

MANUAL DEL ANÁLISIS PROBABILÍSTICO

Simulación de Monte Carlo con fórmulas vivas

Teoría, ingeniería y lectura de la hoja 8.MonteCarlo del caso Tostadora del Alto — del número único a la distribución del valor

Archivo de referencia: Tostadora_del_Alto_FAST_FINAL_MC_10_10.xlsx
Edición de estudio — julio de 2026 — Jhon Alexander Jiménez Triviño

Contenido

1. Por qué simular: del número a la distribución
2. Las cuatro variables inciertas y sus distribuciones
3. La ingeniería del sorteo: cómo se fabrica el azar con fórmulas
4. La arquitectura del motor: quinientos modelos en paralelo
5. La reconciliación: la fila BASE y la prueba de degeneración
6. Cómo leer los resultados (I): el centro, la dispersión y las colas
7. Cómo leer los resultados (II): el riesgo financiero y el histograma
8. La simulación viva y el snapshot oficial
9. Los supuestos que la simulación NO elimina
10. Síntesis: qué cambió la simulación en la decisión

Fuentes sugeridas para calibrar una versión profesional

Antes de usar los resultados: checklist de siete puntos

Glosario probabilístico mínimo

1. Por qué simular: del número a la distribución

Todo el modelo determinístico desemboca en un número: VAN de +\$1.645 millones. Ese número es honesto pero incompleto, porque es la respuesta a una pregunta condicional — ¿cuánto vale el proyecto SI el café cuesta \$19.000, SI la planta llega al 85%, SI el precio es \$30.000, SI la inflación es 4,5%? — y ninguno de esos cuatro 'si' es una certeza. El análisis de sensibilidades dio el primer paso: mover una variable a la vez y medir el daño. Pero la realidad no mueve una variable a la vez; las mueve todas, simultáneamente, en combinaciones que nadie eligió. La simulación de Monte Carlo es la respuesta metodológica a ese problema: en lugar de preguntarle al modelo '¿cuánto vale el proyecto?', le pregunta '¿cuánto podría valer, y con qué probabilidades?'.

La mecánica es de una simplicidad hermosa. Se reemplazan los valores puntuales de las variables inciertas por distribuciones de probabilidad — el café ya no ES \$19.000: se distribuye alrededor de \$19.000 con la volatilidad que el mercado del grano exhibe. Luego se corre el modelo completo muchas veces (aquí, 500), y en cada corrida cada variable toma un valor sorteado de su distribución. El resultado ya no es un VAN: es una colección de 500 VAN posibles, es decir, una distribución del VAN — con su centro, su dispersión, sus colas y, sobre todo, su probabilidad de ser negativo. El nombre viene del casino de Mónaco: la técnica nació en Los Álamos en los años cuarenta, cuando Stanislaw Ulam y John von Neumann necesitaban resolver problemas de física nuclear demasiado complejos para el cálculo analítico y descubrieron que sortear escenarios al azar, muchas veces, aproximaba la respuesta.

El cambio conceptual que exige este capítulo es el más importante del curso de riesgo: dejar de preguntar '¿cuál es el VAN?' y empezar a preguntar '¿cuál es la distribución del VAN?'. En el caso de la tostadora, la respuesta transformada es esta: el valor esperado sigue siendo positivo (+\$1.429M en el snapshot oficial), pero el 25,2% de las corridas produce un VAN negativo para el proyecto — y el 47,4% lo produce para el accionista. Ese segundo dato no existía en el mundo determinístico, y cambia la conversación del comité por completo.

2. Las cuatro variables inciertas y sus distribuciones

No todas las variables del modelo se vuelven aleatorias — solo las que combinan incertidumbre real con impacto material, que el análisis de sensibilidades ya jerarquizó. Las cuatro elegidas y la forma que se les dio:

El costo del café verde (Normal truncada en cero, $\mu=\$19.000$, $\sigma=\$1.900$). Es la variable más poderosa del modelo ($-\$191\text{M}$ de VAN por cada $+1\%$) y la más genuinamente volátil: cotiza a diario contra el contrato C de Nueva York más un diferencial. La distribución normal captura choques simétricos alrededor del nivel esperado; la desviación del 10% es un supuesto pedagógico calibrable con la serie histórica del gremio. El truncamiento en cero ($\text{MAX}(0, \cdot)$) es una salvaguarda técnica: la normal matemática admite valores negativos y un precio negativo no tiene sentido económico — con σ al 10% la probabilidad de tocar el truncamiento es astronómicamente pequeña (diez desviaciones), pero un modelo serio cierra la puerta de todos modos.

La utilización en régimen (Triangular: mínimo 70%, moda 85%, máximo 92%). Aquí la elección de la distribución es una lección en sí misma. La utilización no puede ser normal: tiene un techo físico duro (la planta no puede pasar del 100%, y comercialmente del 92% es heroico) y un piso plausible (por debajo del 70% el plan comercial habría fracasado). La triangular es la distribución natural cuando se conoce el peor caso, el caso más probable y el mejor caso — exactamente la información que un plan comercial puede dar — y no se conoce nada más fino. Nótese que solo se sortea el régimen (años 3 a 10): la rampa de los años 1 y 2 (50% y 70%) se mantiene determinística, léida de Inputs, porque es un compromiso del plan, no una incógnita.

El precio de venta a cadenas (Normal truncada, $\mu=\$30.000$, $\sigma=\$1.500$) captura el riesgo de negociación y de pricing con una volatilidad menor (5%): los contratos marco amortiguan, pero no eliminan, la variabilidad. Y el IPC anual (Normal truncada, $\mu=4,5\%$, $\sigma=1\%$) introduce el riesgo macro con una sutileza importante: se sortea UNA vez por iteración y ese valor indexa los diez años de esa corrida. Es un choque sistemático — un mundo de inflación alta es alto todos sus años — en lugar de diez sorteos independientes que se promediarían entre sí y subestimarían el riesgo.

Las cuatro distribuciones

Variable	Distribución	Parámetros	Por qué esa forma
Café verde	Normal truncada en 0	$\mu \$19.000 \cdot \sigma \1.900 (10%)	Choques simétricos de mercado; truncada por sentido económico
Utilización régimen	Triangular	mín 70% · moda 85% · máx 92%	Peor caso / más probable / mejor caso, con techo físico
Precio cadenas	Normal truncada en 0	$\mu \$30.000 \cdot \sigma \1.500 (5%)	Riesgo de negociación amortiguado por contratos
IPC	Normal truncada en 0	$\mu 4,5\% \cdot \sigma 1,0\%$	Choque macro sistemático: un sorteo indexa los 10 años

Para trabajar. Ejercicio — Básico. Duplique la volatilidad del café (F7 de \$1.900 a \$3.800), recalcule con F9 varias veces y registre qué pasa con $P(\text{VAN} < 0)$ del proyecto y con el percentil 5. Luego pregúntese: ¿por qué la media del VAN casi no cambia pero las colas sí? Esa asimetría entre centro y colas es la esencia del riesgo.

3. La ingeniería del sorteo: cómo se fabrica el azar con fórmulas

Excel solo sabe generar un tipo de azar: `RAND()`, un número uniforme entre 0 y 1 donde todos los valores son igualmente probables. Todo lo demás se fabrica a partir de él mediante la técnica de la transformada inversa, que merece entenderse porque es el corazón matemático de la hoja. La idea: si U es uniforme en $[0,1]$ y F es la función de distribución acumulada de la variable que quiero, entonces $F^{-1}(U)$ — la inversa de la acumulada, evaluada en U — produce exactamente la distribución deseada. Intuitivamente: U elige un percentil al azar ('dame el percentil 73'), y la inversa responde qué valor de la variable corresponde a ese percentil.

Para las normales, Excel trae la inversa incorporada: `NORMINV(RAND(),  $\mu$ ,  $\sigma$ )` sortea el percentil con `RAND()` y lo convierte en el valor normal correspondiente. Por eso la fórmula del café es `=MAX(0, NORMINV(RAND(), $E$7, $F$7))` — un percentil uniforme, transformado a la normal del café, truncado en cero.

Para la triangular no hay función incorporada y la inversa se escribe a mano — y aquí vive la lección técnica más importante de la hoja. La acumulada de la triangular tiene dos tramos (sube en parábola hasta la moda, baja en parábola después), así que su inversa tiene dos ramas: si U cae antes del punto de quiebre $(m-a)/(b-a)$, el valor es $a + \sqrt{U \cdot (b-a) \cdot (m-a)}$; si cae después, es $b - \sqrt{(1-U) \cdot (b-a) \cdot (b-m)}$. La regla de oro: LAS DOS RAMAS DEBEN USAR EL MISMO U . El error clásico — tan frecuente que merece nombrarse — es usar un `RAND()` para decidir la rama y OTRO `RAND()` para la magnitud: eso rompe la transformada, la variable resultante ya no es triangular y sus percentiles se distorsionan. Por eso la arquitectura de esta hoja dedica la columna C a sortear UN único U por iteración, que la fórmula de la columna E referencia dos veces (una para la rama, otra para la magnitud). Además de correcta, la solución es auditable: el U de cada iteración es una celda visible que se puede inspeccionar.

Dos propiedades más del sorteo que conviene tener presentes. Primera: `RAND()` es volátil — se re-sorteo con cada recálculo del libro, incluso al editar una celda cualquiera. Eso es lo que hace 'viva' la simulación ($F9 = 500$ escenarios nuevos) y también lo que la hace no citable directamente: por eso existe el snapshot (sección 8). Segunda: los sorteos de las cuatro variables son independientes entre sí — cada columna tiene su propio `RAND()` — lo cual es un supuesto declarado, no una verdad (sección 9).

Para trabajar. Ejercicio — Intermedio. Verifique empíricamente la triangular: copie la columna E (utilización) de una corrida, péguela como valores en una hoja auxiliar, y calcule mínimo, máximo y media. Debe cumplirse que el mínimo sea mayor o igual a 70%, el máximo menor o igual a 92% y la media aproximadamente 82,33% $(=(70+85+92)/3)$. Después dañe deliberadamente una copia de la fórmula usando `RAND()` en vez de $\$C$ en la segunda rama, repita el test y observe cómo la media se corre: acaba de reproducir, con sus propias manos, el error clásico de la triangular.

4. La arquitectura del motor: quinientos modelos en paralelo

La decisión de diseño más visible de la hoja es que cada fila de la tabla de iteraciones es un modelo financiero completo y autocontenido. Las columnas de una fila reconstruyen, de izquierda a derecha, toda la cadena causal del caso: los cuatro sorteos (columnas C a G) → el capital de trabajo de cada año (H a Q) → el flujo de caja libre del proyecto de los años 0 a 10 (R a AB) → el flujo del accionista de los años 1 a 10 (AC a AL) → y las métricas de esa corrida: VAN del proyecto, VAN del accionista, DSCR mínimo total, DSCR post-rampa, caja mínima proxy y las dos banderas de riesgo (AM a AS). Quinientas filas son quinientos modelos corriendo en paralelo, cada uno con su propio mundo sorteado.

¿Por qué así y no de otra forma? Las alternativas eran tres. Una macro VBA sería más limpia de leer pero opaca de auditar y bloqueada en muchos entornos corporativos y académicos — y el requisito de esta hoja es ser 100% fórmulas vivas. Una Data Table (la herramienta clásica de Excel para esto) es frágil, lenta, invisible para el auditor y no sobrevive bien a visores web. La fila-como-modelo, en cambio, tiene una virtud que las otras no pueden ofrecer: cada iteración es individualmente auditable. Puede pararse en la fila 237, leer su café sorteado, seguir su FCL año por año, y verificar su VAN con calculadora. En un curso cuya tesis es que los modelos se auditan, esa transparencia vale más que la elegancia.

El motor replica las ecuaciones del modelo principal con fidelidad literal: la física de la merma ($\text{kg verdes} = \text{kg tostados} \div 0,82$), el KTN por días de cartera/inventario/proveedores sobre base 360, el impuesto operativo sobre el EBIT positivo, la depreciación por componentes, y el valor residual del año 10 con los factores de realización de Inputs ($\text{VL depreciables} \times D60 + \text{lote} \times D59 + \text{KTN}_{10}$). Dos elementos entran de forma especial. La cascada de deuda NO se sortea — es determinística, pactada por contrato — así que sus intereses y amortizaciones viven en una franja de dos filas sobre la tabla (traídos vivos de 2.Estados) y todas las iteraciones los comparten. Y el escudo fiscal del accionista se acota por iteración: $\text{MIN}(\text{intereses}, \text{EBIT positivo}) \times \text{tarifa}$, porque en una corrida donde el EBIT sorteado es negativo, los intereses no generan ahorro fiscal ese año.

La única simplificación material del motor — declarada tres veces en la hoja — es la caja mínima proxy: se aproxima como el colchón inicial de \$800M más el acumulado del flujo del accionista, sin reconstruir los rezagos de impuestos y dividendos ni el cierre patrimonial de cada iteración. Es un termómetro de liquidez direccionalmente correcto, no la caja contable del balance; para un uso de comité profesional, la versión avanzada construiría la caja exacta por iteración. Saber exactamente dónde simplifica un modelo — y decirlo — es la diferencia entre una aproximación y una trampa.

Nota sobre el proxy, para que no quede duda: la caja mínima proxy no reconstruye completamente el balance, ni los rezagos exactos de impuestos y dividendos por iteración. Es útil como termómetro direccionalmente correcto de liquidez, pero no reemplaza la caja contable exacta del modelo determinístico. Para una versión profesional de comité, la mejora natural sería reconstruir la caja exacta por iteración.

Para trabajar. Ejercicio — Intermedio. Audite la fila 100: anote sus cuatro sorteos y verifique a mano el KTN del año 1 con sus valores sorteados: $\text{cartera} = \text{ventas} \times 60 / 360$; $\text{inventario} = \text{costo de materia prima} \times 45 / 360$; $\text{proveedores} = \text{costo} \times 30 / 360$. En neto, inventario menos proveedores equivale a $\text{costo} \times (45 - 30) / 360$, es decir $\text{costo} \times 15 / 360$ — ese 15 no es un input del modelo: es la resta de dos políticas de días. Compare su resultado contra la celda H100. Después verifique la coherencia del VAN de esa fila (AM100): si su café salió caro y su utilización baja, debe estar por debajo de la media; si salió al revés, por encima.

5. La reconciliación: la fila BASE y la prueba de degeneración

¿Cómo se sabe que el motor de 500 filas calcula lo mismo que el modelo principal, y no una versión sutilmente distinta? Esta es LA pregunta de auditoría de cualquier simulación, porque un motor desalineado produce distribuciones perfectamente verosímiles alrededor del número equivocado — el error más peligroso que existe, porque nada se ve mal. La hoja lo responde con dos dispositivos complementarios.

El primero es la fila BASE ('Base reproducido sin aleatoriedad', fila 517): una fila más del mismo motor, con las mismas fórmulas, pero cuyas 'variables sorteadas' no se sortean — leen directamente los inputs activos del modelo principal. Si el motor es fiel, esa fila debe producir exactamente el VAN de 4.Outputs. El resultado vigente: diferencia de \$0 exactos, en el proyecto Y en el accionista (\$129,1M contra \$129,1M). Un check dedicado vigila esta identidad con tolerancia editable (celda azul, \$1.000.000) y grita ERROR si el motor se desalinea. La consecuencia operativa está escrita como advertencia en la hoja: cualquier cambio en las fórmulas del motor — o en la lógica del modelo principal — obliga a reconciliar de nuevo contra la BASE antes de confiar en una sola cifra.

El segundo dispositivo es la prueba de degeneración, documentada como procedimiento en 7.Auditoría: colapsar las distribuciones (desviaciones en cero, triangular con mínimo=moda=máximo) y verificar que las 500 filas — ya sin azar que las diferencie — reproducen todas el VAN determinístico. Al ejecutar la prueba sobre este archivo, la desviación máxima de una iteración contra el determinista es de \$43 mil sobre miles de millones (puro redondeo de las sigmas mínimas). Y la prueba tiene dientes, como se comprueba plantando un error deliberado — por ejemplo, eliminar el valor residual de las fórmulas del año 10 —: la degeneración lo delata con una brecha de \$883 millones. La moraleja es la del curso entero: las defensas también se prueban plantándoles el error que dicen vigilar.

ADVERTENCIA DE AUDITORÍA. No modifique fórmulas del motor Monte Carlo sin verificar que la fila BASE reconcilie contra 4.Outputs. Si la reconciliación falla, la simulación queda invalidada aunque el histograma y los estadísticos parezcan razonables.

Mapa de la hoja 8.MonteCarlo: bloques, rangos y propósito

Bloque	Rango	Qué contiene	Para qué sirve
Parámetros de distribución	B6:K13	Variables, distribuciones, parámetros (azules editables), justificación, fuente sugerida y tolerancia de reconciliación	Define el universo probabilístico
Franja de servicio de deuda	AC12:AL14	Intereses y amortización por año, vivos desde 2.Estados	Insumo determinístico compartido por todas las iteraciones
Iteraciones vivas	B15:AS515	Encabezados (15) y 500 corridas (16–515): U, sorteos, KTN, FCL, FCA, VAN, DSCR, caja proxy y banderas	Motor principal de simulación
Fila BASE	B517:AS517	El mismo motor con los inputs activos del modelo (sin azar)	Reconciliación contra el modelo principal
Estadísticos duales	AV5:AZ20	Media, mediana, σ , percentiles, $P(VAN < 0)$, CV con su nota, y caso base — proyecto vs accionista	Lectura ejecutiva del valor
Riesgo financiero	AV21:AY29	Probabilidades de covenant y caja, percentiles de DSCR y caja, con la advertencia del proxy	Lectura ejecutiva de supervivencia
Histograma completo	AV30:AY46 (aux. BE30:BE32)	Cola <P1, 12 clases, cola >P99, fila TOTAL	Visualización íntegra de la distribución
Reconciliación	AV48:AY53	VAN de la fila BASE vs 4.Outputs!D7, diferencia, tolerancia y estado	Certifica la fidelidad del motor

Bloque	Rango	Qué contiene	Para qué sirve
Checks y estado	AV55:AY67	10 checks técnicos, alerta económica y estado de tres niveles	Control de calidad de la hoja
Independencia	AV69:AZ76	Nota metodológica y matriz de correlaciones en identidad	Declara el supuesto, auditable
Snapshot oficial	AV78:AY92	Corrida estática: fecha, versión, iteraciones, tipo, estado, seis métricas y comentario	Las únicas cifras citables
Lectura ejecutiva	AV95:AY104	Las cinco preguntas con celdas vivas y la síntesis prudente	Puente a la decisión

Para trabajar. Ejercicio — Avanzado. Ejecute usted mismo la prueba de degeneración: fije σ del café, precio e IPC en 0,0001 y la triangular en 0,849999/0,85/0,850001; recalcule y verifique que la columna AM se vuelve (casi) constante e igual al VAN de 4.Outputs. Luego plante un error a elección en las fórmulas del año 10 y observe la brecha aparecer. Restaure todo al final y confirme que la fila BASE vuelve a dar \$0.

6. Cómo leer los resultados (I): el centro, la dispersión y las colas

La tabla de estadísticos presenta, lado a lado, la distribución del VAN del proyecto y la del accionista. Leerla bien exige saber qué pregunta responde cada número — y qué trampa carga.

La media es el VAN esperado: el promedio ponderado por probabilidad de todos los mundos simulados ($\sim +\$1.400\text{M}$ para el proyecto en el snapshot oficial). Es el número que dialoga con la teoría de decisión — maximizar valor esperado — pero es sensible a las colas: unas pocas corridas extremas la arrastran. La mediana (el valor que parte la distribución en dos mitades) es inmune a ese arrastre, y comparar ambas diagnostica la asimetría: cuando la media queda por debajo de la mediana, la cola izquierda (los desastres) pesa más que la derecha — exactamente lo que ocurre en este caso, y una advertencia en sí misma. La desviación estándar ($\sim \$2.400\text{M}$) mide la dispersión total, pero en distribuciones asimétricas es un resumen pobre; los percentiles cuentan la historia completa.

Los percentiles son la herramienta ejecutiva por excelencia. El P5 ($\sim -\$2.600\text{M}$) se lee así: 'en el 5% de los mundos peores, el proyecto destruye \$2.600 millones o más' — es el Value at Risk al 95% de confianza, el número que un comité de riesgos exige ver. El P95 ($\sim +\$5.400\text{M}$) es su espejo optimista. El rango P5–P95 encierra el 90% central de los futuros posibles, y su amplitud (más de \$8.000M de punta a punta) es la medida honesta de cuánto NO sabemos. Y la métrica estrella de toda la hoja: la probabilidad de VAN negativo, que convierte la distribución entera en una sola cifra de conversación — $\approx 25\%$ para el proyecto, $\approx 47\%$ para el accionista. Nótese lo que esa pareja de números hace: cuantifica probabilísticamente la tesis que el modelo determinístico solo podía sugerir. El activo es razonable; el pacto del accionista es una moneda al aire.

Una trampa documentada en la propia hoja: el coeficiente de variación (σ/media) del accionista puede salir enorme o negativo, no porque el riesgo se haya disparado, sino porque su denominador — la media — está cerca de cero. Cuando la media ronda el cero, el CV pierde poder interpretativo; use percentiles y probabilidad de pérdida. La nota está junto a la celda para que ningún lector automático caiga.

Qué responde cada estadístico

Estadístico	Pregunta que responde	Trampa a evitar
Media	¿Cuál es el valor esperado?	Sensible a colas extremas
Mediana	¿Cuál es el escenario 'del medio'?	No capta la asimetría por sí sola: compárela con la media
Desviación estándar	¿Cuánta dispersión total hay?	Resumen pobre si la distribución es asimétrica
P5 (VaR 95%)	¿Qué tan malo es el 5% peor?	No dice nada del tamaño de pérdidas MÁS allá del P5
P95	¿Qué tan bueno es el 5% mejor?	No es un objetivo: es una cola
P(VAN<0)	¿Qué probabilidad hay de destruir valor?	Depende de las distribuciones supuestas: es condicional a ellas
Coef. de variación	¿Riesgo por unidad de retorno?	Inestable con media cercana a cero (caso del accionista)

7. Cómo leer los resultados (II): el riesgo financiero y el histograma

La segunda mitad del tablero responde una pregunta distinta a la del valor: ¿sobrevive financieramente? Un proyecto puede tener VAN esperado positivo y aun así morir en el camino por romper su covenant o quedarse sin caja. Por eso el motor calcula, por iteración, el DSCR mínimo total, el DSCR post-rampa (contra el covenant leído de 1.Inputs!D57, jamás un 1,20 duro), la caja mínima proxy, y dos banderas: ¿esta corrida rompe el covenant? ¿esta corrida toca caja negativa?

Los agregados de esas banderas son los números más incómodos — y más valiosos — de toda la simulación: la probabilidad de incumplir el covenant post-rampa ronda el 45%, y la de caja proxy negativa el 37%. Léalo despacio: el caso base CUMPLE el covenant (1,26x contra 1,20x), pero esa holgura de seis centavos es tan delgada que casi la mitad de los mundos simulados la rompen. La sensibilidad determinística ya sugería fragilidad; la simulación le pone probabilidad. Para el banco, este es el análisis que justifica pedir garantías o repactar; para el accionista, el que justifica negociar más plazo o menos deuda ANTES de firmar.

Sobre la caja de este bloque, la misma advertencia de la sección 4 aplica con fuerza: la probabilidad de caja negativa se calcula sobre el proxy, no sobre la caja contable. El número es direccionalmente informativo — señala que la liquidez está bajo presión en una fracción material de los mundos — pero su valor exacto heredaría los rezagos que el proxy omite. Léalo como alerta, no como medición de precisión contable.

El histograma dibuja la distribución completa del VAN del proyecto con barras vivas de texto: una cola izquierda (todo lo peor que el percentil 1), doce clases centrales entre P1 y P99, y una cola derecha. Su regla de integridad — vigilada por check propio — es que las frecuencias sumen exactamente las 500 iteraciones: ni una observación puede quedar fuera del conteo. Esa regla no es cosmética, y vale ilustrar el riesgo que vigila: si la celda auxiliar donde vive el P1 se dañara — por ejemplo, pisada por una fusión de celdas —, las clases se correrían y las observaciones de VAN negativo desaparecerían silenciosamente del histograma, haciendo ver el proyecto mucho mejor de lo que es, sin que ningún ojo humano lo notara a simple vista. El check lo declararía en ERROR de inmediato y el estado de la hoja bajaría a MONTE CARLO CON ERRORES hasta la corrección. Es la mejor ilustración posible de por qué los sistemas de verificación existen: vigilan exactamente los errores que no se ven.

Para trabajar. Ejercicio — Avanzado. Endurezca el covenant hipotético: cambie 1.Inputs!D57 de 1,20x a 1,30x, recalcule y registre la nueva probabilidad de incumplimiento. Después devuélvalo y conteste: ¿cuánta holgura de covenant tendría que negociar el proyecto para que la probabilidad de ruptura baje del 20%? (Pista: pruebe valores del covenant a la baja — es equivalente a preguntar qué DSCR resiste el percentil 20 de la distribución.)

8. La simulación viva y el snapshot oficial

RAND() es volátil: cada recálculo — un F9, o la edición de cualquier celda del libro — re-sorteo las 500 iteraciones completas. Esa volatilidad es una virtud pedagógica (la incertidumbre se SIENTE: los números bailan) y un problema práctico: ¿cómo cita un profesor, un informe o un comité una cifra que cambia sola? La hoja lo resuelve con una arquitectura de dos zonas que conviene entender y respetar.

La simulación viva es todo lo que calcula con fórmulas: la tabla de iteraciones, los estadísticos, el histograma, los checks. Cambia con cada recálculo, y sus variaciones entre corridas son puro error muestral: con 500 iteraciones, la media del VAN oscila unos $\pm \$220\text{M}$ entre corridas (dos errores estándar), y las probabilidades unos ± 4 puntos. Ver esa oscilación es en sí una lección: la precisión de una simulación crece con la raíz del número de iteraciones — cuadruplicar las corridas solo duplica la precisión.

El snapshot oficial es la zona de valores estáticos: una corrida concreta, pegada como números, con su fecha, la versión exacta del archivo, el número de iteraciones, las seis métricas clave y un comentario ejecutivo prudente. Es la corrida citable — la que va al informe, la que el comité discute, la que no cambia si alguien abre el archivo y toca una celda. La disciplina de uso es simple: los números que se comunican salen del snapshot; los ejercicios y la exploración usan la simulación viva; y cuando el modelo cambia de verdad (nuevos inputs, nueva estructura), se genera un snapshot nuevo con fecha nueva. Un snapshot sin fecha o sin versión es un rumor con formato de tabla.

La regla de uso, para dejarla inequívoca: la simulación viva sirve para explorar incertidumbre y enseñar error muestral; el snapshot oficial sirve para citar una corrida específica en informes, presentaciones o comité. No deben mezclarse. Si se comunica una cifra, debe venir del snapshot; si se está explorando sensibilidad probabilística, puede usarse la simulación viva.

El snapshot oficial del archivo (valores estáticos de la corrida citable)

Campo	Valor
Fecha de corrida	08-jul-2026
Versión del modelo	Tostadora_del_Alto_FAST_FINAL_MC_10_10.xlsx
Número de iteraciones	500
Tipo de simulación	Monte Carlo vivo (RAND) + snapshot estático
Estado técnico de la corrida	MONTE CARLO VÁLIDO CON ALERTAS
VAN proyecto esperado	+\$1.429M
P(VAN proyecto < 0)	25,2%
VAN accionista esperado	-\$53M
P(VAN accionista < 0)	47,4%
P(DSCR post-rampa < covenant)	45,2%
P(caja mínima proxy < 0)	36,6%
Comentario ejecutivo	Aceptar con monitoreo, condicionado a los disparadores de renegociación (resumen; texto completo en la hoja)

9. Los supuestos que la simulación NO elimina

Monte Carlo produce números tan precisos — 'probabilidad de pérdida: 25,2%' — que es fácil olvidar que toda esa precisión es condicional a los supuestos de entrada. Esta sección existe para vacunar contra ese olvido, y recorre las tres limitaciones declaradas de la hoja.

Primera: las distribuciones son supuestos pedagógicos. La normal del café con σ del 10% no salió de un estudio econométrico: es un orden de magnitud razonable, documentado como tal, que para uso real debe calibrarse con la serie histórica del gremio, las cotizaciones del contrato C y los contratos de suministro vigentes. Cambiar la forma o los parámetros de las distribuciones cambia TODAS las probabilidades del tablero — por eso los parámetros son celdas azules editables, y por eso la tabla de justificación exige fuente por variable.

Segunda: las variables se sortean independientes. En la realidad, el costo del café, el precio de venta, la inflación y hasta la utilización pueden moverse juntos — un año de cosecha mala encarece el grano Y puede permitir subir precios; una inflación alta empuja costos Y precios. La independencia tiende a subestimar el riesgo cuando las variables malas se correlacionan positivamente entre sí (los desastres llegan acompañados). El punto metodológico fino: la independencia no se presenta aquí como 'correcta' sino como declarada y auditable — la matriz de correlaciones en identidad que acompaña la hoja documenta el supuesto sin implementarlo, para que cualquier revisor sepa exactamente qué se asumió y pueda discrepar con fundamento. Una versión profesional calibraría esa matriz con datos e implementaría las correlaciones vía descomposición de Cholesky.

Tercera: la persistencia y la caja. La utilización de régimen usa un sorteo por iteración (si sale 74%, son 74% los ocho años — persistencia perfecta, sin reversión a la media), y la caja mínima es el proxy ya discutido. Ninguna de las tres limitaciones invalida la herramienta; las tres acotan sus conclusiones. La frase correcta nunca es 'la probabilidad de pérdida ES 25%' sino 'bajo estas distribuciones e independencia, la probabilidad de pérdida es 25%'. La honestidad analítica del curso aplica aquí con más fuerza que en ningún otro lugar, porque ningún análisis parece más científico — ni puede ser más falsamente preciso — que una simulación.

Para trabajar. Ejercicio — Comité / auditoría. Redacte el párrafo de 'limitaciones metodológicas' que acompañaría esta simulación en un memorando real de comité: qué distribuciones se usaron y por qué, qué significa la independencia y en qué dirección sesga, qué es el proxy de caja, y qué haría falta para una versión de grado profesional. Máximo diez líneas. Se califica que ninguna frase sobrevenda.

10. Síntesis: qué cambió la simulación en la decisión

Vale cerrar comparando los dos mundos, ahora con las cifras exactas del snapshot oficial en la mano. El modelo determinístico dijo: el proyecto crea valor (+\$1.645M, TIR 20,8%), el accionista gana con holgura mínima (+\$129M, 0,9 puntos sobre su K_e), el covenant se cumple con 0,06x de margen — recomendación: aceptar con monitoreo. La simulación no contradijo nada de eso; lo puso en perspectiva probabilística: en el snapshot oficial, el VAN esperado del proyecto es +\$1.429M con $P(\text{VAN proyecto} < 0)$ de 25,2%; el accionista, cuyo VAN determinístico era apenas positivo, queda con VAN esperado de -\$53M y $P(\text{VAN accionista} < 0)$ de 47,4%; y la holgura de covenant que parecía delgada se rompe en el 45,2% de los escenarios, con caja proxy negativa en el 36,6%.

La decisión, notablemente, no cambia — y ese es el punto fino. 'Aceptar con monitoreo' era correcta antes y sigue siéndolo después; lo que cambió es el peso de cada palabra. Antes de la simulación, 'monitoreo' era prudencia; después, es condición de supervivencia: los disparadores de renegociación (café sostenido sobre \$21.000, utilización bajo 78%, cartera sobre 75 días) dejan de ser umbrales conservadores y se revelan como las fronteras reales entre la mitad buena y la mitad mala de la distribución. La simulación no decide por nadie. Convierte la intuición de fragilidad en probabilidades, y las probabilidades en condiciones contractuales concretas. Ese — no el histograma bonito — es su aporte a las finanzas.

Para trabajar. Ejercicio de cierre — Comité / auditoría. Prepare la lámina única que presentaría al comité: arriba, los dos VAN determinísticos; en el centro, las cuatro probabilidades del snapshot (pérdida proyecto, pérdida accionista, covenant, caja); abajo, los tres disparadores de renegociación. Susténtela en tres minutos respondiendo una sola pregunta hostil: '¿y por qué no simplemente rechazar?'.

Fuentes sugeridas para calibrar una versión profesional

Las distribuciones de este manual son supuestos pedagógicos. Para una calibración de grado profesional, cada variable debe alimentarse de su fuente natural — sin citar ediciones específicas que caduquen; en todos los casos, verificar la versión vigente al momento de actualizar el modelo.

Variable	Fuente sugerida
Café verde	Fuente sugerida: Federación Nacional de Cafeteros (precio interno de referencia), contrato C de Nueva York con su diferencial, y cotizaciones de proveedores. Calibrar μ y σ con la serie histórica; verificar versión vigente.
IPC	Fuente sugerida: DANE (serie oficial) y proyecciones y encuestas de expectativas del Banco de la República.
Precio de venta	Fuente sugerida: contratos comerciales vigentes, sondeos de canal y benchmarking de precios de góndola.
Utilización	Fuente sugerida: plan comercial y rampas históricas de proyectos comparables del sector.
Correlaciones	Fuente sugerida: series históricas conjuntas de las variables; estimar la matriz y, en versión profesional, implementarla vía Cholesky.

Antes de usar los resultados: checklist de siete puntos

Ningún número de la hoja 8.MonteCarlo debería citarse — en clase, en un informe o ante un comité — sin recorrer esta lista:

- La fila BASE reconcilia contra 4.Outputs (diferencia dentro de la tolerancia; estado OK).
- El estado de la hoja dice MONTE CARLO VÁLIDO CON ALERTAS o MONTE CARLO VÁLIDO.
- El histograma suma exactamente 500 observaciones (check en OK).
- La triangular usa un único U por iteración (columna C) y sus estadísticos pasan los checks de rango y media.
- El snapshot tiene fecha y versión, y coincide con el nombre del archivo.
- La caja mínima se lee como proxy de liquidez, no como caja contable.
- Las probabilidades se interpretan como condicionales a las distribuciones y a la independencia declaradas.

Glosario probabilístico mínimo

Término	Definición
Monte Carlo	Técnica que aproxima la distribución de un resultado corriendo el modelo muchas veces con insumos sorteados.
Distribución de probabilidad	Descripción completa de los valores posibles de una variable y sus probabilidades.
Uniforme U(0,1)	Distribución de RAND(): todos los valores entre 0 y 1 son igualmente probables; materia prima de todos los sorteos.
Transformada inversa	Método que convierte un U uniforme en cualquier distribución evaluando la inversa de su acumulada: $F^{-1}(U)$.
Normal truncada	Normal a la que se le impone un límite (aquí, cero) para respetar el sentido económico de la variable.
Triangular	Distribución definida por mínimo, moda y máximo; natural cuando eso es todo lo que se sabe. Su inversa tiene dos ramas que deben usar el MISMO U.
Iteración	Una corrida completa del modelo con un juego de valores sorteados; aquí, una fila.
Choque sistemático	Sorteo único que afecta todos los periodos de una iteración (el IPC); lo contrario de sorteos independientes por año.
Media / valor esperado	Promedio de la distribución ponderado por probabilidad; sensible a las colas.
Mediana	Valor que parte la distribución en dos mitades; robusta a extremos. Media < mediana delata cola izquierda pesada.
Percentil (Px)	Valor por debajo del cual cae el x% de las corridas. El P5 es el VaR al 95%.
P(VAN<0)	Proporción de iteraciones con VAN negativo: la probabilidad de destruir valor bajo los supuestos declarados.
Error muestral	Oscilación de los estadísticos entre corridas por usar n finito; decrece con $\sqrt{n}$.
Fila BASE	Iteración sin azar que lee los inputs del modelo principal; debe reconciliar en \$0 contra 4.Outputs.
Prueba de degeneración	Colapsar las distribuciones y exigir que todas las iteraciones reproduzcan el determinístico; certifica la fidelidad del motor.
Snapshot	Corrida oficial pegada como valores estáticos, con fecha y versión; la única citable.
Proxy de caja	Aproximación de liquidez por iteración (flujo del accionista acumulado + colchón); no es la caja contable del balance.
Independencia	Supuesto de que las variables se sortean sin relación entre sí; declarado en la matriz identidad, tiende a subestimar riesgo si los males se correlacionan.
Cholesky	Descomposición matricial con la que una versión profesional induciría correlaciones entre los sorteos.

Este glosario resume los conceptos mínimos para leer la hoja 8.MonteCarlo; no reemplaza una calibración estadística profesional ni un curso formal de probabilidad.