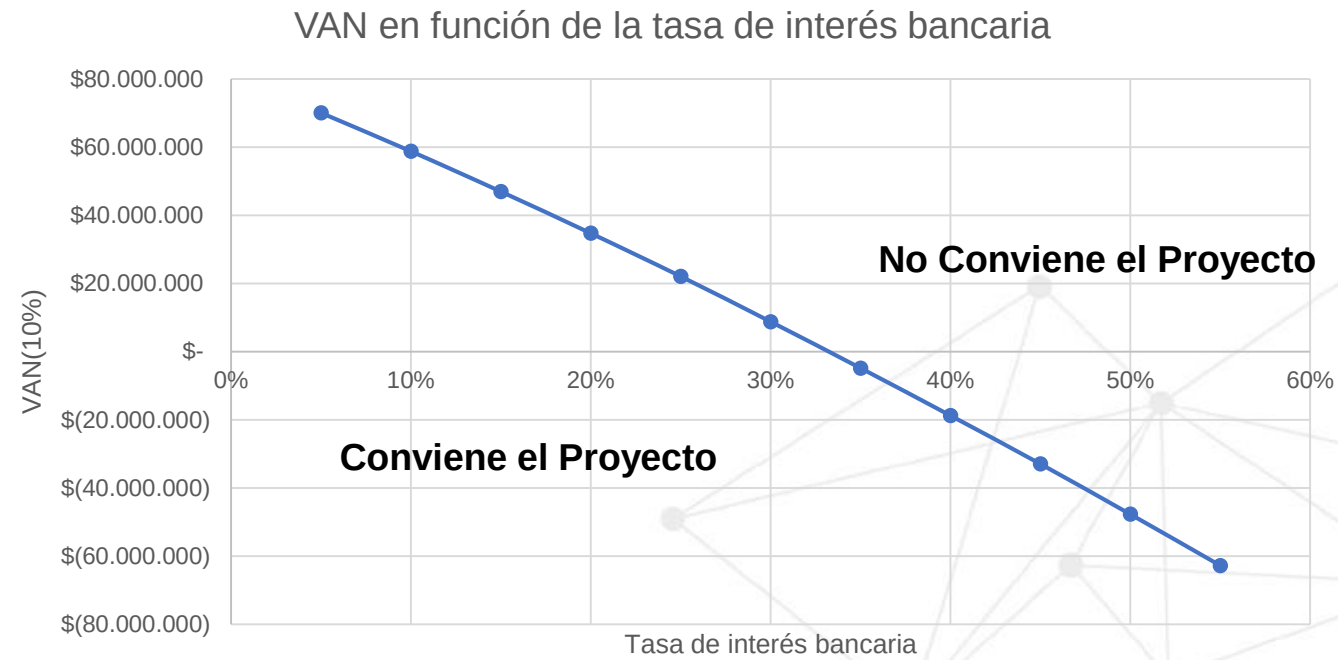
¿Cómo determinar cuál de las variables provocan un mayor impacto en los indicadores económicos? Utilizando el concepto de elasticidad.

$$\text{Elasticidad} = \frac{\frac{\text{Delta VAN}}{\text{VAN}_0}}{\frac{\text{Delta X}}{X_0}}$$

	Precio Variable	VAN	Variación VAN	Delta VAN/VAN ₀	Elasticidad
-10%	\$ 900	\$ 37.442.633	\$ 15.411.064	69,9%	699%
Caso Base	\$ 1.000	\$ 22.031.569	\$ -	0,0%	0%
10%	\$ 1.100	\$ 6.447.658	\$ -15.583.911	-70,7%	-707%

Análisis de Sensibilidad

Si una variable aleatoria es una variable con una alta elasticidad (variable riesgosa), es recomendable hacer un análisis de sensibilidad a dicha variable.



Análisis de Sensibilidad

Siempre es importante definir los valores límites, tal que la variable logra que el proyecto pase de conveniente a no conveniente, y viceversa. Usar Solver o Análisis de Hipótesis.

Tasa de Interés
Bancaria Límite:

33,22%.

Buscar objetivo ? X

Definir la celda:

Con el valor:

Cambiando la celda:

Aceptar **Cancelar**

Parámetros de Solver X

Establecer objetivo:

Para: ☒ Máx ☐ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

Agregar
Cambiar
Eliminar
Restablecer todo
Cargar/Guardar

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: **Opciones**

Método de resolución
Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda **Resolver** **Cerrar**

Análisis de Sensibilidad

Ventajas del Análisis de Sensibilidad:

- Fácil aplicación y fácil de entender. Sirve bien como primer paso.
- Útil si no se cuenta con la información histórica asociada al comportamiento de la variable.

Desventajas del Análisis de Sensibilidad:

- Sólo permite analizar variaciones de un sólo parámetro a la vez.
- No utiliza la distribución de probabilidad del parámetro a sensibilizar (en el caso de contar con dicha información, este método no lo aprovecha).
- No entrega la distribución de probabilidades del indicador de rentabilidad.

Análisis de Escenarios

Este método permite resolver el problema de la unidimensionalidad del análisis de sensibilidad. Esto se logra a través de definir escenarios para las distintas variables riesgosas que afectan la inversión.

Cada escenario está determinado por los valores que supuestamente tomarían las variables riesgosas en estos. Habitualmente se definen 3 escenarios: optimista, medio (también llamado escenario base o neutro) y pesimista.

Es importante que exista cierta coherencia entre las variables a modificar del escenario y su porcentaje de probabilidad de ocurrencia.

Análisis de Escenarios



Digamos que, dentro de nuestras variables a considerar en nuestro análisis de escenarios, está el precio de cotización de la libra de cobre en la Bolsa de Metales de Londres, así como también el tipo de cambio CLP – USD (importante para, por ejemplo, conocer el costo de bienes o materia prima importada).

¿Es correcto señalar que, en un escenario probable, el dólar suba un 10% y que, al mismo tiempo, el cobre suba un 50% según cotizaciones en la BML?

Análisis de Escenarios

Según el Banco Central de Chile, existe causalidad a la Granger del precio del cobre sobre el tipo de cambio CLP - USD para todos los plazos por sobre cuatro semanas. Con respecto a la dirección inversa, la causalidad es para todos los plazos.

Causalidad Wiener-Granger: Prueba que sirve para comprobar si los resultados de una variable sirven para predecir a otra, así como también para saber si esta causalidad es unidireccional o bidireccional.

 BANCO CENTRAL DE CHILE

RELACIÓN ENTRE EL DÓLAR, EL PRECIO DEL COBRE Y EL IPSA EN DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO: UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DE WAVELET

Werner Kristjansson R.*
Alejandro Sierra C.*

I. INTRODUCCIÓN

El poder determinar la influencia del precio del cobre en el tipo de cambio y cómo estas dos variables afectan al mercado accionario chileno, es importante debido a sus repercusiones en la economía chilena. Más aún, el establecer si existe una dirección en la relación de estas variables genera la base para tomar decisiones y predecir su comportamiento. Pero habitualmente se realiza este análisis sin tener en cuenta la influencia de la frecuencia temporal, como por ejemplo cuál es el efecto o relación de corto plazo y cuál es el de largo plazo. Por ello, este estudio busca determinar la relación entre el tipo de cambio, el precio del cobre y el mercado accionario chileno a diferentes escalas de tiempo. De hecho, el hacer un análisis de causalidad con precios semanales y compararlo con el análisis con precios mensuales podría ser una forma simple de analizar diferentes plazos, pero en ese análisis mensual se está incorporando el efecto semanal, dado que no se desagregan las series. Por ello, bajo el análisis de descomposición, cada serie contiene solo el comportamiento de su plazo, quedando sin interferencia de los plazos menores y mayores que ella. Obviamente, estas interferencias implican que las conclusiones que se deducen de manera tradicional no son completamente válidas.

Para cumplir con este objetivo se aplicará *wavelet*, mediante el análisis multiresolución, lo que permitirá realizar la descomposición de las series de tiempo en diferentes escalas de tiempo. Al poder descomponer las series en diferentes escalas y aplicando causalidad a la Granger, se podrá determinar la dirección de la relación para diferentes plazos temporales, pudiéndose distinguir comportamiento de corto, mediano y largo plazo. El análisis con diferentes escalas temporales logra determinar verdaderas relaciones a diferentes horizontes, lo que es mejor que un análisis a nivel general, ya que este no puede percibir algunas relaciones temporales e incluso puede evidenciarlas erróneamente. Para mayor robustez de las conclusiones, se aplicará un modelo de causalidad a la Granger no lineal.

Existen diferentes estudios de aplicaciones de *wavelet* en mercados accionarios y de materias primas: Shik Lee (2004), Xiong et al. (2005), Fernández (2006), Graham et al. (2013), Lai et al. (2006), Tiwari et al. (2013), Sadorsky (2000) y Zhang y Wei (2010), entre otros.

* Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María. E-mail: werner.kristjansson@usm.cl; alejandro.sierra@alumnos.usm.cl

Análisis de Escenarios



[Inicio](#) > [Mercados](#) > [Bolsa & Monedas](#)

Bolsa & Monedas

Dólar cierra bajo \$900 por primera vez desde inicios de enero por crecientes expectativas de que el precio del cobre seguirá escalando

Una decena de divisas emergentes se apreció frente al dólar, destacando el peso chileno en el segundo lugar del ranking.

LT PULSO

PULSO PM

[Monedas](#) [Dólar](#) [...](#)

El dólar extiende sus ganancias en medio del desplome del cobre tras cifras desde China y aversión global al riesgo

La moneda de Estados Unidos en Chile busca extender su tendencia consecutivas de ganancias.

Emiliano Carrizo y Agencia Reuters **16 ABR 2024** 04:23 PM Tiempo de lectura: 4 minutos

Análisis de Escenarios

De esta forma, un escenario es un cambio coherente en las variables riesgosas, ya que no todas las combinaciones de variables aleatorias son igualmente probables. La definición de los escenarios posibles debe ser realizada por la propia organización que está evaluando el proyecto o por expertos de ese sector industrial.

Este método es levemente mejor que el de sensibilidad, ya que considera que hay variables que pueden variar en forma conjunta (no necesariamente una a la vez), pero mantiene las desventajas y sesgos del análisis anterior.

Análisis de Escenarios

Análisis de Escenarios: Multivariable - Para Flujo de Caja Financiado						
Variable	Rango			VAN		
	Pesimista	Esperado	Optimista	Pesimista	Esperado	Optimista
Tasa de Interés	30,00%	25,00%	20,00%	\$ -24.136.487	\$ 22.031.569	\$ 65.404.071
% VR Infraestructura	70%	80%	90%			
Costo Terreno	\$ 120.000.000	\$ 100.000.000	\$ 80.000.000			
Precio Insumo X	\$ 1.100	\$ 1.000	\$ 900			

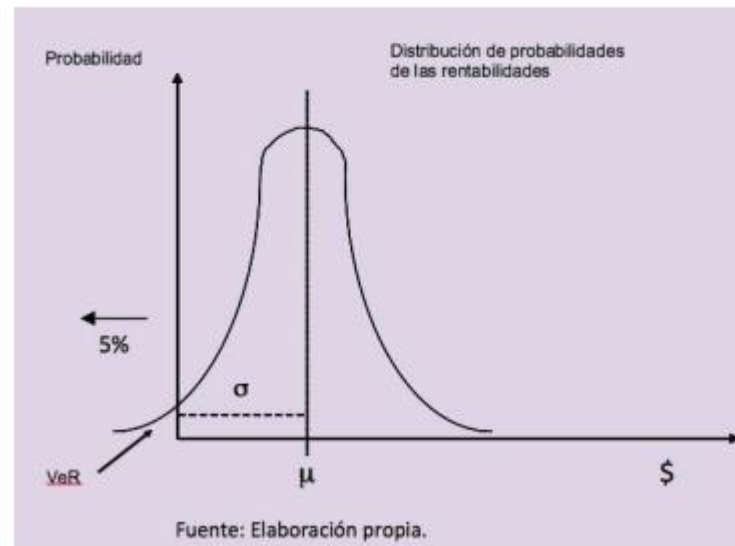
Ponderador	0,25	0,50	0,25
------------	------	------	------

VAN Esperado	\$ 21.332.680
--------------	---------------

Value at Risk (VaR) - Simulación

Lo que el VaR mide es la exposición al riesgo para un cierto nivel de confianza, es decir, el monto máximo que se podría perder para ese nivel de confianza, en cierto intervalo de tiempo. Para este curso, se utilizará el Método de Montecarlo para el cálculo del VaR.

Figura 10.23: Valor en Riesgo (VER)



Value at Risk (VaR) - Simulación

En la Simulación de Montecarlo (método que se usará para el cálculo del VaR en este curso), los datos son obtenidos simulando con métodos estadísticos, mediante la generación aleatoria de valores de las variables riesgosas, de acuerdo con alguna función de distribución. En el caso de varios factores de riesgos, este método se basa en el supuesto de que tenemos información suficiente sobre la distribución conjunta de estas variables.

Entonces, generando valores de acuerdo con esta distribución conjunta, podemos generar un gran número de escenarios, y para cada uno de ellos calcular un VAN, de forma que un número elevado de escenarios nos permite obtener una buena aproximación a la distribución del VAN. El menor quintil, 1%, 5% o lo que se desee según el nivel de confianza de esa distribución será la aproximación al VaR.

¿Cómo poder obtener estas funciones de distribución probabilística?

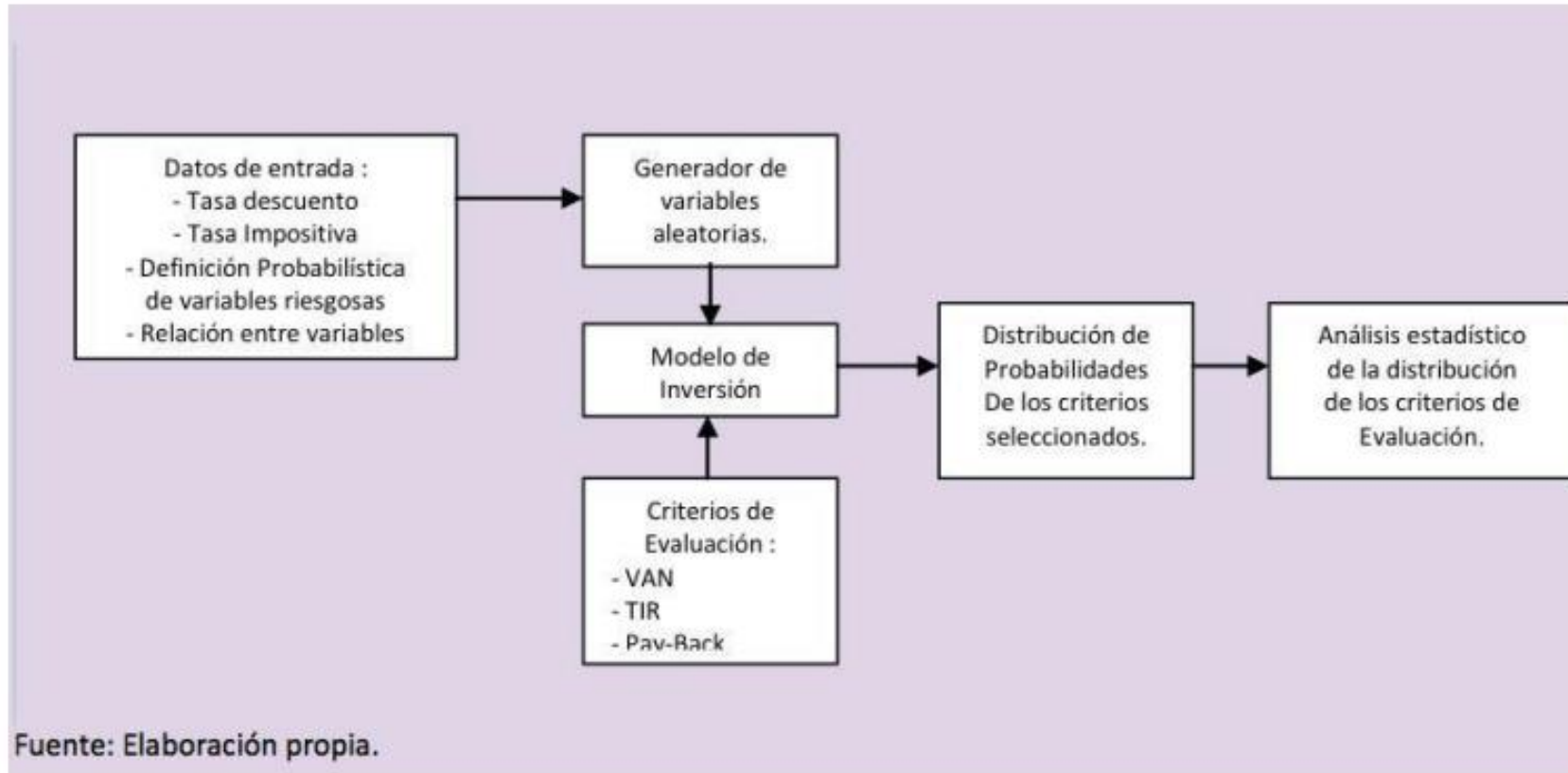
Value at Risk (VaR) - Simulación

En respuesta a las limitaciones en modelos probabilísticos, se tiene el análisis por Simulación.

Al tener a la mano diferentes softwares con la capacidad de ejecutar una gran cantidad de cálculos en poco tiempo, se tiene la posibilidad de recrear numérica y reiteradamente la experiencia aleatoria que interesa analizar, por medio de un modelo que describa el comportamiento del sistema.

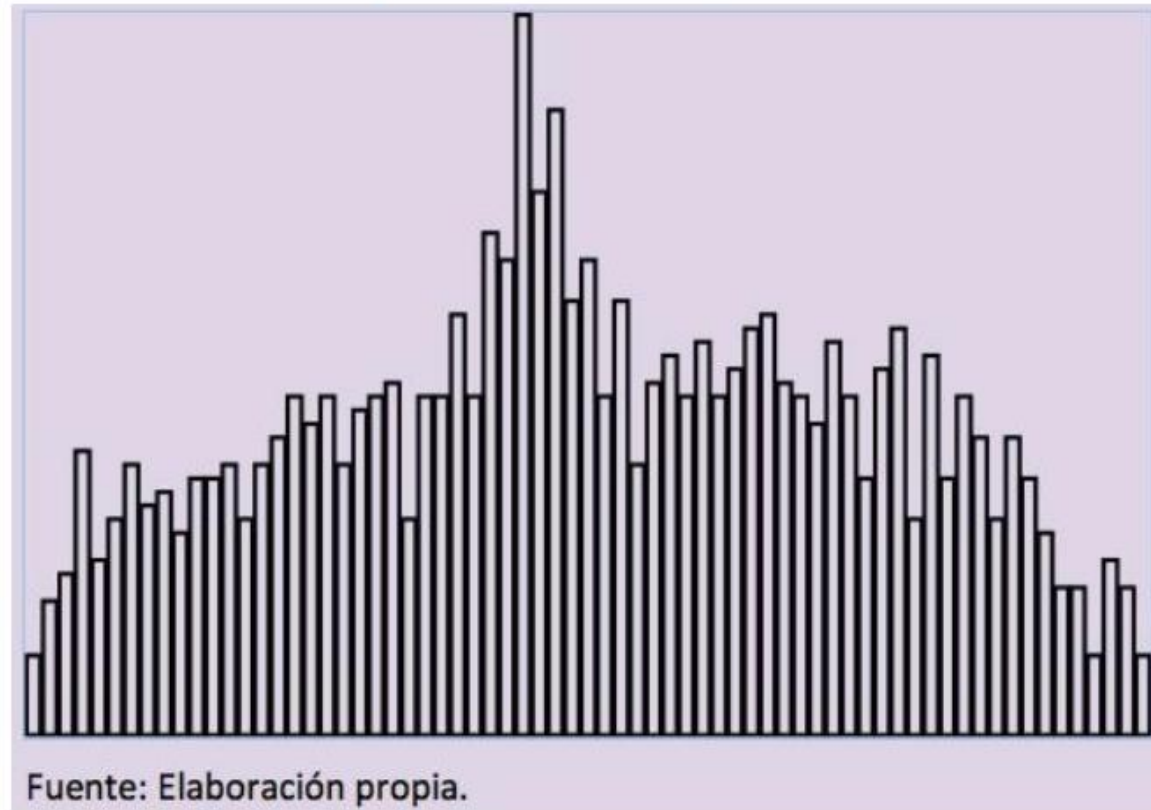
Importante: No se usará como una forma de optimizar, sino que se utilizará sólo para poder entender el comportamiento del indicador económico de interés en base al comportamiento aleatorio de las variables que forman parte de su cálculo.

Value at Risk (VaR) - Simulación



Value at Risk (VaR) - Simulación

Figura 10.17: Histograma



Value at Risk (VaR) - Simulación

Ahora, los datos de entrada necesarios son las distribuciones probabilísticas de las variables riesgosas. Cada una de estas distribuciones pueden tener formas particulares. Entre las más usadas están:

- Distribución Uniforme.
- Distribución Triangular.
- Distribución Normal.
- Distribución Binomial.
- Distribución Log-Normal.

Aunque también se pueden usar distribuciones ad hoc a las particularidades de la variable aleatoria, en base a su comportamiento histórico.

Value at Risk (VaR) - Simulación

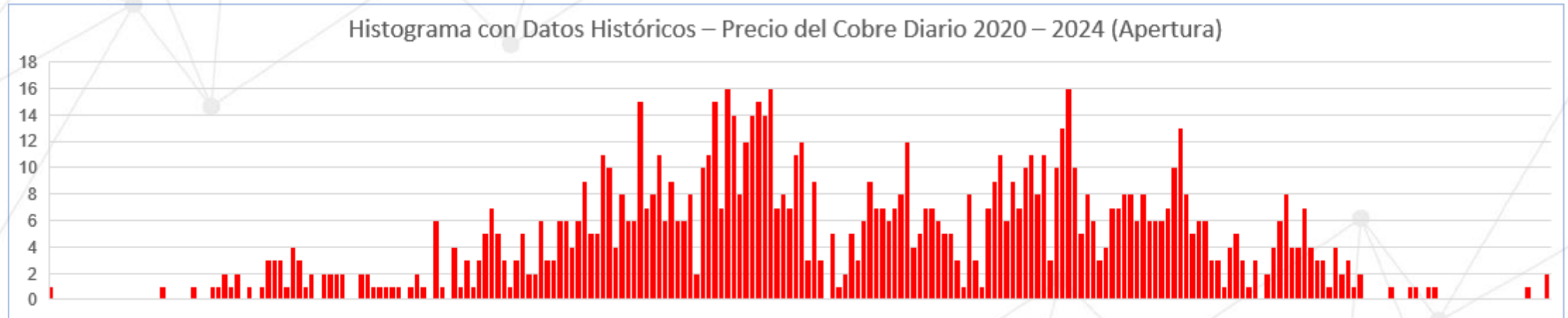
¿Qué distribución de probabilidades usar?

Existen softwares de apoyo, como el @Risk o Crystal Ball que permiten obtener ajustes de curvas en base a datos históricos, seleccionando las distribuciones que mejor se ajustan con test estadísticos que miden bondad de ajuste:

Ejemplos de dichos test estadísticos.

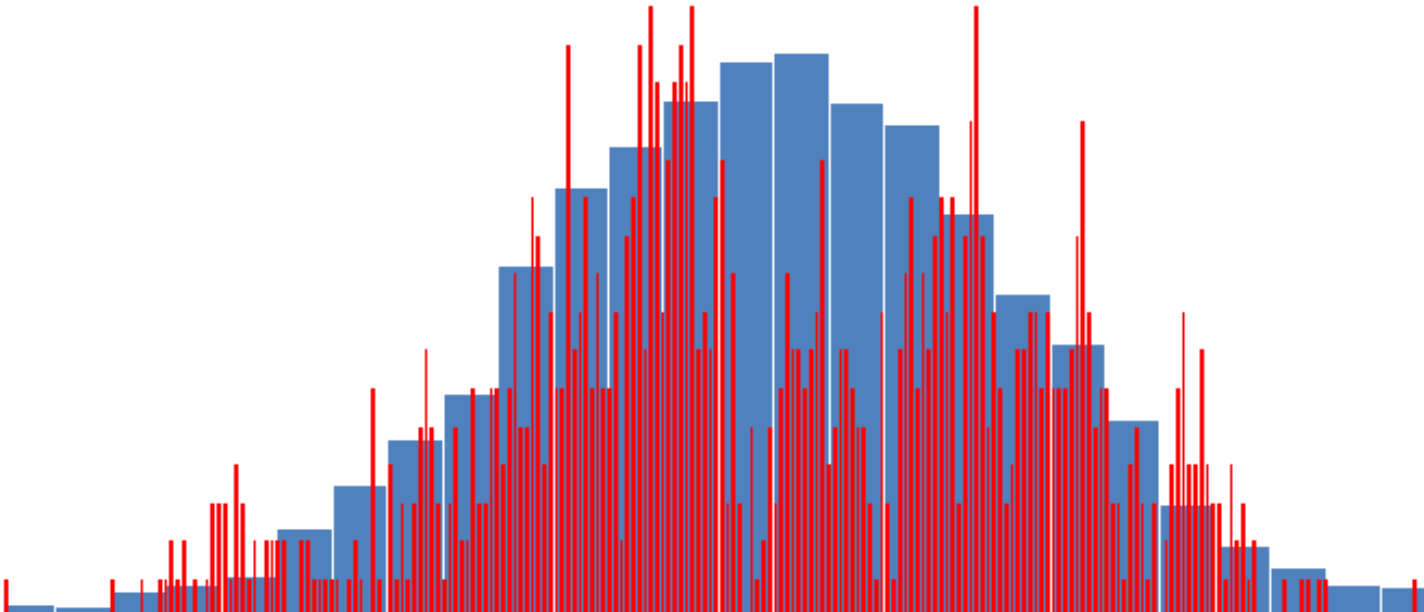
- Prueba χ^2
- Prueba de Kolmogorov - Smirnov

Value at Risk (VaR) – Simulación



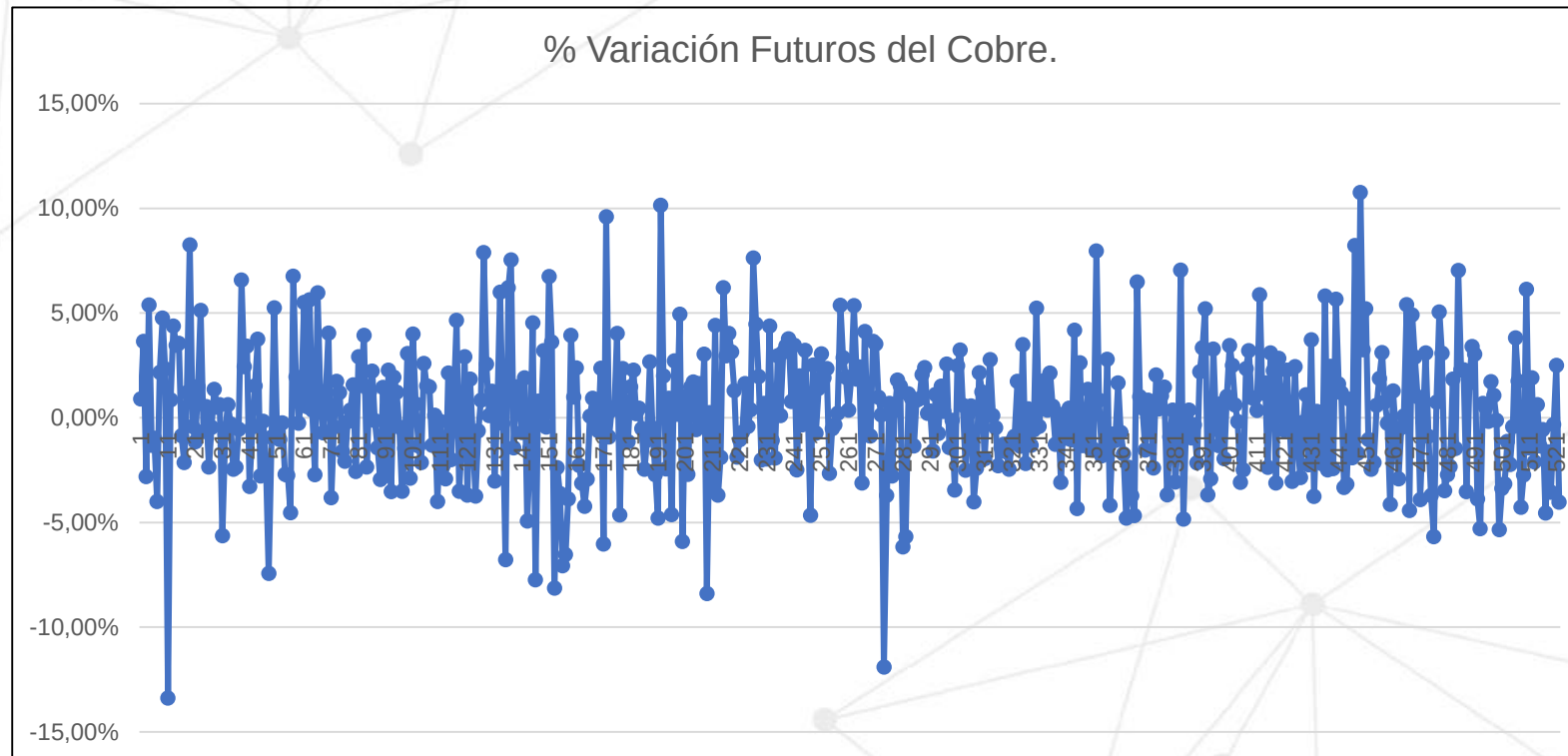
$$\bar{x} = 3,9973 \text{ USD.}$$
$$\sigma = 0,429 \text{ USD}$$

Value at Risk (VaR) - Simulación

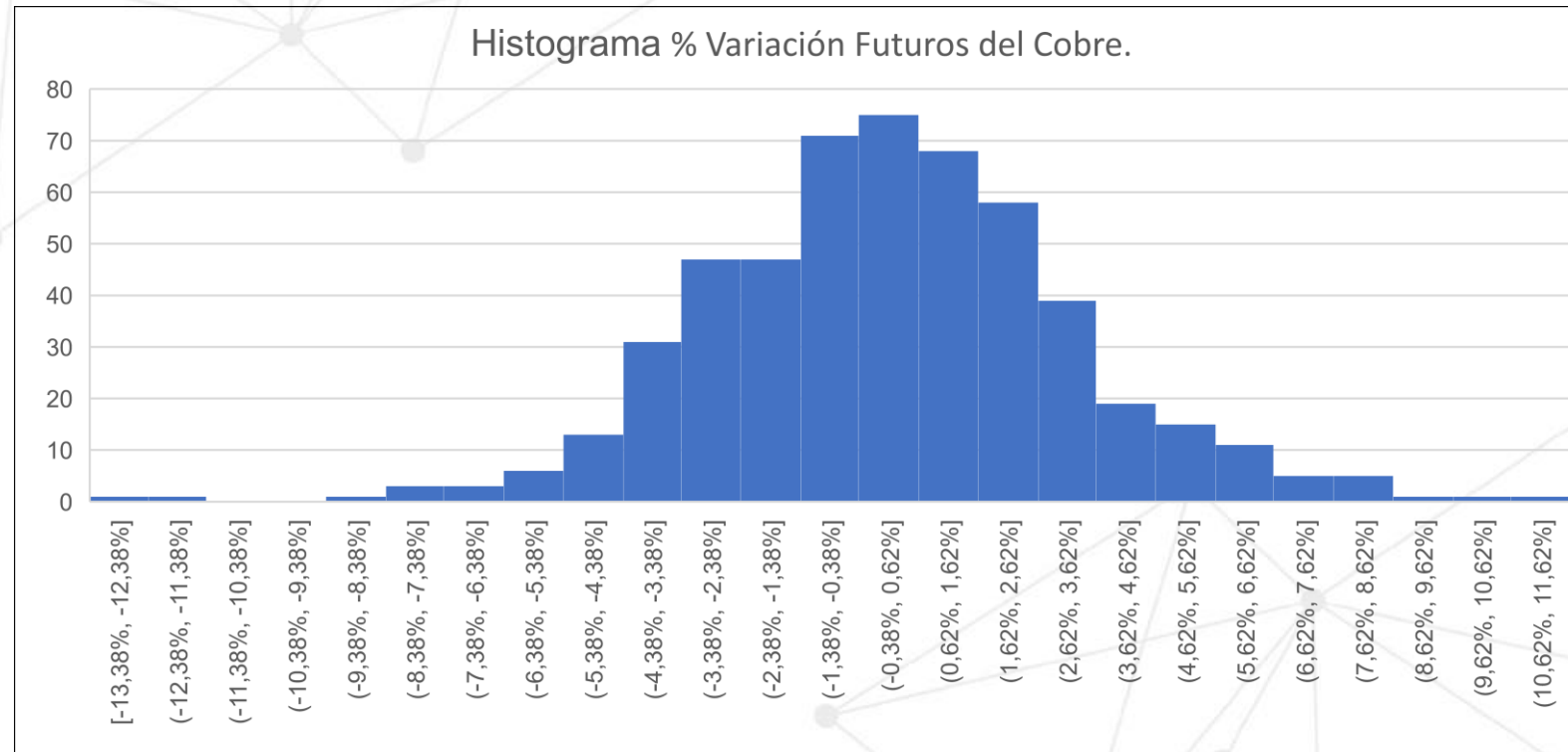


Pruebas de bondad de ajuste quizás concluyan que se necesita realizar un ajuste a la función de probabilidad utilizada en la simulación.

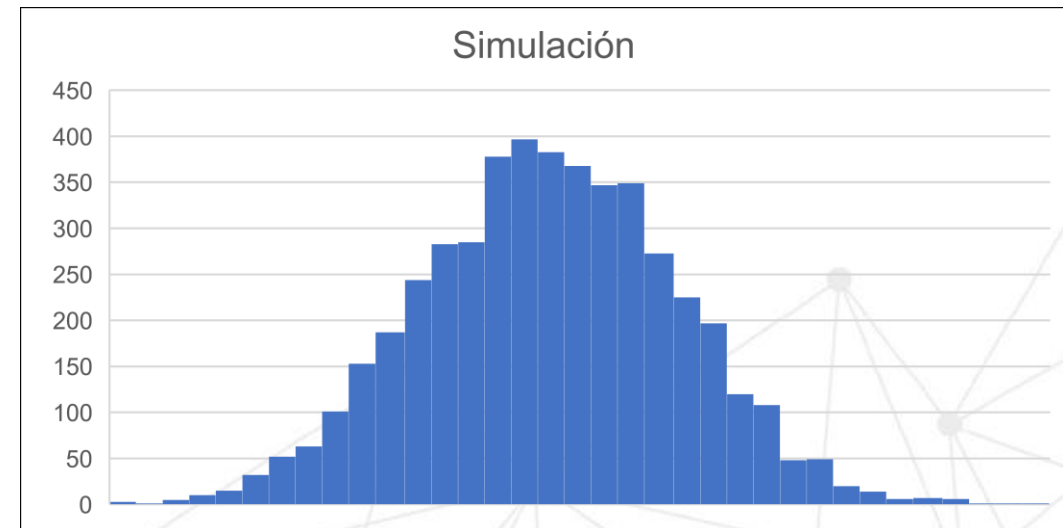
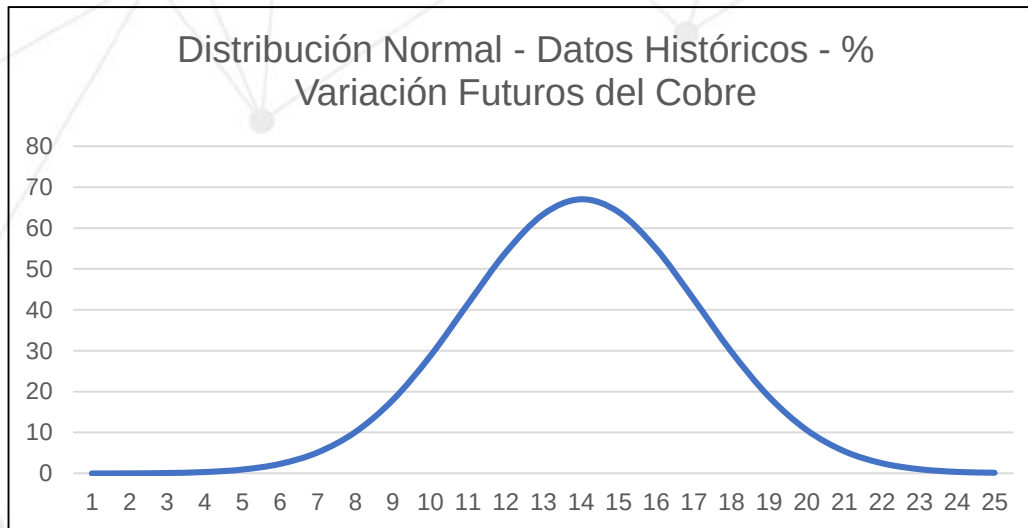
Value at Risk (VaR) - Simulación



Value at Risk (VaR) - Simulación



Value at Risk (VaR) - Simulación



Value at Risk (VaR) - Simulación

Importante: La simulación de Montecarlo requiere simular la distribución conjunta de las variables riesgosas (en el caso de que se utilicen varias variables en la simulación), para lo cual se requiere hacer Descomposición de Cholesky lo cual nuevamente requiere softwares ad hoc o programación.

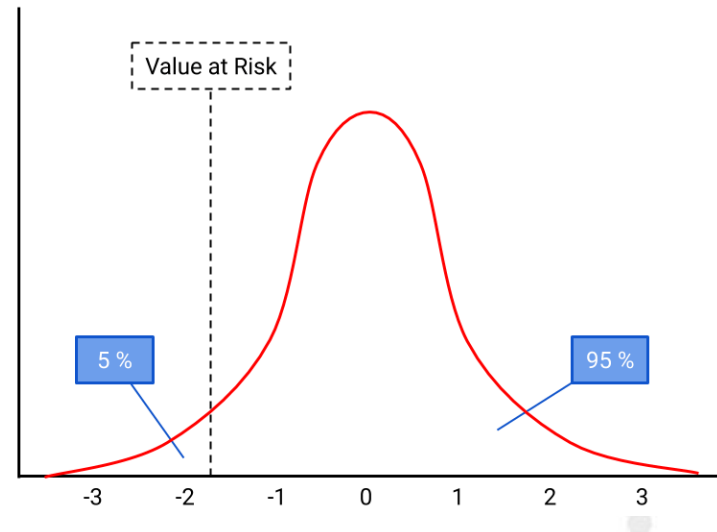
En un modelo de Montecarlo para el cálculo del VaR, necesitamos simular los movimientos futuros de múltiples factores de riesgo (por ejemplo, precios de acciones, tasas de interés, tipos de cambio) que a menudo están correlacionados entre sí. Ignorar estas correlaciones puede llevar a una subestimación del riesgo.

La Descomposición de Cholesky es una herramienta indispensable en el cálculo del VaR utilizando método de Montecarlo, porque permite transformar variables aleatorias independientes en variables aleatorias correlacionadas de manera eficiente, lo que es esencial para capturar la estructura de riesgo real de una cartera y generar escenarios futuros realistas.

Value at Risk (VaR) - Simulación

Entonces al tener la distribución de probabilidad de la variable, utilizando un script sencillo (en Python, Visual Basics, etc.), podremos obtener valores aleatorios (Por ejemplo, obtener 1.000 o 10.000 valores diferentes) y calcular el VAN para cada uno.

Todos estos VAN calculados se ordenan de menor a mayor, y se determina el VAN límite. A partir de este VAN límite, todos los VAN será superiores a cierto nivel de confianza definido (95%, 99%, etc.). Dicho VAN será el VaR (VaR al 95%, VaR al 99%, etc.).



Próxima Clase

- Optimización
- Momento Óptimo de Inicio



dic INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE



SECCIÓN INGENIERÍA CIVIL