



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencias de la Administración

Escuela de Economía Empresarial

“Análisis comparativo entre el método determinístico y el probabilístico en la evaluación financiera de un proyecto”

*Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:*

Economista, mención Economía Empresarial

Autor: Sebastián Moreno González

Director: Eco. Bladimir Proaño Rivera

Cuenca – Ecuador

2015

## **AGRADECIMIENTOS**

---

El presente estudio es el fruto de un gran trabajo y dedicación, sin embargo no hubiera podido llevarse a cabo sin la ayuda de muchas personas que contribuyeron en mi formación tanto académica como personal. En primer lugar agradezco a mi familia y amigos, por su apoyo incondicional en todo este tiempo. También agradezco la contribución y apoyo de todas las personas, docentes, compañeros, personal administrativo y amigos, que de una forma u otra estuvieron presentes en mi formación universitaria en la Universidad del Azuay. Y de forma especial quiero agradecer a un gran profesor y director de tesis, Eco. Bladimir Proaño Rivera, al Dr. Javier Ordóñez, PhD, y al Ing. Gustavo Vinueza C., MBA, Ms. Finanzas; quienes han compartido desinteresadamente su tiempo y conocimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

AGRADECIMIENTOS .....	i
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS .....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
ESTUDIO Y EVALUACION DEL PROYECTOS: ANTECEDENTES DE LAS FINANZAS Y CONCEPTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS Y SU EVALUACION .....	1
<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Principales periodos de la historia de las finanzas .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Estudio de proyectos .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Proyecto de Inversión.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Las decisiones dentro de un proyecto .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Tipología de proyectos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 El proceso de un proyecto.....</b>	<b>5</b>
<b>2.5 Preparación y evaluación de proyectos .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5.1 Estructura general de la evaluación de proyectos .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6 El proceso de la evaluación de proyectos .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.1 Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.2 Estudio de mercado .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.3 Estudio técnico – operativo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.4 Estudio administrativo – organizacional - legal .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.5 Estudio socio – económico .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.6 Estudio económico – financiero.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6.7 Análisis de riesgo .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6.8 Estudio del impacto ambiental.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Conclusiones .....</b>	<b>15</b>

CAPÍTULO II .....	17
ESTUDIO Y EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN .....	17
<b>1. Estudio económico</b> .....	17
<b>1.1 Inversión</b> .....	18
<b>1.1.1 Depreciaciones y amortizaciones</b> .....	19
<b>1.1.2 Cronograma de inversiones</b> .....	19
<b>1.2 Capital de Trabajo</b> .....	20
<b>1.3 Costos del proyecto</b> .....	21
<b>1.4 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)</b> .....	22
<b>1.5 Beneficios del proyecto</b> .....	23
<b>1.5.1 Fijación del precio</b> .....	24
<b>1.6 Punto de equilibrio</b> .....	25
<b>2. Proyección del flujo de caja</b> .....	26
<b>2.1 Variables del flujo de caja</b> .....	26
<b>2.2 Formas de construir el flujo de caja</b> .....	27
<b>2.2.1 Flujo de caja libre (FCL)</b> .....	28
<b>2.2.2 Flujo de caja para los accionistas (FCA)</b> .....	29
<b>2.2.3 Flujo de caja de capital (FCC)</b> .....	32
<b>2.2.4 Flujos de caja de proyectos en empresas activas</b> .....	34
<b>3. Evaluación económica de un proyecto</b> .....	35
<b>3.1 Criterios de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo</b> 35	
<b>3.2 Criterios de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo..</b> 35	
<b>3.2.1 Valor Actual Neto (VAN)</b> .....	36
<b>3.2.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)</b> .....	37
<b>3.2.3 Otros criterios de evaluación económica de un proyecto</b> .....	39
<b>4. Conclusiones</b> .....	39
CAPÍTULO III .....	42
ANALISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD: MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO .....	42
<b>1. Análisis de Riesgo</b> .....	42
<b>1.1 Riesgo</b> .....	43



1.1.1	Tipos de Riesgo .....	44
1.1.2	Gestión y administración del riesgo.....	44
1.2	La gestión de riesgos en un proyecto .....	45
1.2.1	Pasos de la gestión de riesgo en un proyecto.....	46
1.3	La medición del riesgo .....	47
1.4	Métodos para evaluar el riesgo .....	49
1.4.1	Métodos para evaluar el riesgo que no manejan probabilidades.....	49
1.4.2	Métodos para evaluar el riesgo que manejan probabilidades.....	50
1.4.2.1	Método del VAN esperado y su desviación estándar .....	50
1.4.2.2	Método de la probabilidad de pérdida en la aceptación .....	51
1.4.2.3	Método del ajuste de la tasa de descuento.....	52
1.4.2.4	Método de los árboles de decisión .....	52
1.4.2.5	El método de la simulación .....	54
2.	Análisis de sensibilidad .....	54
2.1	Análisis de sensibilidad unidimensional .....	55
2.2	Análisis de sensibilidad multidimensional .....	56
3.	La simulación.....	56
3.1	Modelos de simulación .....	57
3.2	Pasos para construir un modelo de simulación .....	58
3.3	Clasificación de los modelos de simulación .....	59
3.4	Métodos de simulación.....	59
4.	La simulación Monte Carlo.....	60
4.1	Origen.....	60
4.2	Definición .....	60
4.3	La modelación y funcionamiento del método Monte Carlo en @RISK para la evaluación de un proyecto .....	61
5.	Conclusiones .....	66
CAPÍTULO IV.....		69
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO: CONCEPTUALIZACIÓN Y EJEMPLIFICACION.....		69
1.	Método determinístico .....	69
2.	Método probabilístico .....	70

<b>3. Análisis comparativo del método determinístico y probabilístico .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1 Caso desarrollado para comparar el método determinístico y probabilístico...</b>	<b>71</b>
<b>3.1.1 Datos del caso: .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2 Resolución mediante el método determinístico.....</b>	<b>72</b>
<b>3.2.1 Construcción y evaluación del flujo de caja del proyecto.....</b>	<b>75</b>
<b>3.2.2 Conclusiones de la aplicación del método determinístico .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3 Resolución mediante el método probabilístico .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3.1 Construcción y evaluación del flujo de caja del proyecto.....</b>	<b>85</b>
<b>3.3.2 Aplicación de la Simulación Montecarlo.....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.3 Conclusiones de la aplicación del método probabilístico .....</b>	<b>89</b>
<b>3.4 Análisis comparativo de los resultados obtenidos .....</b>	<b>94</b>
<b>3.4.1 Método determinístico .....</b>	<b>95</b>
<b>3.4.2 Método probabilístico .....</b>	<b>96</b>
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>98</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>101</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>110</b>
<b>GRAFICOS DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD .....</b>	<b>110</b>
<b>1. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de extracción por año.....</b>	<b>110</b>
<b>2. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de los precios del cobre .....</b>	<b>113</b>
<b>3. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de los costos de explotación por año</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>118</b>
<b>EXTRACTO DEL MANUAL DE USO DE @RISK.....</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

---

Figura 1.1: Estructura General de la Evaluación de proyecto

Figura 2.1: Flujo de caja libre

Figura 2.2: Flujo de caja para los accionistas

Figura 2.3: Flujo de caja de capital

Figura 3.1: Ejemplo árbol de decisión

Figura 3.2: Distribución de probabilidad uniforme

Figura 3.3: Distribución de probabilidad normal

Figura 3.4: Distribución de probabilidad lognormal

Figura 3.5: Distribución de probabilidad triangular

Figura 3.6: Distribución de probabilidad binomial

Figura 3.7: Distribución de probabilidad discreta

Figura 3.8: Distribución de probabilidad Poisson

Figura 3.9: Distribución de probabilidad PERT

Figura 4.1: Estructura de la mina “El Ojo Amarillo”

Figura 4.2: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 1

Figura 4.3: Gráfico de la distribución de probabilidad de la inversión necesaria en maquinaria

Figura 4.4: Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo A

Figura 4.5: Gráfico de la distribución de probabilidad de los gastos administrativos

Figura 4.6: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 1

Figura 4.7: Gráfico de la distribución de probabilidad de la tasa impositiva

Figura 4.8: Distribución de probabilidad del VAN del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”

Figura 4.9: Análisis de sensibilidad en valores del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”. Gráfico tornado.

Figura 4.10: Análisis de sensibilidad en coeficiente del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”. Coeficientes de la regresión.

Figura 4.11; Distribución de probabilidad de un VAN esperado menor o mayor a 2M

Figura 6.1: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 1

Figura 6.2: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 2

Figura 6.3: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 3

Figura 6.4: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 4

Figura 6.5: Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 5

Figura 6.6: Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo A

Figura 6.7: Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo B

Figura 6.8: Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo C

Figura 6.9: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 1

Figura 6.10: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 2

Figura 6.11: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 3

Figura 6.12: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 4

Figura 6.13: Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 5

Tabla 4.1: Inversiones necesarias para explotar el yacimiento “El Ojo Amarillo”

Tabla 4.2: Ley minera del precio del cobre según su tipo de capa

Tabla 4.3: Costos por tonelada por explotar el proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”

Tabla 4.4: Producción, ingresos y costos del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico

Tabla 4.5: Flujo de caja para los accionistas del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico

Tabla 4.6: VAN y TIR del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico

Tabla 4.7: Parámetros de la extracción proyectada diaria y su distribución de probabilidad

Tabla 4.8: Parámetros de la estimación de las inversiones necesarias

Tabla 4.9: Parámetros de los precios proyectados del cobre según el tipo

Tabla 4.10: Parámetros de los gastos de administración proyectados

Tabla 4.11: Parámetros de los costos de explotación

Tabla 4.12: Parámetros de la tasa impositiva

Tabla 4.13: Producción, ingresos y costos del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico

Tabla 4.14: Flujo de caja para los accionistas del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico

Tabla 4.15: VAN y TIR del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico

Tabla 4.16: Información resumen de la simulación

Tabla 4.17: Estadísticos resumen para el VAN

Tabla 4.18: Cambios en la estadística de salida del VAN

Tabla 4.19: Análisis comparativo entre el método determinístico y probabilístico

## **RESUMEN**

---

El objetivo de esta tesis de grado es profundizar el análisis y evaluación de proyectos de inversión superando el análisis tradicional. Se realizará un análisis comparativo, teórico y práctico, entre el método determinístico y el método probabilístico, con el objetivo de determinar cuál es el más eficiente y menos riesgoso, y por ende recomendar el uso de este en la evaluación de proyectos de inversión.

Sin embargo, antes de realizar este análisis se revisarán las bases de la evaluación de proyectos: procesos, pasos, análisis y estudios. Centrándonos en el estudio y evaluación económica-financiera y el análisis de riesgo, dentro del cual nos enfocaremos en el método de simulación Montecarlo, un método probabilístico probado.

## ABSTRACT

---

The objective of this graduation paper is to deepen into the analysis and evaluation of investment projects beyond the traditional analysis. A comparative, theoretical and practical analysis between the deterministic and the probabilistic methods will be performed, in order to determine which is the most efficient and least risky; and therefore, recommend its use for the assessment of investment projects.

However, prior to this analysis, we will review the basis for the evaluation of projects: processes, steps, analysis, and studies; emphasizing on the economic and financial study and evaluation, as well as on risk analysis. In regard to the latter one, we will focus on the Monte Carlo simulation, as it is a tested probabilistic method.



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## CAPÍTULO I

---

### **ESTUDIO Y EVALUACION DEL PROYECTOS: ANTECEDENTES DE LAS FINANZAS Y CONCEPTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS Y SU EVALUACION**

En este primer capítulo analizaremos rápidamente el origen de las finanzas, las cuales son la base del estudio y evaluación de proyectos; analizaremos sus distintos periodos y como se ha ido desarrollando y mejorando con el paso del tiempo.

Se definirán los conceptos generales de los proyectos, las decisiones que se deben tomar dentro de ellos, los tipos de proyectos que existen y el proceso de la generación de un proyecto. Por último se definirán los conceptos generales de cada uno de los pasos de la formulación y evaluación de los proyectos de inversión para determinar su sí ejecución es rentable, como son el estudio de mercado, técnico – operativo, administrativo – organizacional – legal, socio – económico, económico – financiero, análisis de riesgo e inclusive el estudio del impacto ambiental.

#### **1. Antecedentes**

La actividad financiera surge desde el momento en que el dinero se utiliza como herramienta de cambio o medida de valor para cualquier transacción; el obtener un beneficio siempre ha sido de gran importancia para el hombre para subsistir y mejorar su calidad de vida.

Las finanzas surgen a principios del siglo pasado como una parte de la economía en un campo de estudios independientes. Al principio se la relacionaba solamente con los documentos, instituciones y con el procedimiento de los mercados de capital; con la evolución de la tecnología y la industria se impulsó el estudio de las finanzas para solventar la liquidez y el financiamiento en las empresas. Solo a finales del siglo pasado se dio más interés e importancia en los valores (acciones comunes), destacando la posición del banquero inversionista en las finanzas corporativas. [1] [2]

#### **1.1 Principales periodos de la historia de las finanzas**

Se pueden diferenciar principalmente tres periodos en la historia de las finanzas:

- **Visión descriptiva de las finanzas hasta la Segunda Guerra Mundial**

En el siglo XIX avanza considerablemente la Teoría Económica, donde Adam Smith con su libro “La riqueza de las Naciones” da nacimiento al modelo clásico, seguido por otros economistas con la misma línea de pensamiento como David Ricardo, Mill, Menger, Wilcksell y Marshall, siendo este último con quien se da por terminada la era clásica de la economía. [1]

Dentro de esta época los gerentes financieros se dedicaban únicamente a llevar libros de contabilidad, controlar la teneduría y buscar financiación cuando fuese necesario. Pero después de ocurrida la Revolución Industrial y la economía sufre una serie de cambios que se van propagando a nivel global, las empresas se expanden y es necesario grandes emisiones de acciones y obligaciones y los mercados financieros empiezan a ser cada vez más importantes.

Durante la depresión de los años 30’ la economía se encuentra en una enorme crisis. Las empresas comenzaron a tener grandes problemas de financiación, quiebras y liquidaciones, lo único que aspiraban era reducir el endeudamiento y aumentar la solvencia. Es decir, durante esta época de crisis las finanzas se centraban en quiebras, reorganizaciones, liquidez de firma y regulaciones gubernamentales sobre los mercados de valores; la principal preocupación era saber cómo el accionista y el inversor podían protegerse.

- **Cimentación de la teoría moderna de las finanzas empresariales** (Desde mediados de los 40’s)

Entre 1940 y 1950, las finanzas continuaron siendo vistas como un elemento externo sin mayor importancia, sin formar parte en la toma de decisiones. Solo a finales de los 50’s con la llegada de la computadora comenzaron a aparecer sistemas de información que brindaban al financiero información sobre la cual tomar decisiones correctas; con esto se comenzaron a desarrollar métodos de análisis financiero y darle importancia a los estados financieros claves (Balance General, Estado de Resultados y Flujo de Efectivo). [2]

El gerente financiero pasa a tener a su cargo los fondos destinados a los activos y la distribución del capital a los activos individuales. Los objetivos principales pasan a ser la rentabilidad, crecimiento y diversificación. Todo esto llevo a que en los años 60’s las finanzas se concentren en la óptima combinación de activos financieros (bonos y acciones) y carteras, y su impacto en el ámbito financiero de la empresa.

Dentro de esta época también se aborda el estudio de la toma de decisiones en un ambiente de riesgo introduciendo herramientas como los arboles de decisión, la desviación típica del VAN y las técnicas de simulación. También se continuó con el estudio de la formación óptima de carteras de activos financieros (CAPM), que nos dice que en el mercado existe un riesgo diversificable (controlable) y un riesgo sistemático (no controlable).



- **La expansión de las finanzas desde los 70's hasta nuestros días**

Desde la década del 70 hasta nuestros días se comienzan a desarrollar las modernas finanzas. En los 70's se empezó a aplicar el modelo de fijación de precios de Sharpe [1] y se comenzó a prestar más atención a las imperfecciones del mercado; las finanzas se concentraban en la administración de carteras y su impacto en las finanzas de la empresa.

En esta época surgen nuevas líneas de investigación como: - La teoría de valoración de opciones, donde una opción es un contrato por el cual una persona adquiere el derecho de comprar o vender un bien determinado por un precio previamente fijado y en un periodo específico, esto permite al inversionista protegerse y minimizar riesgos al comprar acciones y establecer opciones sobre las mismas. – La teoría de valoración por arbitraje, la cual surge al cuestionar la validez del CAPM; el modelo parte del supuesto de que el rendimiento de las acciones depende de ciertas variables económicas y no solo del riesgo esperado. – La teoría de la agencia, entendiendo por agencia donde se encuentran envueltos los propietarios del capital (principal) y los directivos (agentes); donde existe un conflicto de intereses lo que aumenta los costes para llegar al bienestar común. [2]

En los 80's y 90's, las finanzas tuvieron una función vital y estratégica en las empresas, el tópico fue la inflación y su tratamiento financiero así como los inicios de la agregación de valor. Desde la década de los 90's el gerente financiero se convirtió en una parte activa de la empresa, teniendo como principal objetivo crear riqueza. Los factores externos influyen cada vez más en el proceder del administrador financiero y la metodología basada en el descuento de los flujos de beneficio es el más aceptado, congruente y solido en cuanto a sus fundamentos teóricos.

En el nuevo milenio, las finanzas se han centrado en la creación de valor para los accionistas y en la satisfacción de los clientes; además, con todos los avances crecientes de las tecnologías de información y comunicación dentro del mundo financiero las organizaciones y los gerentes financieros pueden realizar análisis más rigurosos y eficientes. La evolución de las finanzas ha tenido gran repercusión en el manejo de las empresas y en la evaluación de proyectos, paso de ser un mero estudio descriptivo a ser un análisis riguroso y a la aplicación de teorías normativas.

## **2. Estudio de proyectos**

Un proyecto es una planificación donde un conjunto de actividades se encuentran coordinadas e interrelacionadas, este busca una solución inteligente tendiente a resolver un problema, sea una necesidad humana, comercial, tecnológica, entre otras. Su formulación, evaluación y las decisiones finales se ajustan a la medida y expectativas humanas, un proyecto debe evaluarse en términos de conveniencia, para asegurar que se resolverá la necesidad humana eficiente, segura y rentablemente; es decir, se busca la mejor solución al problema económico propuesto. [3]

Un proyecto implica un análisis multidisciplinario de diferentes especialistas (mercadólogos, ingenieros industriales, financieros, etc.), no se puede depender de una sola persona ni en el análisis de datos parciales. Hoy en día todos los bienes y servicios, antes de ser ofrecidos a la venta, deben ser evaluados desde varios puntos de vista para determinar si se lograra satisfacer o no la necesidad humana.

## **2.1 Proyecto de Inversión**

Un proyecto de inversión es un plan donde sí se asignan un monto de capital y determinados insumos, este producirá un bien o un servicio útil para la sociedad [4]. Este sustenta y orienta el correcto procedimiento para la toma de decisiones, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas en la asignación eficiente de los recursos y así determinar la rentabilidad del proyecto, en base a lo cual, se debe llevar a cabo o no la inversión.

## **2.2 Las decisiones dentro de un proyecto**

La evaluación de un proyecto depende en gran parte del objetivo general que se busca, los criterios con los que se formen los criterios y los parámetros de evaluación serán en función de este. Por ejemplo se supone que en una inversión privada el objetivo principal es obtener un beneficio mayor a la inversión, pero en épocas de crisis o recesión el objetivo principal puede ser que la empresa sobreviva, mantener el segmento de mercado, diversificar la producción, aunque los beneficios no sean tan grandes. Por eso a la hora de tomar decisiones asociadas a un proyecto es muy importante tener en cuenta cual es el objetivo principal y cuál es la realidad económica, social y cultural de la entidad en donde se piense invertir [4]

Como antes se mencionó dentro de un proyecto los niveles de decisión son múltiples y variados, cada vez en menor la posibilidad de tomar decisiones de manera unipersonal; sino que todo depende de un accionar conjunto y coordinado de la entidad a un nivel multidisciplinario. La toma de una decisión dentro de un proyecto implica un riesgo, las decisiones más riesgosas suponen una opción más rentable y las menos riesgosas, obviamente, un menor grado de rentabilidad. El riesgo de las decisiones dependerá de del grado de incertidumbre de las mismas. No existe una regla o norma fija con la cual tomar decisiones dentro de un proyecto, por esto se necesita contar con el mayor número posible de antecedentes e información secundaria para tomar una decisión inteligentemente.

Sin embargo por más completo que el análisis sea, esto no significa que, al invertir, el dinero estará exento de riesgo; siempre existirá incertidumbre sobre lo que pueda pasar a futuro. Las predicciones de ganancias y utilidades, a pesar de un exhaustivo análisis, pueden no ser las correctas; todo esto se da debido a que en el cálculo no se toman en cuenta factores inciertos como huelgas, desastres naturales, crisis económicas, entre otras, debido a que simplemente estos eventos no son predecibles.

## 2.3 Tipología de proyectos

Los proyectos de inversión pueden definirse según diferentes criterios y este es uno de los primeros problemas que se presenta cuando vamos a evaluar un proyecto. Se resaltarán las principales formas de clasificar a un proyecto.

- Por el objetivo del estudio, es decir, lo que se espera medir con la evaluación del producto [3]. Bajo este enfoque se pueden identificar tres tipos de proyectos:
  - Medir la rentabilidad del proyecto, sin importar el origen del financiamiento del mismo.
  - Medir la rentabilidad del inversionista, la rentabilidad de los recursos invertidos por el inversionista en el proyecto
  - Medir la capacidad de pago del proyecto frente al financiamiento de terceros en el proyecto.
  
- Por la finalidad de la inversión, es decir, el objetivo de la asignación de los recursos:
  - Proyectos nuevos, crear nuevos negocios o empresas.
  - Proyectos de renovación; sustituir equipos, maquinas o edificios desgastados por nuevos.
  - Proyectos de modernización; inversiones para mejorar la eficiencia de la empresa.
  - Proyectos de expansión; inversiones para satisfacer una demanda creciente de los productos de la empresa.
  - Proyectos estratégicos; inversiones que afectan la esencia de la empresa.
  
- Por la dependencia o independencia económica:
  - Complementarios; cuando entre dos o más inversiones, la ejecución de una facilita la otra.
  - Independientes; no existe relación entre las inversiones.
  - Mutuamente excluyentes; solo puede llevarse a cabo una inversión o la otra, pero nunca las dos.

## 2.4 El proceso de un proyecto

Un proyecto, sea cual sea su naturaleza tendrá cuatro grandes etapas: Idea, pre inversión, inversión y operación; ejecutadas en ese orden [3]. En este caso nos centraremos mucho más en la etapa de pre inversión que es en donde se realiza la evaluación del proyecto y los análisis que esta incluye.

La etapa de la idea es en donde, como su nombre lo indica, se genera la idea. La organización identifica problemas que pueden resolverse y/o oportunidades de negocio que puedan aprovecharse; para esto se pueden utilizar métodos como el *análisis FODA* (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) o la *planificación de proyectos por objetivos*, entre otros métodos. Las diferentes soluciones de los problemas o aprovechamiento de las oportunidades de negocios, constituirán las ideas de un proyecto.

En la etapa de pre inversión, es en donde se evaluará la factibilidad del proyecto; en otras palabras es en donde se establecerá la viabilidad de la idea desde un punto de vista comercial, técnico, organizacional, social, financiero, legal, ética y ambiental; esto dependerá del tipo de idea de proyecto que se proponga. Dichos análisis de viabilidad de la idea pueden realizarse a tres niveles de profundidad: perfil, pre factibilidad y factibilidad [4].

El estudio de perfil es el más simple, se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la experiencia; se realizan estimaciones globales de costos, ingresos e inversiones. Lo que se busca en el estudio es determinar si existe alguna razón por la cual no se deba realizar el proyecto antes de gastar recursos en su evaluación o peor aún en su ejecución, de igual forma sirve como un filtro para mantener las opciones más atractivas de un proyecto para aprovechar una oportunidad de negocios o solucionar un problema.

En el estudio de pre factibilidad se investiga más que en el anterior, se base en fuentes secundarias del estudio de mercado, se definen con cierta aproximación las técnicas de producción, el entorno del mercado, la capacidad financiera; además se estiman un poco más cerca de la realidad costos, ingresos e inversiones probables. A pesar de trabajar con fuentes secundarias de información, el objetivo de este estudio es, en el proceso de selección de alternativas, descartar soluciones con un mayor número de elementos de juicio, es en base a este estudio que los inversionistas toman una decisión y se recomienda la aprobación, continuación de estudio, abandono o se sugieren cambios en cuanto al proyecto.

En el estudio de factibilidad además de contar con toda la información del estudio de pre factibilidad, se obtiene información de fuentes primarias, como contratos de venta ya establecidos, cotizaciones reales de las inversiones, acuerdos ya firmados, entre otras; de esta forma se pueden evaluar variables más apegadas a la realidad, estas variables financieras o económicas deben ser debidamente justificadas. Este estudio es el paso final de la etapa de pre inversión, se debe asegurar que todos los aspectos que dependen de una decisión de tipo económico hayan sido estudiados a cabalidad.

De esta forma todo empieza con una idea que paso a paso se va profundizando cada vez más hasta que, con la evaluación a diferentes niveles de sus variables tanto cualitativas como cuantitativas, se recomienda como un proyecto viable y por lo tanto rentable. Con

esto se pasa al siguiente paso del proceso del proyecto que es la inversión inicial (construcción de la planta, compra de suministros, importación o producción del bien, etc.), con lo que se cristaliza la idea y se pasa al último paso del proyecto que es la operación donde con este llegamos a la satisfacción de una necesidad que en un principio fue la que dio origen a la idea.

## **2.5 Preparación y evaluación de proyectos**

Como se indicó anteriormente existen varias formas de clasificar a los proyectos y la forma de evaluar los mismos dependerá del objetivo que dicha evaluación persiga, por lo tanto la clara definición del objetivo que se espera lograr con dicha evaluación es un elemento clave para la correcta selección del criterio evaluativo.

De igual forma los resultados de la evaluación de un mismo proyecto, serán diferentes si se realizan por dos personas diferentes. Cada especialista estimará los beneficios y costos según su punto de vista e importancia y a pesar que la mayoría de proyectos toman un horizonte de tiempo de 10 años, cada especialista estimará las variables (precios, insumos, tecnología, demanda, competencia, políticas económicas) de diferente forma. No es lo mismo evaluar un proyecto desde un punto de vista privado y público; como por ejemplo la construcción de un tranvía como alternativa de movilidad pública, donde desde el punto de vista privado no parecería muy rentable, sin embargo desde el punto de vista público sería muy beneficiosa para la sociedad y su bienestar.

La preparación y evaluación de un proyecto es un instrumento de decisión para determinar si éste es rentable, sin embargo la técnica de evaluación no debe tomarse como decisional sino como una fuente de información para quien toma las decisiones elija la solución más eficiente, segura y rentable, es decir, si bien la evaluación de proyectos mide objetivamente ciertos resultados cuantitativos y mediante operaciones matemáticas se obtienen diferentes coeficientes de evaluación, estos no deben ser tomados como una regla para tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto sino como un instrumento más que facilite tomar la decisión más factible.

El estudio de proyectos se divide en dos etapas: 1) Formulación y preparación, 2) Evaluación. La formulación y preparación del proyecto tiene como objetivo buscar todas las variables del entorno, financieras, técnicas, legales, sociales y en el caso de las cuantitativas calcular su magnitud y en el caso de las cualitativas determinar su influencia en el desarrollo del proyecto.

- La etapa de formulación y preparación de proyectos se encarga de recopilar o crear la información y a su vez sistematizarla. En el caso del análisis financiero esta etapa se refiere a recopilar toda la información financiera y construir el flujo de caja proyectado, el cual se puede evaluar a tres niveles: rentabilidad de proyecto,

rentabilidad del inversionista y capacidad de pago frente a las obligaciones financieras contraídas en la realización del proyecto.

- Por otro lado, la etapa de Evaluación es en donde se realiza el cálculo de la rentabilidad del proyecto, análisis de las variables cualitativas que intervienen en el proyecto y la sensibilización del proyecto. El cálculo de la rentabilidad del proyecto se hace en base al flujo de caja proyectado que se construyó en la etapa de formulación y evaluación, este flujo de caja se estructura en base a varios supuestos y variables que fueron identificadas en base a las tres profundidades del estudio (perfil, pre evaluación y evaluación). El análisis cualitativo complementa al cálculo de la rentabilidad del proyecto, ya que por más que un proyecto sea rentable, puede que en el análisis de las variables no cuantificables (legales, administrativas, ambientales, entre otras.) puede incidir en la decisión de realizar o no el proyecto [3]. Con el cálculo de la rentabilidad y el análisis de las variables cualitativas podemos identificar los elementos más débiles del proyecto que podrían no comportarse como se estimó o pueden cambiar con el transcurso del tiempo; es aquí donde se realiza lo que se llama el análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad es a menudo el paso que no se le toma la atención necesaria, es aquí donde se comenten errores que derivan a pérdidas económicas o, aún peor, al fracaso del proyecto. En este análisis en donde se sensibilizan por diferentes métodos, las variables que no podemos estimar con mucha aproximación y están expuestas al cambio. Este es el pilar en el cual se basa este estudio, en la toma de conciencia de la importancia del análisis de sensibilidad y la comparación de un método determinista y un método probabilístico para realizar el mismo; por lo tanto este tema será explicado más adelante a profundidad.

### **2.5.1 Estructura general de la evaluación de proyectos**

La optimización de la solución comienza antes de preparar y evaluar un proyecto. Primero se debe identificar el problema u oportunidad de negocio y definir los objetivos que queremos alcanzar con dicho proyecto y su evaluación.

El éxito o fracaso de un proyecto puede tener diferentes causas (cambios en la tecnología, contexto político, relaciones comerciales internacionales, inestabilidad de la naturaleza, entorno institucional, normativa legal, barreras arancelarias, cambios socioculturales, entre otras.); todas estas externalidades afectarán los flujos futuros.

Por lo antes expuesto el evaluar un proyecto no solo significa realizar un montón de operaciones matemáticas y obtener resultados cuantitativos sino que se debe seguir una estructura (figura 1.1), donde se realice un análisis del mercado, técnico-operativo, económico-financiero y socio-económico para evaluar eficientemente un proyecto y tomar decisiones correctas de inversión.

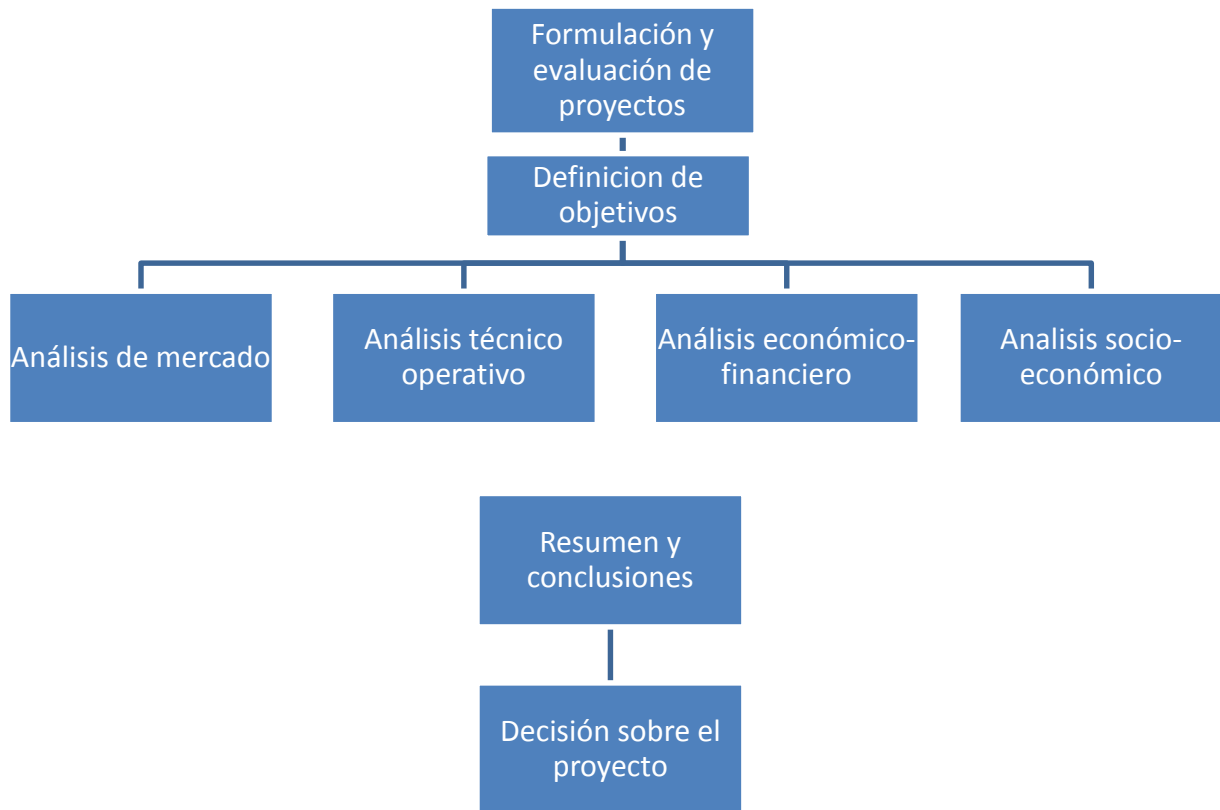


Figura 1.1  
 Estructura General de la Evaluación de proyecto  
 Fuente: BACA, G. Evaluación de Proyectos  
 Elaboración propia

Sin embargo esta estructura no es una regla fija para la evaluación de un proyecto, la estructura de la misma depende, en gran parte, a la naturaleza del proyecto en sí. Se pueden realizar además de los análisis tradicionales de mercado, técnico, económico-financiero, socio-económico; análisis de índole cultural, ambiental, legal, ético, organizacional, vial, emocional, entre otros; como se dijo antes el número y alcance de estos análisis se hará en base al objetivo y naturaleza del proyecto, sin embargo mientras mayor y más profundo sea el análisis siempre nos brindará mayor y mejor información para tomar la mejor decisión.

## 2.6 El proceso de la evaluación de proyectos

Una vez identificada la idea, ya sea esta una solución para resolver un problema o una oportunidad de negocio que puede aprovecharse, pasamos a la etapa donde se evaluará la viabilidad de la idea (proyecto) a distintos niveles con diferentes análisis que serán explicados resumidamente a continuación. Cabe recalcar que estos análisis se pueden realizar en tres niveles de profundidad como antes se explicó (perfil, pre factibilidad y

factibilidad.), esto dependerá una vez más de los objetivos y la naturaleza que el proyecto tenga.

### **2.6.1 Introducción**

En cualquier estudio y evaluación de un proyecto siempre debemos empezar por una presentación formal del proyecto, sus objetivos y limitaciones. Primero se deben explicar los antecedentes de desarrollo y uso del producto o servicio que se buscará crear, mejorar o innovar con el desarrollo del proyecto; se debe también indicar las condiciones sociales, económicas, legales y culturales en las cuales se desarrollará el proyecto. Como su nombre lo indica este primer apartado del estudio y evaluación del proyecto es una introducción, donde se indicará cual fue la motivación de emprender el mismo, el problema que se resolverá o la oportunidad de negocio que se aprovechará, porque será una buena oportunidad de inversión y los factores relevantes que influyen directamente en la viabilidad del proyecto.

Dentro de la introducción también se deberán indicar los objetivos que se esperan alcanzar con el estudio y evaluación del proyecto, los cuales dependerán de quien este emprendiendo y evaluando el proyecto. Principalmente los objetivos buscaremos demostrar la rentabilidad económica del proyecto, la demanda insatisfecha y alcanzable que existe del producto o servicio y que existan la capacidad técnica y tecnológica para producir dicho bien o servicio. [4]

### **2.6.2 Estudio de mercado**

El estudio de mercado es uno de los aspectos más importantes, no puede tomarse a la ligera, en el estudio y evaluación de proyectos debido a que si no conocemos el mercado en el cual el proyecto se desarrollará, será imposible estimar adecuadamente el resto de variables (cualitativas y cuantitativas) para evaluar eficientemente el proyecto. El cuantificar la demanda, oferta o precios del proyecto pueden obtenerse fácilmente de fuentes de información secundarias, sin embargo, siempre es mejor investigar y obtener información de fuentes primarias ya que ésta será directa, actualizada, confiable y dirigida directamente a los objetivos buscados.

Sin embargo, el estudio de mercado es más que determinar la oferta y la demanda del proyecto; existen otras variables, que pueden ser consideradas secundarias, pero no deben dejar de ser analizados. La estrategia comercial a utilizar, el precio de introducción, inversiones publicitarias, canales de distribución, ubicación y adecuación de los locales de venta, política de crédito, entre otras variables son elementos que deben ser analizados en el estudio de mercado.

Según Nassir y Reinaldo Sapag Chain, en su libro *Preparación y Evaluación de Proyectos*, metodológicamente los aspectos que deben estudiarse en esta etapa son:



- *El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto*, actuales y proyectadas; es decir, identificar a los consumidores, sus hábitos de consumo, preferencias, motivaciones, entre otras variables para diseñar la estrategia comercial. Se proyecta la demanda de bienes o servicios que el consumidor podrá adquirir, de forma global y la demanda potencial que el proyecto podrá captar; esta demanda proyectada se realiza a diferentes niveles de precio y volumen de bienes o servicios, diferenciando la demanda deseada con la demanda real.
- *La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto*, actuales y proyectadas; dentro de la estrategia comercial es fundamental conocer a la competencia para aprovechar sus fortalezas y cuidarse de sus debilidades, además que la información que esta nos facilita es de mucha ayuda para calcular la captación del mercado, costos y precio de introducción. El determinar la oferta puede ser compleja debido a que no se conoce toda la información de la competencia, como planes de expansión o capacidad ociosa que posea por lo que se debe ser cuidadoso en la determinación de la oferta.
- *La comercialización del producto o servicio generado por el proyecto*; la estrategia comercial se realizara una vez realizados los dos pasos explicados anteriormente, ya que si no hemos determinado al consumidor, la demanda, la competencia y la oferta es imposible que podamos realizar una estrategia comercial eficaz. Dentro de esta estrategia se deben fijar varias variables que tendrán una importante repercusión en la rentabilidad del proyecto, como son la política de venta, precios, los canales de distribución, la política de crédito, publicidad, calidad, entre otras; las combinaciones posibles de estas variables en función a lo determinado en los dos pasos anteriores nos darán como resultado diferentes flujos de caja del proyecto.
- *Los proveedores, la disponibilidad y precio de los insumos*, actuales y proyectados; el determinar el precio y si existe la disponibilidad de insumos requeridos en el mercado es primordial para el desarrollo del proyecto, por lo que el determinar a los proveedores es vital en el análisis del mercado.

En definitiva lo que el estudio del mercado busca es demostrar la posibilidad real de penetración del producto o servicio en un mercado potencial existente, se busca determinar la posibilidad de éxito y el riesgo que existe al desarrollar el proyecto, es por esto que la información debe ser de fuentes primarias para poder tomar una buena decisión; al fin y al cabo es el estudio de mercado el que determinará si la idea planteada como un proyecto es viable para seguir evaluándola, se deben hacer cambios o se debe abandonar la idea antes de seguir gastando recursos en ella. Además el estudio de mercado es el que marcara las pautas y en base a este se calcularán las variables cuantitativas para determinar la rentabilidad del proyecto.

### **2.6.3 Estudio técnico – operativo**

El estudio técnico es aquel en donde se determinarán los aspectos principales de la planta; lo que se definirá primero es el tamaño de la misma, si bien esto no será fácil dado que dependerá de varios factores como el volumen de producción, número de empleados, necesidades del producto a desarrollar, entre otras; se deben plantear varias alternativas y escoger la que más se acoge a la naturaleza del proyecto. Después se debe definir la localización del proyecto, esto dependerá tanto de aspectos cuantitativos (costos de transporte, disponibilidad de capital) como de aspectos cualitativos (aceptación de la comunidad, clima, facilidad de permisos, etc.).

Dentro de este estudio también se debe definir la ingeniería del proyecto en términos técnicos y operativos; se pueden optar por procesos productivos manuales o automatizados, lo cual dependerá tanto de las necesidades productivas como de la disponibilidad de capital. Además se determinarán las necesidades tecnológicas, distribución física de la planta y selección de equipos y maquinas. [4]

### **2.6.4 Estudio administrativo – organizacional - legal**

El estudio administrativo – organizacional es uno de los aspectos que no se analiza con profundidad en la evaluación del proyecto, esto se debe a que los temas administrativos por su importancia deben ser tratados a fondo en la etapa del proyecto definitivo, sin embargo es necesario mencionar, al menos, una idea general de los principales aspectos de este estudio. Se deben identificar la estructura organizacional adecuada, el personal cualificado que se necesitara, los procesos administrativos, adquisición de sistemas y procesos contables, de información, planificación, presupuesto, personal, crédito, cobranzas, entre otras. Todos estos aspectos, si bien no se definen a cabalidad, se debe tomar en cuenta su influencia en la cuantía de inversiones y los costos del proyecto.

El estudio legal, por otro lado, si bien no responde a los procedimientos internos del proyecto, influye directamente en las decisiones que se toman en torno a ellos y en la cuantificación de sus desembolsos. El aspecto legal que afecta más directamente al proyecto son los efectos tributarios, las disposiciones tributarias de los gobiernos afectan directamente al proyecto, además del estado también dependen el otorgamiento de patentes, permisos, tasas arancelarias y estructura de la constitución de la compañía; por eso el análisis del entorno legal en el cual el proyecto se realizará es de vital importancia ya que de nada sirve demostrar la viabilidad del proyecto si no cumple con las normativas legales del estado en donde se vaya a desarrollar.

### **2.6.5 Estudio socio – económico**

Un proyecto por más que sea rentable desde el punto de vista financiero, no siempre también lo es desde el punto de vista social; por esto el estudio social lo que busca es el

determinar los costos y beneficios que el implementar un determinado proyecto pueda tener en la comunidad de un país en su conjunto. La evaluación social sigue los mismos principios de la evaluación financiera, sin embargo difiere en la forma de cuantificar las variables que servirán para determinar la rentabilidad del proyecto.

Para realizar la evaluación social de un proyecto se deben diferenciar los precios de mercado con los precios sociales; cuando se evalúan los beneficios o costos directos (aumento de renta nacional o compra de los insumos) se deben corregir los precios, ya sean de venta o de compra, con un factor que refleje las distorsiones del mercado del producto. De igual forma se deben determinar los costos y beneficios sociales indirectos, que vienen a ser cambios que se pueden dar en el mercado de bienes y servicios relacionados al mercado en el cual el proyecto se desarrollará, también se deben identificar los costos y beneficios sociales intangibles (efectos que puede tener en la comunidad la implementación del proyecto) y las externalidades del proyecto (efectos negativos o positivos de la implementación del proyecto, como el aumento de la renta nacional o el aumento de la contaminación, entre otras.) [3].

#### **2.6.6 Estudio económico – financiero**

Este se divide en dos partes, el estudio económico y la evaluación financiera. El estudio económico es el paso en donde se ordena y resume la información económica-financiera obtenida en los pasos anteriores, se elaboran cuadros analíticos que facilitan la evaluación del proyecto; en otras palabras en esta etapa se sintetizará toda la información obtenida en las etapas anteriores de la evaluación del proyecto; si las variables no se han definido correctamente en los pasos anteriores es imposible que se realice una evaluación económica eficiente.

Dentro de este paso se determinan la inversión inicial, ingresos totales y los costos totales, los cuales dependerán de la tecnología, técnica operacional, mercado seleccionado; se calcula el capital de trabajo, que también es parte de la inversión inicial. Se deben determinar también la tasa de rendimiento mínima aceptable y los flujos netos de efectivo con y sin financiamiento, los mismos que se deben proyectar al plazo de tiempo seleccionado; estos dos pasos servirán de base para la evaluación financiera. Dentro del financiamiento se debe determinar el plan de pago de intereses y capital. Se puede también calcular el punto de equilibrio del proyecto, que aunque no es una técnica de evaluación, si es el primer objetivo que debe tener el proyecto donde los costos totales son iguales a los ingresos totales. [4]

La evaluación financiera se podría decir es la más importante de la evaluación del proyecto, su importancia radica en que en la mayoría de casos una vez determinada la tecnología y el mercado, la evaluación financiera es la que permite decidir si se implementa o no el proyecto. Existen varios métodos de evaluación, unos toman en cuenta el valor del dinero

en el tiempo, como la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN), y otros no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, como los ratios financieros o el periodo de recuperación (payback).

Dado que este estudio se centra en esta parte de la evaluación de proyectos, la evaluación económica financiera y sus métodos de evaluación serán explicados más a fondo en los capítulos siguientes de este estudio.

### **2.6.7 Análisis de riesgo**

Tradicionalmente el estudio y la evaluación de proyectos se termina con la evaluación financiera, sin embargo la incertidumbre de la ocurrencia de los acontecimientos y el cálculo de algunas variables en la preparación del proyecto hace necesario el considerar el riesgo de invertir en él. Existen muchos métodos de incluir el riesgo y la incertidumbre en los beneficios que se esperan del proyecto, unos incorporan directamente el efecto del riesgo en los datos del proyecto, otros determinan la variabilidad máxima que podrían experimentar alguna de las variables dentro del proyecto (análisis de sensibilidad), y otros incluyen las probabilidades que sucedan diferentes resultados en las variables del proyecto, incluyendo todo lo que puede suceder en una situación específica (por ejemplo, el método Monte Carlo).

Este es uno de los temas centrales de este estudio, por lo que se explicara más a fondo en los capítulos siguientes; centrándonos en el método probabilístico más famoso, el método de simulación Monte Carlo.

### **2.6.8 Estudio del impacto ambiental**

Este estudio del impacto ambiental ha tomado fuerza en los últimos años debido a la globalización de la toma de conciencia en el cuidado de la naturaleza, por esto este estudio es cada vez más necesario, no solo por el cambio de cultura sino por el efecto que tiene en los costos y beneficios. Este estudio del impacto ambiental nos permite obtener resultados tanto cualitativos (efectos positivos y negativos de la implementación del proyecto) como cuantitativos (costos de mitigación de daños ambientales, beneficios de los daños evitados, entre otros).

El estudio del impacto ambiental debería aplicarse a todos los proyectos de inversión, sin importar sus objetivos, fuente de financiamiento, administración, tecnología, etc., en cualquiera de las etapas del mismo (idea, pre inversión, inversión u operación.). El estudio debería incluir todos los impactos sociales y riesgos asociados con las personas, medio ambiente, comunidad y los bienes físicos donde se desarrollará el proyecto.

### 3. Conclusiones

Como hemos visto en este capítulo las finanzas se han ido desarrollando desde ser únicamente herramientas de contabilidad hasta ser verdaderos medios para crear valor en las empresas. Las finanzas hoy en día son la base del éxito de las empresas y los proyectos; de ellas dependen los mercados financieros (acciones, bonos y obligaciones), el análisis de los estados financieros más importantes (Balance general, estado de resultados, flujo de efectivo), distribución de capital, toma de decisiones en un ambiente de riesgo, optimización de cartera. La evolución de esta ciencia ha pasado de ser un mero estudio descriptivo a ser un análisis riguroso mediante la aplicación de teorías normativas.

Los proyectos no son únicamente la generación de una idea y su puesta en marcha, sino que se requiere un análisis multidisciplinario de cada especialista en su campo (mercadólogos, ingenieros industriales, financieros, entre otros.), se deben tomar en cuenta las desventajas y ventajas en la asignación de recursos para tomar la decisión más eficiente y rentable para el proyecto y sus inversionistas. Sin embargo, hay que entender que cada decisión implica un riesgo, decisiones más riesgosas suponen más rentabilidad y viceversa; por lo que un proyecto antes de su puesta en marcha se debe analizar y evaluar el mismo a diferentes niveles. Por lo tanto la evaluación de un proyecto se debe tomar como una herramienta de información para tomar la decisión más eficiente y rentable; mas no como una regla de decisión.

Todo proyecto tendrá cuatro etapas: 1) Generación de la idea, 2) Etapa de pre inversión, 3) Inversión y 4) Operación. Para este estudio nos basaremos en los proyectos en su segunda etapa (pre inversión) que es donde se evalúa la factibilidad y rentabilidad del proyecto. Este estudio y evaluación del proyecto tiene dos etapas: 1) Formulación y preparación y 2) Evaluación. Dentro de estas dos etapas se evaluará el proyecto a distintos niveles; de mercado, técnico – operativo, administrativo – organizacional – legal, socio – económico, económico – financiero, riesgo y ambiental. Para que con esta evaluación a diferentes niveles de sus variables tanto cuantitativas como cualitativas, se pueda realizar un resumen de las mismas y sacar una conclusión para que, como punto final de la evaluación se recomiende si un proyecto es rentable o no.

Con todo esto expuesto podemos ver que el evaluar un proyecto no es únicamente realizar un montón de operaciones matemáticas y obtener algún resultado cualitativo para tomar una decisión; sino que va más allá, se debe seguir una estructura donde se analice el proyecto a diferentes niveles según los requerimientos del mismo. Sin embargo, por más completo que el análisis sea, esto no significa que el proyecto, y por lo tanto la inversión, estén exentas de riesgo ya que existirán situaciones inciertas que no se puedan predecir de una forma correcta con una estimación puntual. Es por esto que este estudio se centra en la inclusión en el análisis del Método de simulación Montecarlo, para de esa forma intentar realizar una la estimación más cercana a la realidad al incluir el riesgo y la incertidumbre en

la evaluación del proyecto, obteniendo probabilidades de que sucedan diferentes resultados en las variables del proyecto.

## CAPÍTULO II

---

### ESTUDIO Y EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Una vez conceptualizado lo que es un proyecto de inversión, sus tipos y el proceso que este sigue; pasamos a centrarnos en la preparación y evaluación del mismo, más en concreto en el estudio y evaluación económica-financiera. Los otros estudios (Mercado, técnico-operativo, administrativo-organizacional-legal, socio-económico y del impacto ambiental) si bien son esenciales para realizar un eficiente estudio y evaluación económica-financiera de un proyecto, no se explicaran a fondo en este estudio.

El estudio económico- financiero tiene como objetivo determinar el tipo y cuantía de los recursos e información necesaria para llevar a cabo eficientemente el proyecto. Los principales recursos a determinar serán: Las inversiones del proyecto (activos fijos, activos diferidos o capital de trabajo) y como se depreciaran y amortizaran estas; los costos y gastos del proyecto; los beneficios del proyecto; la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y el punto de equilibrio de la producción del proyecto.

Una vez determinados los recursos e información necesaria para emprender el proyecto podremos construir el flujo de caja proyectado, el cual servirá como herramienta para evaluar la rentabilidad del proyecto. Las principales variables para construir un flujo de caja serán la Inversión inicial ( $I_0$ ), Flujos de Caja Netos (FNt), el Horizonte de Evaluación ( $n$ ) y el Valor de Salvamento Neto (VSN). Se determinara la construcción de los tres flujos de caja principales: el flujo de caja libre, el flujo de caja para los accionistas y el flujo de caja de capital; además se determinará como construir el flujo de caja de una empresa ya en actividad.

Con los flujos de caja ya construidos pasamos a la evaluación económica-financiera del proyecto; se revisaran los criterios de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, pero nos centraremos en los que si lo hacen. Los principales criterios de evaluación financiera de un proyecto serán el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); sin embargo, existen otros criterios de evaluación como el periodo de recuperación (payback) y la razón costo-beneficio.

#### 1. Estudio económico

El estudio económico empieza una vez que hayamos determinado que existe un mercado potencial, concluido el estudio técnico-operativo determinando que no existe ningún impedimento tecnológico, ni ningún impacto negativo social o ambiental al llevar a cabo el proyecto. El objetivo del análisis económico es el *determinar el tipo y la cuantía de*

*recursos que necesitaremos para realizar el proyecto (inversiones), el costo de las funciones de producción, administración y ventas; rendimiento mínimo aceptable que esperaremos con la inversión y otras variables que servirán de base para realizar la evaluación económica – financiera.*

## **1.1 Inversión**

Para definir la cuantía de las inversiones de un proyecto, se debe resumir la información obtenida en los estudios de mercado, técnico y organizacional, con el fin de poder registrarla en el flujo de caja para su posterior evaluación. Todas las erogaciones (inversiones) que se deban realizar antes del inicio de operación del proyecto deben ser registrados en el momento cero del proyecto.

Las inversiones realizadas antes de inicio de operación del proyecto son los *activos fijos*, *activos diferidos* y el *capital de trabajo* necesarios para iniciar las operaciones de la empresa. Sin embargo el capital de trabajo se explicara posteriormente como un punto separado de la inversión debido a su importancia; ya que sin ser un activo tangible, ni nominal, es el que permite el funcionamiento correcto del ciclo productivo.

Los activos fijos son aquellos bienes tangibles que se utilizaran en el proceso productivo del proyecto, estos pueden ser terrenos, maquinarias, infraestructura, equipos, muebles y enseres, vehículos, infraestructura, insumos, herramientas, entre otros. Al referirse a estos activos como fijos, esto supone que el proyecto no puede desprenderse de estos fácilmente sin que esto implique problemas en el proceso productivo del mismo.

Los activos intangibles por otro lado, son aquellas inversiones en bienes constituidos por los derechos o servicios adquiridos, para el eficiente inicio de operación del proyecto; estos generalmente son las patentes, licencias, marcas, diseños, nombres comerciales, gastos de organización, gastos de puesta en marcha (salarios, arriendos, seguros, publicidad o cualquier otro gasto que se realice antes de iniciar la operación), capacitación, contratos de servicios.

Existen casos especiales de activos intangibles que se registran o no dentro de las inversiones según el punto de vista del evaluador, como son un ítem de imprevistos que por lo general se calcula como un porcentaje de la inversión y servirá para afrontar contingentes o situaciones que no fueron evaluadas en el estudio por error u omisión. Otro caso especial son los costos del estudio y evaluación del proyecto, ya que estos se incurren se realice o no el proyecto, es decir, son inevitables; por lo tanto al no ser un costo en que se incurrirá si se decide llevar a cabo el proyecto no se debería registrarlos como inversión y sería irrelevante para la evaluación del proyecto; sin embargo, para el efecto tributario si puede ser relevante, sobre todo si la empresa o impulsadora del proyecto ya se encuentra en actividad.



### **1.1.1 Depreciaciones y amortizaciones**

Los activos fijos tangibles están sujetos a depreciación, ya que con su uso y el paso del tiempo estos bienes valen menos; este desgaste incide en la evaluación del proyecto en el cálculo de impuestos, puesto que esta depreciación (al no considerarse un desembolso real de dinero) constituye un escudo fiscal para pagar menos impuestos. Por esto se debe determinar y cuantificar la depreciación de los activos fijos, la cual dependerá del tipo de bien y su naturaleza; por ejemplo los terrenos no solo se deprecian sino que también aumentan su valor por medio de la plusvalía generada por si mismos o por el sector en que se ubican, por lo que comúnmente para no entrar en cálculos complejos, se considera el valor del terreno constante durante la evaluación del proyecto. Sin embargo esto no ocurre con los otros activos fijos que sí se depreciarán en un periodo de tiempo determinado y este valor de depreciación el cual constituye un escudo fiscal en el cálculo de los impuestos en el flujo del proyecto.

Por otro lado, los activos diferidos (como las patentes, diseños, marcas, entre otras) también afectan en la evaluación de un proyecto por su efecto en la carga impositiva en el flujo del mismo; ya que si bien estos no bajan de precio o se deprecian, si pierden valor con el paso del tiempo. A este cargo anual que se realiza por pérdida de valor de los activos intangibles se llama amortización, y al igual que la depreciación no significa un desembolso de dinero pero si reduce la renta impositiva.

Los cargos de depreciación y amortización, significan una ayuda lícita al flujo del proyecto ya que reducen la renta impositiva y por lo tanto el pago de impuestos, aumentando la rentabilidad del proyecto; sin embargo estos cargos deben estar alineados a la ley tributaria del país en donde se va a desarrollar el proyecto.

### **1.1.2 Cronograma de inversiones**

Se debe construir un cronograma de inversiones previstas para la operación, que determine y registre lo montos para invertir en cada periodo anterior al inicio de operación del proyecto, esto se debe a que no todas las inversiones se realizaran en el momento cero de puesta en marcha del proyecto sino que se deberá identificar el momento en que cada una debe efectuarse, de otra forma estaremos ignorando que estos recursos invertidos tienen un costo de capital (financiero o de recursos propios) desde que son invertidos. De esta forma también calculamos el tiempo apropiado para capitalizar o registrar los activos en forma contable.

Dentro de este cronograma de inversiones también se deben determinar aproximadamente las inversiones que serán necesarias durante la operación, ya sean estas por razones de reemplazo de activos desgastados o por necesidades de incrementar la capacidad productiva del proyecto en el futuro; es decir, no todas las inversiones del proyecto necesariamente se harán antes de la puesta en marcha del proyecto.

## 1.2 Capital de Trabajo

Contablemente el capital de trabajo se define como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante, sin embargo desde el punto de vista práctico el capital de trabajo puede ser considerado como el capital adicional (distinto al activo fijo y diferido) necesario para que empiece a funcionar una empresa [4], es decir, son los recursos, en forma de activos corrientes, necesarios para que la empresa empiece con sus actividades.

La teoría financiera se refiere al capital de trabajo mediante activos de corto plazo, sin embargo para métodos prácticos y para la evaluación de proyectos el capital de trabajo inicial lo constituirán inversiones a largo plazo, ya que si bien lo formarían activos circulantes, estos tendrán una naturaleza permanente para asegurar la operación del proyecto. Por ejemplo en la evaluación de un emprendimiento de una planta productiva de bienes de primera necesidad además de la inversión en activos fijos (hornos, planta, vehículos, etc.) será necesario invertir en un monto de capital de trabajo que asegure el financiamiento de todos los recursos operacionales que se utilizan en el ciclo operativo (periodo requerido desde el desembolso para la compra de insumos hasta recibir el pago producto de la venta).

Si bien el capital de trabajo también se considera una inversión inicial, se diferencia de las inversiones fijas y diferidas debido a que el capital de trabajo no puede ser recuperable por la vía fiscal (depreciación y amortización) como si los son las otras inversiones, si no que por su naturaleza circulante se compensará a corto plazo.

Según Nassir y Reinaldo Sapag Chain, en su libro *Preparación y Evaluación de Proyectos (2008) Quinta Edición*, indican que los tres principales métodos para calcular la inversión de capital de trabajo inicial son:

- **Método Contable:** considera la inversión en capital de trabajo al monto necesario para financiar los niveles óptimos de las inversiones en efectivo, cuentas por cobrar e inventarios, restando el financiamiento obtenido mediante proveedores y préstamos a corto plazo. Es decir se calculan las necesidades operativas de fondos (NOF), lo que no es más que la diferencia entre los activos corrientes operativos y los pasivos corrientes operativos.
- **Método del periodo de desfase:** determina la cantidad de recursos necesarios para financiar los costos de operación totales durante todo el ciclo operativo.
- **Método del déficit acumulado máximo:** determina el monto de déficit de capital de trabajo que se necesitará evaluando la diferencia que existe entre los ingresos y egresos de operación.

### 1.3 Costos del proyecto

Como costo podemos definir a un desembolso de efectivo o especie hecho en el pasado, presente, futuro o de forma virtual [4]. Como costo pasado nos referimos a costos que no tienen incidencia en la evaluación de un proyecto, dado que ya fueron realizados; costo presente se refiere a las inversiones que se van a realizar para la puesta en marcha del proyecto y tienen gran incidencia en la evaluación del proyecto; los costos futuros serán con lo que se armará el flujo de caja proyectado para determinar la rentabilidad del proyecto; y los costos de forma virtual vienen a ser los llamados costos de oportunidad (costo que se asume al renunciar a algo) o los costos por depreciación, que en realidad no significan un desembolso de dinero.

Al determinar los costos de un proyecto se los debe dividir según su destino, estos pueden ser: costos de producción, de ventas, de administración, de financiamiento. Dado que al evaluar un proyecto queremos predecir lo que sucederá en el futuro y es casi imposible hacerlo con exactitud, estos costos pueden estimarse con cifras redondeadas lo que no afecta los resultados de la evaluación financiera y simplifica el cálculo de los mismos.

- **Costos de producción:** son los costos que se generan en el proceso de transformar las materias primas en productos elaborados, son el reflejo y la síntesis de la información obtenida en el estudio técnico del proyecto, si no se ha realizado de manera correcta el estudio técnico no vamos a poder realizar una estimación de costos de producción adecuada ya que en este paso lo que se hace es reunir y ordenar los datos ya obtenidos en pasos anteriores. El método por el cual se obtienen los costos se llama costeo absorbente, es decir se incorporan todos los costos de fabricación al costo del producto, tanto variables como fijos. Los principales costos de producción son: Costos de materia prima, mano de obra, mantenimiento, depreciación y amortización, envases, energía eléctrica, agua, combustibles, control de calidad, suministros, costos para prevenir la contaminación, entre otros [4].
- **Gastos de administración:** son los gastos, que como su nombre lo indica, se generan en el área administrativa relacionados con la dirección, manejo y orden general de las operaciones generales de la empresa. Aquí deben cargarse todos los gastos en que incurre la empresa fuera de las áreas de producción y ventas, tanto como sueldos y salarios de todos los empleados de las diferentes áreas (administración general, contabilidad, investigación y desarrollo, recursos humanos, relaciones públicas, finanzas, etc.), así como los gastos generales de oficina y los cargos por depreciación y amortización.

- **Costos de venta:** son los costos que incurren en el área que se encarga de vender y distribuir los productos terminados, desde la empresa hasta el consumidor; sin embargo, con vender el producto no nos referimos solo a llevar el producto sino que implica una actividad más amplia, es por esto que dentro de los costos de venta además de los costos del departamento de ventas (gerente, secretarias, vendedores, choferes, entre otros.) se incluyen también los costos del departamento de marketing (departamento encargado de la investigación y desarrollo de nuevos productos o mercados alineados a la capacidad de la empresa y las tendencias de los consumidores, publicidad y tendencia de las ventas. [4]). El monto del costo de venta dependerá de tipo y la magnitud de las actividades que se estimen el proyecto decida que desarrolle el departamento de ventas y el de marketing.
- **Costos financieros:** son los intereses que se deben pagar en función al capital que el proyecto pedirá como crédito, estos intereses pueden ser cargados como gastos deducibles de impuestos, dependiendo de la ley tributaria que tenga el país en donde el proyecto se va a desarrollar.

#### 1.4 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Siempre que se quiere emprender un proyecto realizando una inversión se espera una tasa mínima de ganancia sobre esta. Esta inversión puede venir de personas físicas (inversionistas), otras empresas, bancos o una mezcla de estas tres; sin importar la fuente del financiamiento del capital, este siempre va a tener un costo de capital individual y su sumatoria será el costo de capital de la empresa impulsadora del proyecto.

Esta sumatoria del costo de capital, se puede definir como el costo de capital promedio ponderado (WACC por sus siglas en ingles), este se refiere al costo ponderado de los recursos que financian el proyecto. Su fórmula es:

$$WACC = \left(\frac{E}{V}\right) Ke + \left(\frac{D}{V}\right) Kd (1 - t)$$

Ecuación 2.1

Dónde: E es el capital obtenido de los recursos propios financiar el proyecto, D es el capital obtenido mediante deuda para financiar el proyecto, V es la suma de E y D, es decir, el capital total de financiamiento del proyecto, Ke es la rentabilidad esperada por la inversión libre de riesgo, Kd es el coste de la deuda o la tasa de interés pactada por la deuda, t es la tasa impositiva. El coste de la deuda es reducido por (1- t) debido a el escudo fiscal que proporcionan los intereses de la deuda [15].

En primera instancia se pensaría que la TMAR debería ser el WACC; sin embargo, al no tomar en cuenta la inflación del país existe una pérdida adquisitiva del valor del dinero y

estuviéramos ganando mucho menos de lo esperado en términos reales [4]. Por esto se le puede un porcentaje de inflación, el cual debe ser el promedio de los índices inflacionarios pronosticados para el horizonte de tiempo que se vaya a evaluar el proyecto, ya que la inflación no es constante.

Sin embargo no se debe tener como referencia únicamente la tasa de rentabilidad esperada libre de riesgo, las tasas de interés bancarias y la inflación para la TMAR; debido a que, para un inversionista no es atractivo únicamente obtener una rentabilidad de la inversión sin riesgo, poder pagar los intereses de su deuda y mantener el poder adquisitivo de su inversión; sino que le interesa que la misma tenga un rendimiento por el riesgo asumido al emprender el proyecto.

De esta forma diríamos que la TMAR que un inversionista esperaría de su inversión sería la rentabilidad de una inversión similar sin riesgo más el porcentaje de inflación y una prima por el riesgo asumido al invertir su dinero. De esta forma el cálculo de la TMAR debe satisfacer la siguiente formula.

$$TMAR = Rf + PM + \pi$$

Ecuación 2.2

Donde  $Rf$  es la rentabilidad de una inversión similar libre de riesgo,  $PM$  una prima al riesgo asumido al invertir en el mercado seleccionado y  $\pi$  la inflación [15]. El premio al riesgo va depender de varios factores, uno de esos será la relación riesgo-rendimiento, esto quiere decir que a mayor riesgo mayor rendimiento; sin embargo la mejor referencia para tener idea del premio al riesgo es el estudio de mercado, ya que de esta forma podremos determinar las condiciones reales del mercado y el riesgo de introducirse en él. Según Gabriel Baca Urbina en su libro *Evaluación de Proyectos* dice que las tasas de rendimiento recomendadas son: bajo riesgo del 1 al 10%, riesgo medio del 11 al 20% y alto riesgo del 21% en adelante.

### **1.5 Beneficios del proyecto**

Antes de empezar a construir el flujo de caja para evaluar la rentabilidad del proyecto, una vez determinado los costos del mismo se deben también identificar los beneficios, independientemente de su relevancia en el proyecto. No se pueden omitir variables, ya que su importancia la determinará el inversionista; además que solo de esta forma se podrá determinar la rentabilidad del flujo de caja de una manera más precisa.

Generalmente los ingresos por la venta del producto o servicio que generaría el proyecto son los beneficios más relevantes que tiene el mismo; sin embargo en algunos proyectos no existen ingresos directos asociados con la inversión, sino que el beneficio se ve reflejado por el ahorro en costos que pueda darse al emprender el proyecto. Además del ahorro que se puede dar por mejora de tecnología, reemplazo de maquinaria, entre otras también puede

existir ahorro de carácter tributario; por ejemplo al reemplazar un vehículo totalmente depreciado por uno nuevo, se debe tener en cuenta que la depreciación contable del nuevo vehículo disminuiría la renta impositiva y por lo tanto el pago de impuestos.

Además de los beneficios generados de los ingresos por la venta del producto o servicio y del ahorro de costos, existen otros ingresos que deben ser considerados en la evaluación del proyecto. Uno de ellos es la venta de activos que se reemplazarán en el periodo evaluado; por ejemplo si se decide reemplazar la maquinaria cada tres años, esto quiere decir que para cada periodo existirá la posibilidad de que se genere un ingreso por la venta de la maquinaria a reemplazar, el valor de la misma dependerá del estado de la misma y del mercado; sea como sea esta venta deberá incluirse en el flujo de caja para evaluar el proyecto. Otro beneficio adicional que puede existir es la venta de residuos o subproductos que el proyecto genere, la cuantía de los mismos puede no ser tan importante como la del producto principal, sin embargo, se puede evaluar un escenario mucho más real del proyecto.

Existen dos tipos de beneficios que si bien no son una generación de ingresos o ahorro como los explicados anteriormente, igual deben ser considerados dentro del flujo del proyecto debido a que vendrían a ser parte del patrimonio del proyecto. Uno de ellos es el *valor de salvamento* del proyecto, dado a que el flujo de caja proyectado no se hace para la totalidad de la vida útil del proyecto al último periodo del flujo se le debe sumar el valor de desecho del proyecto. Esto se puede realizar de tres formas: **considerando el valor contable de los activos** que el proyecto llegaría a tener al último periodo de evaluación restándole la depreciación; **considerando el valor comercial de los activos** al último periodo de la evaluación, **suponiendo una venta de los mismos o realizando una proyección de los beneficios futuros que los activos puedan generar** hasta el final de su vida útil. El otro beneficio es la recuperación del capital de trabajo que si bien al final del periodo de evaluación los recursos de capital de trabajo no quedarán disponibles para los inversionistas, si quedarán en funcionamiento y serán parte del patrimonio del proyecto.

### 1.5.1 Fijación del precio

La fijación del precio para el producto que desarrollará el proyecto es de vital importancia para el éxito del mismo, debido a que de este dependerá el monto de ingresos que se obtengan y el volumen de venta; a mayor precio menor será el volumen de ventas y viceversa. Esta fijación de precio va a depender de muchos factores, como la demanda, los costos, la competencia y las restricciones internas y externas.

El precio del producto debe ser el que permita cubrir la totalidad de los costos de operación (variables, fijos, de ventas, financieros, tributarios, de administración, etc.) y además que se otorgue una rentabilidad mínima para recuperar la pérdida de valor de los activos y recibir un premio, por así llamarlo, por la inversión realizada.

El precio se define como la relación entre la cantidad de dinero recibida por el vendedor (M) y la cantidad de bienes recibidos por el comprador (Q) [3], satisfaciendo la ecuación de intercambio:

$$P = \frac{M}{Q}$$

Ecuación 2.3

Con esto podemos decir que para bajar o subir el precio del producto se debe, o bien cambiar la cantidad de bienes proporcionados por el vendedor al consumidor por el mismo valor, cambiar de calidad del producto (si baja la calidad del producto y se vende al mismo valor el precio sube debido a que el consumidor estará recibiendo menos calidad) o variar la política de venta (si se da más tiempo de crédito a los clientes equivale a una reducción en el precio). Sin embargo, no se puede realizar ninguna de estas sin antes analizar los factores anteriormente señalados (la demanda, los costos, la competencia y las restricciones internas y externas.).

Existen métodos para analizar la sensibilidad de estos cambios en los precios, sin embargo no serán tratados a fondo ya que no son relevantes para este estudio. El primero es la elasticidad ingreso de la demanda, que mide la relación entre el ingreso de los compradores y la cantidad del bien demandado; este método clasifica a los bienes como inferiores, cuando el ingreso de los compradores aumenta y el consumo del bien disminuye, y considera a los bienes como normales, cuando el ingreso de los compradores aumenta y la demanda del bien también lo hace. Y el segundo método es la elasticidad precio de la demanda, que mide los cambios porcentuales en la cantidad demandada respecto a un cambio porcentual en el precio del bien.

## **1.6 Punto de equilibrio**

Como se indicó anteriormente, si bien el punto de equilibrio no es una técnica para evaluar la rentabilidad de un proyecto, puede ser importante para tener una referencia de cuál debe ser el nivel mínimo de producción que el proyecto debe alcanzar para no incurrir en pérdidas. Con esto podemos decir que el punto de equilibrio es el nivel de producción al cual los ingresos por ventas son iguales a la suma de los costos fijos y variables.

Si bien el punto de equilibrio nos sirve como una importante referencia a la relación entre los ingresos y los costos fijos y variables; para efectos de evaluación del proyecto no resulta muy útil debido a que no considera la inversión inicial, es inflexible en el tiempo y en algunos casos es difícil clasificar los costos como fijos o variables. El punto de equilibrio se puede calcular de forma gráfica o satisfaciendo la ecuación 2.4

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{P * Q}}$$

Ecuación 2.4

Donde PE es el punto de equilibrio, CF son los costos fijos, CV los costos variables, P el precio del producto vendido y Q la cantidad del producto vendido.

## 2. Proyección del flujo de caja

La elaboración del flujo de caja proyectado del proyecto es de vital importancia para la evaluación del mismo, ya que los resultados que se obtengan de este determinarán la rentabilidad del proyecto. Las *fuentes de información* para construir el flujo de caja proyectado son todos los estudios anteriores a la evaluación financiera económica (estudio de mercado, técnico-operativo, económico), sin embargo, existirá alguna información que se debe calcular al construir el flujo, tal como la depreciación, la amortización, el valor de desecho y sus efectos tributarios.

Hay que tomar en cuenta que los flujos, ingresos y egresos también deben estar sujetos a inflación, por lo que no pueden ser constantes durante todo el horizonte de evaluación. Por esto al momento de construir el flujo de caja se debe hacerlo con los costos e ingresos inflados. Esto implica que tanto la inversión, flujo y TMAR deban considerar los efectos inflacionarios, de esta forma podremos tener una evaluación lo más realista posible; comparando el sacrificio de consumo presente con mayores ingresos futuros esperados.

### 2.1 Variables del flujo de caja

Todo flujo de caja proyectado de un proyecto posee cuatro variables básicas: La inversión inicial, los flujos de caja netos, el horizonte de evaluación y sus periodos, y el valor de salvamento del proyecto. **1) La inversión inicial (I<sub>0</sub>)**, se refiere a los recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, tanto de activos fijos e intangibles como de capital de trabajo. Si bien la inversión en capital de trabajo no implica un desembolso de dinero sí se debe considerar la misma en el momento cero, ya que deberá estar disponible para que el proyecto la utilice al inicio de la operación.

**2) Los flujos contables netos**, los cuales se registraran generalmente de forma anual, ya que si bien no ocurren de manera simultánea con los flujos reales, no se evalúa la posibilidad de la recepción diferida de ingresos o la salida de egresos por crédito u otras razones; al realizar flujos anuales esta diferencia es mínima, ya que las cuentas devengadas en un mes se hace efectivas por lo general dentro del año [3]. Los flujos netos se dividen en dos grandes grupos: Ingresos futuros y egresos futuros del proyecto.



*Los ingresos futuros del proyecto ( $Y_t$ )* se refieren a todos los flujos de entrada reales de efectivo; la información de los mismos se obtendrá del estudio de mercado, técnico y económico. Los ingresos más relevantes son los provenientes de la venta del producto o servicio, sin embargo, existen otros ingresos que deben registrarse en el flujo del proyecto (venta de activos a reemplazar, venta de residuos o desechos, ahorro de costos, entre otros.), como se explicó en el apartado de beneficios del proyecto anteriormente.

*Los egresos del proyecto ( $E_t$ )*, también se obtendrán de los estudios económico, de mercado y técnico; sin embargo los egresos del pago de impuestos deben ser calculados a medida que se construye el flujo de caja; esto es debido a que para su cálculo deben tomarse en cuenta algunos gastos no desembolsables (depreciación, amortización y valor contable de los activos que se venden), estos si bien obviamente no reflejan un movimiento de caja, si influyen en la rentabilidad del proyecto por su efecto sobre los impuestos. Mientras mayor sea el monto de estos gastos no desembolsables, menor será la renta impositiva y por lo tanto el pago de impuestos será menor. Los otros costos que obtendremos de los estudios anteriores serán los costos de fabricación, operación, generales y de administración, financieros y otros.

**3) El horizonte de evaluación del proyecto**, va a depender tanto de las características como de la vida útil esperada del mismo; si esta se puede prever y su duración es corta, se evaluará el flujo para este periodo. Sin embargo, si no podemos prever la vida útil del proyecto o la duración de la misma es larga se aplica el tiempo generalmente utilizado para evaluar un proyecto de diez años. Los periodos del flujo de caja generalmente se hacen de forma anual, a menos que las características del proyecto requieran que se evalúe con otra periodicidad

**4) El valor de salvamento del proyecto**, calculado por cualquiera de los métodos anteriormente explicados (considerando el valor contable de los activos que el proyecto llegaría a tener al último periodo de evaluación restándole la depreciación; considerando el valor comercial de los activos al último periodo de la evaluación, suponiendo una venta de los mismos o realizando una proyección de los beneficios futuros que los activos puedan generar hasta el final de su vida útil), según como el evaluador crea conveniente; estos se registrarán en el periodo final del horizonte de evaluación del proyecto.

## **2.2 Formas de construir el flujo de caja**

Para realizar la evaluación de un proyecto debemos hacerlo sobre los flujos de caja diferenciales o incrementales, es decir, que supongan un movimiento de caja o tesorería, se produzcan únicamente si se lleva a cabo la decisión de inversión y que sean tomados después del pago de impuestos [15].

Uno de los problemas más comunes a la hora de construir el flujo de caja proyectado para su posterior evaluación es que existen diferentes objetivos, calcular la rentabilidad del

proyecto, calcular la rentabilidad del inversionista y calcular la capacidad de pago frente a los créditos obtenidos para la financiación del proyecto. Por otro lado la construcción del flujo de caja también difiere si se trata de la creación de una nueva empresa o se evalúa un proyecto dentro de una empresa ya en funcionamiento.

### **2.2.1 Flujo de caja libre (FCL)**

Nassir Sapag Chain en su libro *Criterios de evaluación de proyectos*. McGraw-Hill, 1993 propuso un modelo general de la estructura del flujo de caja libre que será en el que nos basaremos en este estudio, sin embargo también nos basaremos en el libro de Francisco J. López y Walter de Luna, *Finanzas corporativas en la práctica*, McGraw-Hill 2002 con el objetivo de utilizar una terminología más actualizada.

Hay que tomar en cuenta que la razón para primero restar los gastos no desembolsables y luego sumarlos es la influencia en la renta impositiva que estos tienen y el escudo fiscal que se puede aprovechar gracias a ellos. También se debe mencionar que las inversiones tanto tangibles e intangibles como de capital de trabajo se pueden dar en el periodo cero y en los periodos siguientes dentro de la evaluación; esto ocurre cuando dentro del periodo de evaluación se deben realizar, por ejemplo: ampliaciones de la capacidad productiva, reemplazo de activos, aumento en el capital de trabajo; y por último el valor de salvamento únicamente se suma en el periodo final de evaluación; esto se aplica en la construcción de todos los flujos de este apartado. La teoría supone que el flujo de caja libre debe descontarse a una tasa igual al WACC.



Figura 2.1

Flujo de caja libre

Fuente: N. y R Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Proyectos

F. López y W. de Luna, Finanzas Corporativas en la Práctica

Elaboración propia

### 2.2.2 Flujo de caja para los accionistas (FCA)

Al referirnos al flujo para los accionistas, nos referimos a medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto, con esto se debe agregar el efecto del financiamiento y el impacto que este genera en el flujo. Dado que los intereses del préstamo son un gasto afecto a impuesto, se debe diferenciar que parte de la cuota que se paga, a la entidad financiera, es interés y cual amortización; esto se puede realizar con una simple tabla de amortización. Por último se deberá añadir el monto del préstamo obtenido, el cual

se restara de la inversión inicial dado que este será el monto que el inversionista tendrá que invertir.

Existen dos formas de incluir el efecto del financiamiento en el flujo de caja proyectado, una es incorporando el gasto en intereses de la deuda antes del cálculo de impuestos para registrar su efecto tributario y luego incorporar la parte amortizable de la deuda después de la utilidad después de impuestos; y la otra es restar del flujo de caja el efecto de la deuda, calculado independientemente, es decir, al flujo de caja se le restará la parte amortizable de la deuda más la parte de los intereses de la deuda, pero quitándole el ahorro tributario que se produce por pago de intereses. Para este estudio y cuando realicemos el ejemplo del flujo de caja nos basaremos en la primera forma de incluir el financiamiento en el flujo del inversionista. De esta forma el flujo del inversionista seguiría el siguiente esquema:



Figura 2.2

Flujo de caja para los accionistas

Fuente: N. y R Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Proyectos

F. López y W. de Luna, Finanzas Corporativas en la Práctica

Elaboración propia

La teoría supone que el flujo de caja para los accionistas debe descontarse a una tasa igual o superior a la TMAR, cuyo cálculo se explicó en el punto 1.5 de este capítulo.

### **2.2.3 Flujo de caja de capital (FCC)**

El flujo de caja de capital o flujo de caja para evaluar la capacidad de pago frente al financiamiento obtenido. Con este podemos calcular la capacidad de pago del proyecto, es decir, el potencial financiero que tiene el proyecto para hacer retribuir a los recursos permanentes que financian el proyecto (obligaciones crediticias y recursos propios) para ponerlo en marcha. En otras palabras el flujo de caja de capital determina el valor remanente del flujo del proyecto disponible para pagar dividendos, amortizar la deuda y pagar intereses. En el campo bancario existen otras variables y elementos que se deben evaluar para determinar la capacidad del pago del proyecto, sin embargo, estas son más de carácter bancario y se utilizan dentro de las instituciones financieras por lo que no se ahondará en su explicación. El esquema del flujo de caja de capital es el siguiente:



Figura 2.3

Flujo de caja de capital

Fuente: N. y R Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Proyectos

F. López y W. de Luna, Finanzas Corporativas en la Práctica

Elaboración propia

Este flujo de caja de capital en teoría se debe descontar a una tasa igual al WACC antes de impuestos; esto es, el mismo WACC solo que sin descontar los efectos del escudo fiscal que generan los intereses de la deuda, debido a que estos ya fueron incluidos en el flujo de caja.

#### **2.2.4 Flujos de caja de proyectos en empresas activas**

Al momento de construir el flujo de caja de un proyecto dentro de una empresa activa hay que tener en cuenta que algunos beneficios y costos serán irrelevantes o indistintos, debido a que se realice o no el proyecto dentro de la empresa, estos no cambiarán por lo que el calcularlos y evaluarlos sería una pérdida de tiempo dado que no influirán en la decisión que se vaya a tomar, sin embargo, existirán otros beneficios y costos que si modificaran el flujo del proyecto. Los proyectos más comunes dentro de una empresa en funcionamiento son de expansión, reemplazo, de abandono y de externalización o internalización [3].

Los *proyectos de expansión* son aquellos donde se sustituyen activos existentes por nuevos con una mejor tecnología productiva o se agrega tecnología productiva a los activos existentes. Los *proyectos de reemplazo* son aquellos donde existe una capacidad productiva insuficiente para satisfacer el mercado, ya sea por la antigüedad de los equipos, obsolescencia tecnológica o un aumento de la demanda. Los *proyectos de abandono* por otro lado son aquellos, donde se evalúa el cierre de un área de negocio que ya no estaba siendo rentable o restaba beneficios a la empresa; con esto se liberan recursos que no estaban siendo utilizados de manera eficiente.

Los proyectos de externalización son lo que se llama outsourcing, es decir, delegar a terceros una actividad productiva; con esto podemos mejorar la productividad, liberar recursos para otras actividades, vender activos que ya no se vayan a usar, compartir el riesgo de inversión. Sin embargo, el outsourcing también posee algunas desventajas como el traspaso de la información, pérdida de control de la calidad, dependencia productiva de terceros, entre otras. La internalización viene a ser lo contrario a la externalización, pasar a realizar una actividad productiva que antes estaba delegada a terceros, esto se debe realizar cuando esto signifique una mayor productividad para la empresa.

Sea cual sea el proyecto que se quiera evaluar dentro de la empresa en actividad se debe realizar dos flujos por separado. Uno vendrá a ser el flujo de caja sin el proyecto y el otro el flujo de caja con el proyecto; como se explicó anteriormente se deben tomar en cuenta únicamente los beneficios y costos que modifiquen la estructura del flujo de caja de la empresa, para de esta forma poder realizar una comparación entre los dos flujos, sin proyecto y con proyecto, y podamos tomar una decisión de cuál será la opción más rentable para la empresa, si desarrollar o no el proyecto.



### **3. Evaluación económica de un proyecto**

La evaluación económica es generalmente la parte final de todo estudio y análisis de un proyecto. Llegados a este punto se supone que se ha determinado que el mercado al que el proyecto se enfocará es potencialmente atractivo, se han determinado y dominado las técnicas productivas más óptimas y eficientes, se identificó el lugar y el tamaño necesario de la planta para que el proceso productivo sea el óptimo, se habrá determinado que el proyecto es atractivo y rentable para la sociedad y entorno en donde se desarrollará; además se habrán identificado las inversiones que se deben realizar para poner en marcha el proyecto, sus costos directos e indirectos y como punto principal se habrá construido el flujo de caja proyectado a un horizonte de tiempo alineado a las características del proyecto y con todas las variables que afectan al mismo. Sin embargo, aun con todas estas características desarrolladas y determinadas no podremos demostrar si el proyecto es económicamente rentable ya sea por si solo o para sus inversionistas, así surge la necesidad de buscar el método más eficiente para evaluar la viabilidad del proyecto.

#### **3.1 Criterios de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo**

Estos son llamados también razones financieras, a pesar de no tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo y no tener una relación directa con el análisis de rentabilidad, son esenciales para el análisis financiero. El análisis financiero es vital para el éxito de una empresa, este nos permite determinar los puntos fuertes o débiles del mismo para mantenerlos o mejorarlos, según sea el caso. Las razones financieras resultan de la relación entre dos cantidades relacionadas de las diferentes cuentas de los estados financieros de la empresa, en si no tienen mucho sentido si no se les compara con algo; son métodos contables que consideran cifras que ya sucedieron en la empresa, por lo que su mayor utilidad es comparar una razón financiera de un periodo con otra, o también con los promedios de la industria y el sector.

Las principales razones financieras se las puede clasificar en cuatro grupos: 1) Razones de liquidez (Razón circulante, prueba acida). 2) Razones de endeudamiento (Endeudamiento total, endeudamiento patrimonial, solvencia, cobertura de intereses). 3) Tasas de actividad (Rotación de inventario, activos, cuentas por cobrar). 4) Tasas de rentabilidad (Margen neto, margen bruto, rentabilidad del patrimonio, rentabilidad de los activos) [4]. Sin embargo, para este estudio nos centraremos únicamente en los métodos de evaluación que si toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

#### **3.2 Criterios de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo**

Estos métodos de evaluación se basan en métodos matemáticos financieros; son una herramienta de gran utilidad en la toma de decisiones ya que se realiza un análisis que pretende anticipar el futuro, pudiendo evitar grandes errores, desviaciones y problemas a largo plazo en la ejecución del proyecto. Los métodos de evaluación que toman en cuenta el

valor del dinero en el tiempo son genéricos, es decir, pueden utilizarse para inversiones comerciales, industriales, de servicios, entre otras.

La base de los métodos matemáticos financieros en los que se basan los métodos de evaluación se fundamentan en que el dinero, por el simple hecho de que el tiempo pase, el inversionista espera una rentabilidad que se exigirá por no usarlo hoy y aplazar su consumo para el futuro [3]; desde otro punto de vista podemos decir que el dinero va disminuyendo su valor real con el paso del tiempo, es decir, lo que puedo comprar con un dólar en diez años será mucho menos de lo que pueda comprar con un dólar hoy debido a la inflación, por esto es que el inversionista espera aumentar o por lo menos mantener el valor real de su inversión.

Con lo anterior entendemos que al evaluar un proyecto debemos realizarlo en términos capitalizados o actuales para considerar el valor del dinero en el tiempo. Se puede pensar que para evaluar la rentabilidad del proyecto y por lo tanto de la inversión, ésta se debe hacer en términos capitalizados, hacerlo en términos actualizados resulta una comparación idéntica. Por esto que los principales métodos de evaluación de este tipo evalúan los flujos de caja proyectados descontados, es decir, traídos a valor presente; el objetivo de esto es determinar si el proyecto que se está evaluando proporciona mayores beneficios que el uso de los mismos recursos en otras alternativas de inversión. De una forma más sencilla podemos decir que la evaluación se realiza en valores actuales debido a que, por ejemplo, un dólar recibido el día de hoy es más valioso que un dólar recibido en diez años, debido a las oportunidades de inversión que puedo tener con ese dólar, si invierto ese dólar de forma eficiente es muy probable que en diez años tenga mucho más de un dólar [3].

Los principales métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo y utilizan el concepto de flujo de caja descontado son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Estos serán los dos métodos en los que nos basaremos en este estudio para evaluar la rentabilidad de un proyecto.

### **3.2.1 Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN es uno de los criterios más básicos y más utilizados en la evaluación de proyectos, que toma en cuenta la importancia de los flujos de efectivo en función del tiempo. Consiste en sumar los flujos descontados y restar la inversión inicial, lo que equivale a comparar todas las ganancias (y en algunos casos pérdidas) esperadas contra todas las inversiones inherentes al proyecto en valor presente equivalente al tiempo cero. La tasa a la que se traen los flujos a valor presente se le denomina tasa de descuento o la anteriormente explicada TMAR; esta tasa de descuento es de suma importancia en el cálculo del VAN ya que de nada nos serviría éste si es que estamos utilizando una TMAR no adecuada.

La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

Ecuación 2.5

Dónde:

$I_0$  = Inversión inicial; FN = Flujo neto;  $i$  = TMAR= Tasa de descuento

La interpretación del resultado del VAN va a depender en gran parte de la TMAR que se elija; si la TMAR es igual únicamente al promedio de la inflación pronosticada, un VAN igual a cero va a reflejar que no se aumenta el patrimonio de la empresa y el proyecto no es rentable; sin embargo, si la TMAR se calculó en base a la inflación pronosticada y el premio a la inversión, un VAN igual a cero va a reflejar que sí se está aumentando el patrimonio de la empresa y el proyecto tendrá una rentabilidad igual a la mínima exigida. Para el caso de un VAN negativo, sin importar el método de cálculo de la TMAR, nos va a indicar que el proyecto no es rentable y la cantidad que falta para que el mismo rente lo mínimo exigido por el inversionista. Por otro lado, si obtenemos un VAN positivo este nos va a indicar que el proyecto es rentable, se está aumentando el patrimonio de la empresa y la ganancia extra después de ganar la rentabilidad mínima aplicada en la TMAR.

Como conclusión podemos decir que el VAN es el método de evaluación más eficiente, puesto que mide si se está creando valor para la empresa con la incursión del proyecto, además es de fácil interpretación, sin embargo el eficiente uso del VAN va a depender que se calcule una TMAR adecuada. No hay que dejar de lado tampoco que el método del VAN supone una reinversión de todas las ganancias de la empresa en ella misma, esto quiere decir que, los beneficios anuales obtenidos por la empresa no se reparten, sino que se destinan a la compra de nuevos activos o se están autofinanciando sin recurrir al crédito para iniciar sus operaciones el periodo siguiente; cosa que en la mayoría de negocios no ocurre.

### 3.2.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR es la tasa que iguala la suma de los flujos del proyecto descontados a la inversión inicial; en otras palabras, esta evalúa el proyecto en función de una tasa a la cual todos los beneficios del proyecto en el horizonte de evaluación traídos a valor presente son exactamente iguales a los desembolsos (inversiones). También se puede definir a la TIR como la tasa a la cual el VAN es igual a cero, esto quiere decir que se estará ganando la tasa de descuento calculada.

Por esto esta tasa interna de rendimiento calculada debe compararse con la TMAR calculada para el proyecto, si la TIR es mayor o igual a la TMAR, el proyecto debe aceptarse, y si es menor, debe rechazarse. Sin embargo hay que tomar en cuenta que el

aceptar un proyecto con una TIR igual a la TMAR, toma las mismas consideraciones que aceptar un proyecto con VAN igual a cero, es decir, se debe analizar el método de cálculo de la TMAR para tomar una decisión económicamente rentable. Además se debe comparar también la TIR con el costo de capital promedio ponderado (WACC), este se refiere a el cálculo de una tasa promedio del costo de las fuentes de financiamiento (propias o de terceros) del proyecto; con esto podemos decir que la TIR para considerarse aceptable debe ser mayor al WACC, ya que se espera que por lo menos esta cubra el costo del financiamiento del proyecto, es decir, se puedan pagar los dividendos a los accionistas o se alcance la rentabilidad esperada por estos, y además podamos pagar los intereses por el financiamiento solicitado a terceros.

La fórmula para calcular la TIR es:

$$VAN = -I_o + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j} = 0$$

Ecuación 2.6

Dónde:  $I_o$  = Inversión inicial; FN = Flujo neto;  $i$  = TIR

Como podemos ver la fórmula para calcular la TIR supone que para determinar esa  $i$  (TIR), se debe realizar mediante pruebas y error (método de tanteo) hasta que dicha  $i$  iguale la suma de los flujos descontados del proyecto a la inversión inicial, aunque con la ayuda de calculadoras financieras se la puede calcular directamente. Otra consideración que hay que tomar al calcular la TIR y su interpretación es que, esta sigue el supuesto que todos los beneficios que surgen del proyecto se reinvierten en sí mismo, lo cual es imposible debido a los limitantes del crecimiento indefinido del proyecto, es decir, llegado un momento el mismo va a llegar a su máxima capacidad y ya no se podrá invertir internamente en el proyecto.

Otra desventaja del uso de la TIR en la evaluación de un proyecto se debe a la naturaleza de la ecuación con la que se calcula, ya que al ser un polinomio de grado cinco [4] si en determinado periodo del proyecto existe un flujo negativo que no sea la inversión inicial, este va a ocasionar que exista más de una TIR que satisfaga la ecuación. Es decir, que en un proyecto que en algún periodo presente pérdida, por lo tanto un flujo negativo, va a ocasionar que existan TIR múltiples para el proyecto, lo cual no tiene un significado económico. Al presentarse este problema en la evaluación de un proyecto, se debe tomar a el VAN como el único criterio de evaluación financiera valido para determinar la rentabilidad del proyecto.

### **3.2.3 Otros criterios de evaluación económica de un proyecto**

Como se dijo anteriormente el VAN es el método de evaluación más eficiente para medir la rentabilidad de un proyecto; sin embargo existen otros métodos inferiores a este, algunos consideran el valor del dinero en el tiempo y otros no lo hacen. Explicaremos resumidamente los más importantes.

*El método de la razón costo-beneficio* consiste en dividir todos los costos e inversiones inherentes al proyecto sobre todos los beneficios que este generará, para tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo se deben traer a valor presente los costos, inversiones y beneficios antes de calcular la razón. La interpretación de este método es que si la razón costo-beneficio es mayor o igual a uno, los beneficios son mayores a los costos y por lo tanto el proyecto sería rentable. Las desventajas de este método es que solo nos muestra una razón de relación entre los beneficios y los costos, no un valor en concreto de la rentabilidad del proyecto, además requieren mayores cálculos [3].

*El periodo de recuperación (payback)* es todo método de evaluación, consiste en determinar el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial. Para la correcta interpretación de este método se deben traer los flujos a valor presente, de esta forma estaremos tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo. En un principio se calculaba el periodo de recuperación dividiendo la inversión inicial para el promedio de los beneficios del proyecto, sin embargo, el concepto es erróneo debido a que los beneficios del proyecto no son constantes y podría existir demasiada varianza, lo que recaería en errores de interpretación. La forma adecuada de calcular el periodo de recuperación es determinar mediante la suma acumulada de los beneficios, el número de periodos necesarios para recuperar la inversión. Las debilidades de este método están en que no se toman en cuenta las ganancias o pérdidas posteriores al periodo de recuperación que pueden ser de suma importancia en la evaluación de factibilidad del proyecto; sin embargo puede ser una variable de información de liquidez del proyecto, para determinar que inversiones se devuelven los fondos más rápido.

## **4. Conclusiones**

El estudio económico- financiero tiene como objetivo determinar el tipo y cuantía de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Lo primero que se debe determinar es la cuantía de las inversiones del proyecto sea en activos fijos, activos diferidos o capital de trabajo; hay que tener en cuenta que las inversiones se pueden dar tanto en el inicio del proyecto como en el transcurso de este. Dentro de las inversiones también debemos determinar cómo se depreciaran y amortizaran estas; además de determinar un cronograma determinando el momento de desembolso de estas inversiones. El capital de trabajo visto como una inversión inicial, se refiera a la cuantía de recursos (activos corrientes) necesarios para que la empresa empiece sus actividades.

Luego se deben determinar los costos y gastos del proyecto; tanto de producción, administración, ventas y financieros. Una vez determinados los costos del proyecto también debemos determinar los beneficios del mismo, siendo estos generalmente, la venta del producto o servicio, el ahorro de costos, venta de activos, venta de residuos o subproductos, valor de salvamento y la recuperación de capital. Dado que siempre que se emprende un proyecto, se busca que este tenga una tasa mínima de ganancia sobre esta, por lo que se debe determinar una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), como un porcentaje de ganancia con respecto a la inversión realizada. También se determinará el punto de equilibrio como un nivel mínimo de referencia de producción para no incurrir en pérdidas.

Una vez determinados los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, correspondientes al estudio económico, podremos construir el flujo de caja proyectado del mismo. Las variables que componen el flujo de caja son: *la inversión inicial*, recursos (activos fijos, intangibles y capital de trabajo) necesarios para la puesta en marcha del proyecto; *los flujos netos*, compuestos por los ingresos futuros del proyecto y los egresos futuros; *el horizonte de evaluación*, tiempo en el cual se evaluará el proyecto, el cual va a depender de la naturaleza del mismo, sin embargo, existe la regla general de que debe hacerse a diez años si no se conoce la vida útil del proyecto; y por último tenemos *el valor de salvamento*, el que refleja el valor de los activos del proyecto al periodo final de inversión, dado que la vida útil de estos aún puede no haber terminado en este periodo se debe registrar su valor de salvamento o desecho.

Determinadas las variables principales del flujo de caja proyectado podremos construir cuatro flujos según la naturaleza del proyecto y el objetivo de la evaluación del mismo. El primero de estos será el flujo de caja libre, el cual representa la cuantía que genera el proyecto, luego de haber hecho frente a todos los compromisos, para repartir entre sus accionistas, cuando el proyecto se haya financiado únicamente con recursos propios, es decir, no exista deuda. El flujo de caja para los accionistas por otro lado, es la cuantía que genera el proyecto para repartir a los accionistas cuando este no se ha financiado únicamente con recursos propios, sino que existe otra fuente de financiación (deuda); es decir, dentro de los compromisos del proyecto se incluye el pago de la deuda. El flujo de caja de capital viene a ser la cuantía que genera el proyecto para retribuir a las diferentes fuentes de financiamiento, es decir, la deuda y los recursos propios. Por último tenemos el flujo de caja de una empresa ya en actividad, donde se deben registrar únicamente los beneficios y costos que no son irrelevantes o indistintos al realizarse el proyecto; estos pueden ser de expansión, reemplazo, abandono y externalización o internalización.

Una vez construidos los flujos de caja proyectados pasamos a realizar la evaluación financiera de los mismos, basándonos en los criterios de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Los criterios más importantes son los del VAN y TIR; donde en el primero se descuentan los flujos a valor presente y se les resta la inversión inicial, para determinar si el proyecto es rentable; en el segundo se calcula la tasa en donde los

beneficios del proyecto traídos a valor presente son exactamente iguales a los desembolsos realizados, tasa a la cual se le debe comparar con la TMAR determinada y el WACC determinado. Existen otros métodos de evaluación inferiores como el periodo de recuperación (payback) y el método de la razón costo-beneficio; sin embargo, estos no tienen el mismo alcance que los métodos del VAN y el TIR.

## CAPÍTULO III

---

### ANÁLISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD: MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO

En los capítulos anteriores se explicó cómo se realiza la evaluación de un proyecto para determinar si la inversión resulta conveniente o no, para esto nos basamos en condiciones de certeza; sin embargo, esta suposición solo es válida para explicar el procedimiento del estudio y evaluación del proyecto. Para realizar una eficiente evaluación de un proyecto es necesario incluir el riesgo inherente al mismo, caso contrario podremos caer en pérdidas económicas o, peor aún, en la quiebra del proyecto a los pocos años de su puesta en marcha.

Se analizarán los conceptos generales de lo que es el riesgo y los diferentes tipos de este que existen; para luego pasar a explicar la importancia de la gestión y administración del mismo en los proyectos, donde además de medir el riesgo, se pretende administrarlo; con el objetivo de anticipar y prevenir los eventos de riesgo que puedan afectar a la rentabilidad del proyecto. Con esto pasaremos a explicar cómo medir el riesgo en base a técnicas estadísticas, y los diferentes métodos para evaluar el riesgo en los proyectos, de los cuales nos centraremos en los que manejan el uso de probabilidades (VAN esperado y desviación estándar, probabilidad de pérdida en la aceptación, ajuste de la tasa de descuento, árboles de decisión y simulación). También se explicará la importancia y funcionamiento del análisis de sensibilidad, donde se pretende cuan sensible es la rentabilidad del proyecto ante cambios en una o más variables del mismo.

El método de simulación es el tema central de este estudio, por lo que se explicará a detalle en este capítulo; nos centraremos en el método de simulación Monte Carlo y el funcionamiento del mismo en el software @RISK de la *Palisade Corporation*.

#### **1. Análisis de Riesgo**

El análisis de riesgo consiste en medir y administrar el riesgo inherente a un proyecto. A pesar que la lógica nos dice que todo proyecto tiene algún factor de riesgo, el estudio del su análisis es relativamente nuevo; este se ha ido desarrollando debido a las últimas grandes crisis económicas de los ochenta y noventa, donde se hizo necesaria la medición y la administración del riesgo. Sin embargo, no fue hasta después de la crisis del 2008 donde las medidas de riesgo no fueron las suficientes y muchas instituciones financieras colapsaron, donde se vio necesario el fortalecer el análisis del riesgo y llegar a ser hoy en día uno de los puntos más importantes en la actividad de las empresas [5].



La evaluación de proyectos sigue una estructura general para determinar la rentabilidad del mismo y de esta forma decidir si la inversión se realizará o no. Sin embargo, esta metodología se basa en condiciones de certeza, por lo que se pone en duda la validez de la metodología y los resultados que la evaluación de proyectos tradicional nos proporciona debido a que, si las condiciones económicas, de mercado u otras bajo las cuales el proyecto se evaluó cambian, esto implica que la rentabilidad del proyecto también cambie; esto representa un riesgo que en primera instancia no se cuantifica y es aquí donde entra en juego el análisis y administración del riesgo. No basta en la evaluación de proyectos con utilizar las tasas y cifras pronosticadas del gobierno (Banco Central) u otras fuentes (Banco Mundial, entre otras.) ya que generalmente los pronósticos varían mucho a la realidad; por esto se debe realizar un adecuado y minucioso análisis de riesgo dentro de la evaluación del proyecto.

El propósito del análisis de riesgo no es únicamente cuantificarlo sino que pretende administrar el mismo, para que de esta forma se puedan anticipar y tomar medidas sobre los eventos de riesgo que puedan modificar la rentabilidad del proyecto y se puedan tomar mejores decisiones de inversión. Todo proyecto de inversión tiene cierto riesgo, sin embargo, este puede mitigarse conociendo bien las condiciones económicas, tecnológicas, operativas, de mercado, etc., en las cuales el proyecto se va a desarrollar.

## **1.1 Riesgo**

Antes de explicar en términos generales en que consiste el análisis de riesgo y su administración, definiremos que es el riesgo en sí. Por un lado la Real Academia de la Lengua define al riesgo como: “Contingencia o proximidad de un daño”; con esto podemos definir a el riesgo como la probabilidad de que un evento adverso ocurra (o no) y sus consecuencias; este riesgo únicamente se percibe cuando el evento ocurre, sin embargo, se debe estar conscientes de que el riesgo siempre está presente [5]. Refiriéndonos específicamente al riesgo financiero podemos definir al mismo como la posibilidad de que ocurra cualquier evento que derive en consecuencias financieras negativas, en otras palabras, nos podemos referir el riesgo financiero como la incertidumbre de la rentabilidad de una inversión, debido a eventos adversos que pueden derivar en que los beneficios sean menores a los esperados o se llegue a tener pérdidas económicas.

El riesgo puede ser objetivo o subjetivo; es objetivo cuando las probabilidades de que un evento ocurra son evidentes, por ejemplo lanzar un dado. Por otro lado es subjetivo cuando las probabilidades de ocurrencia del evento no son evidentes, por ejemplo que la llanta de un carro se baje durante un viaje. Sin embargo, el riesgo subjetivo al ser estudiado a profundidad y analizando los datos históricos disponibles, se puede tener más información para tomar una decisión. La mayoría de riesgos son subjetivos dentro de un proyecto por lo que es necesario realizar un análisis de los mismos para tomar una decisión eficiente [7].

Se debe diferenciar entre los conceptos de riesgo e incertidumbre. Por un lado el riesgo hace referencia a una situación donde existen diferentes resultados y la probabilidad de cada resultado se puede estimar; y por otro lado en la incertidumbre estas probabilidades no se pueden estimar. De otra forma se puede decir que el riesgo se da en una situación aleatoria con un conjunto de resultados posibles, cada uno con un porcentaje de probabilidad de ocurrencia. Mientras que la incertidumbre se da en una situación donde las probabilidades de ocurrencia de los distintos resultados posibles no son cuantificables. Se debe tener en cuenta que el riesgo tiene su origen en la incertidumbre.

### **1.1.1 Tipos de Riesgo**

Antes de indicar los tipos de riesgo es necesario mencionar las fuentes del mismo; estas se pueden dividir en dos grandes grupos. El primero es el Riesgo asociado al entorno, dentro de este podemos identificar el Riesgo económico (micro y macro), social y político (nacional e internacional); el segundo grupo es el Riesgo asociado a la actividad, este incluye el Riesgo estratégico (interno y de la competencia), comercial, tecnológico y de fenómenos naturales. Existen tres tipos de riesgo: Riesgo Financiero, Operacional y de negocio.

El Riesgo Financiero afecta en mayor grado a las empresas financieras, por otro lado las empresas comerciales están menos expuestas y lo que intentan es evitar el riesgo. El Riesgo Financiero se puede subdividir en tres grupos: 1) Riesgo de mercado: es aquel provocado por los cambios en los precios de los productos y las acciones, tasas de interés, tipo de cambio, swaps, entre otras. 2) Riesgo crediticio: es aquel asociado a la probabilidad de no pago, pago parcial o atraso en el pago de los deudores; afecta generalmente a las entidades bancarias. 3) Riesgo de liquidez: está asociado al riesgo de la baja del número de transacciones en el mercado, baja de precios de los activos y a la incapacidad operativa para generar el flujo de efectivo suficiente para el normal desarrollo del negocio.

El Riesgo Operacional es aquel que está asociado a pérdidas causadas por fallas humanas y técnicas como el fraude interno o externo, incumplimiento de normas de seguridad laboral y respeto de políticas, mala selección de personal, fallas tecnológicas, entre otras; también se asocia este riesgo a los accidentes causados por los daños en los activos físicos. El Riesgo de Negocio por último se refiere al riesgo de que se presenten cambios en las variables del plan de negocio, los cuales no se pueden evitar. Estos cambios pueden ser tanto cuantificables (Variación de la demanda, ciclo económico) como no cuantificables (Cambios tecnológicos, cambios en los gustos y preferencias, competidores, proveedores y aparición de productos sustitutos.).

### **1.1.2 Gestión y administración del riesgo**

En los últimos años el riesgo y su gestión o administración se ha convertido en uno de los temas principales de la teoría financiera; se ha ido desarrollando con el pasar de los años

con el objetivo de entender el riesgo y a su vez sacar algún beneficio del mismo. Existen tanto riesgos cuantificables como no cuantificables, serán los primeros a los cuales se aplica la gestión y administración de riesgos; al administrar y gestionar bien los riesgos cuantificables estos pueden transformarse en oportunidades. Para llegar a aprovechar estas oportunidades y obtener un beneficio del riesgo existente se deben seguir tres etapas de la gestión del mismo: 1) Identificarlo, 2) Medirlo y 3) Predecirlo; mediante estas tres etapas podremos alcanzar los objetivos de la gestión de riesgos, cuyo fin es reducir la incertidumbre.

Sin embargo, al ser las variables (que afectan la demanda de un producto o mercado) muy diversas, poco controlables y difíciles de predecir; lo que intenta la gestión y administración de riesgos más que predecir el futuro, es tratar de evitar o estar preparado para cualquier situación que afecte el proyecto. El objetivo primordial de la gestión del riesgo es el que el proyecto y sus emprendedores puedan reaccionar eficiente y rápidamente ante los cambios de las variables inherentes al negocio. Las variables más importantes que generan estas condiciones de riesgo pueden ser, la situación económica mundial y nacional, el entorno legal del país, el comportamiento del consumidor, el cambio de tecnología y el estado del mercado potencial.

Con todo esto podemos definir a la gestión de riesgos como el proceso de proteger los activos e ingresos de una organización utilizando una estimación científica para afrontar el riesgo; y sus objetivos se podrían definir como el conocer los riesgos a los cuales se enfrenta la organización y mejorar su posición frente a estos, proteger los activos y patrimonio de la organización, minimizar los costos del riesgo asumido y presentar los sistemas de control de riesgos a organismos gubernamentales [5]. De otra forma nos referimos a la gestión de riesgos como la forma de manejar la incertidumbre relativa a una amenaza a través de la evaluación de riesgo, estrategias para manejar y mitigar el riesgo, reducción (o aceptación) de los efectos negativos de los riesgos inherentes a una actividad.

## **1.2 La gestión de riesgos en un proyecto**

El riesgo de un proyecto se puede definir como la variabilidad de los flujos de efectivo reales con respecto a los proyectados. Mientras exista mayor variabilidad en un proyecto, mayor será el riesgo del mismo; esta variabilidad obviamente también está presente en la rentabilidad del proyecto, debido a que esta se calcula con los flujos de caja proyectados [3]. El riesgo en un proyecto puede influir de forma negativa o positiva en el éxito del proyecto; si no se realiza un detallado estudio de riesgos de todo el proceso de un proyecto existen distintos tipos de riesgos que pueden afectar el éxito del mismo; sin embargo, si estos riesgos se identifican y analizan eficientemente estos pueden convertirse en un beneficio para el proyecto, mas no una adversidad.

Para esto es importante realizar un análisis donde se identifique, proyecte, reduzca, supervise y se administre el riesgo inherente a un proyecto para poder tomar decisiones antes, durante y al finalizar el mismo. Como se dijo anteriormente el riesgo tiene su origen en la incertidumbre, por lo que sus causas y aspectos a tomar en cuenta más importantes pueden ser los cambios en el medio económico anulando la experiencia adquirida en el pasado, insuficientes inversiones similares para realizar un análisis comparativo, interpretación errónea de los datos o mala aplicación de los mismos, un erróneo estudio de mercado, un cambio tecnológico, cambio de pensamiento de los consumidores, entre otras.

El objetivo de la administración del riesgo en los proyectos es aumentar la probabilidad y el impacto de los sucesos reales haciendo frente a los riesgos posibles y convirtiéndolos en oportunidades, y disminuir la probabilidad e impacto de los sucesos adversos que afectan de forma negativa la rentabilidad del proyecto [6]. Para esto se deben determinar las consecuencias que puede traer un riesgo y las soluciones que se pueden dar para afrontarlo en el transcurso del proyecto

Una eficiente gestión de riesgos en un proyecto debe valorar las condiciones del entorno y de la organización en las cuales el proyecto se desarrollará. Se debe realizar un buen análisis de mercado, enfocado en el cliente detallando sus exigencias y disminuyendo las posibilidades de insatisfacción; de igual forma se debe realizar un buen estudio de la tecnología a usar para de esta forma garantizar la continuidad del proyecto. El conocimiento del mercado, entorno, proceso, tecnología y todas las otras áreas del proyecto hará que se agilite el proceso de desarrollo, identificación y eliminación de todos los riesgos posibles.

### **1.2.1 Pasos de la gestión de riesgo en un proyecto**

Para realizar una eficiente gestión de riesgos en un proyecto se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Identificación de los riesgos: Se determinan los riesgos potenciales que podrían afectar al proyecto; se buscan factores que causen pérdida de valor a los activos o ingresos del proyecto y se detallan sus características.
- 2) Medición, proyección y análisis: Se utilizarán herramientas estadísticas y econométricas para cuantificar el riesgo de tal forma que se tengan datos cualitativos para poder ordenar los riesgos identificados según su probabilidad e impacto que puedan tener en la toma de decisiones.
- 3) Evaluación de los riesgos: se deben generar indicadores de riesgo y de las acciones de mitigación para que se tenga un punto de comparación de los riesgos y se ordenen los mismos según su probabilidad e impacto. Será prioritario gestionar los riesgos a los que el proyecto tenga una mayor exposición, es decir, tenga mayor probabilidad e impacto.

- 4) Planificación de la gestión y respuesta a los riesgos: Una vez cuantificados los riesgos se pueden tomar decisiones de cómo se procederá frente a estos para maximizar los beneficios del proyecto. Los resultados cualitativos deben transformarse en acciones y políticas para responder a los riesgos y mitigarlos. Se establecerá un plan de mitigación de riesgos, para reducir la probabilidad de que un riesgo se materialice, y también un plan de contingencia, para tener acciones de respuesta ante la ocurrencia de los riesgos y reducir el impacto de estos en el proyecto.
- 5) Control y supervisión de los riesgos: Se supervisan los planes de mitigación y de contingencia con el objeto de corregir desviaciones de los mismos, se ajustan los indicadores de riesgos una vez ya corregidos para el futuro del proyecto.

Hay que tener en cuenta que una vez identificados los riesgos se debe realizar un análisis tanto cuantitativo como cualitativo con el objetivo de; con el primero analizar con números el efecto de los riesgos en la rentabilidad y objetivos del proyecto, y con el segundo priorizar los riesgos según su probabilidad de ocurrencia y su impacto en el éxito del proyecto. De igual forma el control y supervisión del riesgo ayuda a disminuir el impacto del mismo, para lo cual deben estar bien definidos los planes de contingencia y mitigación.

De esta forma siguiendo todos los pasos antes explicados tendremos un plan de gestión de riesgos eficiente, identificando los riesgos directos e indirectos que inciden en el proyecto, determinando las acciones necesarias para reducir su probabilidad y/o impacto, tener el control y monitoreo de el plan de gestión de riesgos para realizar correcciones para el futuro accionar del proyecto.

### **1.3 La medición del riesgo**

El riesgo de un proyecto se produce debido a la aleatoriedad e incertidumbre de sus variables, la cual se puede traducir en la variabilidad que tienen los flujos de caja reales con respecto a los flujos estimados. Para medir el riesgo debemos utilizar herramientas para medir esa variabilidad; estas herramientas generalmente son técnicas estadísticas, dado que estas nos permiten tomar decisiones adecuadas frente al riesgo e incertidumbre a partir de un conjunto de datos observados. La estadística se define como la ciencia que estima la distribución de probabilidad de una variable aleatoria basada en repetidas observaciones de variables aleatorias de la misma distribución [5]; en otras palabras, la estadística nos permite obtener a partir de un conjunto de datos (muestra), proyecciones (inferencias) de una población. El objetivo de los métodos estadísticos es medir el comportamiento incierto de las variables de interés para predecir el comportamiento futuro, a partir de datos históricos, teoría financiera y herramientas estadísticas; todo esto para reducir en cierto grado la incertidumbre y el riesgo sobre el futuro.

La mayoría de técnicas estadísticas utilizadas para medir el riesgo utilizan métodos probabilísticos, donde se asigna una probabilidad de ocurrencia a cada evento o variable; esta probabilidad se determina según los datos históricos, evidencia presente obtenida de los estudios anteriores (mercado, técnico, social, económico.) relacionada con la ocurrencia del evento. Con esta probabilidad de ocurrencia podemos calcular lo que se llama el valor esperado de una variable aleatoria con la siguiente formula:

$$\mu = E(X) = X_1 P_1 + X_2 P_2 \dots X_n P_n$$

Ecuación 3.1

Dónde:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son los diferentes valores que una variable aleatoria puede tener y  $P_1 + P_2 \dots + P_n = 1$ , son las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los escenarios. En el caso de un proyecto se calculan los valores esperados de los flujos de efectivo, partiendo generalmente de tres escenarios posibles: Optimista, más probable y pesimista. Sin embargo, estas estimaciones deben estar basadas en la experiencia y datos históricos, y sobre todo, en las estimaciones futuras que se han podido determinar en los estudios previos (mercado, económico, técnico, etc.).

Una vez obtenido el valor esperado de una variable aleatoria también podemos determinar la variabilidad de la misma, mediante la desviación estándar determinada por la siguiente formula:

$$\delta = \sqrt{\sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^2 P_t}$$

Ecuación 3.2

Dónde:  $(X_t - \mu)^2$  refleja la sumatoria de las desviaciones de los posibles resultados de la variable aleatoria  $X_1, X_2, \dots, X_n$  con el valor esperado, multiplicado cada una por su probabilidad de ocurrencia  $P_1 + P_2 \dots + P_n = 1$ ; es decir, la desviación estándar puede interpretarse como el promedio ponderado de la dispersión de los posibles resultados de la variable aleatoria con respecto al valor esperado de la misma.

La desviación estándar en el caso de la evaluación de proyectos, sirve para determinar cuál alternativa de inversión tiene mayor dispersión en sus resultados, mientras mayor desviación estándar presenten los flujos de un proyecto este será más riesgoso. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las probabilidades de ocurrencia otorgadas a cada posible resultado de una variable aleatoria, son asignados de forma subjetiva, y además al considerar tres posibles escenarios (optimista, más probable y pesimista.) no existe una forma precisa de determinar el valor que debe considerarse para cada escenario. Es por esto

que se han ido desarrollando métodos alternativos para medir y tratar el riesgo, que se explicaran en el siguiente acápite de estudio.

#### **1.4 Métodos para evaluar el riesgo**

La mayoría de métodos utilizados para analizar el riesgo de un proyecto se basan en el criterio subjetivo, es decir, los escenarios, probabilidades y valores se determinan según la apreciación personal de los evaluadores y emprendedores del proyecto. El tener en cuenta un análisis de los escenarios pesimista, optimista y más probable dentro del proyecto, según datos históricos y estudio del entorno, se ha podido disminuir el carácter subjetivo en el análisis de riesgo. También incluyendo la desviación estándar del VAN y su valor esperado se logra incorporar el riesgo a la evaluación del proyecto, sin embargo no se logra incorporarlo en toda su magnitud.

Es por esto que se han desarrollado varios métodos alternativos para incluir y evaluar el riesgo dentro de la evaluación de proyectos; estos métodos se basan en mediciones estadísticas que incluyen en mayor grado el riesgo inherente a un proyecto, en comparación a los métodos anteriormente explicados. Hay que tener en cuenta que la información histórica o presente que se tenga disponible es la que determinara cual será el mejor método a utilizar en la evaluación de un proyecto y su análisis de riesgo, y además los resultados variarían si se utiliza un método u otro. A continuación explicaremos de forma resumida los métodos más importantes con las características que hemos mencionado.

##### **1.4.1 Métodos para evaluar el riesgo que no manejan probabilidades**

Cuando se utilizan este tipo de métodos que no manejan el uso de probabilidades, se debe tomar en cuenta que se puede llegar a tomar decisiones sin incluir el riesgo de una manera eficiente y de una forma limitada. Además la mayoría de métodos tiene la limitación de que sirven solo cuando se está comparando dos opciones de proyectos de inversión.

Los métodos más importantes en este grupo son: **Método Maximax**, es un método de criterio optimista donde se elige el proyecto o la opción de inversión que genere la máxima utilidad o ganancia posible. **Método Maximín**, es el método más conservador de todos, se basa en lograr lo mejor en las peores condiciones, es decir, se elige la opción de inversión menos mala en las peores condiciones. **Método Minimax** (o regla de Savage), aquí se toma en cuenta el valor del costo de oportunidad, se calcula el costo de oportunidad que tiene cada opción de inversión al realizarla y se elige el que presente la menor pérdida en términos de costo de oportunidad. El último método es el **Método de Razón insuficiente** (o regla de Laplace), al tener datos insuficientes en este método se otorga a cada evento el mismo porcentaje de probabilidad y se elige la opción que otorga la mayor ganancia; la probabilidad de ocurrencia de cada evento u opción es  $1/n$  (donde  $n$  es el número posible de eventos u opciones de inversión). Este método se clasifica en este grupo debido a que en si no utiliza las probabilidades, sino deduce que cada evento posible tiene la misma

probabilidad de ocurrir y que no hay razón alguna por la que un evento es más probable que otro.

Otro método que no utiliza probabilidades es la **Matriz de Pago**, la cual se realiza armando una matriz de opciones, no necesariamente mutuamente excluyentes; cada opción tiene diferentes valores para las variables inciertas y se obtienen resultados de las ganancias de cada alternativa y se elige la que tenga mayor ganancia. Se debe toma en cuenta que los valores de las variables inciertas se determinan de forma subjetiva basándose en la apreciación personal de quien evalúa o emprende el proyecto.

## 1.4.2 Métodos para evaluar el riesgo que manejan probabilidades

Estos métodos se basan en mediciones estadísticas; con lo que, si bien no se puede eliminar, si se pretende mitigar el riesgo asociado a un proyecto. Se analizan datos históricos o presentes obtenidos de los estudios previos, con esto se construye una distribución de probabilidades de los flujos de caja proyectados para de esta forma antes de tomar una decisión se tengan los valores probables de los rendimientos y la dispersión de sus resultados. Señalaremos los métodos más utilizados a continuación.

### 1.4.2.1 Método del VAN esperado y su desviación estándar

Como se indicó anteriormente al asignarle una probabilidad de ocurrencia a los flujos de caja de un proyecto se puede hallar su valor esperado y su desviación estándar. Con este valor esperado de los flujos de caja se puede hallar también el valor esperado del VAN, con la siguiente formula:

$$E(VAN) = \sum_{t=1}^n \frac{\mu_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Ecuación 3.3

Dónde:  $\mu_t$  son la sumatoria de los valores esperados de todos los flujos de caja considerados en el periodo de evaluación (flujos de caja esperados),  $i$  es la tasa de descuento libre de riesgo y  $I_0$  la inversión inicial. De igual forma podemos calcular la desviación estándar del VAN con la siguiente ecuación:

$$\delta = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{\delta^2}{((1+i)^{2t})}}$$

Ecuación 3.4



Dónde:  $\delta$  es la desviación estándar de los flujos de caja de todo el periodo de evaluación, la cual la obtenemos con la ecuación 3.2 anteriormente señalada. Con la desviación estándar del valor esperado del VAN podemos determinar qué proyecto tiene más dispersión en sus resultados y, por ende, cual es el más riesgoso. Sin embargo este método de medición del riesgo tiene varias limitaciones; primero es aplicable únicamente para realizar una comparación entre alternativas de inversión, determinando por medio de la dispersión cual es más riesgosa; sin embargo, al determinar la desviación estándar de un solo proyecto y no tener con que compararlo, resulta inútil su aplicación. Y segundo, para realizar una comparación lógica de dos o más alternativas de un proyecto, estas deberían tener el mismo monto de inversión, de lo contrario resultaría ilógico comparar riesgos y flujos de caja para inversiones de diferente monto.

Sin embargo existe una forma de contrarrestar el problema de este método cuando se trata de proyectos con dos montos de inversión distintos; esta es utilizando el coeficiente de variación, el cual se determina mediante la división de la desviación estándar entre el valor esperado del VAN; así:

$$CV = \frac{\delta}{VE(VAN)}$$

Ecuación 3.5

Este coeficiente nos indica cuantas unidades de riesgo (en unidades monetarias del VAN) estamos aceptando por cada unidad obtenida del valor esperado del VAN; por lo tanto se deben elegir las alternativas de proyectos de inversión que menor coeficiente de variación tengan, ya que estos serán los de menor riesgo.

#### 1.4.2.2 Método de la probabilidad de pérdida en la aceptación

El método de la probabilidad de pérdida en la aceptación es muy simple; consiste en calcular la probabilidad de que el valor esperado del VAN sea menor a cero y por lo tanto se genere una pérdida con el proyecto; para esto es necesario calcular la desviación estándar del VAN con la ecuación 3.4 explicada en el anterior método. Con esto podemos determinar el valor z con la siguiente formula:

$$z = \frac{0 - VE(VAN)}{\delta}$$

Ecuación 3.6

El valor z es de gran utilidad dentro de una distribución normal, ya que este nos indica el número de desviaciones estándar del valor de referencia (en este caso cero) a la media (valor esperado del VAN); con este valor z pasamos a una tabla de distribución normal estándar, con la que podemos calcular la probabilidad de que el VAN sea cero y determinar

si existe o no un riesgo muy alto de que se genere una pérdida con el proyecto, lo que será de vital importancia para la decisión de su ejecución.

### 1.4.2.3 Método del ajuste de la tasa de descuento

Como se explicó en el anterior capítulo de este estudio, el calcular el VAN de un proyecto de forma eficiente va a depender de que se determine una adecuada TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) para descontar los flujos de caja a tiempo presente. En primera instancia para descontar los flujos del proyecto se utiliza una tasa mínima de rentabilidad libre de riesgo, es decir, la rentabilidad mínima que se debe esperar del proyecto en base al mercado, sin tomar en cuenta el riesgo o inflación; luego a esta se le agrega el efecto de la inflación determinado por el promedio de los índices inflacionarios pronosticados para el horizonte de tiempo que se vaya a evaluar el proyecto. Sin embargo, aun incluyendo el factor inflación, la tasa a la que se descuentan los flujos se le debe agregar una prima por el riesgo asumido frente a eventos inciertos. Si bien en el capítulo anterior se indicó que la TMAR incluye un premio al riesgo, este se refiere al mínimo rendimiento esperado por inversionista al arriesgar su dinero, mas no al riesgo asumido frente a eventos inciertos.

Hay que tener en cuenta que un proyecto que puede ser rentable evaluado en función a una tasa libre de riesgo, puede no serlo si se descuenta a una tasa ajustada; he ahí la importancia de determinar una tasa de descuento apropiada. Para ajustar adecuadamente la tasa de descuento, se debe definir una curva de indiferencia [3], la cual nos indica simplemente que a mayor riesgo del proyecto, se debe compensar con una mayor tasa de descuento para castigar la rentabilidad del proyecto. La tasa de descuento ajustada se determinara por la siguiente formula:

$$i = TMAR + p$$

Ecuación 3.7

Dónde: TMAR es la tasa mínima aceptable de rendimiento (ecuación 2.2) y  $p$  es la prima de riesgos asumidos frente a los eventos inciertos. Esta tasa de riesgo se puede calcular en base a estimaciones estadísticas de datos históricos y los datos que arrojo el estudio económico y de mercado. El éxito de este método es la adecuada determinación de esta tasa de riesgo, sin embargo, esta no deja de ser en base a criterios subjetivos por lo que se puede llegar a pensar que este método es una aproximación imperfecta de incluir el riesgo en los proyectos.

### 1.4.2.4 Método de los árboles de decisión

La mayoría de métodos de evaluación y análisis de riesgos no toman en cuenta las consecuencias que pueden tener las decisiones tomadas en el presente a largo plazo; con

este método es posible realizar un análisis en función a como las decisiones tomadas en el presente pueden afectar al futuro. Se considera la secuencia de decisión en el tiempo y se determinan las probabilidades de ocurrencia de eventos futuros; es una representación gráfica de las diferentes opciones de decisión futuras de forma secuencial en el tiempo. Este método es muy útil para la evaluación de alternativas de inversión de proyectos mutuamente excluyentes, también es útil en decisiones del tamaño de planta que se tendrá (en función de la demanda y aceptación del producto), de mercado potencial (nacional, regional o internacional), en general cualquier plan de inversión que tenga diferentes escenarios al inicio y durante del mismo. Nos permite ver el panorama completo de una oportunidad de inversión lo que al final genera que tomemos la decisión óptima.

Un árbol de decisión está compuesto por: a) nodos de decisión (cuadrado), de los cuales nacen las diferentes opciones de decisión que dependen únicamente de la voluntad del inversionista; b) nodos de probabilidad (círculo), de los cuales nacen los diferentes eventos aleatorios que pueden suceder al tomar una decisión; c) resultados (triangulo), el cual muestra el resultado final de cada serie de decisiones y eventos; d) ramas, las cuales unen las diferentes decisiones y eventos, cada uno con su opción y probabilidad según sea el caso. Como se puede ver en la figura 3.1 se ilustran las diferentes partes del árbol de decisión.

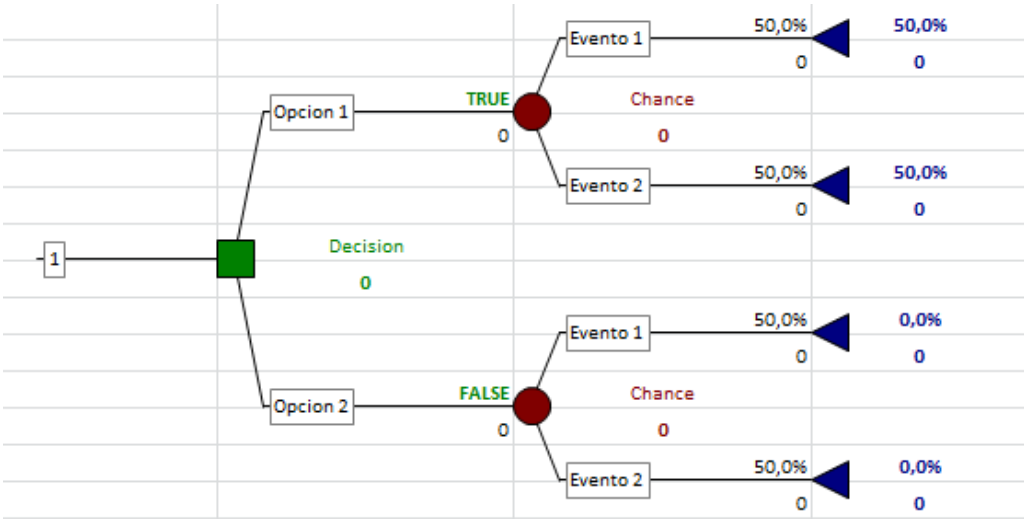


Figura 3.1  
Ejemplo árbol de decisión  
Fuente: *PrecisionTree*  
Elaboración propia

Como se puede ver el método de los árboles de decisión es muy útil, ya que nos permite ver todas las combinaciones posibles de decisiones y eventos, permitiéndonos llegar a estimar

los diferentes valores esperados del resultado final; en el caso de la evaluación de proyectos este valor final vendría a ser el valor esperado del VAN y la decisión óptima vendría a tomarse en base a los eventos de las alternativas al final del árbol de decisión, es decir, el que proporcione el mayor valor esperado del VAN. Dado que en un principio la determinación de las probabilidades de ocurrencia de los eventos o variables aleatorias es subjetivo, se puede eliminar esta limitación incluyendo la distribución de probabilidad continua a cada variable aleatoria y, utilizando el método de simulación (que será explicado más adelante) se podrá determinar la distribución de probabilidades del VAN para cada uno de los cursos de acción del árbol de decisión.

#### **1.4.2.5 El método de la simulación**

El método de simulación es una técnica experimental que nos permite obtener respuestas aproximadas a la realidad cuando existen variables aleatorias cuyo comportamiento no se conoce con certeza. Se basa en construir un modelo que se aproxime a la realidad, donde se realiza la selección aleatoria del valor de cada variable de interés repetidamente con el objetivo de producir los suficientes resultados de prueba para conseguir una aproximación cercana a la realidad y cómo reaccionará ésta a los diferentes cambios en las variables aleatorias. El método de simulación es el eje central de este estudio y el que nos ayudará a comparar la utilidad de un método probabilístico frente a uno determinístico; por lo que se explicará detalladamente más adelante en el apartado 3 de este capítulo.

## **2. Análisis de sensibilidad**

Como hemos visto a lo largo de este estudio, la evaluación económica de un proyecto se realiza a partir de una base de condiciones y datos históricos, con los cuales se proyecta el funcionamiento y rentabilidad del proyecto; sin embargo, se analiza únicamente un escenario proyectado, lo cual no suena muy alentador para quien va a tomar la decisión de la implementación o no del proyecto. Por esto se ha desarrollado el análisis de sensibilidad que nos permite determinar cuánto se afecta o cuán sensible es la rentabilidad del proyecto ante cambios en una o más variables del mismo.

El análisis de sensibilidad es importante en la evaluación de un proyecto debido a que los valores determinados para las variables pueden tener cambios inesperados en el transcurso del proyecto; con este análisis podemos saber cuáles son las variables que tienen un mayor efecto en la rentabilidad del proyecto, lo cual a su vez nos indicará cuales deben ser las variables a las cuales se les debe dedicar un estudio más profundo para mejorar las estimaciones y proyecciones, con el objetivo de reducir el grado de riesgo por error [3]. El incluir estas variaciones en las variables del proyecto y su efecto en la rentabilidad del proyecto, pueden cambiar la decisión de emprender o no el proyecto.

Hay que tener en cuenta también que los errores en las variables afectarán en mayor grado a la rentabilidad del proyecto si suceden en los primeros periodos del proyecto, los errores en

los periodos finales del proyecto, si bien serán más frecuentes por la dificultad de estimar los valores en un futuro lejano, estas tendrán menor influencia en la rentabilidad del proyecto. Si bien en este estudio se realizará el análisis de sensibilidad sobre las variables económicas-financieras, este análisis puede abarcar variables de todo tipo como de mercado, técnicas, tecnológicas, entre otras. Según el número de variables que se sensibilicen simultáneamente, el análisis de sensibilidad puede clasificarse en unidimensional o multidimensional.

## 2.1 Análisis de sensibilidad unidimensional

Como su nombre lo indica, al realizarse un análisis de sensibilidad unidimensional nos referimos a que se realizara la sensibilización a una sola variable. Dentro de la evaluación de proyectos lo que se realiza es la sensibilización de las variables que sirven para calcular el VAN, con esto se quiere determinar hasta cuánto puede caer el valor de las variables para que el VAN se haga cero, es decir, se busca el nivel máximo de variabilidad de una variable con el cual el proyecto siga en el límite de aprobación.

Para realizar este análisis de sensibilidad lo que se debe hacer es igualar la ecuación del VAN (ecuación 2.5) a cero y desagregarla en las diferentes variables que sirven para su cálculo, es decir, se desagrega la ecuación del VAN en todos los ingresos y egresos que forman el flujo de caja traídos a valor presente, y se les resta la inversión inicial, así:

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{I_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{(1+i)^j} - I_0$$

Ecuación 3.8

Dónde:  $I_0$  es la inversión inicial;  $i$  la tasa de descuento;  $I_j$  los ingresos del periodo  $j$  y  $E_j$  los egresos del periodo  $j$ . Esta ecuación debe desagregarse en todas las variables que forman parte de los ingresos (precio, y cantidad de venta, otros ingresos) y egresos del proyecto (costo de ventas, depreciación, costos fijos, etc.). De esta forma a la variable que se le quiera realizar el análisis de sensibilidad y determinar su nivel máximo de variabilidad se le dejará como incógnita en la ecuación 3.8 ya desagregada y despejándola obtendremos su valor límite para que el VAN sea cero. Por ejemplo si se quiere calcular el valor límite de la cantidad vendida, se debe dejar esta como incógnita en la desagregación de los ingresos en la ecuación 3.8 y al despejarla obtendremos el volumen de ventas mínimo que debe tener el proyecto, al precio determinado, para que el VAN sea igual a cero y por lo tanto, este siga siendo rentable.

Sin embargo, este método tiene algunas desventajas; además de poder analizar la sensibilidad de únicamente una variable a la vez, también se debe tener en cuenta que algunas variables que al modificarse afectan a otras variables o se compensan

automáticamente. Esto es, por ejemplo una subida de los costos de algún insumo se compensa con un alza de precio para no modificar la rentabilidad del proyecto, por lo que su análisis de sensibilidad sería un esfuerzo inútil. Es por esto que se debe elegir eficazmente las variables a las cuales se les aplique el análisis de sensibilidad, por lo general son variables que están fuera del control del empresario; como por ejemplo: el volumen de ventas, la tasa de interés, entre otras.

## **2.2 Análisis de sensibilidad multidimensional**

A diferencia del método unidimensional, el análisis de sensibilidad multidimensional incorpora los efectos de las variaciones de dos o más variables de forma simultánea. En el caso de la evaluación de proyectos con este análisis podemos determinar de qué forma varía el VAN frente a los cambios de los valores de las variables de interés, es decir se define el efecto de los errores de estimación de las variables en la rentabilidad del proyecto [3].

Una vez más, la simulación Monte Carlo es el mejor y más eficiente método para realizar este análisis de sensibilidad multidimensional; debido a que este nos permite realizar una gran cantidad de combinaciones a los valores de las variables de interés que afectan a los resultados del proyecto, con lo cual podremos determinar el efecto de las mismas en el VAN con bases probabilísticas; lo que supone una toma de decisiones más eficiente. El método Monte Carlo y su utilidad en este método de análisis de sensibilidad se explicarán ampliamente en el siguiente tema de este capítulo.

## **3. La simulación**

Como se indicó anteriormente el método de simulación nos permite imitar la realidad de una forma aproximada, cuando otros análisis son demasiado costosos o complejos de realizar; se utiliza cuando existen variables aleatorias cuyo comportamiento no se conoce con certeza. Se basa en construir un modelo que se aproxime a una situación real, donde a cada variable aleatoria se le asigna una distribución de probabilidad de ocurrencia y en base a esta se realiza una elección aleatoria del valor de cada variable repetidamente. El objetivo de esta serie de repeticiones, pruebas o iteraciones es conseguir suficientes combinaciones y resultados para conseguir una aproximación cercana a la realidad del comportamiento de la variable de interés, representado por su valor medio esperado, variación, forma de la distribución u otra característica deseada [8].

Dentro de la evaluación de proyectos podemos definir a la simulación como un método complejo con bases estadísticas que incorpora el riesgo e incertidumbre en la evaluación del proyecto mediante la asignación de una distribución de probabilidad a las variables aleatorias que construyen el flujo de caja del mismo, con lo que se construye un modelo matemático el cual repetirá el proceso varias veces (asignando un valor aleatorio a cada variable según su distribución de probabilidad), con el objetivo de establecer una distribución cercana a la realidad del valor esperado del VAN y su variación. De forma más

simple podemos definir a la simulación como un método que representa la realidad de una forma simplificada, partiendo de un conjunto de *inputs* o *variables de entrada* (variables aleatorias del flujo de caja) cuyo valor dentro de un modelo se repetirán aleatoriamente, según su distribución de probabilidad; con el objetivo de determinar el comportamiento de una o más *outputs* o *variables de salida* (VAN esperado, su distribución y varianza).

### **3.1 Modelos de simulación**

Por modelo entendemos a una representación simple y esquemática de la realidad; sin embargo, hay que tener en cuenta que un modelo de simulación como se dijo anteriormente es de carácter experimental y por lo tanto es aplicable, no se trata únicamente de un modelo teórico que no puede ser probado o utilizado. Se puede definir a un modelo de simulación cómo: “Un sistema de ecuaciones matemáticas, lógicas, y datos que describen las relaciones entre variables operativas y financieras” [9]. Siguiendo los conceptos de un modelo en las ciencias aplicables se puede decir que este modelo es el resultado de un esquema para representar conceptual, gráfica, matemáticamente el accionar de un proyecto con el fin de analizar, controlar y predecir sus resultados mediante una serie de repeticiones y experimentos, que nos permitirán aproximarnos a la realidad del proyecto. Una vez construido el modelo de simulación se experimenta con este para obtener resultados e información, con el fin de poder predecir de una forma aproximada la realidad y tomar decisiones en un proyecto, donde no se conocen con certeza todos los valores de las variables.

Los modelos de simulación nos permiten estudiar y analizar el comportamiento de una decisión de emprender un proyecto sin necesidad de realizarlo literalmente, lo que nos permite ahorrar costos y riesgos; esto también se aplica a proyectos ya en funcionamiento en los cuales se está estudiando realizar cambios o innovaciones, estas se pueden simular y determinar sus efectos esperados sin necesidad de arriesgarse a hacerlo en la realidad. Es decir podemos plantear escenarios de “qué pasaría si...”, ya sea dentro de proyectos nuevos o inversiones dentro de negocios en marcha. Además nos permite resolver problemas analíticos de una forma más sencilla y con un mayor nivel de confianza en los resultados, dado que es lo suficientemente flexible para utilizar un amplio rango de distribuciones de probabilidad a las variables aleatorias del proyecto. Se puede construir el modelo a gusto del evaluador del proyecto, en el tiempo y términos de su preferencia, cuyos resultados pueden ser más precisos a medida de que se realicen un mayor número de iteraciones [9].

Sin embargo, por más alentador que suene este modelo también tiene algunas limitantes como son el tiempo requerido y los costos adicionales, además del trabajo de la recolección de información que se realizó en etapas anteriores de la evaluación. Para realizar un modelo de simulación es necesaria la utilización de un programa informático que facilite el cálculo y experimentación del modelo el cual significa mayor costo y tiempo. El éxito de la simulación se basa en la eficiencia con la que se construye el modelo, que como todo

método con estimaciones probabilísticas, está sujeto a la variabilidad y error de los mismos. Además este método no nos proporciona una respuesta exacta sino que nos da un punto de vista más amplio y mayor información para tomar una decisión eficiente, lo cual queda a discreción del evaluador y emprendedor del proyecto [9].

### 3.2 Pasos para construir un modelo de simulación

Hay que tener en cuenta que la simulación no solo se trata de construir un modelo matemático que pretenda imitar la realidad del accionar de un proyecto; sino que implica una serie de pasos para realizar una eficiente evaluación del mismo. Los pasos necesarios para realizar un eficiente análisis de riesgo dentro de la evaluación de un proyecto son los siguientes [10]:

- 1) **Formulación del problema:** Aquí se definirán los objetivos de la evaluación del proyecto mediante la simulación, se debe determinar si las condiciones del proyecto son las adecuadas para cumplir los objetivos planteados.
- 2) **Recolección de datos e información:** Se obtendrá toda la información cuantitativa y cualitativa inherente al proyecto para realizar una simulación eficiente; además se determinarán las relaciones entre las variables del mismo para construir un modelo lo más aproximado a la realidad.
- 3) **Construcción del modelo matemático:** Se construirá el modelo matemático para proyectar de la forma más real posible el proyecto que se evaluará, alineados a los objetivos del mismo.
- 4) **Estimación de los parámetros de las variables:** Se determinan las variables que se van a simular y las distribuciones de probabilidad de estas; estas pueden ser determinísticas o probabilísticas e independientes o correlacionadas.
- 5) **Elaboración y validación del programa de computación:** Se analizará y diseñará el software para su posterior implementación y validación. Este se puede realizar con las herramientas de Excel, sin embargo su complejidad es alta, por lo que existen softwares especializados para realizar análisis de riesgo mediante el método de simulación. Para este estudio contamos con la ayuda del programa *@RISK* de la *Palisade Corporation*.
- 6) **Verificación y validación del modelo:** Se verificará y validará el modelo matemático antes de realizar la simulación.
- 7) **Calcular el número de iteraciones:** el número de iteraciones se puede calcular analíticamente mediante el cálculo estadístico del tamaño adecuado de la muestra, partiendo del supuesto que se trata de una distribución normal. Con la ayuda de *@RISK* este paso no resulta un problema debido a que se pueden calcular un infinito número de iteraciones rápidamente.
- 8) **Corrida del modelo:** Se realiza la corrida del modelo de simulación para el número determinado de iteraciones, mediante una selección aleatoria de los valores de las



variables de interés, en base a su distribución de probabilidad. Cada iteración debe calcular un valor de la variable de salida u output determinada (VAN y/o TIR).

- 9) **Análisis de los resultados y conclusiones:** A partir de los resultados obtenidos se realiza un análisis estadístico de los mismos. Por ejemplo: el comportamiento esperado de las variables inciertas y su impacto en la rentabilidad del proyecto, parámetros probabilísticos del VAN y/o TIR, intervalo de confianza de la rentabilidad del proyecto, probabilidad de un VAN menor a cero, selección de una alternativa de inversión en base a la relación riesgo-rendimiento, entre otras.

Como podemos observar el construir, manualmente o únicamente con la ayuda de Excel, un modelo de simulación resultaría muy difícil; es por esto que se han diseñado programas y softwares especiales para hacer esta tarea más fácil y rápida. Para este estudio contamos con la ayuda del programa @RISK, cuyo funcionamiento se explicará más adelante.

### 3.3 Clasificación de los modelos de simulación

Los modelos de simulación pueden clasificarse según sus objetivos o los parámetros de sus variables; entre los más importantes están: [9]

- **Modelos de optimización:** buscan determinar cuál es la situación óptima, es decir, el escenario en el cual el valor de las variables sea el que en simultáneo proporcione el mejor resultado.
- **Modelos descriptivos:** son únicamente de carácter informativo; describen situaciones, efectos y resultados que son únicamente visibles con la simulación.
- **Modelos determinísticos:** las variables toman valores según una única estimación, en base a datos históricos.
- **Modelos probabilísticos:** las variables del modelo siguen leyes de probabilidad aleatorias y las relaciones entre estas se determinan por medio de funciones probabilísticas.
- **Modelos discretos:** las variables de interés toman un valor determinado o un solo valor de un rango de valores asignado.
- **Modelos continuos:** las variables pueden tomar una serie de valores dentro de un rango determinado.
- **Modelos estáticos:** la variable tiempo no tiene influencia.
- **Modelos dinámicos:** la variable tiempo juega un papel muy importante y el sistema del modelo cambia a través del tiempo.

### 3.4 Métodos de simulación

Los métodos más comunes para simular un modelo de evaluación de un proyecto son: [7]

- **Simulación Monte Carlo:** es llamada también simulación estadística, se basa en el muestreo sistemático de variables aleatorias. Este es el método en el cual se centra este estudio por lo que se explicará en detalle en el siguiente punto de este capítulo.
- **Simulación continua:** este método se basa en simulaciones modeladas generalmente con ecuaciones diferenciales.
- **Simulación por autómatas celulares:** este método es aplicado a situaciones complejas, donde se debe dividir el modelo en submodelos más pequeños llamados células; y la simulación de estas células simultáneamente vienen a ser el resultado de la simulación general.
- **Simulación por eventos discretos:** dentro de este modelo la variable tiempo se controla moviéndola hasta la ocurrencia del siguiente suceso; es decir, el comportamiento del modelo varía en instantes del tiempo y los momentos en que se producen estas variaciones son los que se identifican como los eventos de la simulación.

## 4. La simulación Monte Carlo

### 4.1 Origen

El método de simulación Monte Carlo (MC) surgió en los años cuarenta gracias a John Von Neumann y Stanislaw Ulam; mientras Ulam jugaba una partida de solitario, se dio cuenta de que era mucho más fácil y rápido predecir el resultado general del solitario haciendo pruebas múltiples con las cartas y contando las proporciones de los resultados, que computar todas las posibilidades de combinación. Con esto, estos dos matemáticos decidieron aplicar esta teoría a su campo de estudio, que era el desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos. Se le denominó como método Monte Carlo debido al casino del Principado de Mónaco, denominado como la capital del juego de azar y donde el juego estrella era la ruleta, el cual es uno de los aparatos mecánicos más sencillos que existe para obtener números aleatorios para simular variables aleatorias [11]. A partir de ese descubrimiento el método MC se fue desarrollando con la ayuda del desarrollo tecnológico de las computadoras.

### 4.2 Definición

El método MC es un método probabilístico que se utiliza para obtener una aproximación a la realidad cuando el recrearla puede resultar muy complejo o costoso. Se basa en una técnica de simulación donde ante una situación incierta, se definen los valores de las variables en base a sus respectivas distribuciones de probabilidad de forma aleatoria y se realizan un número determinado de iteraciones o experimentos para obtener un resultado más cercano a la realidad y con su respectiva distribución de probabilidad.

De una forma más sencilla, podemos decir que el método MC es un experimento de muestreo que busca estimar el valor esperado y la distribución de una o más variables de salida u outputs, valor que se calcula en base de una serie de variables de entrada o inputs, cuyo valor depende de su distribución de probabilidad de ocurrencia [9]. La toma de muestras en el método MC sigue una técnica que utiliza números aleatorios para determinar las muestras de una distribución de probabilidad; esto quiere decir que, una muestra puede estar en cualquier punto del rango de la distribución de una variable de entrada.

Dentro de la evaluación de proyectos, el método MC se puede definir como una técnica, donde se puede evaluar a un proyecto, considerando que una o más variables, que se utilizan para construir el flujo de caja, son inciertas y pueden tomar varios valores. Se basa en simular la realidad del accionar de un proyecto mediante el estudio de una muestra de escenarios del mismo, que se han generado de forma aleatoria; mientras más escenarios se simulen, obtendremos una mejor aproximación a la realidad del proyecto y sus variables.

Este método lo que se hace es no ignorar la incertidumbre, si no que nos ofrece probabilidades significativas sobre un análisis sistemático. Al construir un rango probabilístico, en base a los diferentes resultados de las simulaciones, podemos saber las probabilidades de que ocurran diferentes resultados; lo que antes de tomar una decisión de inversión resulta muy útil y nos protege, hasta cierto punto, de los riesgos inherentes a la misma.

Como podemos ver en teoría la aplicación de este modelo a la evaluación de proyectos suena sencillo, sin embargo, en la práctica este es muy tedioso; solo imagine realizar cientos de simulaciones o iteraciones con valores aleatorios de las variables que construyen un flujo de caja, acorde a su distribución de probabilidad, y obtener el VAN para cada iteración. Por esto se han desarrollado programas informáticos que realizan estos cálculos de forma más rápida y eficiente, y donde además se presenta información estadística y gráfica de los resultados de la simulación. Para este estudio, y como ya hemos mencionado anteriormente, contamos con la ayuda del software de análisis de riesgo, mediante el método Monte Carlo, @RISK de la *Palisade Corporation*.

#### **4.3 La modelación y funcionamiento del método Monte Carlo en @RISK para la evaluación de un proyecto**

Para realizar el análisis de riesgo dentro de la evaluación de un proyecto mediante el método MC mediante @RISK se siguen los mismos pasos que cualquier técnica de simulación, los cuales se explicaron en el punto 3.2 de este capítulo. Sin embargo lo que difiere es la forma en que se determinan los parámetros de las variables del modelo matemático que será simulado; si bien el cálculo y la construcción del modelo es más sencillo que al realizarlo manualmente, hay que tener en cuenta que si no se construye un modelo eficiente, por más sofisticado que sea el software, el análisis de riesgo no tendrá los

resultados esperados. Hay que tener en cuenta que el @RISK funciona como un *add-in* en el Excel por lo que la construcción del modelo se la puede realizar directamente en este programa.

De esta forma, una vez formulado el problema, recopilado los datos y la información inherente al proyecto, pasamos a construir el modelo matemático del mismo, es decir, el flujo de caja y el cálculo del VAN y TIR; hay que tener en cuenta que el éxito del modelo depende de la eficiencia con la cual se han recopilado los datos en los estudios anteriores al análisis de riesgo, toda la información que se encuentre disponible será el punto de partida para la determinación de los parámetros de las variables a simular. Una vez construido el modelo se deben definir qué variables se van a simular del flujo de caja y se determinan los parámetros de las mismas, con el uso de distribuciones de probabilidad, las cuales representan una forma más realista de describir la incertidumbre y el riesgo en las variables de un proyecto.

Podemos definir a una distribución de probabilidad como una distribución de frecuencia que describe como se espera que varíen los datos, es decir, nos indica todo el rango de valores que puede tomar una variable según sus características estadísticas. @RISK cuenta con una gran variedad de distribuciones de probabilidad, sin embargo se explicaran brevemente las más comunes:

- **Uniforme:** Distribución de probabilidad continua o discreta. La variable asume un número de valores finitos o infinitos (según sea discreta o continua respectivamente) dentro de un límite máximo y uno mínimo. Todos los valores del rango tienen la misma probabilidad de ocurrir.

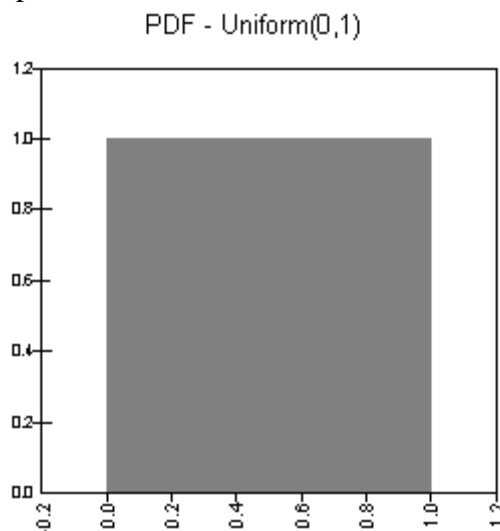


Figura 3.2  
Distribución de probabilidad uniforme  
Fuente: @RISK

- **Normal:** Distribución de probabilidad continua, es decir, que puede tomar cualquier valor. Es simétrica y en forma de campana lo que hace que su moda, mediana y media estén en el centro de la misma. Se necesitan únicamente dos parámetros para determinar esta distribución, su media y su desviación estándar. Su nombre se debe a normalidad con la que ciertos fenómenos naturales se parecen al comportamiento de esta distribución; por ejemplo el peso de una población, flujos de caja descontados de los años individuales, cantidad disponible de una materia prima.

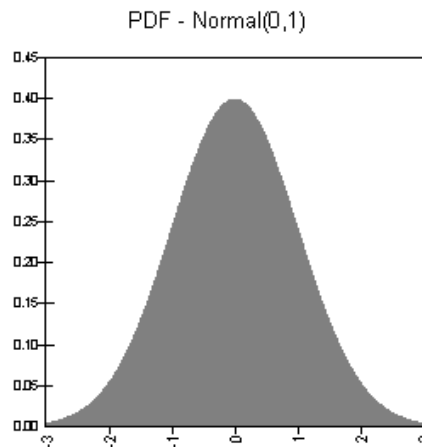


Figura 3.3

Distribución de probabilidad normal

Fuente: @RISK

- **Lognormal:** Distribución de una variable aleatoria cuyo logaritmo esta normalmente distribuido. Se utiliza cuando los valores posibles de la variable no son menores de cero y son ilimitadamente positivos; por ejemplo los avalúos de los terrenos, los precios de las acciones, valor futuro de un activo

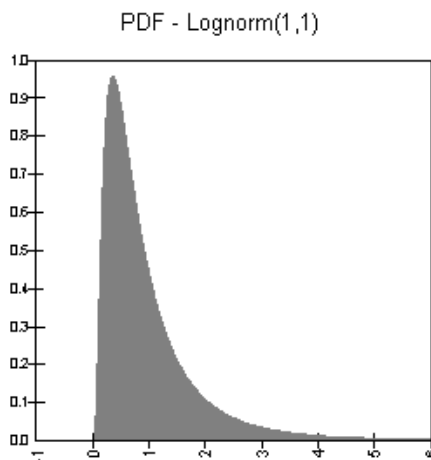


Figura 3.4

Distribución de probabilidad lognormal

Fuente: @RISK

- **Triangular:** Distribución de una variable continua. Tiene tres parámetros: valor mínimo, más probable y máximo; tiene una forma triangular. Un ejemplo de esta distribución pueden ser los volúmenes de producción, precio de los productos.

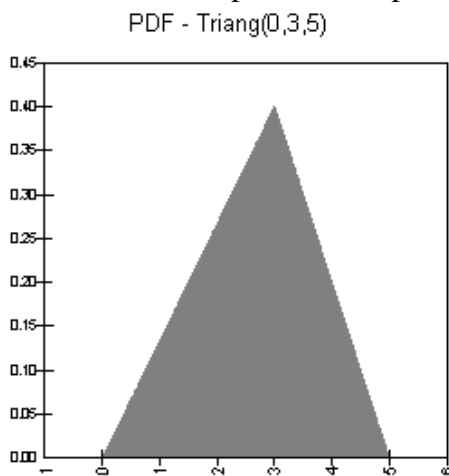


Figura 3.5  
Distribución de probabilidad triangular  
Fuente: @RISK

- **Binomial:** Distribución de probabilidad discreta. Se basa en los experimentos aleatorios que genera un número  $n$  de ensayos de una situación, donde se pueden generar dos resultados posibles mutuamente excluyentes, uno de ocurrencia (éxito) y otro de no ocurrencia (fracaso). Es de mucha ayuda en las situaciones de control de calidad y en el análisis de riesgo para modelar la ocurrencia o no de un evento. A medida que la media aumenta se la puede aproximar a una distribución normal.

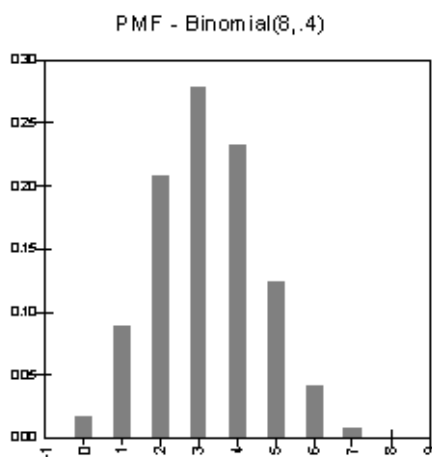


Figura 3.6  
Distribución de probabilidad binomial  
Fuente: @RISK

- **Discreta:** Se definen los valores específicos y la probabilidad de ocurrencia de cada uno. Es útil cuando se está desarrollando una medicina y se evalúan las etapas de estudio.

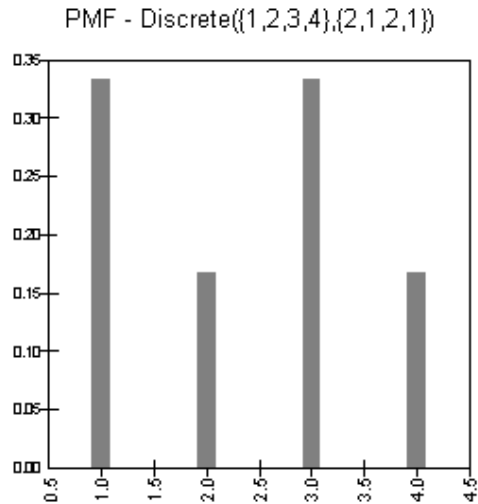


Figura 3.7

Distribución de probabilidad discreta

Fuente: @RISK

- **Poisson:** Distribución de probabilidad discreta, donde a partir de una frecuencia de ocurrencia media de un evento se calcula la probabilidad de que ocurra un cierto número de este evento se presente dentro de un determinado periodo de tiempo. Es de utilidad para el control de calidad y el volumen de producción.

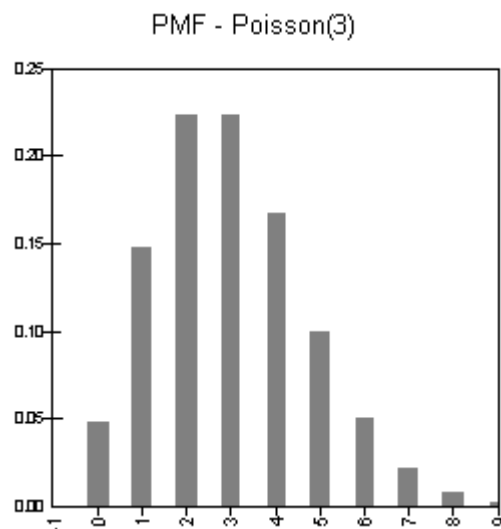


Figura 3.8

Distribución de probabilidad Poisson

Fuente: @RISK

- **PERT:** Distribución de una variable continua. Tiene los mismos parámetros que la distribución triangular: mínimo, más probable y máximo; sin embargo, la forma de la curva es más suave, las colas no son tan marcadas y describe los eventos periféricos de una forma más acercada a la realidad. Es útil para el precio de los productos, costos y volumen de ventas, entre otras.

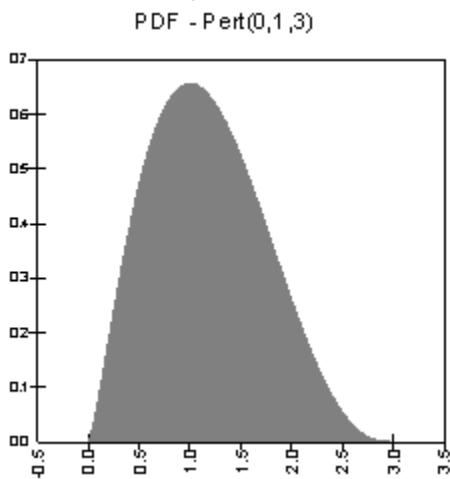


Figura 3.9  
Distribución de probabilidad PERT  
Fuente: @RISK

Una vez determinadas las distribuciones de probabilidad de las variables a simular, lo que el @RISK hace es una selección aleatoria de los valores de las variables, en función de las distribuciones de probabilidad determinadas, a lo que se llama muestreo y realiza un recálculo de la hoja de Excel, a lo que se le llama iteración. Así pues en resumen, @RISK calcula un muestreo de los valores de las variables de entrada (inputs) seleccionadas, y se obtiene un valor de las variables de salida (outputs); así produciendo un resultado diferente para cada iteración, con lo que el programa va recopilando estos y crea una distribución de los posibles resultados generados en la simulación, con su debido análisis y cálculos estadísticos. [7][[9]

## 5. Conclusiones

Como se pudo explicar en este capítulo el riesgo se puede definir como la posibilidad de que ocurra cualquier evento que derive en consecuencias financieras negativas; es por esto que el estudio y evaluación de un proyecto no termina con el estudio económico-financiero y el cálculo de la rentabilidad del mismo, sino que se debe incluir el análisis de riesgo inherente al proyecto, para medir y administrar el mismo con el objetivo de no caer en situaciones adversas, que a la final significarán pérdidas económicas. El análisis de riesgo surge debido a que la metodología de evaluar la rentabilidad de un proyecto se basa en



condiciones de certeza, sin embargo, en un mundo cambiante las condiciones económicas, de mercado, del entorno, entre otras son muy susceptibles al cambio; por esto al evaluar a un proyecto en base a condiciones de certeza representa un riesgo que pone en peligro la rentabilidad del proyecto, el cual en un principio no se cuantifica y es donde entra en juego el análisis de riesgo.

Sin embargo el objetivo del análisis de riesgo no es únicamente cuantificarlo sino también administrarlo, con el propósito de que se puedan anticipar y tomar precauciones sobre los eventos de riesgo a los que está expuesto el proyecto y su rentabilidad, es decir, lo que se busca es intentar predecir el futuro para evitar o reaccionar eficientemente ante cualquier situación que afecte el proyecto. Con un buen análisis y administración del riesgo se puede también transformar estos riesgos en oportunidades. Dentro de un proyecto el riesgo está presente en la variabilidad de los flujos de efectivo reales con respecto a los proyectados, por lo que el objetivo del análisis de riesgo en estos se centra en proyectar lo más aproximado a la realidad los flujos de caja, haciendo frente a los riesgos posibles y convirtiéndolos en oportunidades, para que la rentabilidad del proyecto no se vea afectada.

La medición del riesgo en los proyectos se realiza generalmente en base a métodos estadísticos y probabilísticos, donde se pretende medir el comportamiento incierto de las variables del proyecto para realizar una proyección a futuro de las mismas, con el objetivo de reducir en cierto punto la incertidumbre y el riesgo sobre el futuro. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos métodos se basan en el criterio subjetivo, es decir, las probabilidades, valores, etc. de las variables se realiza en base a la apreciación personal del evaluador y los datos históricos y actuales disponibles; por lo que no son un cien por ciento confiables.

Existen muchos métodos para evaluar el riesgo, sin embargo, aquellos que manejan el uso de probabilidades son los más eficientes. Dentro de estos tenemos el método del VAN esperado y su desviación estándar, con el cual determinamos el *valor esperado del VAN* en base a los valores esperados de los flujos de cada de cada periodo y su probabilidad de ocurrencia; además obtenemos la desviación estándar del valor esperado del VAN con el cual podemos comparar cual proyecto es más riesgoso y tomar decisiones eficientes de inversión. De esta desviación estándar surge otro método de evaluar el riesgo, donde podemos calcular la probabilidad de que el VAN sea menor a 0, es decir, determinar si existe o no un riesgo muy alto de que se genere pérdida con el proyecto.

El ajustar la tasa de descuento incluyendo una prima al riesgo asumido frente a eventos inciertos (además de la inflación y un rendimiento mínimo esperado, utilizados para calcular la TMAR) constituye otro método para evaluar el riesgo en un proyecto. Los *arboles de decisión* son otra forma de evaluar el riesgo en un proyecto, estos realizan un análisis en función a como las decisiones tomadas en el presente afectan el futuro, es decir,

se considera la secuencia de las decisiones en el tiempo y se determinan las probabilidades de ocurrencia de eventos futuros; todo mediante una representación gráfica.

El *análisis de sensibilidad* es otro método de análisis de riesgo, aunque no se cuantifique un valor para el riesgo de un proyecto o se realice un análisis probabilístico, nos permite identificar cuáles serán las variables que tienen un mayor efecto en la rentabilidad del proyecto, y por ende, deben estar bajo un estudio más profundo, con el objetivo de mejorar las estimaciones y reducir la probabilidad de pérdida por errores de estimación y proyección.

Sin embargo, hemos determinado el *método de la simulación* como el más eficiente en la evaluación del riesgo dentro de un proyecto, debido a que nos permite imitar la realidad de una forma aproximada cuando existen variables cuyo comportamiento no se conoce con certeza. El método de simulación que se ha visto como más eficiente es el *método Monte Carlo*, este surgió en los años cuarenta durante la Segunda Guerra Mundial y fue nombrado así debido al casino del Principado de Mónaco. Este método se basa en una técnica de simulación donde, en una situación incierta en cuanto al comportamiento de las variables de un proyecto, se realiza un muestreo (o selección aleatoria) de los valores de las variables de entrada (Ej. variables que construyen el flujo de caja), según la distribución de probabilidad de las mismas, repetidamente; en donde en cada repetición se calculará el resultado de la variable de salida (Ej. VAN esperado), con el objetivo de recopilar esta información y crear una distribución de probabilidad de estos resultados generados en la simulación con su debido análisis y cálculos estadísticos. Para este tedioso trabajo de simulación contamos con la ayuda del software @RISK, el cual simplifica mucho los cálculos y es adaptable al uso del Excel.

### **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO: CONCEPTUALIZACIÓN Y EJEMPLIFICACIÓN**

Dentro de este capítulo conceptualizaremos y ejemplificaremos el método determinístico y probabilístico, con el objetivo de determinar sus diferencias y encontrar el método más eficiente y rentable para la evaluación de inversiones. Primero señalaremos el concepto y rasgos de cada método, para luego pasar a ejemplificar cada uno de los métodos y determinar los rasgos que servirán como punto de comparación entre sí.

Por último se explicarán las ventajas y desventajas de cada método y se compararán los resultados y características individuales de cada uno de ellos. Con esta comparación se deberá obtener como resultado cuál de los dos métodos será el más eficiente y confiable en la evaluación de un proyecto, con la debida explicación de esta elección. Todo este proceso de ejemplificación y comparación se describirá a detalle.

#### **1. Método determinístico**

Según Crhirtofer (2007), el método determinístico es un modelo matemático donde las mismas entradas producirán invariablemente las mismas salidas, sin tomar a consideración la existencia del azar o la incertidumbre [12]. En otras palabras podemos decir que se supone que las variables de entrada son valores puntuales y únicos, es decir, se conocen con certeza. Al conocer con certeza los valores de las variables se supondrá entonces que tenemos toda la información necesaria para la evaluación de un proyecto.

En este método las variables a evaluar se supone que son ciertas, es decir, sus valores se determinan en una única <mejor> estimación puntual o dejándose llevar por la intuición. Dentro de este método se utiliza mucho la experiencia personal y la intuición de las personas especializadas para estimar costos, ventas, crecimientos, entre otras variables que si no se estiman correctamente llevan a errores graves. Todo esto nos sugiere que, evidentemente, los modelos aplicados con el método determinístico solo pueden ser indicados para escenarios de certeza; para otro tipo de escenario incierto y con riesgo el método determinista no puede determinar eficientemente su comportamiento y características; es decir, este método es aplicable para problemas donde haya un solo estado de naturaleza y las variables son conocidas con certeza bajo ciertos supuestos y se pueden predecir fácilmente.

Este método generalmente es utilizado para crear entornos simulados para el estudio de situaciones hipotéticas o para situaciones en donde se quiera determinar las características actuales o pasadas de un sistema o proceso. Es útil para formular problemas en la

administración de una empresa o negocio, además los resultados que este nos proporciona son de gran ayuda para obtener información que permita a los tomadores de decisiones hacerlo eficientemente. Sirve también para realizar modelos de optimización, con el objetivo de no desperdiciar recursos y tener un proceso eficiente.

## **2. Método probabilístico**

El método probabilístico es también llamado método estocástico. Este método se aplica cuando al menos una variable del modelo no se conoce con certeza y las relaciones entre las variables se determinan por medio de funciones probabilísticas. Con esto podemos decir que el método probabilístico se aplica en situaciones de azar, por lo que es necesario aplicar la estadística y la probabilidad. Los supuestos, basados en la intuición y datos históricos, no se toman como ciertos, sino que se cuestionan para tratar de encontrar el límite de estos.

Se puede definir al método probabilístico como: “El uso de un rango de valores y probabilidades asociadas para cada parámetro de entrada (generalmente se dan como una función de probabilidad), y la generación de un histograma de valores para cada cálculo de la salida (llamado distribución de probabilidad de salida” Leach (2006) [13]. Esto quiere decir que, con este método se evitan los errores de la intuición y las estimaciones puntuales obtenidas a base de los datos históricos. Se puede definir también al método probabilístico como la forma que pueden tomar un conjunto de datos o variables de un modelo cuyo valor tiene un comportamiento aleatorio y se obtiene a base de un muestreo repetitivo, con el objetivo de obtener todos los resultados posibles.

Con este método se supone que no nos basamos en una única <mejor> estimación puntual, en base a los datos históricos o la intuición, para determinar el valor de las variables en el modelo; sino que se determina una probabilidad de ocurrencia al valor de cada variable de interés (en base a su comportamiento histórico, proyecciones e información recolectada en los estudios de mercado, técnico, económico.), con lo que podremos ver todo lo que puede suceder en una situación específica y las probabilidades de que sucedan diferentes resultados; lo que representa una herramienta de gran utilidad en la evaluación de proyectos y en la toma de decisiones gerenciales, ya que hasta cierto punto se puede manejar la incertidumbre a la que se enfrentan los negocios con la información que este método nos entrega.

El evaluar el riesgo asociado a un evento, escenario o decisión a través de la cuantificación basada en la probabilidad e incertidumbre asociada a la mayoría de las variables de un proyecto o modelo, nos permite tomar en cuenta las consecuencias que se derivan de la posibilidad de que las variables puedan tomar valores diferentes a lo estimado en los estudios de mercado, económico o cualquier otro [14].

### **3. Análisis comparativo del método determinístico y probabilístico**

Para realizar un análisis comparativo de los dos métodos primero realizaremos el desarrollo de un caso de evaluación de inversiones utilizando los dos métodos, para luego pasar a describir las ventajas y desventajas, y además los riesgos inherentes a cada método. Si bien nos centraremos en la evaluación económica-financiera, hay que tener en cuenta que los estudios y análisis previos a esta son de igual o mayor importancia en el estudio y evaluación de un proyecto. El ejercicio que utilizaremos se obtuvo del paper de José Fuentes Valdés y Fernando Sepúlveda, *Ejercicios de Evaluación de Proyectos*, Chile 2004 [16]; sin embargo se realizaron ciertos cambios en los datos del ejercicio para poder desarrollar un caso más acercado a la realidad.

#### **3.1 Caso desarrollado para comparar el método determinístico y probabilístico**

Proyecto cuprífero mina "El Ojo Amarillo".

Un terrateniente chileno con mucha experiencia en el campo minero, llamado Ian Silk, se está planteando la posibilidad de explotar su yacimiento "El Ojo Amarillo", la cual posee reservas de cobre. Si bien la mina actualmente no se encuentra en funcionamiento, pero ya se han realizado los estudios geológicos y estimado las reservas del mineral en años anteriores por lo que estos gastos ya no se consideran en la inversión en caso de que se decida emprender la explotación de la mina, por lo tanto son costos hundidos.

Por otro lado está la empresa Codelco Chile, también con mucha experiencia en el campo minero, propietaria de varias minas en el país. Una de ella es la mina de cobre "El Salvador", la misma que al momento posee una capacidad ociosa debido a la falta de reservas de cobre en esta, por esto la empresa se está planteando adquirir una de las minas aledañas para poder aprovechar dicha capacidad ociosa.

##### **3.1.1 Datos del caso:**

Todos los datos del caso disponibles se han obtenido en base a los estudios de mercado, técnico, administrativo, legal y económico del proyecto:

- El yacimiento de cobre "El Ojo Amarillo", propiedad del terrateniente Ian Silk, se encuentra ubicado en la región de Atacama en Chile, a 15 Km junto a la mina "El Salvador", propiedad de la empresa Codelco Chile
- Actualmente la empresa Codelco está interesada en adquirir dicho yacimiento, principalmente por la calidad del mineral y porque existe capacidad ociosa dentro de la fundición de su mina "El Salvador". La valoración realizada a la mina "El Ojo Amarillo" por parte de Codelco asciende a \$ 2'000.000.

- De acuerdo a estudios geológicos, la ley del mineral alcanza al 3,2% en una primera capa, al 3,8% en una segunda capa y sólo a un 2,5% en la última y tercera capa. El resto del yacimiento no es explotable.
- Por reservas estimadas, el proyecto tendrá una duración de 5 años, calculadas a razón de extraer 300, 250, y 350 toneladas diarias por tipo de capa respectivamente. Las dos primeras capas se explotan en dos años cada una y la última en sólo un año.
- Las inversiones requeridas son principalmente en maquinarias pesada de extracción y trituración con costo de \$1'500.000, los correspondientes traslados e instalaciones por un costo adicional de \$350.000; 2 camiones marca Tolva a \$50.000 cada uno y 2 edificios: uno de administración y bodega de materiales, y otro para casino y albergue, ambos en madera con un costo de \$800.000. El capital de trabajo asciende a \$150.000.
- Los precios vigentes variaran de acuerdo a la ley minera de Chile, que se conseguirán mediante contrato por la venta del total de la mina.
- Los gastos de administración y supervisión se estiman en \$300.000 anuales, incluyendo los contratos para la mantención del casino y el albergue.
- Según el estudio económico del proyecto se han estimado los costos de operación por tonelada en \$20 para los tres primeros años, y en \$14 y \$12 para los períodos cuatro y cinco respectivamente; esto debido a que los primeros años se necesita de una mayor cantidad de recursos para la extracción del mineral que los años posteriores, donde ya la mina tiene una base estable.
- La depreciación es lineal, el valor de recuperación asciende a un 10% del costo total, la tasa de impuesto a las utilidades, llamada tasa impositiva de primera categoría en Chile, es de 22%.
- El capital requerido será aportado por el Banco Superior en un monto de \$2'000.000 y la diferencia por el propietario del yacimiento, Ian Silk. El banco no otorga periodos de gracia y exige una tasa de interés del 10% preferencial debido al monto solicitado.
- El rendimiento esperado en primera instancia por Ian Silk será de un 8%, debido a que esta es la tasa promedio que gana en sus otros proyectos cupríferos; sin embargo el propietario del yacimiento esperará un 5% adicional si decide invertir su dinero en el proyecto; todo esto sin tomar en cuenta la inflación.
- La inflación proyectada promedio para los siguiente 5 años de un 5% según las proyecciones del Banco Central de Chile.

### **3.2 Resolución mediante el método determinístico**

Una vez planteado el ejercicio y como se explicó en el inicio de este capítulo al aplicar el método determinístico se supone que todas las variables del proyecto son conocidas y todos los supuestos planteados se creen ciertos. Con esto dentro del ejercicio suponemos que las

variables (inversiones, costos, precio de venta, volumen de extracción, etc.) se conocen con certeza y sus valores serían los que se han estimado anteriormente y se tiene como datos en el ejercicio.

Tenemos los siguientes parámetros:

- El dueño del yacimiento “El Ojo Amarillo, Ian Silk, deberá decidir entre la opción de **explotar la mina o venderla** a la empresa Codelco por un valor de \$2'000.000.
- La mina está estructurada de la siguiente forma:

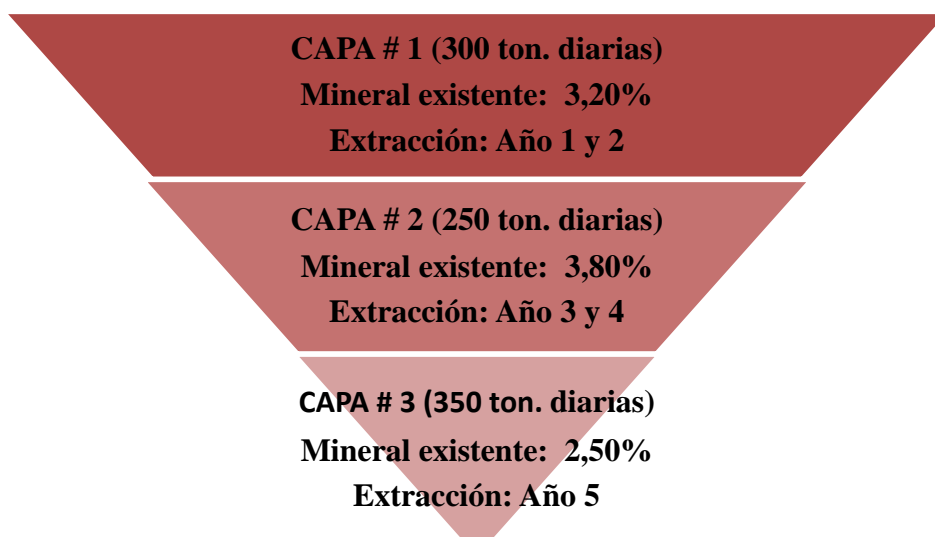


Figura 4.1

Estructura de la mina “El Ojo Amarillo”

Elaboración propia

- **Las inversiones necesarias** para realizar la explotación del yacimiento son:

<b>Inversiones requeridas:</b>	
Maquinarias de extracción y trituración	\$ 1.500.000,00
Traslados e instalaciones	\$ 350.000,00
Camiones (2)	\$ 100.000,00
Edificios	\$ 800.000,00
Capital de trabajo	\$ 150.000,00
<b>Total inversión Fija</b>	<b>\$ 2.750.000,00</b>
<b>Total inversión Circulante</b>	<b>\$ 150.000,00</b>
<b>Total Inversión</b>	<b>\$ 2.900.000,00</b>

Tabla 4.1

Inversiones necesarias para explotar el yacimiento “El Ojo Amarillo”

Elaboración propia

- **Los precios de la tonelada de cobre** de acuerdo a la ley minera de Chile son:

Ley Minera de % según capa y su precio			
Tipo	A	B	C
Desde	2,01%	2,51%	3,51%
Hasta	2,50%	3,50%	Más
Precio x ton.	\$ 25,00	\$ 35,00	\$ 55,00

Tabla 4.2

Ley minera del precio del cobre según su tipo de capa

Elaboración propia

- **Los gastos de administración y supervisión** son de \$300.000 anuales.
- **Los costos de operación por tonelada** se supone que variarían con el tiempo, con el siguiente detalle:

Costos de operación por tonelada:	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de obra	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 6,00	\$ 6,00
Suministros	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 2,00	\$ 2,00
Repuestos	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 1,00
Combustible	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 2,00
Otros insumos	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 1,00	\$ 1,00
Costo x ton.	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 14,00	\$ 12,00

Tabla 4.3

Costos por tonelada por explotar el proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”

Elaboración propia

- Obtenido la producción diaria en toneladas de cobre, el precio por tonelada según su capa y el costo de explotación por tonelada, pasamos a calcular la **producción, ingresos y egresos anuales**:

Producción, ingresos y costos					
Año	1	2	3	4	5
Capa	Capa 1	Capa 1	Capa 2	Capa 2	Capa 3
Tipo de capa	B	B	C	C	A
Toneladas día	300,00	300,00	250,00	250,00	350,00
Toneladas año	109.500,00	109.500,00	91.250,00	91.250,00	127.750,00
Precio x ton.	\$ 35,00	\$ 35,00	\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 25,00
Ingresos	\$ 3.832.500,00	\$ 3.832.500,00	\$ 5.018.750,00	\$ 5.018.750,00	\$ 3.193.750,00
Costos de explotación	\$ 2.190.000,00	\$ 2.190.000,00	\$ 1.825.000,00	\$ 1.277.500,00	\$ 1.533.000,00

Tabla 4.4

Producción, ingresos y costos del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico

Elaboración propia

- **La depreciación** de los activos tangibles es lineal.
- **El valor de salvamento** de los activos tangibles es del 10% del costo total.
- El Banco Superior otorgará **un préstamo** de \$2'000.000 a un 10% de interés, sin periodos de gracia.
- **La TMAR** del proyecto será de un 18%, en base al promedio de rentabilidad de los proyectos cupríferos del propietario del yacimiento (8%), una prima al riesgo incurrido (5%) y la inflación proyectada para Chile (5%).



- **La tasa impositiva** de primera categoría de Chile es de un 22% según el Servicio de Impuestos Internos de Chile (Sii).

### 3.2.1 Construcción y evaluación del flujo de caja del proyecto

De esta forma pasamos a construir el flujo de caja para los accionistas, explicado anteriormente en el capítulo 2 de este estudio; así:

FLUJO DE CAJA PARA LOS ACCIONISTAS						
Año	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos</b>		\$ 3.832.500,00	\$ 3.832.500,00	\$ 5.018.750,00	\$ 5.018.750,00	\$ 3.193.750,00
<b>Egresos</b>		\$ 2.490.000,00	\$ 2.490.000,00	\$ 2.125.000,00	\$ 1.577.500,00	\$ 1.833.000,00
Costo explotación		\$ 2.190.000,00	\$ 2.190.000,00	\$ 1.825.000,00	\$ 1.277.500,00	\$ 1.533.000,00
Gastos administrativos		\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
<b>Depreciación</b>		\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00
<b>Intereses del préstamo</b>		\$ 200.000,00	\$ 167.240,50	\$ 131.205,06	\$ 91.566,07	\$ 47.963,18
<b>Beneficio antes de impuestos (BAI)</b>		\$ 677.500,00	\$ 710.259,50	\$ 2.297.544,94	\$ 2.884.683,93	\$ 847.786,82
<b>Impuestos</b>		\$ 149.050,00	\$ 156.257,09	\$ 505.459,89	\$ 634.630,46	\$ 186.513,10
<b>Beneficio despues de impuestos (B)</b>		\$ 528.450,00	\$ 554.002,41	\$ 1.792.085,05	\$ 2.250.053,47	\$ 661.273,72
<b>Depreciación</b>		\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00	\$ 465.000,00
<b>Flujo de Caja operativo</b>		\$ 993.450,00	\$ 1.019.002,41	\$ 2.257.085,05	\$ 2.715.053,47	\$ 1.126.273,72
<b>Inversiones</b>	\$ (2.900.000,00)					
Maquinarias	\$ 1.500.000,00					
Traslados e instalaciones	\$ 350.000,00					
Camiones (2)	\$ 100.000,00					
Edificios	\$ 800.000,00					
Capital de trabajo	\$ 150.000,00					
<b>Préstamos</b>	\$ 2.000.000,00					
<b>Valor de Salvamento</b>						\$ 425.000,00
<b>Amortización de la deuda</b>		\$ 327.594,96	\$ 360.354,46	\$ 396.389,90	\$ 436.028,89	\$ 479.631,78
<b>Flujo de Caja para los Accionistas</b>	\$ (900.000,00)	\$ 665.855,04	\$ 658.647,95	\$ 1.860.695,15	\$ 2.279.024,58	\$ 1.071.641,94

Tabla 4.5  
Flujo de caja para los accionistas del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico  
Elaboración propia

Obtenido el flujo de caja para los accionistas del proyecto cuprífero, proyectándolo para los 5 años de vida útil que tendrá el mismo, en base a los estudios de las reservas del mineral en el yacimiento; podremos calcular su rentabilidad en base a los dos métodos principales, anteriormente explicados, el VAN y la TIR. Aplicando las ecuaciones 2.4 y 2.5 y utilizando la TMAR obtenida en base a la ecuación 2.3, las cuales se explicaron en el capítulo 2 de este estudio obtenemos:

<b>VAN</b>	\$ 2.913.711,24
<b>TIR</b>	100,59%

Tabla 4.6  
VAN y TIR del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método determinístico  
Elaboración propia

### 3.2.2 Conclusiones de la aplicación del método determinístico

Una vez aplicados los métodos de evaluación del VAN y TIR podemos concluir que; en condiciones de certeza, es decir, aplicando el método determinístico al realizar la evaluación económica-financiera para determinar la rentabilidad del proyecto cuprífero del yacimiento “El Ojo Amarillo”, hemos obtenido un VAN de \$2'913.711,61 y una TIR de un 100,59%.

Comparando el VAN obtenido con la opción de vender el yacimiento al precio propuesto por la empresa Codelco de \$2'000.000; podremos decir que para el terrateniente Ian Silk propietario del yacimiento, le sería más rentable la opción de explotar el mismo, debido a que obtendrá \$913.711,24 más de ganancia que la opción de vender el yacimiento.

### 3.3 Resolución mediante el método probabilístico

Como se explicó anteriormente en este capítulo al aplicar el método probabilístico en la evaluación económica-financiera de un proyecto, decimos que los valores de las variables no se conocen con certeza por lo que es necesario aplicar la estadística y la probabilidad. Los supuestos determinados en ejercicio no se toman como ciertos, sino que estos se cuestionan y se trata de encontrar sus límites; con esto se evitan errores que se dan cuando nos basamos en los datos históricos y en la intuición. Lo que haremos es determinar las variables de interés cuyo comportamiento sea incierto y les asignaremos una distribución de probabilidad según los datos de la industria minera y sus proyecciones, de esta forma obtendremos una distribución de probabilidad de la variable de salida, es decir el VAN, el cual es el referente de comparación con la decisión de inversión o venta del yacimiento cuprífero.

De esta forma seleccionaremos las variables de interés, cuyo comportamiento vaya a ser incierto en el futuro y de acuerdo a la información disponible les asignaremos una distribución de probabilidad de ocurrencia, así:

- Dado que los resultados obtenidos del estudio geológico en cuanto **al alcance de la ley de mineral** no pueden variar, nos mantenemos que en la primera capa alcanza al 3,2%, en la segunda al 3,8% y un 2,5% en la tercera capa.
- **La extracción proyectada** de cobre irá en función a las reservas estimadas del mineral, donde en cada capa existirá un 5% de error, ya sea este positivo o negativo; además se debe tener en cuenta que pueden existir imprevistos (climáticos, humanos, etc.) por los cuales no se pueda explotar el monto presupuestado del mineral por lo que se debe agregar un margen del 15% por estos imprevistos y errores (en base a datos históricos y el análisis de riesgo del experto). Se pudiera pensar también que puede existir una sobre explotación del mineral, sin embargo, las reservas son limitadas, por lo que aun así se explote un monto mayor del mineral

diario al final del periodo el resultado será el mismo, lo único que variaría es el tiempo de extracción.

De esta forma podemos determinar una distribución triangular con sus tres parámetros: *el valor más probable* será la primera estimación, *el valor mínimo* será la primera estimación menos el 5% de error de estimación y el 15% de imprevistos y errores; y como *valor máximo* el valor de la primera estimación más el 5% de error.

				min	mp	max	distribucion
Extraccion proyectada (diaria)	Capa 1	Año 1	300	240	300	315	285
		Año 2	300	240	300	315	285
	Capa 2	Año 3	250	200	250	265	238,3333333
		Año 4	250	200	250	265	238,3333333
	Capa 3	Año 5	350	280	350	365	331,6666667

Tabla 4.7

Parámetros de la extracción proyectada diaria y su distribución de probabilidad

Elaboración propia

Con esto tenemos por cada año una distribución de probabilidad del valor de extracción proyectada diaria del mineral, gráficamente representado en la siguiente figura:

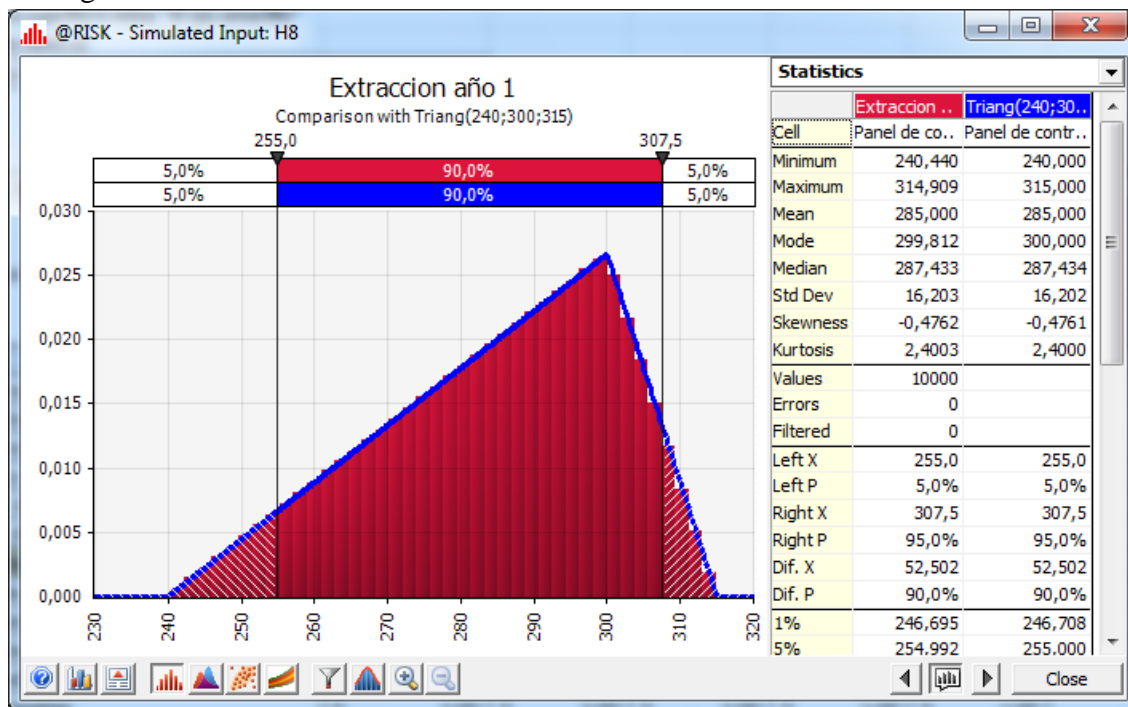


Figura 4.2

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año 1

Fuente @RISK

Como podemos ver en la figura 4.2, tenemos la distribución triangular del volumen de extracción del año 1, la cual nos servirá para realizar la simulación mediante método Montecarlo. El volumen de extracción de todos los años estará determinado

por una distribución triangular según los parámetros antes mencionados; los gráficos y estadísticas de las distribuciones de la extracción de los años restantes podemos encontrarlos en el anexo 1 de este estudio. Además cualquier duda sobre la determinación de la distribución de probabilidad de las variables en @RISK puede consultarse en el anexo 2.

- **Las inversiones**, si bien la estimación de estas se hace en condiciones de certeza y se supone que se debería tomar el valor de estas como ciertas; es prudente manejar un margen de error de un 10% en la estimación (debido a la volatilidad del mercado, inflación, etc.), ya sea este positivo o negativo; y además agregarle un 5% por imprevistos. De esta forma determinaremos una distribución triangular para cada ítem de inversión con sus tres parámetros: el *valor más probable* la primera estimación de los valores de inversión, *el valor mínimo* la primera estimación menos un 10% del margen de error, y como *valor máximo* el valor proyectado más un 15%, 10% por el margen de error de estimación y un 5% de imprevistos, así:

Inversiones requeridas:		min	mp	max	distribucion
Maquinarias de extraccion y trituración	\$ 1.500.000,00	\$ 1.350.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.725.000,00	\$ 1.525.000,00
Traslados e instalaciones	\$ 350.000,00	\$ 315.000,00	\$ 350.000,00	\$ 402.500,00	\$ 355.833,33
Camiones (2)	\$ 100.000,00	\$ 90.000,00	\$ 100.000,00	\$ 115.000,00	\$ 101.666,67
Edificios	\$ 800.000,00	\$ 720.000,00	\$ 800.000,00	\$ 920.000,00	\$ 813.333,33

Tabla 4.8

Parámetros de la estimación de las inversiones necesarias

Elaboración propia

Con estos parámetros podemos representar gráficamente las distribuciones de probabilidad de cada ítem de inversión necesaria, de la siguiente forma:

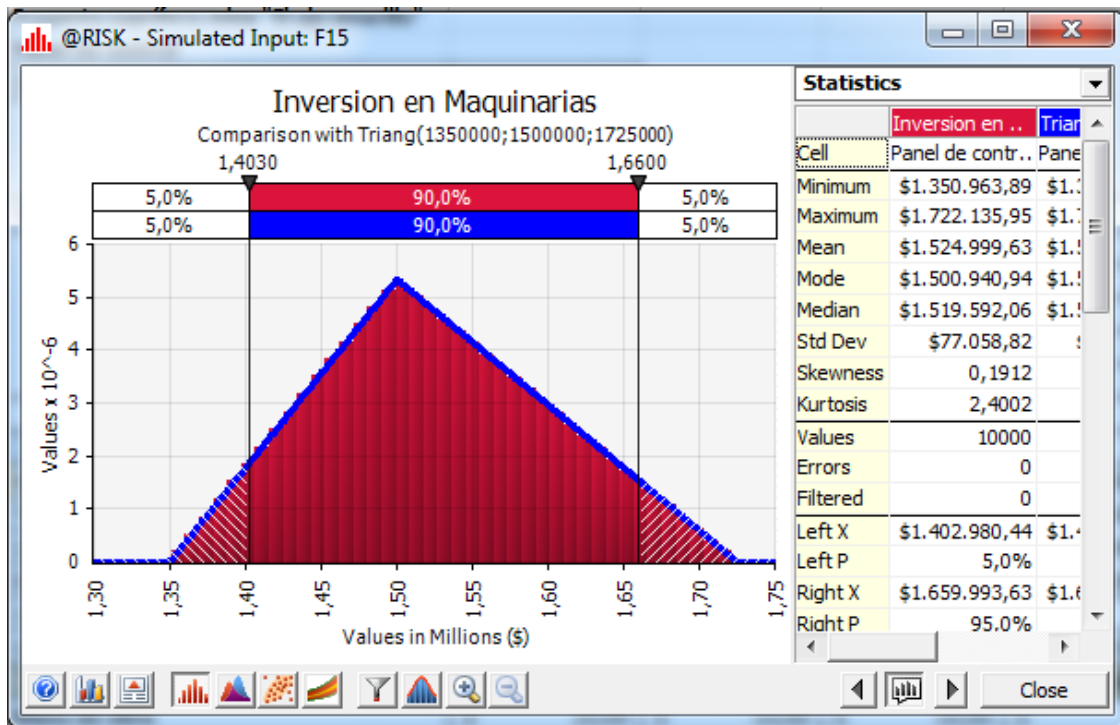


Figura 4.3

Gráfico de la distribución de probabilidad de la inversión necesaria en maquinaria

Fuente @RISK

De la misma forma se determinara gráficamente la distribución de todos los ítems de la inversión necesaria para la explotación del yacimiento; los gráficos de la inversión necesaria en traslados e instalaciones, camiones y edificios se puede revisar en el anexo 1. Cualquier duda sobre como determinar la distribución de probabilidad de las variables en @RISK puede consultarse en el anexo 2.

La inversión en capital de trabajo lo hemos mantenido el valor que se determinó con los estudios de mercado, técnico y económico; \$150.000,00

- **El precio del cobre**, además de ir en función de la ley minera también depende en alto grado del mercado internacional. Debido a la caída mundial del precio del petróleo, la apreciación del dólar en los mercados internacionales y la desaceleración gradual de la economía China (mayor consumidor mundial de cobre), todo esto sumado al gran aumento de la oferta del cobre se esperan bajas en los precios de un promedio de 25% variando según el tipo del mineral. Sin embargo, también se podrían avizorar leves aumentos en el precio del mineral, debido a que se prevé un retraso en la subida de las tasas de interés del gobierno de Estados Unidos lo que devaluará el dólar; esto sumado al bloqueo temporal de las minas de Indonesia podrían determinar un aumento de los precios del cobre de hasta un 10%.

De esta forma podemos determinar una distribución triangular con sus tres parámetros: el *valor más probable* la primera estimación de los precios de las tres capas, *el valor mínimo* la primera proyección menos un 40% en la capa A, 30% en la capa B y un 20% en la capa C según los parámetros anteriormente explicados, y como *valor máximo* el valor proyectado más un 10% según los parámetros anteriormente explicados, así:

Ley Minera de % según capa y su precio				
Tipo	A	B	C	
Desde	2,01%	2,51%	3,51%	
Hasta	2,50%	3,50%	Más	
	\$ 15,00	\$ 25,00	\$ 45,00	min
Precio x ton.	\$ 25,00	\$ 35,00	\$ 55,00	mas prob.
	\$ 27,50	\$ 40,00	\$ 60,50	max
distribucion	\$ 22,50	\$ 33,33	\$ 53,50	

Tabla 4.9

Parámetros de los precios proyectados del cobre según el tipo

Elaboración propia

Con esto tenemos por cada tipo de cobre (según su porcentaje y la ley minera), la distribución de su precio proyectado, gráficamente representado en la siguiente figura:

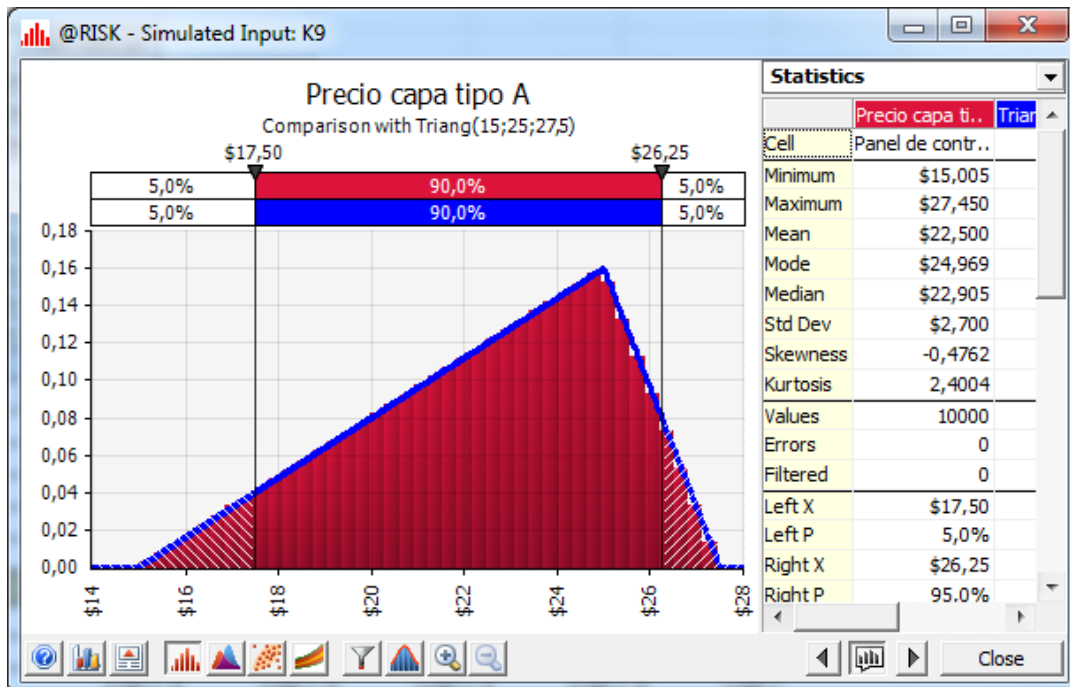


Figura 4.3

Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo A

Fuente @RISK

La figura 4.3 nos indica la distribución del precio del cobre, catalogado en la categoría A según su porcentaje en la capa explotada, en forma gráfica. De igual forma las distribuciones de los precios de cobre catalogado en las categorías B y C pueden revisarse en el anexo 1 de este estudio. Cualquier duda sobre la determinación de la distribución de probabilidad de las variables en @RISK puede consultarse el material del anexo 2.

- **Los gastos de administración** siguen el mismo razonamiento que las inversiones donde se tiene un 10% de margen de error, ya sea positivo o negativo; a lo que se le aumenta en el escenario máximo un 5% por imprevistos de aumento a las necesidades administrativas. De esta forma determinaremos una distribución triangular para los gastos administrativos con los siguientes parámetros: el *valor más probable* viene a ser el valor estimado en primera instancia en el modelo determinista, *el valor mínimo* será la primera estimación menos un 10% de margen de error, y *el valor máximo* será la primera estimación más un 10% de margen de error y un 5% por imprevistos de aumento en las necesidades administrativas.

Gastos de Administración (anuales)	min	mp	max	distribucion
	\$ 270.000,00	\$ 300.000,00	\$ 345.000,00	\$ 305.000,00

Tabla 4.10

Parámetros de los gastos de administración proyectados

Elaboración propia

Con estos parámetros podemos determinar gráficamente la distribución de probabilidad de los gastos administrativos en la figura 4.4.

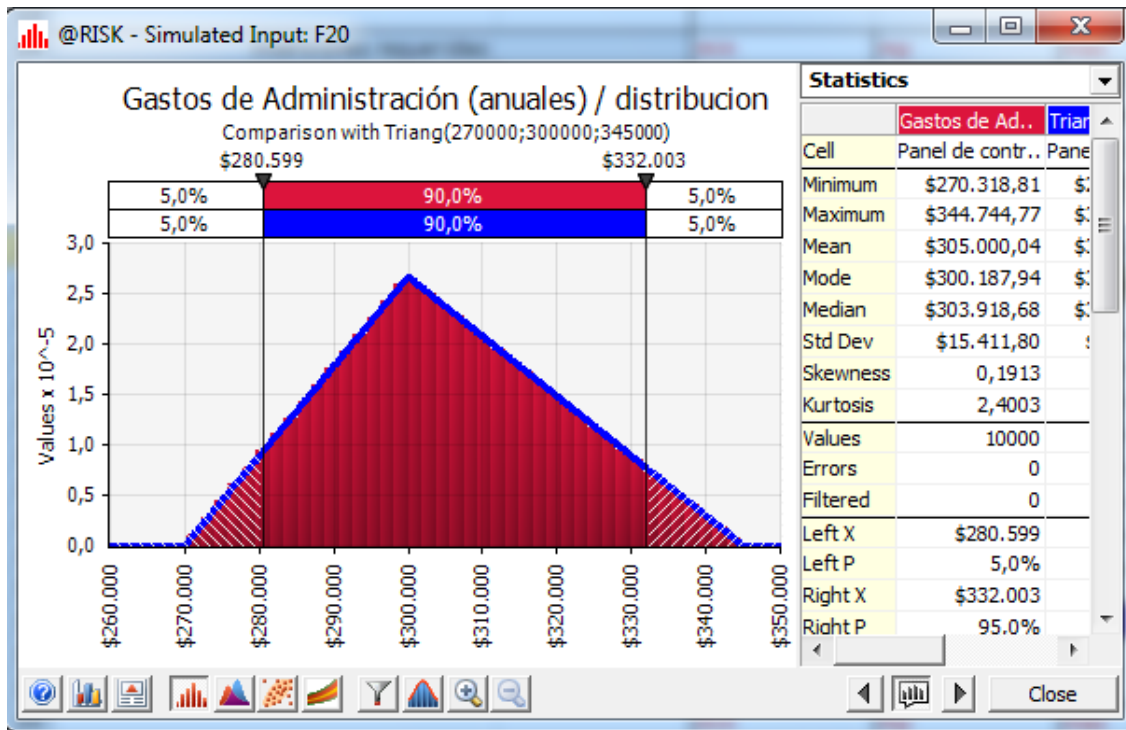


Figura 4.4

Gráfico de la distribución de probabilidad de los gastos administrativos

Fuente @RISK

Cualquier duda sobre la determinación de la distribución de probabilidad de las variables en @RISK puede consultarse en el anexo 2.

- **Los costos de operación** variaran en base a un 10% de imprevistos y mala estimación, sin embargo hay que tener en cuenta que el precio de los suministros, la mano de obra y los repuestos tiene una tendencia creciente por lo que a cada año se agregara un 10% adicional de aumento en los costos; y de igual forma debido a que el precio del combustible y las necesidades de insumos tienen una tendencia decreciente en los dos últimos años se agrega un 10% adicional de decrecimiento en los costos.

De esta forma determinamos una distribución triangular para los costos de operación donde *el valor más probable* viene a ser el valor de la primera estimación, *el valor mínimo* para los tres primeros años será el valor de la primera estimación menos un 10% y en los dos últimos años se restara un 10% adicional debido a los aspectos antes mencionados. *El valor máximo* será el valor de la estimación más un 10% de imprevistos y mala estimación, más un 10% adicional cada año por las circunstancias anteriormente mencionadas.



Costos de operación por tonelada:	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de obra	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 6,00	\$ 6,00
Suministros	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 2,00
Repuestos	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 1,00
Combustible	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 2,00
Otros insumos	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 1,00	\$ 1,00
Costo x ton. Estimado	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 15,00	\$ 12,00
<i>min</i>	\$ 18,00	\$ 18,00	\$ 18,00	\$ 12,00	\$ 10,00
<i>mp</i>	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 15,00	\$ 12,00
<i>max</i>	\$ 22,00	\$ 24,00	\$ 26,00	\$ 21,00	\$ 18,00
<i>distribución</i>	20	20,66666667	21,33333333	16	13,33333333

Tabla 4.11

Parámetros de los costos de explotación

Elaboración propia

Los parámetros de la tabla 4.11 nos permitirán determinar gráficamente la distribución de probabilidad de los costos de explotación por tonelada, así:

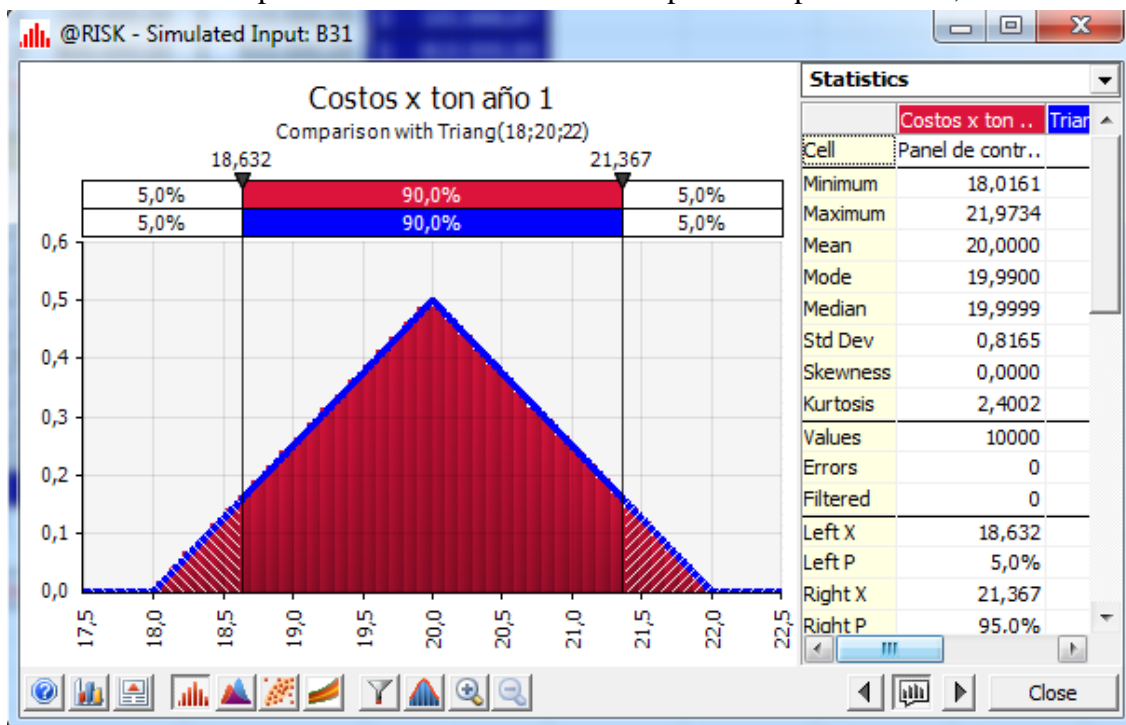


Figura 4.5

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 1

Fuente @RISK

La figura 4.5 nos muestra gráficamente la distribución de probabilidad de los costos por tonelada del año 1, los gráficos de las distribuciones de los costos de los años siguientes se pueden revisar en el anexo 1 y cualquier duda sobre la determinación de la distribución de probabilidad de las variables en @RISK puede consultarse en el anexo 2.

- **La depreciación** de los activos intangibles se mantendrá lineal.
- **La tasa impositiva** de primera categoría en Chile según las proyecciones del Servicio de Impuestos Internos (SII) ira de un rango del 21% hasta llegar al 27%. Con esto determinamos una distribución de probabilidad triangular para la tasa impositiva donde, *el valor más probable* será la tasa del 22% de la primera estimación, *el valor mínimo* la tasa del 21% obtenido de las estimaciones del SII, y *el valor máximo* la tasa del 25% obtenido también de las estimaciones del SII.

Tasa impositiva	min	mp	max	distribución
	21%	22%	27%	23%

Tabla 4.12

Parámetros de la tasa impositiva

Elaboración propia

Los parámetros de la tabla 4.12 nos permiten representar gráficamente la distribución de probabilidad de la tasa impositiva que utilizaremos en la simulación.

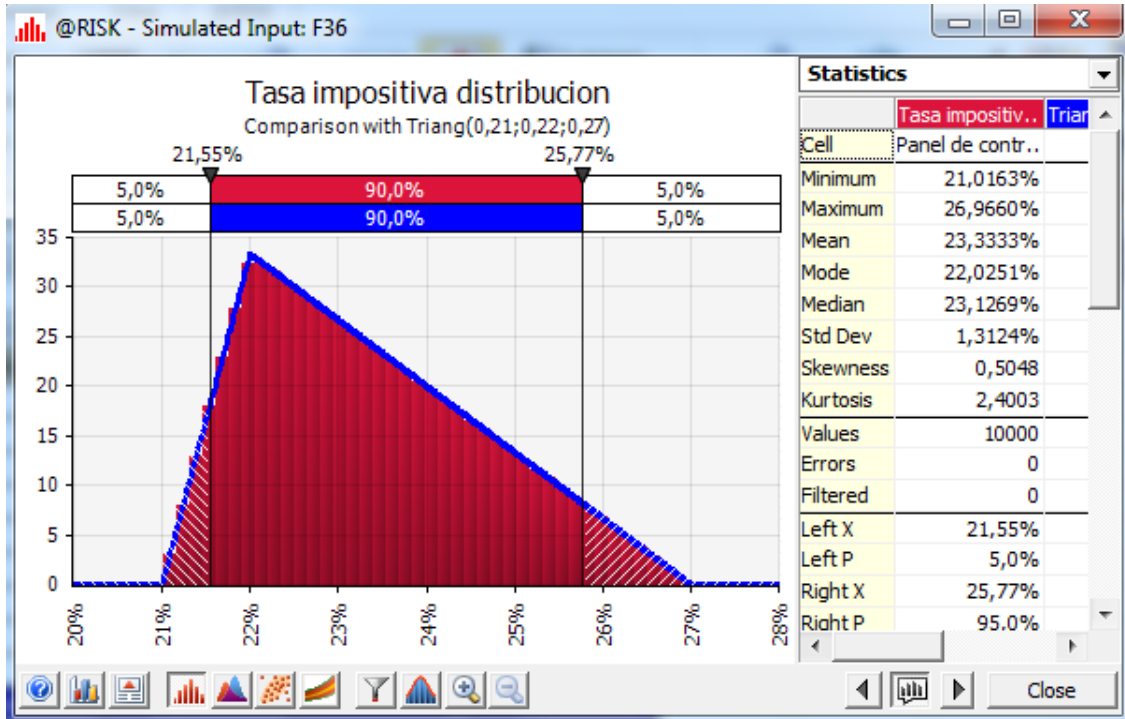


Figura 4.6

Gráfico de la distribución de probabilidad de la tasa impositiva

Fuente @RISK

- **El valor de salvamento** de los activos tangibles se mantiene del 10% del costo total.
- **El préstamo** otorgado por el Banco Superior de \$2'000.000 a un 10% de interés, sin periodos de gracia, se mantiene debido a que la tasa es fija.
- **La TMAR** del proyecto se mantiene de un 18%.

### 3.3.1 Construcción y evaluación del flujo de caja del proyecto

Antes de la simulación los valores que utilizaremos para calcular la producción, ingresos y egresos anuales serán los que correspondan a la media de cada distribución. Por ejemplo la media de la distribución de probabilidad de la extracción diaria del año 1 es de 285 toneladas; por lo tanto este será el valor que en primera instancia utilizaremos para construir el flujo de caja para los accionistas correspondiente al proyecto cuprífero. La tabla 4.13 detallará la producción, ingresos y egresos anuales.

Producción, ingresos y costos					
Año	1	2	3	4	5
Capa	Capa 1	Capa 1	Capa 2	Capa 2	Capa 3
Tipo de capa	B	B	C	C	A
Toneladas día	285,00	285,00	238,33	238,33	331,67
Toneladas año	104.025,00	104.025,00	86.991,67	86.991,67	121.058,33
Precio x ton.	\$ 33,33	\$ 33,33	\$ 53,50	\$ 53,50	\$ 22,50
Ingresos	\$ 3.467.500,00	\$ 3.467.500,00	\$ 4.654.054,17	\$ 4.654.054,17	\$ 2.723.812,50
Costos de expl	\$ 2.080.500,00	\$ 2.149.850,00	\$ 1.855.822,22	\$ 1.391.866,67	\$ 1.654.463,89

Tabla 4.13

Producción, ingresos y costos del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico

Elaboración propia

Con los ingresos y costos anuales podemos empezar a construir el flujo de caja para los accionistas. Las variables restantes, que también intervienen en la simulación y se les definió una distribución de probabilidad, para la construcción del flujo de caja en primera instancia tomaran el valor de la media de su distribución; tal como se hizo para calcular los ingresos y costos anuales. De esta forma el flujo de caja para los accionistas será:

<b>FLUJO DE CAJA PARA LOS ACCIONISTAS</b>						
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos</b>		\$ 3.467.500,00	\$ 3.467.500,00	\$ 4.654.054,17	\$ 4.654.054,17	\$ 2.723.812,50
<b>Egresos</b>		\$ 2.385.500,00	\$ 2.385.500,00	\$ 2.044.833,33	\$ 1.609.875,00	\$ 1.757.700,00
Costo explotación		\$ 2.080.500,00	\$ 2.080.500,00	\$ 1.739.833,33	\$ 1.304.875,00	\$ 1.452.700,00
Gastos administrativos		\$ 305.000,00	\$ 305.000,00	\$ 305.000,00	\$ 305.000,00	\$ 305.000,00
<b>Depreciación</b>		\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00
<b>Intereses del préstamo</b>		\$ 200.000,00	\$ 167.240,50	\$ 131.205,06	\$ 91.566,07	\$ 47.963,18
<b>Beneficio antes de impuestos (BAI)</b>		\$ 408.750,00	\$ 441.509,50	\$ 2.004.765,77	\$ 2.479.363,10	\$ 444.899,32
<b>Impuestos</b>		\$ 89.925,00	\$ 103.018,88	\$ 467.778,68	\$ 578.518,06	\$ 103.809,84
<b>Beneficio despues de impuestos (B)</b>		\$ 318.825,00	\$ 338.490,62	\$ 1.536.987,09	\$ 1.900.845,04	\$ 341.089,48
<b>Depreciacion</b>		\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00	\$ 473.250,00
<b>Flujo de Caja operativo</b>		\$ 792.075,00	\$ 811.740,62	\$ 2.010.237,09	\$ 2.374.095,04	\$ 814.339,48
<b>Inversiones</b>	\$ (2.945.833,33)					
Maquinarias	\$ 1.525.000,00					
Traslados e instalaciones	\$ 355.833,33					
Camiones (2)	\$ 101.666,67					
Edificios	\$ 813.333,33					
Capital de trabajo	\$ 150.000,00					
<b>Préstamos</b>	\$ 2.000.000,00					
<b>Valor de Salvamento</b>						\$ 429.583,33
<b>Amortización de la deuda</b>		\$ 327.594,96	\$ 360.354,46	\$ 396.389,90	\$ 436.028,89	\$ 479.631,78
<b>Flujo de Caja para los Accionistas</b>	\$ (945.833,33)	\$ 464.480,04	\$ 451.386,16	\$ 1.613.847,19	\$ 1.938.066,15	\$ 764.291,03

Tabla 4.14  
Flujo de caja para los accionistas del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico  
Elaboración propia

Una vez construido el flujo de caja para los accionistas, pasamos a calcular la rentabilidad del proyecto mediante los métodos de evaluación del VAN y la TIR. Aplicando las ecuaciones 2.4 y 2.5 y utilizando la TMAR obtenida en base a la ecuación 2.3, las cuales se explicaron anteriormente en el capítulo 2, obtenemos:

<b>VAN</b>	\$ 2.087.921,17
<b>TIR</b>	76,50%

Tabla 4.15  
VAN y TIR del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”, método probabilístico  
Elaboración propia

Como observamos en los resultados del VAN y TIR, antes de la simulación y utilizando los valores de la media de las distribuciones de probabilidad de las variables del proyecto, tenemos un VAN de \$2'087.921,17 y una TIR de 76,50%.

### 3.3.2 Aplicación de la Simulación Montecarlo

Como mencionamos en el capítulo anterior, el método de simulación Montecarlo realiza un muestreo o selección aleatoria de los valores de las variables de entrada (variables del proyecto con las que se construye el flujo de caja), según la distribución de probabilidad previamente asignada a cada una; este proceso se realiza repetidamente según como el evaluador crea conveniente. En cada repetición o iteración se tendrá una combinación de los valores de las variables de entrada, con las que calculará el resultado de la variable de salida (VAN), es decir, por cada iteración se calculará un valor de la variable de salida. El objetivo de la simulación Montecarlo es recopilar la información de los resultados de cada iteración y con estos determinar una distribución de probabilidad de la variable de salida, con la cual se puede realizar un vasto análisis estadístico; con el objetivo de tener mayor información y tomar mejores decisiones financieras.

Antes de aplicar la simulación es necesario explicar que el realizar el proceso de la simulación Montecarlo aunque suena sencillo, en realidad es muy tedioso; solo hace falta imaginarse realizar la selección aleatoria de los valores de las variables según su distribución miles de veces y para cada repetición o iteración calcular el resultado del VAN. Por esto contamos con la ayuda del programa @RISK que simplificará en gran porción el proceso de la simulación Montecarlo; el programa por si solo se encargara de realizar el muestreo o selección aleatoria de los valores de las variables que construyen el flujo de caja y para cada iteración se calculará el valor del VAN. Además obtendremos los resultados del análisis de sensibilidad al aplicar la simulación, los coeficientes de correlación y los coeficientes de la regresión del modelo.

Para el ejercicio aplicaremos la simulación con 20.000 iteraciones, es decir, se realizaran 20.000 selecciones aleatorias de los valores de las variables (monto de extracción, precio del cobre, costo de operación, gastos de administración, tasa impositiva) y en cada iteración se calculará el valor del VAN. Con esto, tendremos la información suficiente para determinar una distribución de probabilidad del VAN del proyecto cuprífero.

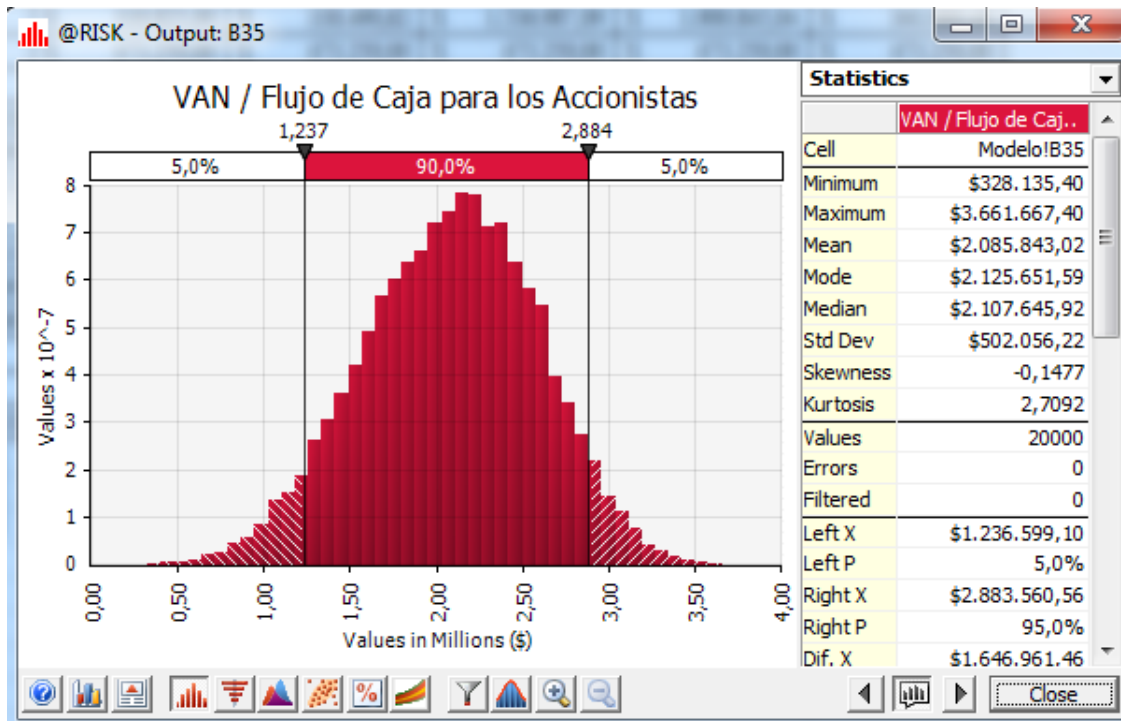


Figura 4.7

Distribución de probabilidad del VAN del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”

Fuente @RISK

Simulation Summary Information	
Workbook Name	modelo mineria metodo probabilistico
Number of Simulations	1
Number of Iterations	20000
Number of Inputs	29
Number of Outputs	2
Sampling Type	Monte Carlo
Simulation Start Time	30/03/2015 18:04
Simulation Duration	00:00:14
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	1556334229

Tabla 4.15

Información resumen de la simulación

Fuente @RISK

Summary Statistics for VAN / Flujo de Caja para los Ac			
Statistics		Percentile	
Minimum	\$ 328.135,40	5%	\$ 1.236.599,10
Maximum	\$ 3.661.667,40	10%	\$ 1.414.891,05
Mean	\$ 2.085.843,02	15%	\$ 1.546.884,28
Std Dev	\$ 502.056,22	20%	\$ 1.650.388,27
Variance	2,5206E+11	25%	\$ 1.738.038,71
Skewness	-0,147734822	30%	\$ 1.819.344,78
Kurtosis	2,709244223	35%	\$ 1.894.839,93
Median	\$ 2.107.645,92	40%	\$ 1.973.513,49
Mode	\$ 2.125.651,59	45%	\$ 2.041.543,50
Left X	\$ 1.236.599,10	50%	\$ 2.107.645,92
Left P	5%	55%	\$ 2.169.983,32
Right X	\$ 2.883.560,56	60%	\$ 2.237.017,74
Right P	95%	65%	\$ 2.302.368,18
Diff X	\$ 1.646.961,46	70%	\$ 2.371.538,26
Diff P	90%	75%	\$ 2.445.407,22
#Errors	0	80%	\$ 2.524.958,73
Filter Min	Off	85%	\$ 2.613.384,41
Filter Max	Off	90%	\$ 2.722.977,52
#Filtered	0	95%	\$ 2.883.560,56

Tabla 4.16  
Estadísticos resumen para el VAN  
Fuente @RISK

De la distribución de probabilidad del VAN del proyecto podemos sacar varias conclusiones e información para tomar la mejor decisión financiera para el propietario del yacimiento, Ian Silk. Todo esto se detallará en el siguiente punto de este capítulo.

En el anexo2 de este estudio se encuentra material de apoyo en referencia al uso del método de simulación Montecarlo en el @RISK.

### 3.3.3 Conclusiones de la aplicación del método probabilístico

Como podemos ver en la tabla 4.15 al calcular el VAN, antes de la simulación y utilizando los valores de la media de las distribuciones de probabilidad de las variables del proyecto, tenemos un valor de \$2'087.921,17; el cual es aún mayor en \$87.921,17 a la opción de vender el yacimiento a \$2'000.000. Por lo que se pensaría que tomando las medias de los valores de las variables del proyecto, una vez determinada su distribución de probabilidad, todavía le sería más rentable a Ian Silk explotar el yacimiento que venderlo al precio ofertado por la empresa Codelco.

Sin embargo, al haber determinado una distribución de probabilidad para el valor del VAN tenemos varios datos estadísticos, que a la final significa que disponemos de un mayor grado de información para tomar una decisión más eficiente.

En la tabla 4.16 podemos ver los datos estadísticos principales:

- La media de la distribución (mean), la cual equivale al valor esperado del VAN, es de \$2'085.843,02; valor que se puede comparar con la opción de vender el yacimiento a los \$2'000.000 ofertados. Lógicamente desde este punto de vista la opción de vender el yacimiento resulta más rentable.
- La desviación estándar es de \$502.056,22; el valor de esta nos serviría en caso de realizar la evaluación comparativa entre dos o más opciones de inversión, podríamos determinar cuál de las opciones es más riesgosa. En el caso de este ejercicio al no tener otra opción de inversión, la desviación estándar no puede ser objeto de comparación. Sin embargo, como podemos ver el valor de la desviación estándar equivale al 24.07% del VAN esperado lo que representa que existe un riesgo medio-alto.
- También podemos encontrar los valores de la moda (mode), mediana (median), máximo (maximum), mínimo (minimum), curtosis (kurtosis), oblicuidad (skewness, mide que tan asimétrica es una distribución alrededor de su media) y los valores de los percentiles de la distribución. En este caso todos estos valores son meramente estadísticos, pero en otro tipo de aplicaciones pueden ser de gran ayuda.

También podemos determinar que variables del proyecto serán las que tengan un mayor efecto en la rentabilidad del mismo. El programa @RISK realiza un **análisis de sensibilidad** en base a la simulación y las 20.000 diferentes combinaciones de los valores de las variables y el VAN calculado con estas, determinando así cuales son las variables que son más sensibles en la rentabilidad del proyecto ante un cambio en estas.

Dentro del anexo 2 del estudio encontraremos material de apoyo sobre la determinación del análisis de sensibilidad con el @RISK.



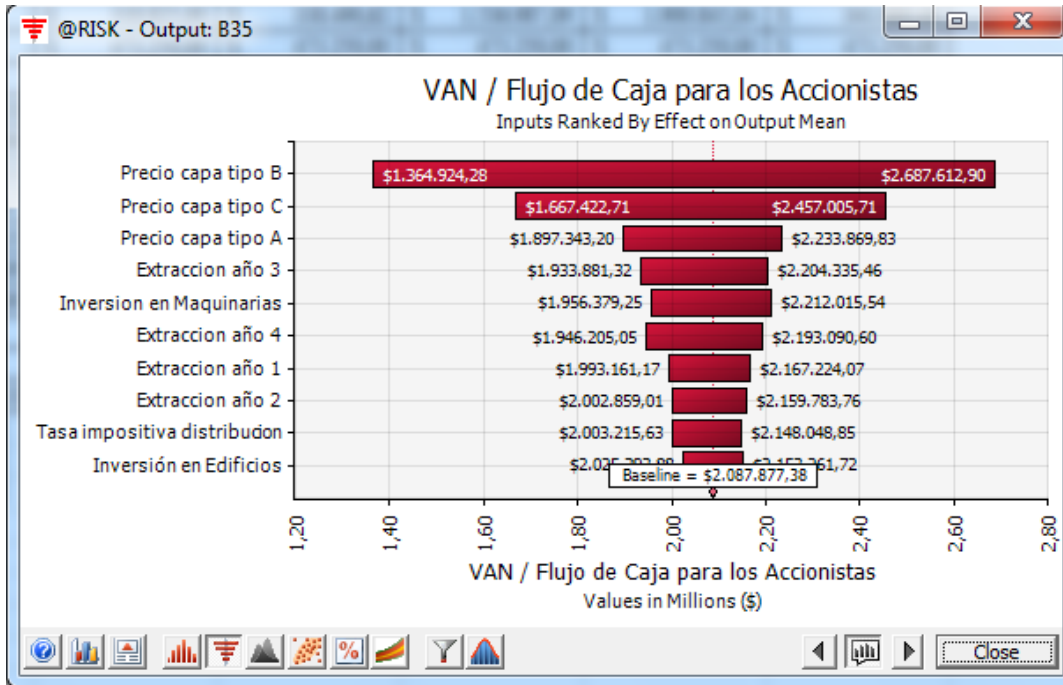


Figura 4.8

Análisis de sensibilidad en valores del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”. Figura tomado.

Fuente @RISK

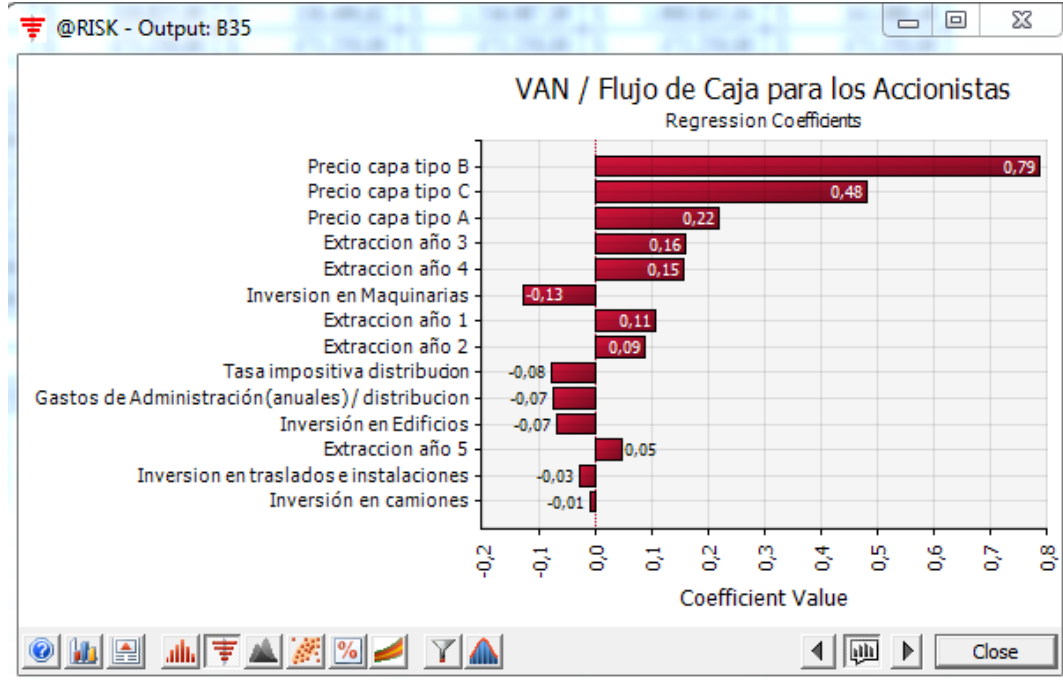


Figura 4.9

Análisis de sensibilidad en coeficiente del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”. Coeficientes de la regresión.

Fuente @RISK

Change in Output Statistic for VAN / Flujo de Caja para los Accionistas			
Rank	Name	Lower	Upper
1	Precio capa tipo B	\$ 1.363.111,34	\$ 2.698.635,38
2	Precio capa tipo C	\$ 1.640.038,73	\$ 2.458.528,46
3	Precio capa tipo A	\$ 1.873.312,62	\$ 2.223.321,60
4	Extraccion año 4	\$ 1.923.594,96	\$ 2.202.336,08
5	Extraccion año 3	\$ 1.935.025,78	\$ 2.187.303,61
6	Inversion en Maquinarias	\$ 1.988.506,48	\$ 2.185.591,58
7	Extraccion año 1	\$ 1.976.374,48	\$ 2.170.339,38
8	Tasa impositiva distribucion	\$ 1.997.481,32	\$ 2.159.778,28
9	Extraccion año 2	\$ 2.003.531,47	\$ 2.142.060,38
10	Gastos de Administración (anuales)/ distribucion	\$ 2.010.485,00	\$ 2.149.000,42
11	Inversión en Edificios	\$ 2.024.346,97	\$ 2.130.557,34
12	Inversion en traslados e instalaciones	\$ 2.049.804,10	\$ 2.129.051,17
13	Extraccion año 5	\$ 2.049.189,18	\$ 2.123.675,81
14	Inversión en camiones	\$ 2.067.067,45	\$ 2.097.378,27

Tabla 4.17  
Cambios en la estadística de salida del VAN

Fuente @RISK

Como podemos ver en la figura 4.8 y tabla 4.17 tenemos el grafico de los valores que el VAN esperado puede tomar con los valores máximos y mínimos de las variables de la simulación, en orden de mayor a menor efecto que tiene los cambios de la variable sobre la rentabilidad del proyecto. Por otro lado la figura 4.9 nos enseña el coeficiente de cada variable realizando una regresión donde el VAN esperado es la variable dependiente.

De esta forma podemos decir que según lo determinado en las figuras 4.8 y 4.9, y la tabla 4.17, las variables que tienen un mayor efecto dentro de la rentabilidad del proyecto, más en concreto sobre el valor del VAN esperado, son los precios del cobre de cada tipo de capa, el monto de extracción de los años 3 y 4, la inversión en maquinarias, la extracción del año 1 y 2, y la tasa impositiva; en ese orden.

Con la distribución de probabilidad del VAN esperado podemos también determinar la probabilidad de que el mismo tome ciertos valores. En este caso resultará de gran ayuda calcular la probabilidad que el VAN del proyecto sea menor a los \$2'000.000 que es el valor ofertado por Codelco para adquirir el yacimiento y el valor que Ian Silk debe comparar para tomar la mejor decisión financiera.

De igual forma en el anexo 2 del estudio encontramos información detallada de los resultados que el @RISK nos puede ofrecer al aplicar el método de simulación en un modelo probabilístico.

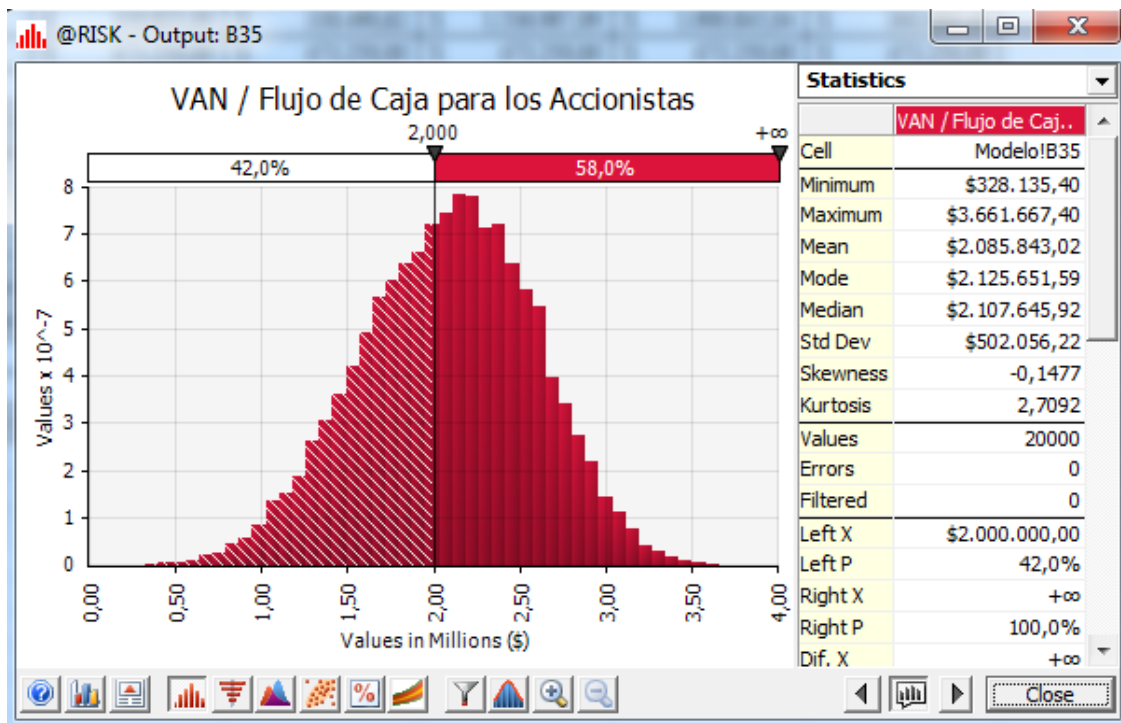


Figura 4.10

Distribución de probabilidad de un VAN esperado menor o mayor a 2M

Fuente @RISK

Como podemos ver la figura 4.10 nos indica que existe un 42% de probabilidad de que el VAN sea menor a \$2'000.000; valor por el cual el propietario del yacimiento tiene una oferta de compra por parte de la empresa Codelco.

En resumen, antes de la simulación y utilizando el valor de la media de las distribuciones de probabilidad determinadas para cada variable, el VAN esperado de la explotación del yacimiento “El Ojo Amarillo” es menor al VAN esperado en condiciones de certeza (método determinístico); aun así, sigue siendo más rentable que la opción de vender el yacimiento a la empresa Codelco por los \$2'000.000 ofertados.

Una vez corrida la simulación con 20.000 iteraciones y determinada la distribución de probabilidad del VAN esperado resulta que el valor de la media es \$2'085.843,02 cifra que es aún mayor al valor ofertado por la empresa Codelco. Sin embargo, existe un 42.2% de probabilidad de que el valor del VAN esperado sea menor a \$2'000.000; además con los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad se determinó que los precios del cobre son las variables que mayor influencia tienen sobre la rentabilidad del proyecto. Con todo esto podemos decir que teniendo solamente un 57.8% de probabilidad de que el VAN esperado del proyecto sea mayor a los \$2'000.000 ofertados por Codelco, y esto sumado a que las variables que más influyen en la rentabilidad del proyecto son los precios del cobre, cuyo comportamiento está ligado a la caída mundial del precio del petróleo, la apreciación del

dólar en los mercados internacionales y la desaceleración gradual de la economía China (mayor consumidor mundial de cobre), sumado al gran aumento de la oferta del cobre por lo que se esperan inevitablemente bajas en los precios, la opción de explotar el yacimiento cuprífero para su propietario, Ian Silk, tiene una gran probabilidad de ser menos rentable que la oferta de la empresa Codelco; por lo que se pensaría que la mejor opción es vender el yacimiento a la empresa Codelco por los \$2'000.000 sin asumir tantos riesgos.

Se debe tener en cuenta que cada vez que volvamos a correr la simulación los resultados variaran en un ligero porcentaje, esto es debido a que se realizarán 20.000 nuevas iteraciones con nuevas combinaciones de los valores de las variables; por lo que nunca los resultados serán los mismos.

Sin embargo, el objetivo del método probabilístico no es determinar un único resultado o número, sino obtener las probabilidades de ocurrencia de todos los escenarios posibles; lo que se traduce en una mejor y más amplia información para que los tomadores de decisiones lo puedan hacer de forma eficiente.

### 3.4 Análisis comparativo de los resultados obtenidos

La tabla 4.18 nos muestra un análisis comparativo de las características generales de los dos métodos aplicados.

Metodo Determinístico	Metodo Probabilístico (Método Montecarlo)
Ignora el riesgo inherente al proyecto.	Evalúa el riesgo inherente al proyecto.
Ignora las consecuencias que puede traer la posibilidad de que las variables del proyecto puedan tomar valores diferentes a los determinados.	Cuantifica la probabilidad de las consecuencias de cambios en los valores de las variables del proyecto y su naturaleza incierta.
Los valores de las variables se determinan en base a la intuición o estimaciones puntuales.	Los valores de las variables se determinan en base de un analisis sistematico de los estudios previos a la evaluación financiera.
Los valores de las variables determinados se concideran ciertos, veridicos y confiables.	A los valores de las variables determinados se les determina una distribución de probabilidad con un sustento fuerte entre la información historica y las proyecciones del futuro.
Los supuestos se consideran ciertos.	Los supuestos se cuestionan y se les asigna una probabilidad para identificar los limites de estos.
Se obtiene un solo resultado que servirá para determinar si el proyecto se debe realizar o no.	Se obtiene todo el universo de resultados posibles y la probabilidad de que estos ocurran.

Tabla 4.18

Análisis comparativo entre el método determinístico y probabilístico

Elaboración propia

Sin embargo, determinaremos las conclusiones y las pautas comparativas de cada método en el siguiente apartado de forma detallada.

### **3.4.1 Método determinístico**

Como podemos ver el método determinístico nos puede ayudar para determinar el funcionamiento de un sistema o proceso, puede darnos una pauta de montos de producción, costos de operación, entre otras variables; sin embargo la mayoría de las variables que intervienen y afectan en la evaluación de un proyecto y la posterior toma de decisiones son poco controlables, por lo que no se pueden realizar proyecciones con exactitud.

Dado que el método determinístico se basa en que los valores de las variables se conocen con certeza, los únicos datos verídicos y confiables son los determinados en el presente; por esto lo lógico es pensar que al aplicar el método determinístico no se deben hacer proyecciones inseguras, sino que se debe trabajar con un horizonte de tiempo máximo de un año, que es donde las condiciones del mercado, tecnológicas y económicas no cambiaran mucho a lo obtenido en los diferentes estudios previos a la evaluación económica-financiera.

Con esto no se pretende decir que el método determinístico es inútil en la evaluación económica-financiera de un proyecto, sino que este puede ser como un primer paso; al realizar el modelo de evaluación por este método si bien no podemos predecir el futuro, si podemos darnos cuenta cuales son los inconvenientes a los cuales el proyecto se puede enfrentar y desde un inicio implementar soluciones para los mismos, así como que los tomadores de decisiones puedan estar preparados para reaccionar de forma eficiente ante los cambios que se pueden presentar.

La aplicación del método determinístico en la evaluación de un proyecto también puede ser de gran ayuda para ahorrar recursos y tiempo; en el caso de que en condiciones de certeza, es decir, con datos recabados en el presente, se determine que no existe un mercado potencial para el proyecto, las condiciones económicas nacionales o internacionales no son las mejores para el proyecto o los procesos técnicos y tecnológicos disponibles no son los suficientes para que el proyecto se desarrolle eficientemente. De esta forma antes de incurrir en gastos de evaluación, consulta y análisis de riesgo; se realizan los cambios suficientes para revertir la situación o se abandona el proyecto.

El problema del método determinístico es que se ignora el riesgo inherente a el proyecto en lugar de analizarlo, se ignoran las consecuencias que puede traer la posibilidad de que las variables que afectan al proyecto puedan tomar valores diferentes a los determinados en primera instancia; lo que puede derivar en malas decisiones de inversión. La determinación de valores en el método determinístico se basa en la intuición o las estimaciones puntuales. La intuición aprovecha el criterio de las personas especializadas o la experiencia adquirida en años anteriores, con esto se asumen que los supuestos son ciertos y no existe la posibilidad de que las variables tomen otros valores a lo determinado por la experiencia, se piensa que el futuro tendrá el mismo comportamiento que el pasado y presente. También se

utilizan las estimaciones puntuales, donde se realiza un solo análisis en base a los datos históricos y se determina una única mejor estimación para los valores de las variables o se determinan los tres escenarios posibles (mejor, peor y más probable). Sin embargo es lógico pensar que las estimaciones extremas (mejor y peor escenario) son poco probables y se pueden estar gastando recursos en riesgos que no son reales.

Al final el objetivo de aplicar el método determinístico en la evaluación de un proyecto es llegar a calcular un número que servirá para determinar si el proyecto es rentable o compararlo con otras opciones de inversión. En este caso este número viene a ser el VAN esperado o la TIR del proyecto, calculados estos valores se toman estos como ciertos y serán los que a la final determinaran si se realiza el proyecto o no, al no disponer de información adicional. Al obtener un VAN y una TIR favorables por el método determinístico, se puede pensar que las condiciones del mercado, económicas, técnicas, tecnológicas y hasta ambientales están bien, y no existirán cambios que pongan en riesgo la rentabilidad del proyecto. El tomar decisiones en base a estimaciones en condiciones de certeza puede recaer en grandes pérdidas económicas y el fracaso de un proyecto.

### 3.4.2 Método probabilístico

Por otro lado cuando se aplica el método probabilístico en la evaluación de un proyecto, evaluamos el riesgo inherente al mismo cuantificando explícitamente la probabilidad de las consecuencias de cambios en los valores de las variables del proyecto y su naturaleza incierta. Se cuantifica el riesgo obtenido y se compara con un valor o criterio previamente establecido, en este caso el valor a comparar era la oferta de la empresa Codelco, se debía determinar si el asumir el riesgo de explotar el yacimiento era más rentable que aceptar la oferta. Si bien no se obtiene un único valor comparativo, si se determina un conjunto de parámetros que sirven como herramientas para que los tomadores de decisiones lo hagan eficientemente.

El aplicar el método probabilístico significa pensar no solamente en el *que pasaría si*, sino también se piensa en *que tan probable es*; esto quiere decir que no solo nos centramos en los resultados que arroja el modelo sino también en que tan probable es que estos ocurran. Con esto eliminamos los problemas que se tiene cuando nos manejamos con la intuición o las estimaciones puntuales. Los supuestos que la intuición toma como ciertos se cuestionan y se les asigna una probabilidad para identificar los límites de estos. Pasamos de tomar una única mejor estimación puntual o el mejor, peor y más probable caso; a asignarle una probabilidad de ocurrencia a cada caso según la *distribución de probabilidad* determinada para cada variable.

Sin embargo, esto no es tan simple como suena. **El problema** que existe al aplicar el método probabilístico es que el riesgo si no es bien analizado y cuantificado puede traer peores consecuencias que ignorarlo. Es por esto que la probabilidad de ocurrencia de las

variables deben determinarse con un sustento fuerte entre la información histórica y las proyecciones del futuro; si se determinan erróneamente las probabilidades de ocurrencia de las variables esto puede traer pérdidas financieras mayores a las que se pueden dar trabajando en condiciones de certeza. En el ejercicio realizado anteriormente se utilizó una naturaleza simplista donde nos manejamos únicamente con la distribución triangular y sus tres parámetros (máximo, mínimo y más probable) para mejor entendimiento del procedimiento. Sin embargo, teniendo una mayor cantidad de información se pueden determinar otro tipo de distribuciones (normal, lognormal, entre otras) según la naturaleza de la variable y su comportamiento; por ejemplo los precios de las acciones tienden a seguir un comportamiento que se adapta mejor a la distribución log normal (cuando los valores posibles de la variable no son menores de cero y son ilimitadamente positivos). Además se pueden determinar las correlaciones que existen entre las variables del proyecto.

Si es que se asignan probabilidades de ocurrencia a las variables en base a la intuición o se determinan distribuciones de probabilidad que no se adaptan a la naturaleza de la variable, esto hace que se generen pérdidas mayores a las estimadas. Es por esto que el incluir las probabilidades en el modelo de evaluación de proyecto no es suficiente y es ahí donde entra el método de simulación Montecarlo. El método Montecarlo se basa en probabilidades significativas determinadas a base de un análisis sistemático en los estudios previos a la evaluación económica-financiera del proyecto, es por esto que no se debe dejar de recalcar la importancia de los estudios previos, ya que si estos no son eficientes, menos lo será la evaluación económica-financiera, aun así se aplique el método probabilístico.

Como se dijo anteriormente el método Montecarlo no se obsesiona en obtener únicamente un solo resultado sino que se obtienen varios resultados posibles (según el número de iteraciones determinadas), con lo que se puede construir un rango probabilístico o una distribución de probabilidad que nos indica las probabilidades de que ocurran cada diferente resultado; es decir, podemos ver todo el universo de resultados posibles y la probabilidad de que estos ocurran. Dentro del ejercicio el método Montecarlo fue de gran ayuda para determinar la probabilidad de que el VAN esperado sea menor a la oferta de la empresa para adquirir el yacimiento. Al no obtener un único resultado con este método, sino por el contrario obtener todo el universo de resultados posibles y su probabilidad de ocurrencia, la toma de decisiones queda a criterio de los evaluadores y los inversionistas; ya va a depender del grado de riesgo que estén dispuestos a asumir estos, no todas las personas son arriesgadas ni todas son precavidas, el objetivo es determinar toda la información disponible para que los tomadores de decisiones tengan las herramientas necesarias para tomar decisiones eficientes de inversión.

#### 4. Conclusiones

Una vez conceptualizados y ejemplificados el uso del método determinístico y probabilístico en la evaluación de un proyecto, podremos determinar cuál de estos es el más eficiente y genera los mejores resultados en dicha evaluación del proyecto.

*El método determinístico* se definió como un modelo matemático donde no se considera la incertidumbre, por lo tanto los valores de las variables de entrada son valores puntuales y únicos, es decir, se conocen con certeza. Para tal escenario dentro de la evaluación de proyectos se supone que se dispone de toda la información necesaria con datos son verídicos y confiables, para realizar la evaluación económica-financiera del proyecto.

Por esto se dijo que los modelos aplicables bajo *el método determinístico* deben basarse en escenarios de certeza, donde solo haya un solo estado de la naturaleza y las variables se conozcan con certeza bajo ciertos supuestos y su comportamiento sea fácil de predecir. Los valores de las variables se determinan en base a estimaciones puntuales o la intuición. Las estimaciones puntuales se obtienen de un único análisis en base a datos históricos y la experiencia, y se determina una única mejor estimación de los valores de las variables o los tres escenarios (mejor, peor y más probables) los cuales son poco probables. Por otro lado si se utiliza la intuición se aprovecha el pensamiento de personas especializadas o la experiencia, donde se asume que los supuestos son ciertos y las variables en el futuro tendrán el mismo comportamiento que el presente y pasado.

Sin embargo, lógicamente los valores de las variables que intervienen y afectan la evaluación de un proyecto tienen un comportamiento incierto y no se pueden realizar proyecciones con exactitud. Este es el problema de la aplicación del método determinístico, ya que este ignora el riesgo existente en el proyecto, ignora la posibilidad de que las variables del mismo tomen diferentes valores a los estimados por la intuición o las estimaciones puntuales. El tomar decisiones en condiciones de certeza puede recaer en desastrosas pérdidas económicas y el fracaso del proyecto.

Por otro lado *el método probabilístico* no solo que no ignora el riesgo del proyecto, sino que lo evalúa y cuantifica la probabilidad de que existan cambios en los valores de las variables del proyecto y su comportamiento incierto. No solo se centra en los resultados que arroja el modelo sino también en que tan probable es que estos ocurran. Para esto se asignan probabilidades de ocurrencia según la distribución de probabilidad asignada a cada variable que interviene en el proyecto. Sin embargo, esto no es tan fácil como suena y es aquí donde se genera el gran riesgo de aplicar el método probabilístico.

Si el riesgo no es bien analizado y cuantificado, por más que se aplique el método probabilístico, puede resultar en peores consecuencias que no evaluar el riesgo dentro del proyecto. Si se asignan probabilidades de ocurrencia a las variables en base a la intuición o se les determina distribuciones de probabilidad que no se adaptan a la naturaleza de las



variables; esto puede traer grandes pérdidas económicas de igual o mayor grado a las que se puede incurrir cuando se evalúa un proyecto en condiciones de certeza.

Esto quiere decir que el incluir probabilidades en la evaluación de un proyecto no es suficiente para realizar una evaluación eficaz; es aquí donde entra el método de simulación Montecarlo. En este método las probabilidades se determinan a base de un análisis sistemático y cuantioso de los resultados e información obtenida en los estudios previos a la evaluación económica financiera, es decir, el estudio de mercado, técnico, tecnológico, ambiental, social, político y económico.

Una vez que con el método Montecarlo se determinan las distribuciones de probabilidad adecuadas para cada variable del proyecto, no busca obtener un solo resultado sino que busca obtener todos los resultados posibles, fruto de la selección aleatoria o muestreo de las diferentes combinaciones de los valores de las variables (según el número de iteraciones determinado), con las cuales construiremos un rango probabilístico con el objetivo de determinar las probabilidades de que ocurra cada resultado posible. Es decir, obtenemos todo el universo de resultados posibles y las probabilidades de que estos ocurran

Una vez analizados los dos métodos podemos decir que el método más eficiente para realizar la evaluación de la factibilidad de un proyecto, será el método probabilístico; y más en concreto el método de simulación Montecarlo que es un método probabilístico probado. Esto se debe a que este método nos permite determinar todos los resultados posibles y la probabilidad de cada uno de estos. Es decir, los tomadores de decisiones en lugar de obtener un único resultado comparativo para tomar decisiones de inversión, como el VAN esperado o la TIR del proyecto; lo que tiene es todo el universo de resultados posibles y las probabilidades de ocurrencia de estos, lo que significa una herramienta muy útil a la hora de tomar decisiones. Con todo esto podemos decir que al evaluar la factibilidad de un proyecto, el aplicar el método Montecarlo representa una herramienta para tomar decisiones acertadas y con parámetros más acercados a la realidad, los tomadores de decisiones tendrán a su disposición toda la información disponible para hacerlo de forma eficiente, en función a su naturaleza de riesgos.

Sin embargo, no se debe pensar que el método determinístico no sirve para la evaluación de proyectos, sino que este puede ser visto como un primer paso. Con el método determinístico podemos determinar las pautas del funcionamiento de un sistema o proceso dentro de un proyecto o las estimaciones primarias de montos de producción, costos de operación, entre otras variables que se pueda determinar su accionar en el presente. También se pueden determinar inconvenientes a los que el proyecto se puede enfrentar y desde un inicio empezar a determinar las soluciones a estos, lo que implica un ahorro de costos y tiempo dado que se determinan antes de realizar complejos análisis de riesgo, consultas; que a la final representan gastos para el proyecto. De igual forma se puede determinar que no existe un mercado potencial, las condiciones económicas no son las

adecuadas o los procesos tecnológicos no son los suficientes para emprender el proyecto, antes de seguir gastando recursos en el mismo.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para terminar este estudio realizaremos un análisis de las conclusiones obtenidas a lo largo de los cuatro capítulos anteriores, desde los conceptos y generalidades del estudio y evaluación de proyectos con sus diferentes análisis y estudios. De todos los estudios inherentes a la eficiente evaluación de un proyecto nos hemos centrado en la evaluación económica y financiera, y el análisis de riesgo. Dentro de la evaluación financiera hemos determinado dos métodos para su aplicación, por lo se conceptualizaron los dos métodos y se desarrolló un caso práctico (Proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo”) para determinar cuál de los dos métodos es el más eficiente y seguro para evaluar el emprendimiento de un proyecto.

- El estudio y la evaluación de proyectos surge a partir del desarrollo de las finanzas, donde estas han pasado de ser únicamente herramientas de contabilidad a ser un verdadero medio para crear valor en las empresas. La aplicación de las finanzas es la base del éxito de los proyectos y las empresas; esta ha pasado de ser un mero estudio descriptivo a ser un análisis riguroso mediante la aplicación de teorías normativas.
- El emprender un proyecto no solo implica la generación de una idea y su puesta en marcha, sino que se requiere un análisis multidisciplinario de cada especialista en su campo (mercadólogos, ingenieros industriales, financieros, etc.); se deben asignar eficientemente los recursos. Además hay que tener en cuenta que cada decisión implica un riesgo, decisiones más riesgosas implican mayor rentabilidad y viceversa, por lo que se necesita realizar un análisis y evaluación de las mismas.
- Todo proyecto pasa por cuatro etapas: 1) Generación de la idea, 2) Etapa de pre inversión, 3) Inversión y 4) Operación. El estudio y evaluación de un proyecto se realiza en la segunda etapa (pre inversión), por lo que este es el punto que nos interesa en este estudio.
- El estudio y evaluación de un proyecto tiene dos etapas: 1) Formulación y preparación y 2) Evaluación. El objetivo de estas dos etapas es realizar un análisis del proyecto a distintos niveles: de mercado, técnico-operativo, administrativo-organizacional-legal, socio-económico, económico, ambiental y de riesgos.
- El objetivo de este análisis a distintos niveles es obtener conclusiones cuantitativas y cualitativas; las cuales sirvan como herramienta de información para tomar la decisión más eficiente y rentable.
- La evaluación de un proyecto ha pasado de ser un conjunto de operaciones matemáticas para obtener un resultado cuantitativo para tomar la decisión de

emprender o no el proyecto; a seguir una estructura de análisis a diferentes niveles del proyecto según sus necesidades.

- En este estudio nos centramos en la evaluación económico-financiera, sin embargo, este no puede ser exitoso si los estudios previos no se realizan eficientemente. Cabe recalcar la importancia de los análisis de mercado, técnico-operativo, administrativo-organizacional-legal, socio-económico y ambiental; sin estos estudios previos, sería imposible realizar la evaluación económico-financiera.
- El objetivo del estudio y evaluación económico-financiera en primera instancia es determinar los recursos o inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, los costos, gastos y beneficios que este producirá y además se debe determinar una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).
- Las inversiones necesarias puede ser en activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo; estas se pueden dar tanto en el inicio del proyecto como en el transcurso de este, por lo que se debe determinar un cronograma de desembolso de estas inversiones. De igual forma se debe determinar cómo las inversiones se depreciarán y amortizarán en el tiempo según su naturaleza.
- Se deben determinar los costos y gastos futuros del proyecto, con los cuales construiremos el flujo de caja proyectado; estos costos pueden ser de: producción, administración, ventas y financieros en caso de que se vaya a financiar el proyecto con deuda.
- Los beneficios del proyecto serán generalmente la venta del producto o servicio que esta vaya a ofrecer, ahorro de costos al implementar el mismo, venta de activos, venta de residuos o subproductos, valor de salvamento y recuperación de capital.
- La TMAR no será más que un porcentaje de ganancia mínimo esperado con respecto a la inversión realizada.
- Con estos aspectos determinados, el siguiente paso es construir el flujo de caja proyectado del proyecto. Todo flujo de caja posee cuatro variables generales: 1) *la inversión inicial*: recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto; 2) *los flujos netos*: compuesto por los ingresos y egresos futuros del proyecto; 3) *el horizonte de evaluación*: tiempo en el cual se evaluará el proyecto, dependiendo de la naturaleza del mismo; y 4) *el valor de salvamento*: valor de los activos del proyecto en el periodo final de evaluación.
- Existen cuatro tipos de flujos de caja según la naturaleza del proyecto y el objetivo de la evaluación del mismo: 1) *Flujo de caja libre (FCL)*: cuantía que genera el proyecto luego de haber hecho frente a todos los compromisos para repartir entre los accionistas, siempre y cuando se haya financiado únicamente con recursos propios; 2) *Flujo de caja para los accionistas (FCA)*: cuantía que genera el proyecto para repartir entre los accionistas, cuando este se ha financiado con recursos propios y deuda; 3) *Flujo de caja de capital(FCC)*: cuantía que genera el proyecto para retribuir a las diferentes fuentes de financiamiento; y 4) *flujo de caja*

*de una empresa en actividad:* se registran únicamente los beneficios y costos que nos son indistintos o irrelevantes al realizare el proyecto.

- Construidos los flujos de caja podemos realizar la evaluación financiera de los mismos para determinar la rentabilidad del proyecto. Los principales criterios que son generalmente utilizados para evaluar un proyecto son la TIR y el VAN, estos toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo.
- El VAN descuenta los flujos de caja del proyecto a valor presente y se resta la inversión inicial, para determinar si el proyecto será rentable y presentará ganancias.
- La TIR calcula la tasa en donde los beneficios del proyecto traídos a valor presente son exactamente iguales a los desembolsos realizados. Esta se debe comparar con la TMAR y el WACC determinado.
- Existen otros métodos de evaluación como el periodo de recuperación (payback) y el método de la razón costo-beneficio, sin embargo estos no tienen el mismo alcance que los dos anteriores.
- Sin embargo, por más completo que sea el análisis tanto en la evaluación económica como en los estudios previos, esto no quiere decir que el proyecto este exento de riesgo. Siempre existirán situaciones inciertas que no se pueden predecir correctamente con una estimación puntual.
- El estudio y la evaluación de un proyecto no termina con la evaluación financiera y el cálculo de la rentabilidad del mismo, sino que se debe incluir un *análisis de riesgo* inherente al proyecto. Podemos definir al riesgo dentro de un proyecto como la posibilidad de que ocurra algún evento incierto que derive en consecuencias financieras negativas.
- Dado que nos encontramos en un mundo donde las condiciones del mercado, entorno, económicas, entre otras están en constante cambio; el evaluar un proyecto en condiciones de certeza resulta muy riesgoso por lo que el análisis de riesgo resulta fundamental para una eficiente evaluación de un proyecto.
- El objetivo del análisis de riesgo es cuantificar el riesgo y administrarlo, para anticiparse y prepararse ante los eventos de riesgo a los que está expuesto el proyecto, y a su vez convertirlos en oportunidades.
- Dentro de un proyecto el riesgo se visualiza en la variabilidad de los flujos de caja reales con respecto a los proyectados, con esto lo que el análisis de riesgo busca es proyectar lo más aproximado a la realidad los flujos de caja, realizando un análisis y cuantificación de los riesgos potenciales.
- La medición de este riesgo dentro de los proyectos se realiza generalmente mediante métodos estadísticos y probabilísticos; sin embargo hay que tener en cuenta que estos métodos en la mayoría de casos se basan en el criterio subjetivo, por lo que no son un cien por ciento confiables.
- Los métodos para evaluar el riesgo que usan probabilidades son los más eficientes. Dentro de los principales tenemos: *el método del VAN esperado y su desviación*

*estándar*, donde se determina una probabilidad de ocurrencia a cada variable del proyecto y se calcula el VAN esperado ( $E(VAN)$ ) en función de estas, además se calcula la desviación estándar del mismo, el cual puede servir de parámetro de comparación con otras alternativas de inversión; *método de la probabilidad de pérdida en la aceptación*, donde se determina la probabilidad que existe de que el VAN sea menor a cero ( $VAN < 0$ ); *método de ajuste de la tasa de descuento*, donde se incluye una prima al riesgo asumido frente a eventos inciertos a la tasa de descuento previamente determinada ( $i = TMAR + p$ ); *método de árboles de decisión*, donde se considera la secuencia de las decisiones en el tiempo y se determinan las probabilidades de ocurrencia de eventos futuros, mediante una representación gráfica.

- El análisis de sensibilidad también es otro método para evaluar el riesgo en un proyecto, ya que nos permite identificar las variables que tienen un mayor efecto sobre la rentabilidad del proyecto y deben estar bajo un estudio más profundo.
- Sin embargo, el método que hemos determinado más eficiente para evaluar el riesgo dentro de un proyecto es el método de simulación, ya que nos permite imitar la realidad de forma aproximada cuando existen variables con un comportamiento incierto.
- El mejor método de simulación es el método Montecarlo, el cual se basa en una técnica de simulación donde, dado el comportamiento incierto de las variables de un proyecto, se realiza un muestro o selección aleatoria de los valores de las variables en base a su distribución de probabilidad (previamente determinada) repetidamente; donde en cada repetición se calcule el resultado de la variable de interés (generalmente el VAN esperado), con el objetivo de recopilar esta información y construir una distribución de probabilidad de la misma y su análisis estadístico.
- Para realizar el tedioso trabajo que representa la simulación Montecarlo contamos con el programa @RISK de la *Palisade Corporation*; el cual simplificará todo el proceso y cálculos necesarios, en una plantilla de Excel.
- Una vez determinado el método Montecarlo como el método más eficiente para evaluar el riesgo dentro de un proyecto, pasamos a realizar una comparación entre este y evaluar un proyecto en condiciones de certeza. Es decir, un análisis comparativo entre el método probabilístico y determinístico.
- Definimos al método determinístico como un modelo matemático donde no se considera la incertidumbre, los valores de las variables de entrada se conocen con certeza; es decir se supone que toda la información necesaria con datos verídicos y confiables están disponibles. Por lo tanto los modelos aplicables bajo el método determinístico deben basarse en escenarios de certeza, donde solo haya un estado de naturaleza y las variables se conozcan con certeza, bajo ciertos supuestos y su comportamiento sea fácil de predecir

- Por otro lado el método probabilístico se definió como aquel que se aplica cuando al menos una variable no se conoce con certeza y las relaciones entre estas se determinan mediante funciones probabilísticas. Con esto queremos decir que el método probabilístico evalúa el riesgo existente, tomando en consideración la probabilidad de que los valores de las variables cambien y su naturaleza sea incierta; no solo se centra en los resultados sino en la probabilidad de ocurrencia de estos.
- Para el análisis comparativo de los dos métodos se desarrolló el ejercicio del proyecto cuprífero “El Ojo Amarillo” en Chile, donde el dueño del yacimiento debe elegir entre la alternativa de vender el yacimiento cuprífero a una empresa estatal o explotarlo.
- Una vez conceptualizados y ejemplificados los dos métodos se pueden sacar varias conclusiones para determinar cuál es el método más eficiente para evaluar un proyecto.
- En primera instancia se desarrolló el ejercicio aplicando el método determinístico, es decir, en condiciones de certeza. Una vez calculados todos los valores de las variables y construido el flujo de caja para los accionistas, se calculó el VAN y la TIR del proyecto. Con los resultados obtenidos se determinó en primera instancia que el explotar el yacimiento suponía una opción más rentable que venderlo, ya que el VAN del proyecto (\$2.913.711,24) era mayor a la oferta que se tenía por el mismo (\$2.000.000).
- Luego se pasó a desarrollar el ejercicio aplicando el método probabilístico mediante el método de simulación Montecarlo. Se determinaron las distribuciones de probabilidad de ocurrencia de los valores de las variables en base a la información existente, se construyó el flujo de caja para los accionistas y se calculó el VAN del proyecto; para luego pasar a realizar la simulación con 20.000 iteraciones. Los resultados obtenidos determinaron que la probabilidad de que el VAN sea menor a la oferta de la empresa para adquirir el yacimiento era alta (42%), y además mediante el análisis de sensibilidad, determinado en base a la simulación y las 20.000 iteraciones, se determinó que el precio del cobre es la variable que más afecta a la rentabilidad del proyecto y las proyecciones de este son todas a la baja.
- En cuanto al método determinístico podemos decir que al basarse en condiciones de certeza, los valores de las variables de un proyecto se determinan en base a estimaciones puntuales o la intuición, es decir, con un único y breve análisis de los datos históricos y actuales, o únicamente utilizando la experiencia de personas especializadas, se determinan los valores de las variables y se considera que los supuestos son ciertos.
- Sin embargo, dentro de cualquier proyecto las variables tienen un comportamiento incierto y no se pueden predecir con exactitud; lo que genera un problema para la aplicación del método determinístico, ya que este ignora la probabilidad que existe

de que las variables del proyecto tomen diferentes valores a los estimados en las estimaciones puntuales o bajo la intuición. El ignorar el riesgo existente que dentro de un proyecto hace que el tomar decisiones en condiciones de certeza, es decir, aplicando del método determinístico, se caiga en desastrosas pérdidas económicas o hasta el fracaso del proyecto.

- Por otro lado el método probabilístico no ignora el riesgo del proyecto, sino que lo evalúa y cuantifica la probabilidad de que existan cambios en los valores de las variables del mismo. Para esto se asignan probabilidades de ocurrencia a los valores de cada variable que interviene en el proyecto.
- Sin embargo, el método probabilístico también tiene un riesgo. Si el riesgo y las probabilidades de ocurrencia no son bien analizadas y cuantificadas, el aplicar el método probabilístico en la evaluación de un proyecto, puede incurrir en iguales o peores consecuencias y pérdidas a las que se puede incurrir cuando se evalúa un proyecto en condiciones de certeza. Esto quiere decir que el incluir probabilidades en un modelo de evaluación de proyectos no es suficiente sino que se debe realizar un análisis a fondo de los estudios previos a la evaluación financiera.
- Por esto determinamos que *el método de simulación Montecarlo* es el método más eficiente para evaluar un proyecto, ya que en este método las probabilidades se determinan en base a un análisis sistemático y cuantioso de los resultados e información obtenida en los estudios previos a la evaluación financiera (estudio de mercado, técnico, administrativo, legal, social, ambiental, político y económico).
- El método Montecarlo no busca obtener un solo resultado sino que mediante el muestreo y la simulación en varias iteraciones, pretende obtener todos los resultados posibles, con lo que construiremos un rango probabilístico para determinar la probabilidad de que cada resultado posible ocurra.
- Podemos decir que de los dos métodos analizados, el método más eficiente para realizar la evaluación de un proyecto es el método probabilístico, y más en concreto el método probabilístico de simulación Montecarlo; ya que este método nos permite determinar todos los resultados posibles y la probabilidad de cada uno de estos. Es decir, representa una herramienta sumamente útil para los tomadores de decisiones ya que no solamente tienen un resultado comparativo sino que poseen todo el universo de resultados posibles y las probabilidades de ocurrencia; lo que les permitirá tomar decisiones acertadas y con parámetros más aproximados a la realidad, teniendo a su disposición toda la información disponible en función a su naturaleza de riesgos (arriesgado o prudente).
- Sin embargo, también hemos determinado que el método determinístico es útil también para la evaluación de proyecto pero más como un primer paso; ya que podemos determinar pautas del funcionamiento de un proceso, estimaciones primarias de montos de producción, costos de operación o cualquier otra variable que se pueda determinar su accionar en el presente. Además con este método se



pueden ahorrar recursos y tiempo al encontrar inconvenientes de mercado, técnicos, económicos que no permitan emprender el proyecto, antes de realizar evaluaciones y análisis de riesgo que a la final representan gastos para el proyecto.

Analizando todas las conclusiones obtenidas con este estudio podemos decir que, se recomienda el uso del método de simulación Montecarlo para el estudio y evaluación de un proyecto de inversión. El método Montecarlo es un método probabilístico probado que se basa en una técnica de simulación donde, dado el comportamiento incierto de los valores de las variables de un proyecto, se realiza un muestreo aleatorio de los valores de las variables repetidamente, en base a su distribución de probabilidad, previamente determinada. En cada muestreo aleatorio de los valores de las variables se busca obtener el resultado de la variable de interés (generalmente el VAN esperado), con el objetivo de construir una distribución de probabilidad de los resultados.

Con esto podemos decir que al aplicar el método de simulación Montecarlo podemos ver todos los resultados posibles de una situación y la probabilidad de que estos ocurran. De esta forma podemos decir que al aplicar el método Montecarlo en la evaluación financiera y análisis de riesgo de un proyecto, los tomadores de decisiones cuentan si no con una información perfecta, si con la información más completa posible para tomar una decisión eficiente de inversión.

Sin embargo, no hay que dejar de lado que el aplicar el método probabilístico también tiene un riesgo y su aplicación no supone una eficiente evaluación financiera y de riesgo; por esto se debe tener mucho cuidado en analizar y cuantificar el riesgo y las probabilidades de ocurrencia antes de aplicar el método probabilístico, de aquí surge la necesidad de resaltar la importancia de los estudios anteriores a la evaluación financiera y el eficiente análisis de riesgo del proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

---

- [1] García Suarez, A. (2005). *Reseña histórica de la evolución de la ciencia financiera*. La Habana. Cuba. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/84818474/Resena-historica-de-la-evolucion-de-la-ciencia-financiera>.
- [2] Del Valle, S.C., Schemel, Ma. E. (2011). *Desarrollo y Evolución de las Finanzas*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Recuperado de: <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2011/1/art19.asp>
- [3] Sapag Chain, N., Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos, Quinta Edición*. Bogotá, Colombia, Editorial McGraw-Hill.
- [4] Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos, Séptima Edición*. México D.F., México. Editorial McGraw-Hill.
- [5] Alonso, J. C., Berggrun, L. (2010). *Introducción al análisis de riesgo financiero, Segunda Edición*. Cali, Colombia. Universidad Icesi.
- [6] Marrero Moreno, Y. (2009). *La Gestión de Riesgos de un Proyecto*. La Habana, Cuba. Universidad de las Ciencias Informáticas.
- [7] Aguilar Mayorga, S., Segura Tenjica, N.A. (2009). *@ RISK*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- [8] Jiménez Boulanger, F. (2006). *Evaluación económica de proyectos de inversión utilizando simulación*. Tecnología en marcha. Vol. 19, Núm.1. Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de: [http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec\\_marcha/article/view/27](http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/27)
- [9] Cabeza, M., Torra, S. (2007). *El riesgo en la Empresa, Medida y Control mediante @RISK*. Palisade Corporation.
- [10] Leyva Caro, E., Fabelo García, A., Antello Collado, A. y Del Sol, J. (2008). *Análisis de riesgos en proyectos de inversión utilizando el método de la simulación*. Observatorio de la Economía Latinoamericana N ° 99. Recuperado de: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2008/cgcs.htm>
- [11] Peña Sánchez de Rivera, D. (2001). *Fundamentos de estadística*. Madrid, España. Alianza Editorial.
- [12] Hubbard, D. (2009) *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It*. Editorial Hardcover.

[13] Leach, P. (2006). *Why Can't You Just Give Me The Number? An Executive's Guide to Using Probabilistic Thinking to Manage Risk and to Make Better Decisions*. Editorial Paperback.

[14] Palisade Corporation (2011). *La importancia de evaluar el riesgo en las evaluaciones económicas*. Material conferencias en Latinoamérica. Recuperado de: [http://www.palisade.com/downloads/UserConf/LTA11/2011DFConf\\_LaImportanciaDeEvaluarElRiesgo.pdf](http://www.palisade.com/downloads/UserConf/LTA11/2011DFConf_LaImportanciaDeEvaluarElRiesgo.pdf)

[15] López Lubian, F., De Luna Butz, W. (2002). *Finanzas corporativas en la práctica*. España. Editorial McGraw-Hill.

[16] Valdés, J.F. y Sepúlveda, F. (2004) *Ejercicios de Evaluación de Proyectos*. Chile. Recuperado de: [http://www2.udec.cl/~jfuente/Ejercicios%20Evaluacion%20Proyectos\\_20041.pdf](http://www2.udec.cl/~jfuente/Ejercicios%20Evaluacion%20Proyectos_20041.pdf)

[17] Palisade Corporation. (2013) *Guía para el uso de @RISK*. Versión 6. New York, Estados Unidos.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### GRAFICOS DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

#### 1. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de extracción por año

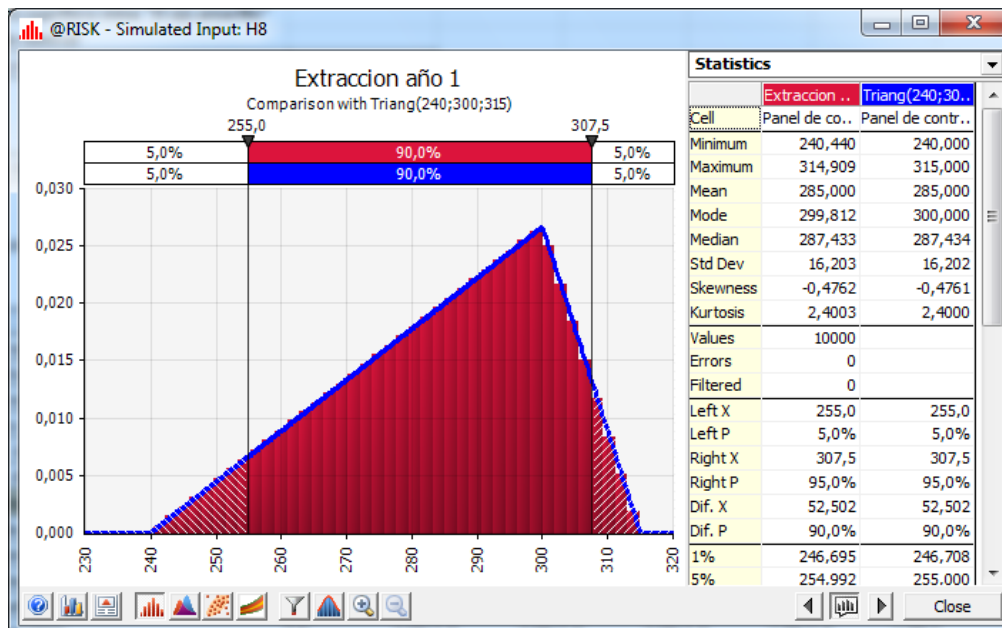


Figura 6.1

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año1

Fuente @RISK

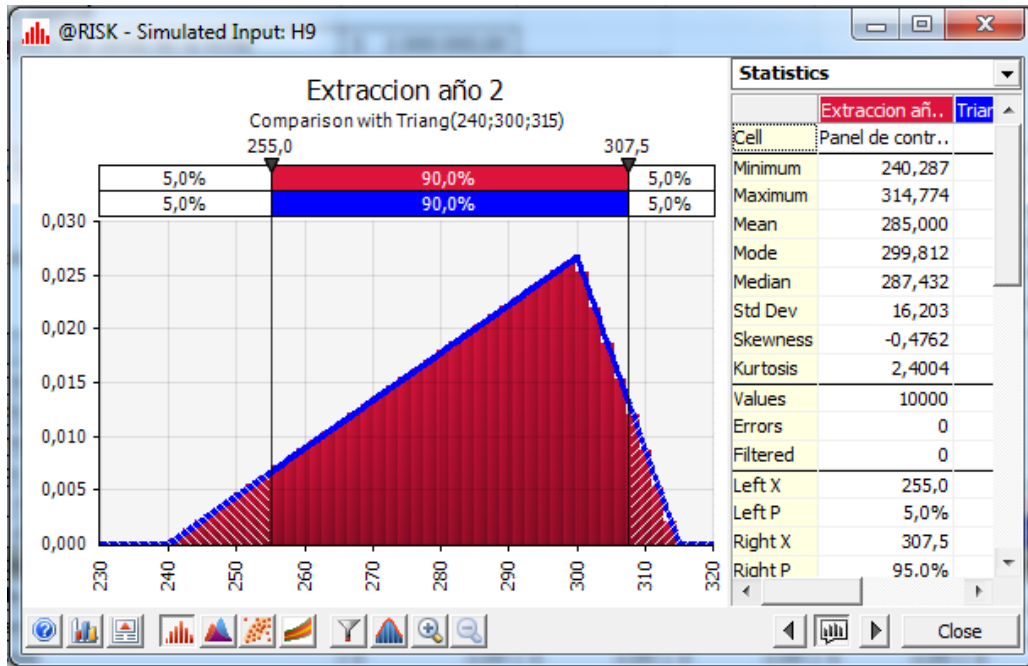


Figura 6.2

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año2

Fuente @RISK

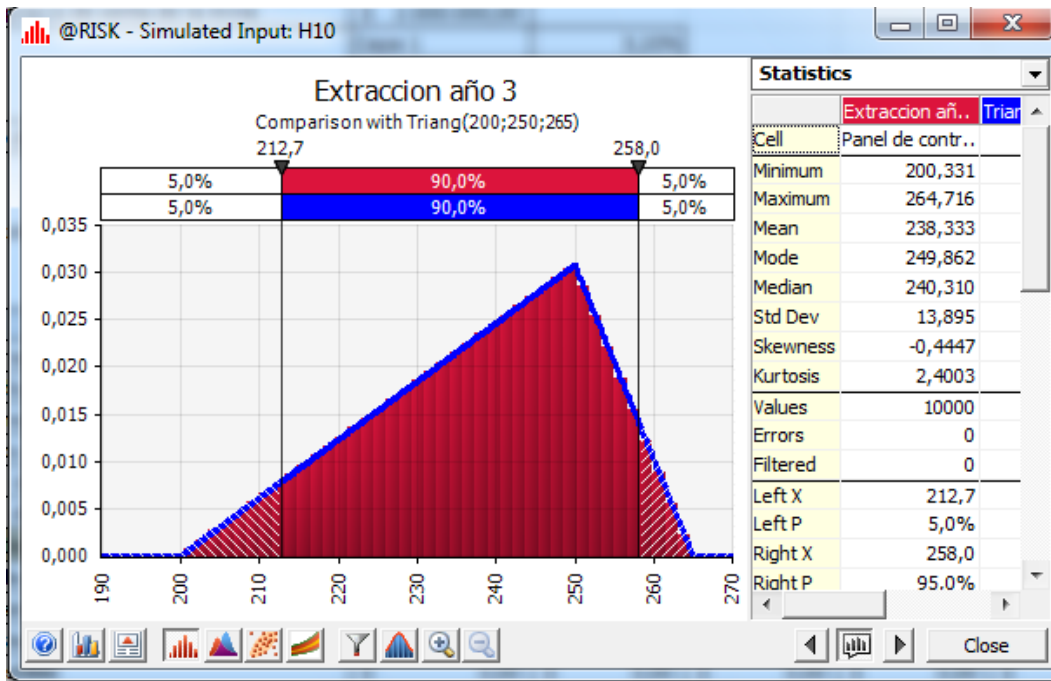


Figura 6.3

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año3

Fuente @RISK

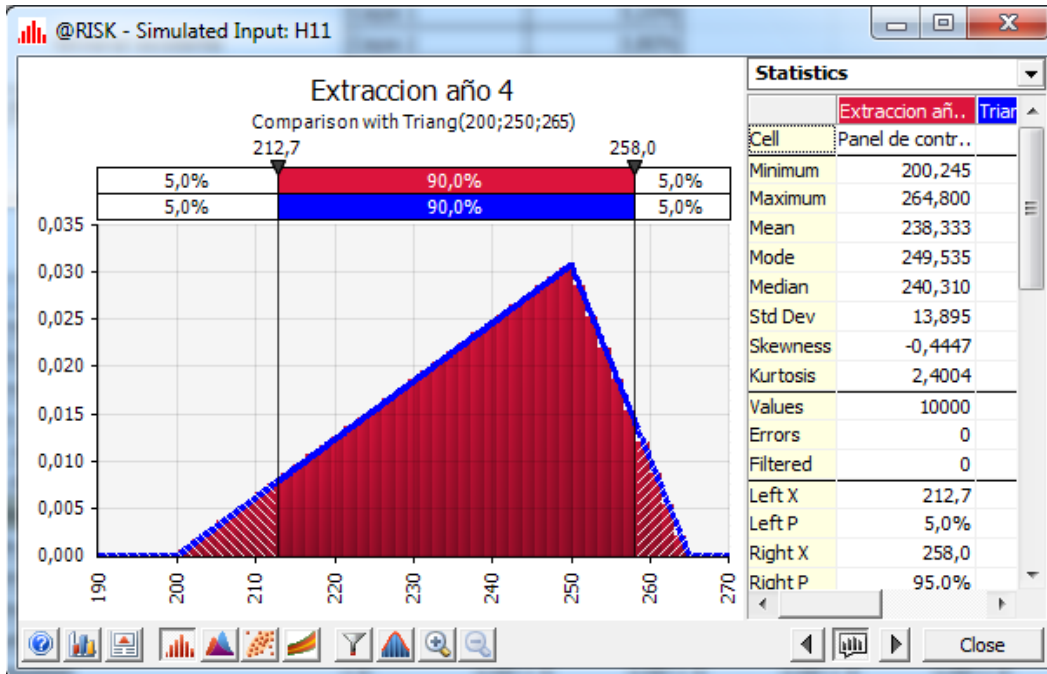


Figura 6.4

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año4

Fuente @RISK

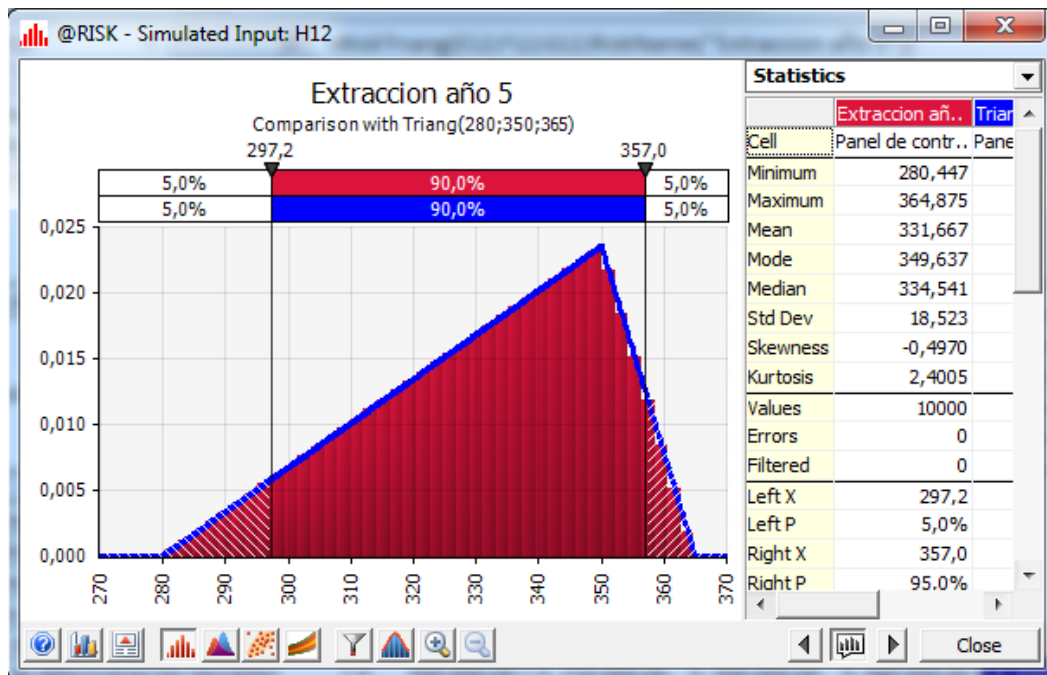


Figura 6.5

Gráfico de la distribución de probabilidad de la extracción del año5

Fuente @RISK

## 2. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de los precios del cobre

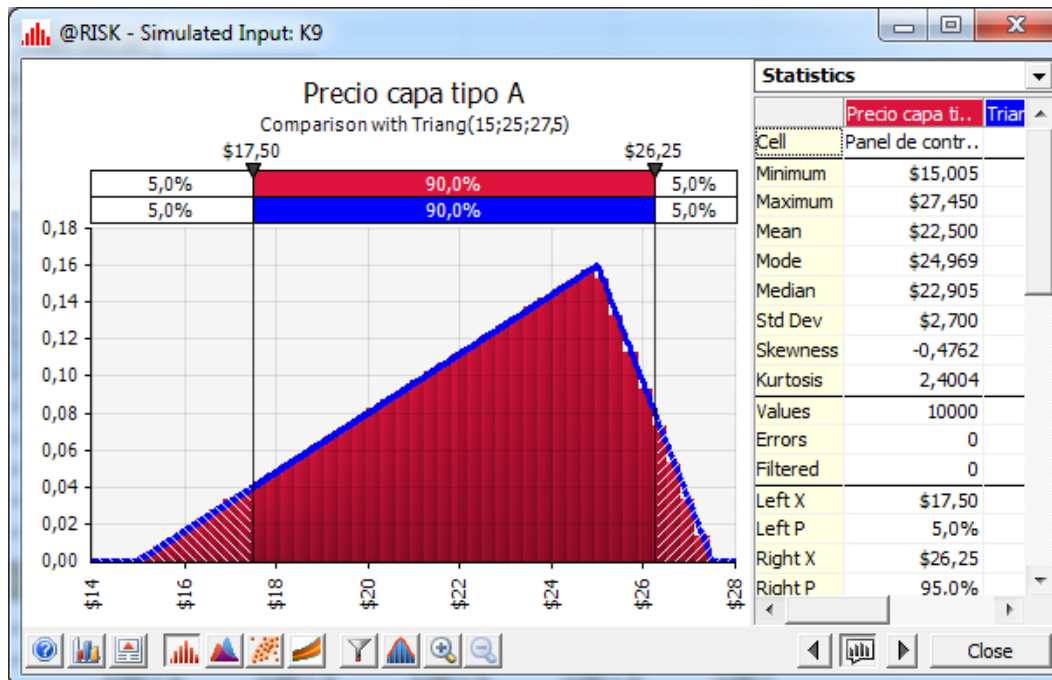


Figura 6.6

Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo A

Fuente @RISK

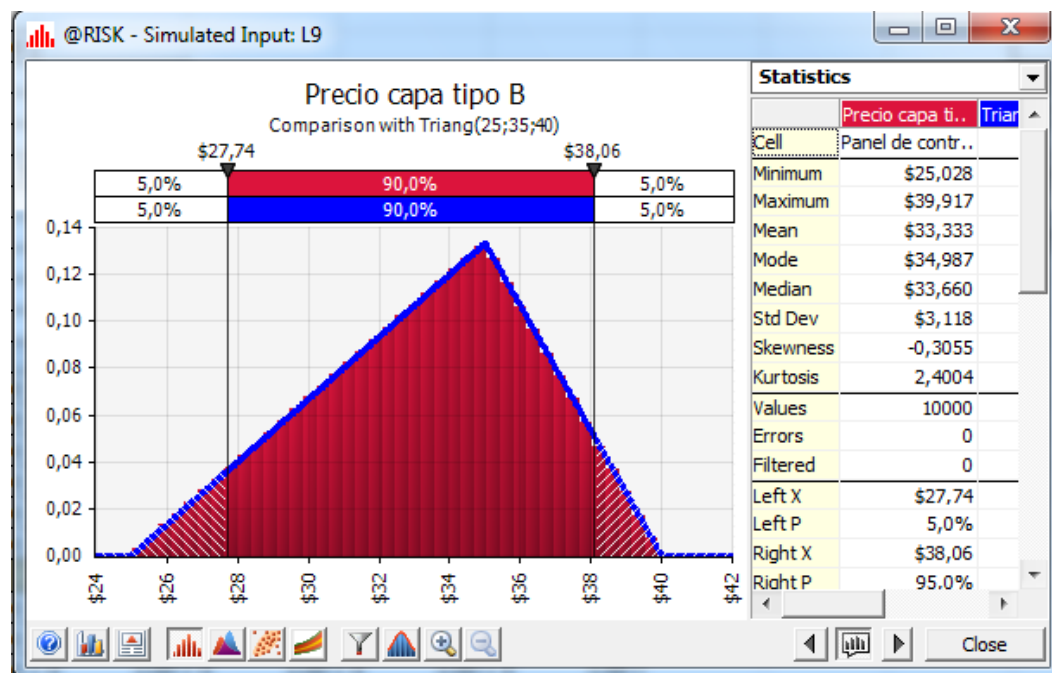


Figura 6.7

Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo B

Fuente @RISK

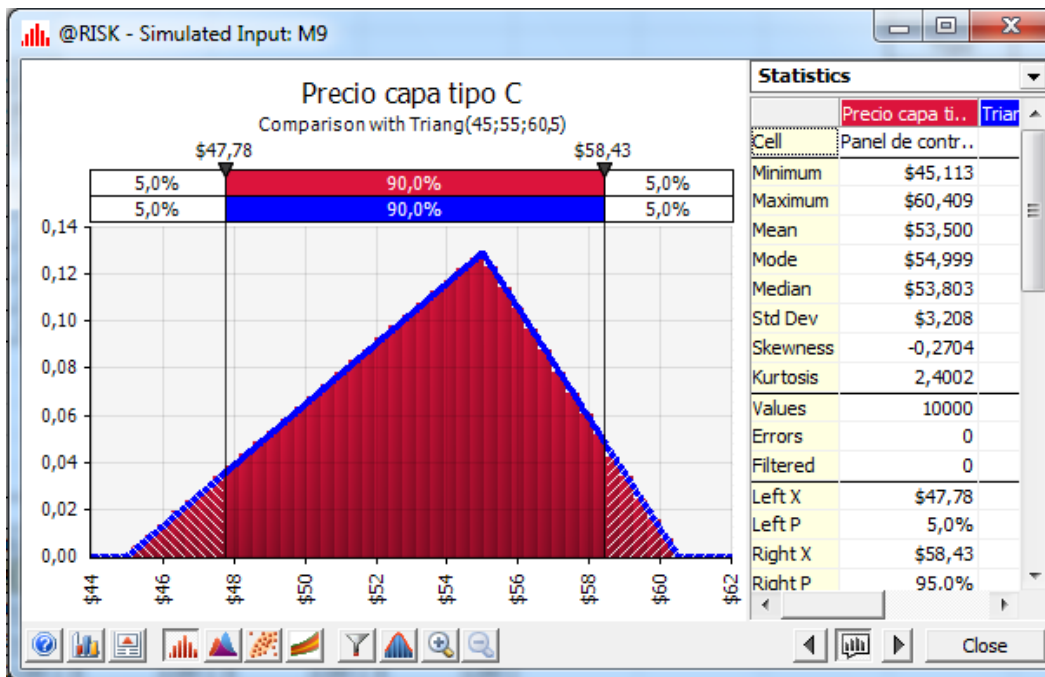


Figura 6.8

Gráfico de la distribución de probabilidad del precio del cobre tipo C

Fuente @RISK



### 3. Gráficos de las distribuciones de probabilidad de los costos de explotación por año

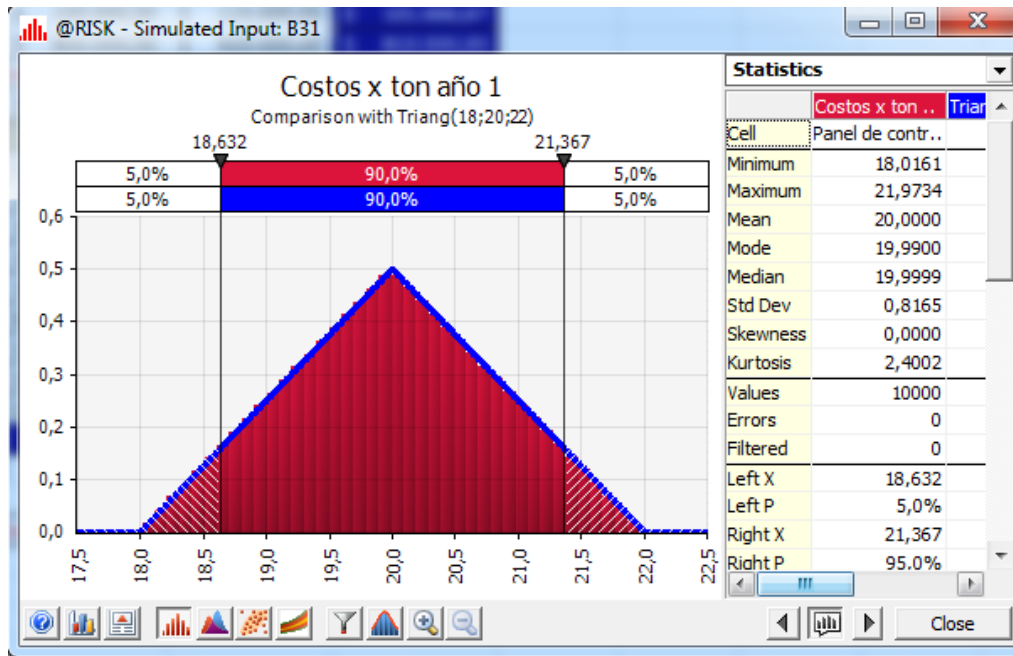


Figura 6.9

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 1

Fuente @RISK

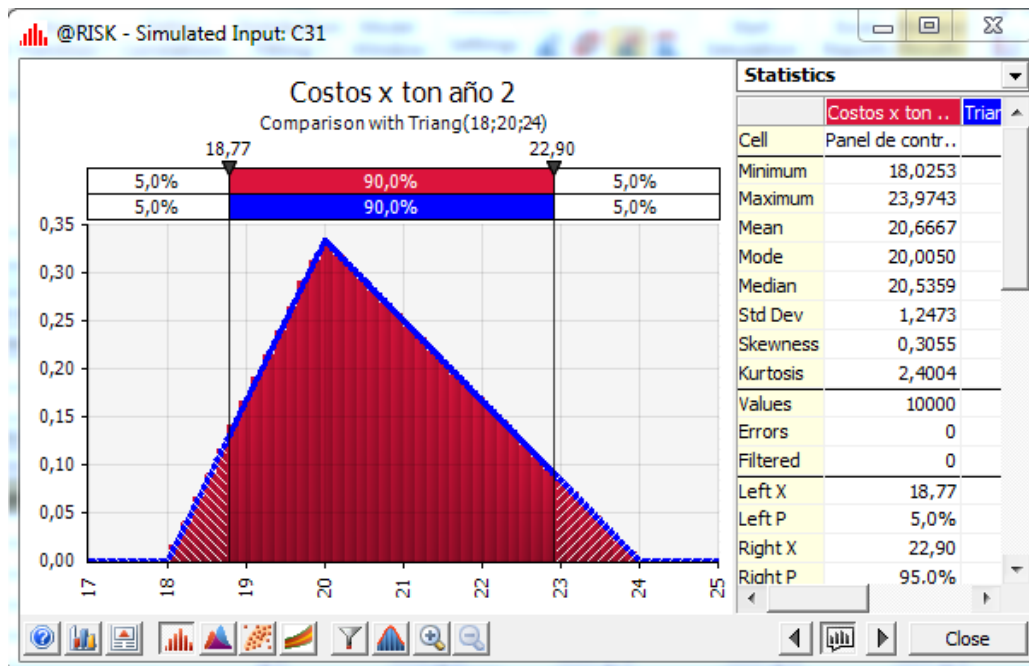


Figura 6.10

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 2

Fuente @RISK

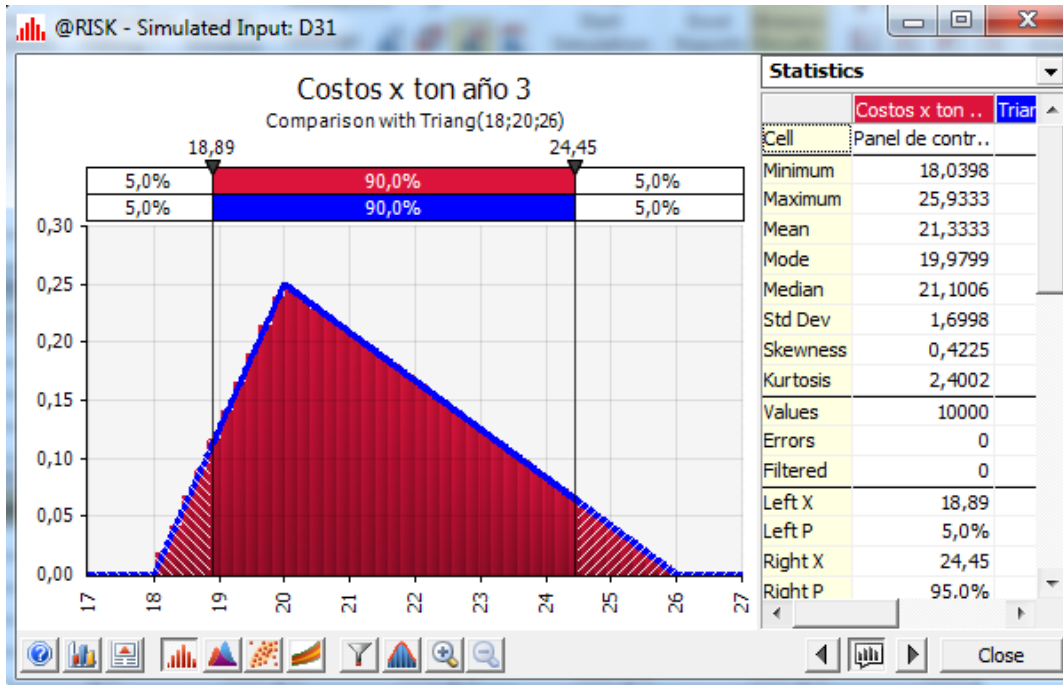


Figura 6.11

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 3

Fuente @RISK

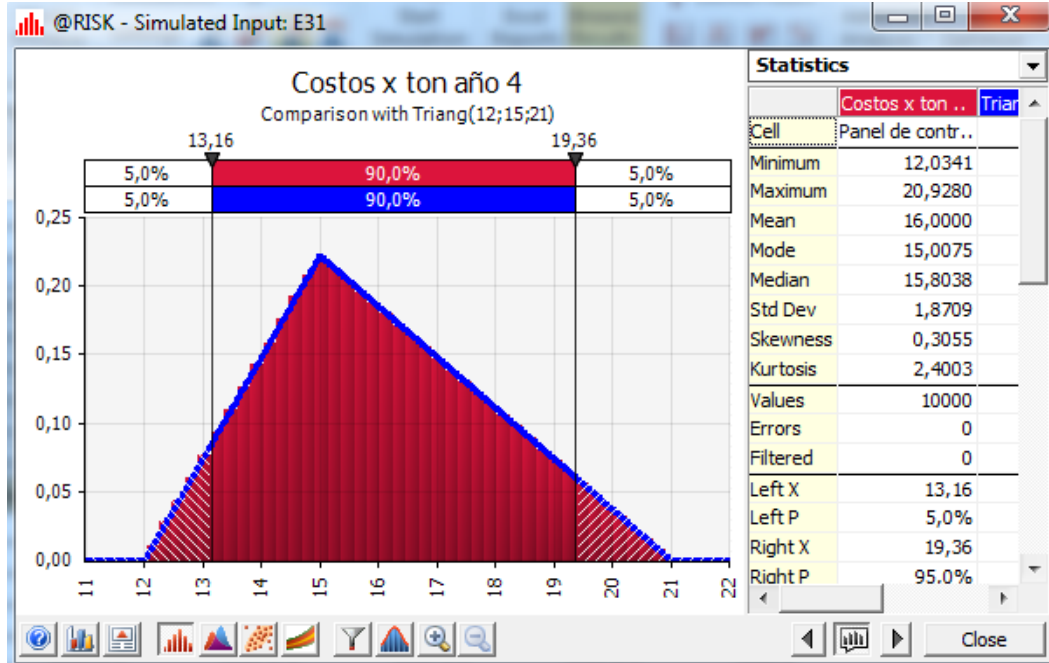


Figura 6.12

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 4

Fuente @RISK

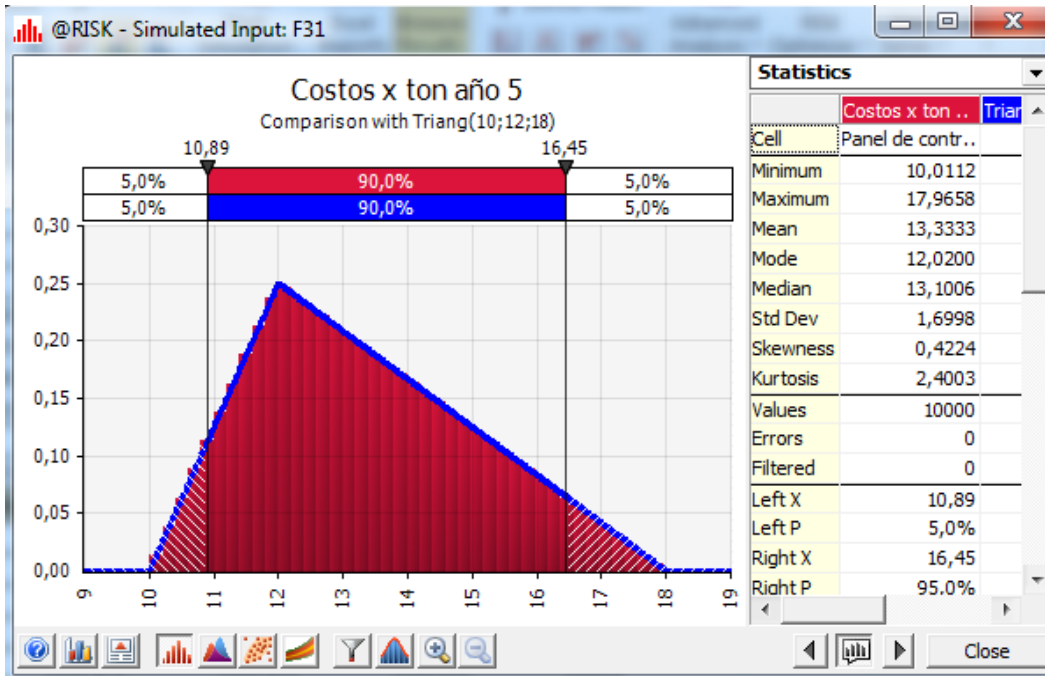


Figura 6.13

Gráfico de la distribución de los costos por tonelada del año 5

Fuente @RISK

## ANEXO 2

### EXTRACTO DEL MANUAL DE USO DE @RISK [17]

#### Configuración y simulación de un modelo de @RISK

Ahora que ya sabe en términos generales cómo funciona @RISK, observemos el proceso de preparación de un modelo @RISK en la hoja de cálculo para llevar a cabo una simulación. En esta breve introducción se tratarán los siguientes temas:

- Distribuciones de probabilidad en una hoja de cálculo
- Correlaciones entre distribuciones
- Realización de simulaciones
- Resultados de una simulación
- Gráficos de los resultados de una simulación

#### Distribuciones de probabilidad en una hoja de cálculo

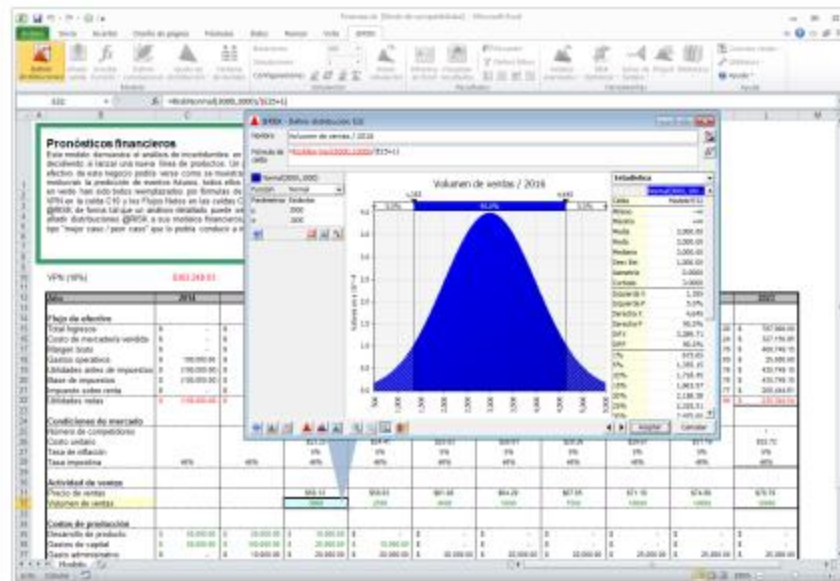
Como se mencionó anteriormente, en un modelo de @RISK la incertidumbre se introduce mediante funciones de distribución. Se pueden seleccionar más de treinta funciones diferentes a la hora de introducir el factor de incertidumbre en una hoja de cálculo. Cada una de estas funciones describe una distribución de probabilidad diferente. Entre las funciones más simples se encuentran **TRIANG(mín.; más probable; máx.)** y **UNIFORM(mín.; máx.)**, cuyos argumentos especifican el valor posible mínimo, más probable y máximo de una entrada incierta. Las funciones más complejas tienen argumentos específicos para una distribución, como la función **BETA(alfa; beta)**.

Para analizar modelos más sofisticados @RISK permite configurar funciones de distribución que utilizan referencias a celdas y fórmulas de la hoja de cálculo como argumentos de la función. Se pueden crear otros muchos mecanismos de creación de modelos utilizando este tipo de funciones. Por ejemplo, se puede preparar un grupo de funciones de distribución en una fila de la hoja de trabajo con la media de cada función determinada por el valor tomado como muestra en la función anterior. También se pueden utilizar expresiones matemáticas como argumentos de las funciones de distribución.

#### Distribuciones en la ventana de Definir Distribución

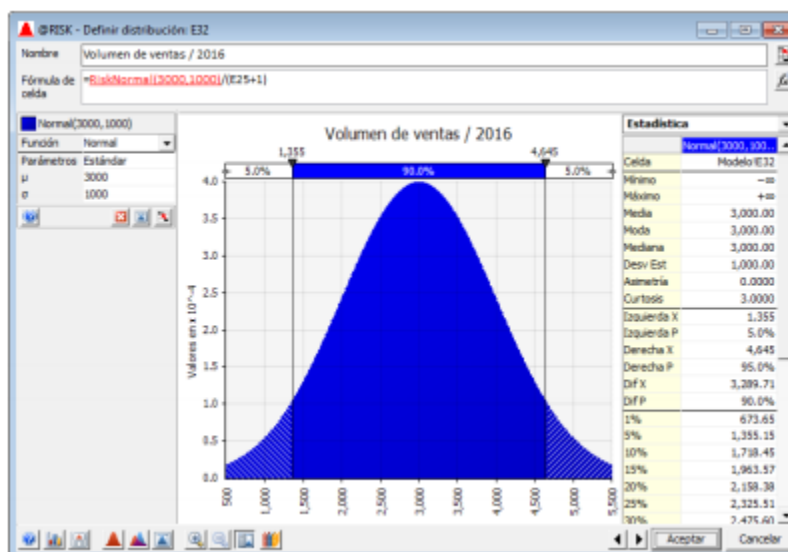
Todas las funciones de distribución se pueden definir y editar utilizando la ventana desplegable Definir distribución. La ventana de **Definir distribución** también se puede

utilizar para introducir múltiples funciones de distribución en la fórmula de una celda, introducir nombres que se utilizarán para identificar una distribución de entrada, truncar una distribución, ajustar una distribución a unos datos y utilizar un resultado ajustado como distribución en una celda. Se pueden asignar y editar múltiples funciones de distribución en una celda utilizando la ventana Definir distribución.

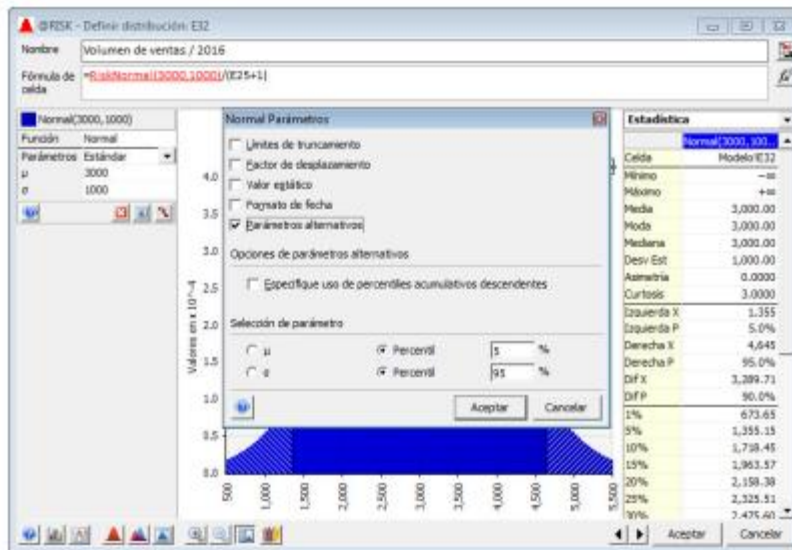


Introduciendo los valores de los argumentos

Los valores de los argumentos pueden ser introducidos en el panel de **Argumentos de distribución** o introducidos directamente en la fórmula mostrada. Este panel se despliega en la parte izquierda de este gráfico.

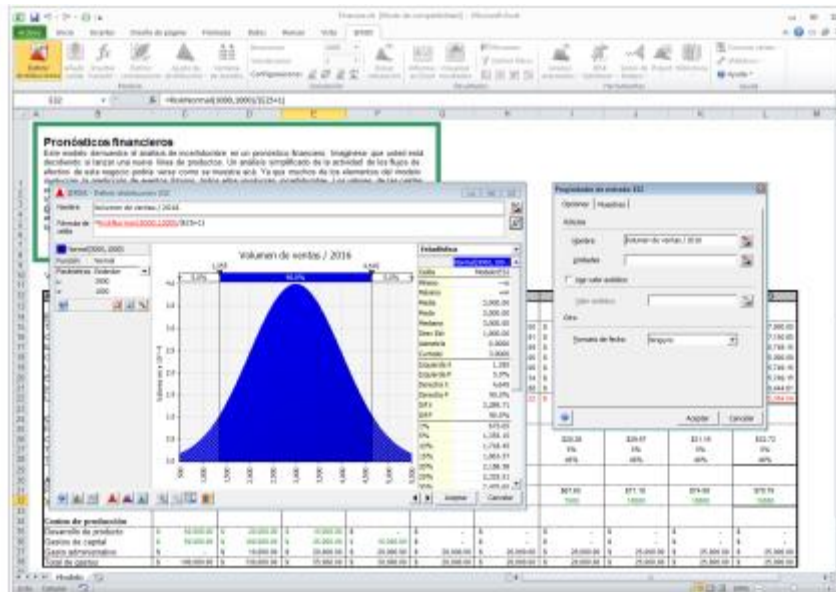


Al cambiar el **Tipo de parámetro**, usted puede seleccionar entre **Parámetros Alternativos** o bien **Truncar** la distribución.



### Propiedades de las funciones de distribución del @RISK

Las funciones de distribución del @RISK contienen tanto argumentos requeridos como argumentos opcionales. Los únicos argumentos requeridos son los valores numéricos que definen el rango y la forma de la distribución. Todos los otros argumentos, tales como nombre, truncamiento, correlación y otros son opcionales, y pueden ser introducidos solamente cuando se necesiten. Estos argumentos opcionales se introducen utilizando una ventana de **Propiedades de Entrada**.



## La ventana Definir distribución y las funciones resultantes en Excel

Todas las entradas realizadas en la ventana Definir distribución se convierten en funciones de distribución que se colocan en la hoja de cálculo. Por ejemplo, la función de distribución creada por las siguientes entradas sería:

```
=RiskNormal(3000,1000,RiskTruncate(1000,5000))
```

Por lo tanto, todos los argumentos de la distribución que han sido asignados a través de la ventana de Definir distribución también se pueden introducir directamente en la propia distribución. Además, todos los argumentos se pueden introducir como referencias de celda o como fórmulas, como sucede con las funciones estándar de Excel.

Conviene empezar por introducir las funciones de distribución a través de la ventana de Definir distribución para comprender mejor cómo se asignan los valores a los argumentos de una función. Luego, cuando comprenda mejor la sintaxis de los argumentos de una función, puede introducir los argumentos usted mismo directamente en Excel, sin necesidad de usar la ventana de Definir distribución.

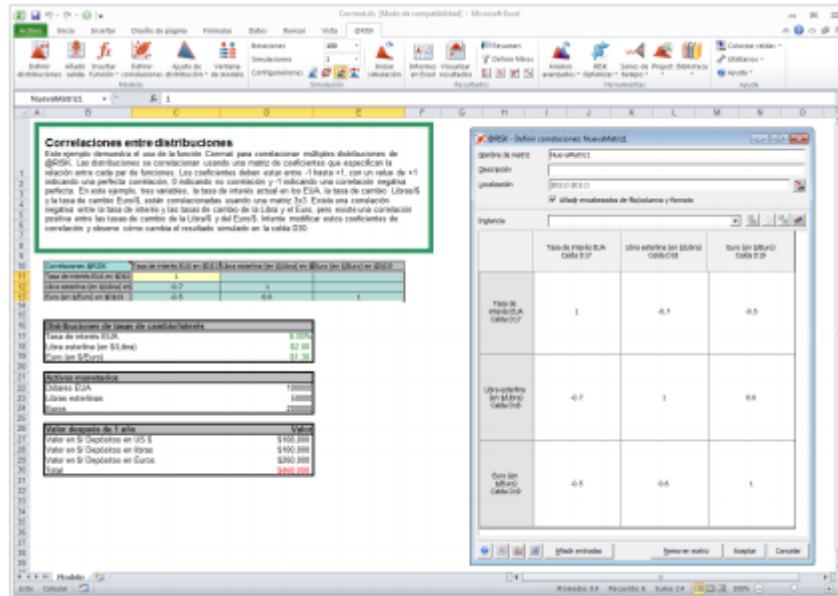
### Correlación de variables de entrada

Durante un análisis de simulaciones es importante considerar la correlación entre dos variables. La correlación sucede cuando el muestreo de dos o más variables de entrada de distribuciones se relacionan entre sí. — Por ejemplo, cuando el muestreo de una variable de entrada de distribución retorna un relativamente “alto” valor, podría darse que el muestreo de una segunda variable de entrada debería también retornar un valor relativamente alto. Un buen ejemplo consiste en el caso de una variable de entrada denominada “**Tasa de interés**” y una segunda variable de entrada denominada “**Nuevas construcciones de casas**”. Podría haber una distribución para cada una de estas variables de entrada, pero su muestreo debería estar relacionado de alguna forma para evitar resultados absurdos. Por ejemplo, cuando se muestrea una alta tasa de interés, las nuevas construcciones de casas deberían estar muestreadas de forma relativamente baja. De manera invertida, usted esperaría que cuando las tasas de interés estén bajas, las nuevas construcciones de casas deberían ser relativamente altas.

### Matriz de correlación

Las correlaciones pueden ser añadidas al seleccionar las celdas en Excel que contengan las variables de entrada de distribución que usted desee correlacionar, y luego pulsando sobre el ícono de **Definir correlaciones**. Usted también puede añadir variables de entrada a una matriz desplegada haciendo clic sobre **Añadir variables de entrada** y seleccionando las celdas en Excel.

Una vez que una matriz se despliegue, usted puede introducir los coeficientes de correlación entre las variables de entrada en las celdas de la matriz, copiar los valores desde una matriz en Excel o bien utilizar **diagramas de dispersión** para evaluar e insertar las correlaciones.

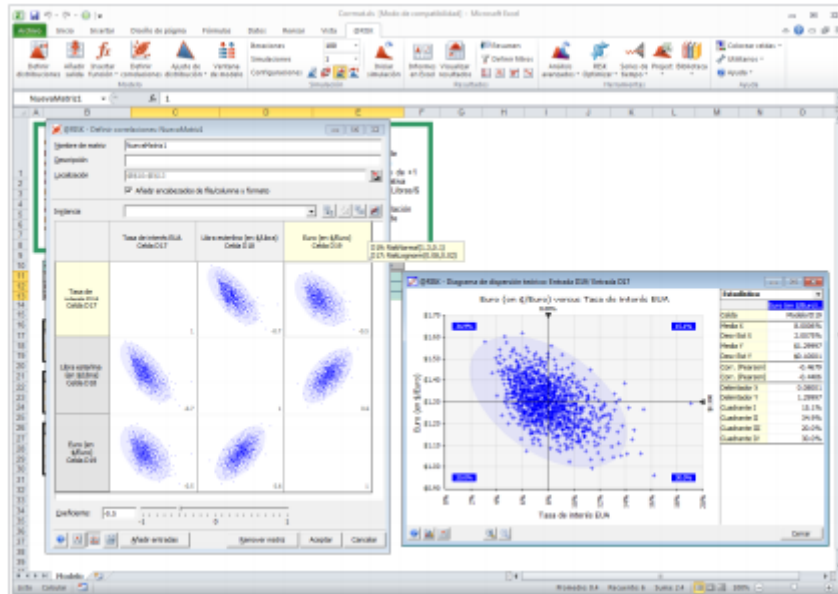


## Diagramas de dispersión para correlaciones

Una matriz de diagrama de dispersión se despliega cuando se pulsa el ícono de **Diagramas de dispersión** en la esquina inferior izquierda de la ventana de **Definir correlaciones**. Los diagramas de dispersión en las celdas de la matriz muestran cómo los valores entre cualesquiera dos variables de entrada de distribución se correlacionan entre sí. Al mover el desplazador de **Coefficiente de correlación** que se despliega de manera dinámica con la matriz de dispersión, se modifica el coeficiente de correlación y el diagrama de dispersión para cualquier par de variables de entrada.

Al arrastrar una celda de un diagrama de dispersión hacia afuera de la matriz usted puede expandir el pequeño diagrama de dispersión para convertirlo en un gráfico de ventana completa. Esta ventana también se actualizará de manera dinámica cuando el desplazador de Coeficiente de Correlación se modifique.

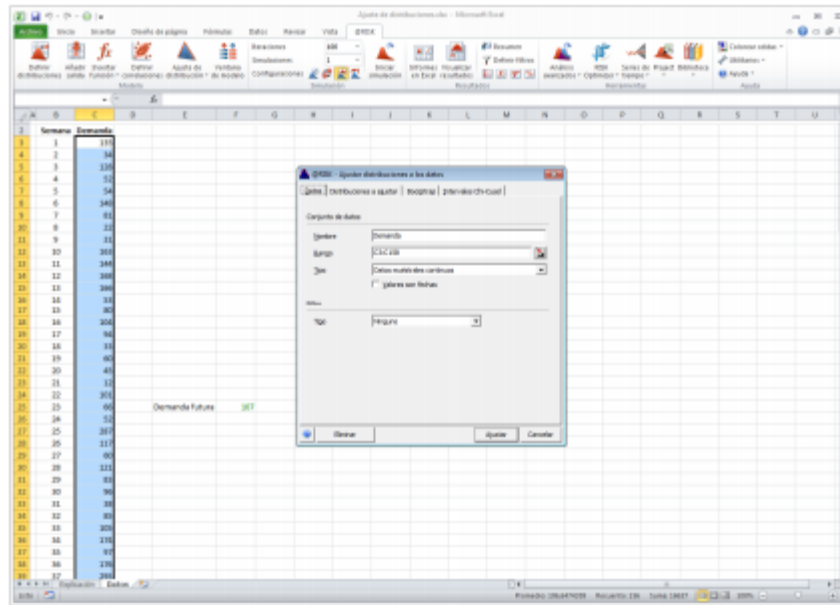




Con la ventana Definir distribución, las matrices de correlación introducidas en ella modifican a las funciones @RISK de su modelo de hoja de cálculo. Se añaden funciones RiskCorrmat las cuales contienen información de correlación que fue introducida en su matriz. Una vez que usted haya visto las cláusulas RiskCorrmat que han sido introducidas, y se siente cómodo con su sintaxis, usted puede introducir directamente estas funciones en su hoja de cálculo, evitando el uso de la ventana de **Definir correlaciones**.

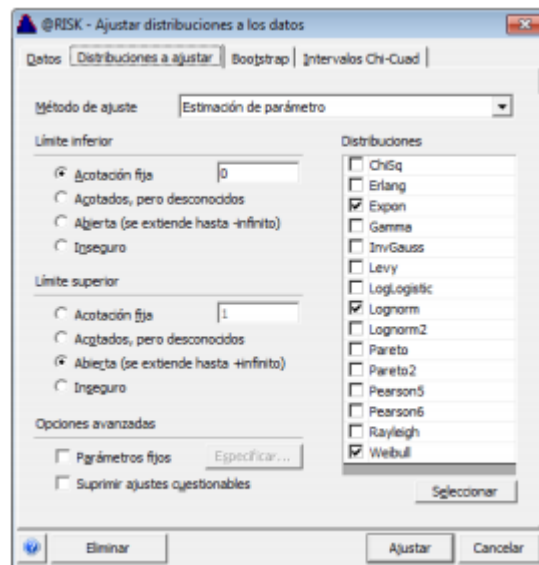
### Ajustando distribuciones a los datos

El @RISK le permite ajustar funciones de probabilidad a sus datos (solamente en las versiones Profesional e Industrial). El ajuste se realiza cuando usted posee un conjunto de datos recolectados que usted desea utilizar como base para una variable de entrada de distribución en su hoja de cálculo. Por ejemplo, usted pudo haber recolectado datos históricos sobre el precio de un producto y usted desearía crear una distribución de posibles precios futuros que esté basado en tales datos.



## Opciones de ajuste

Una variedad de opciones se encuentran disponibles para controlar el proceso de ajuste. Se pueden seleccionar distribuciones específicas para ajustar. Adicionalmente, los datos de entrada pueden venir de forma muestral, en curva de densidad o acumulativa. Usted también puede filtrar sus datos antes de proceder al ajuste.



## Informes de ajuste

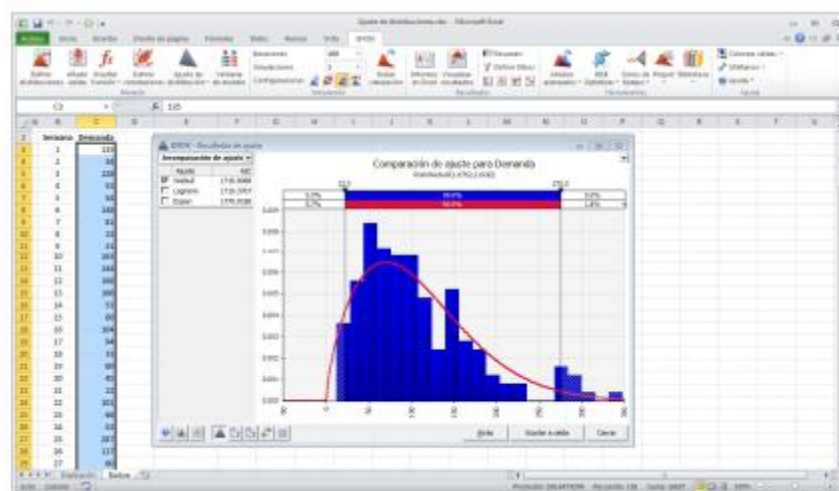
Gráficos de comparación, de tipo P-P y Q-Q se encuentran disponibles para ayudarle a examinar los resultados de sus ajustes. Los delimitadores sobre los gráficos le permiten

rápidamente calcular las probabilidades asociadas a los valores en las distribuciones ajustadas.



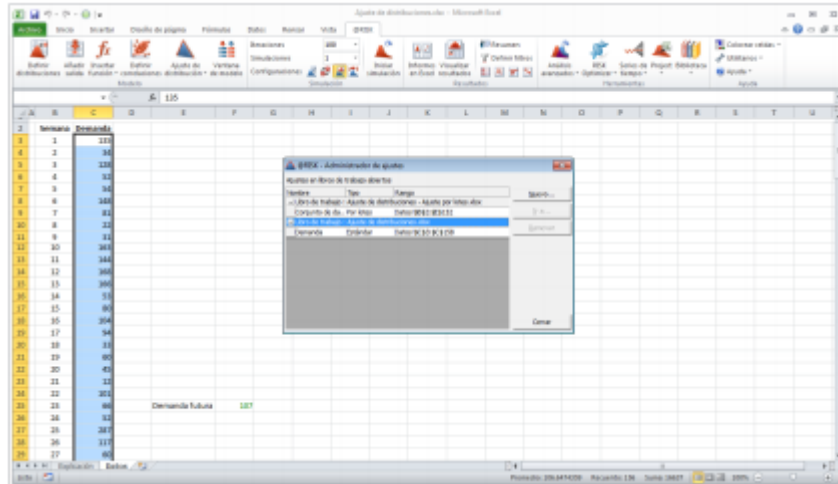
### Posicionando un resultado de ajuste en Excel

Al hacer clic sobre **Escribir a celda** posicionará el resultado del ajuste en su modelo como una nueva función de distribución. Al seleccionar **Actualizar y reajustar al inicio de cada simulación**, provocará que el @RISK, al inicio de cada simulación, reajuste los datos automáticamente cuando éstos se han modificado, y que posicione la nueva función de distribución resultante en su modelo.



### Administrador de ajustes

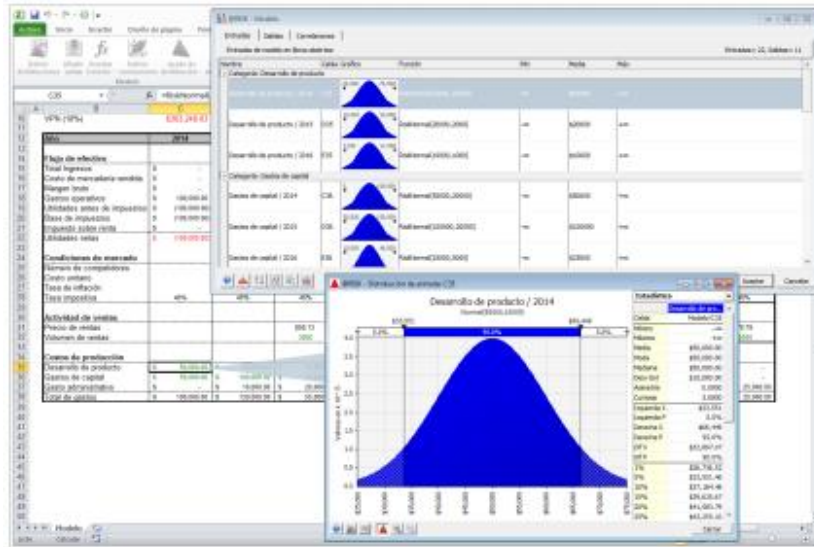
El Administrador de Ajustes le permite a usted navegar entre los conjuntos de datos ajustados en su libro de trabajo y así eliminar ajustes ejecutados previamente.



## Ventana de modelo del @RISK

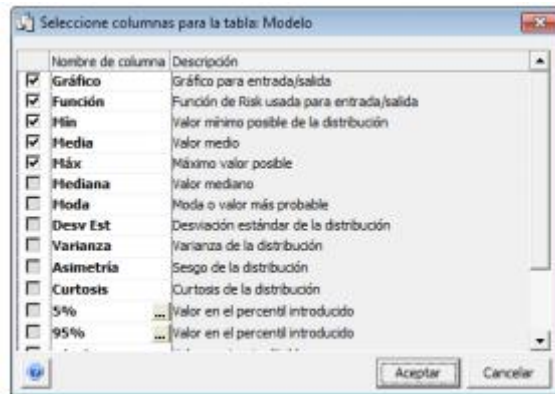
Para asistirle en visualizar su modelo, el @RISK detecta todas las funciones de distribución, variables de salida y correlaciones introducidas en su hoja de cálculo y las lista en la ventana de Modelo del @RISK. Desde esta ventana, la cual aparece sobre Excel, se puede:

- Editar cualquier variable de entrada de distribución o variable de salida simplemente al pulsar sobre la tabla
- Arrastrar y soltar cualquier gráfico pequeño para expandirlo hacia una ventana completa
- Visualizar rápidamente gráficos pequeños de todas las variables de entrada definidas
- Hacer doble clic sobre cualquier entrada de la tabla para utilizar el Navegador gráfico para desplazarse entre las celdas de su libro de trabajo con variables de entrada de distribución.
- Editar y pre visualizar matrices de correlación



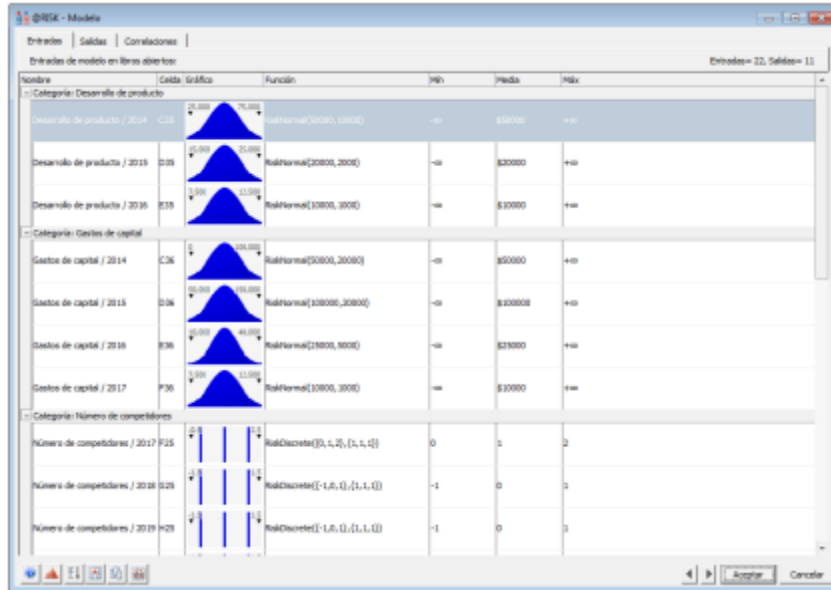
### Personalización de los estadísticos a desplegar

Las columnas de la ventana de Modelo pueden ser personalizadas para seleccionar cuáles estadísticos usted desea desplegar por sobre las variables de entrada de distribución en su modelo. El ícono de **Columnas** en la parte inferior de la ventana despliega el cuadro de diálogo de **Columnas** para la tabla.



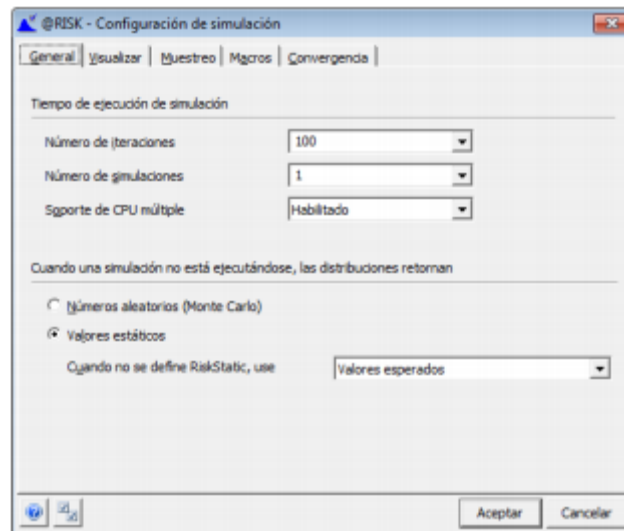
### Posicionando Variables de entrada en Categorías

Las variables de entrada en su **Ventana de Modelo** pueden ser agrupadas por categorías. Por defecto, se crea una nueva categoría cuando un grupo de variables de entrada comparten un mismo nombre de fila(o de columna). Adicionalmente, las variables de entrada pueden posicionarse en cualquier categoría que usted desee.



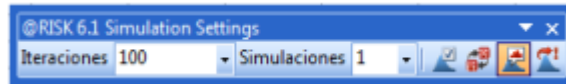
## Configuraciones de simulación

Una variedad de configuraciones pueden ser utilizadas para controlar el tipo de simulación que el @RISK lleva a cabo. Una simulación en el @RISK puede llevar a cabo un número ilimitado de iteraciones y de múltiples simulaciones. Las simulaciones múltiples le permiten ejecutar una simulación después de otra sobre el mismo modelo. En cada simulación, usted puede cambiar los valores de su hoja de cálculo de forma tal que usted pueda comparar los resultados de la simulación bajo distintos supuestos.



## Barra de herramientas de configuraciones del @RISK

Se puede acceder a las **Configuraciones de @RISK** directamente a través de la cinta de @RISK o de la barra de herramientas Configuraciones de @RISK. Esto permite acceder rápidamente a muchas de las configuraciones de simulación.



Los íconos en esta barra de herramientas incluyen:

- **Configuraciones de simulación** abre un cuadro de diálogo de Configuraciones de simulación.
- La lista tipo drop-down de **Iteraciones**, en donde el número de iteraciones a ejecutarse puede ser modificado rápidamente desde la barra de herramientas.
- La lista tipo drop-down de **Simulaciones**, en donde el número de Simulaciones a ejecutarse puede ser modificado rápidamente desde la barra de herramientas.
- **Recalculo aleatorio/estático** invierte el @RISK entre retornar valores estáticos o esperados desde las distribuciones a retornar muestras Monte Carlo en el recalculo convencional del Excel.
- **Mostrar gráfico y Modo de Demo** controlan lo que aparece en la pantalla durante y después de la simulación.

### Ejecución de una simulación

Una simulación del @RISK llevan a cabo repetidamente los cálculos de una hoja de cálculo. Cada uno de estos recalculos se denomina “iteración”. En cada iteración:

- Se toman muestras para todas las funciones de distribución.
- Los valores de muestra se recalculan sobre las celdas y fórmulas de la hoja de cálculo.
- Se recalcula la hoja de cálculo.
- Los valores calculados en las celdas de salida son recolectados de la hoja de cálculo y almacenados.
- Si se requiere, se actualizarán los gráficos e informes del @RISK Este proceso repetitivo de recalculo puede ejecutarse cientos y miles de iteraciones si es necesario.

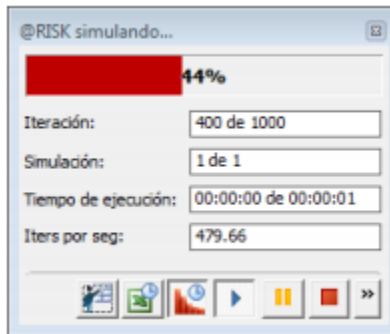
Haciendo clic en el icono **Iniciar Simulación** se inicia la simulación. Cuando una simulación está en ejecución usted puede ver cómo Excel recalcula una y otra vez la hoja de cálculo utilizando diferentes valores de muestra de las funciones de distribución, se

monitorea la convergencia de las distribuciones de salida y se comprueba cómo se generan en tiempo real los gráficos de las distribuciones de los resultados de la simulación.



## Ventana de progreso

Una ventana de progreso se despliega durante las simulaciones. El ícono en esta ventana le permite a usted Ejecutar, Pausar o Detener una simulación, así como también encender y apagar la actualización en tiempo real de los gráficos y los recálculos en Excel.

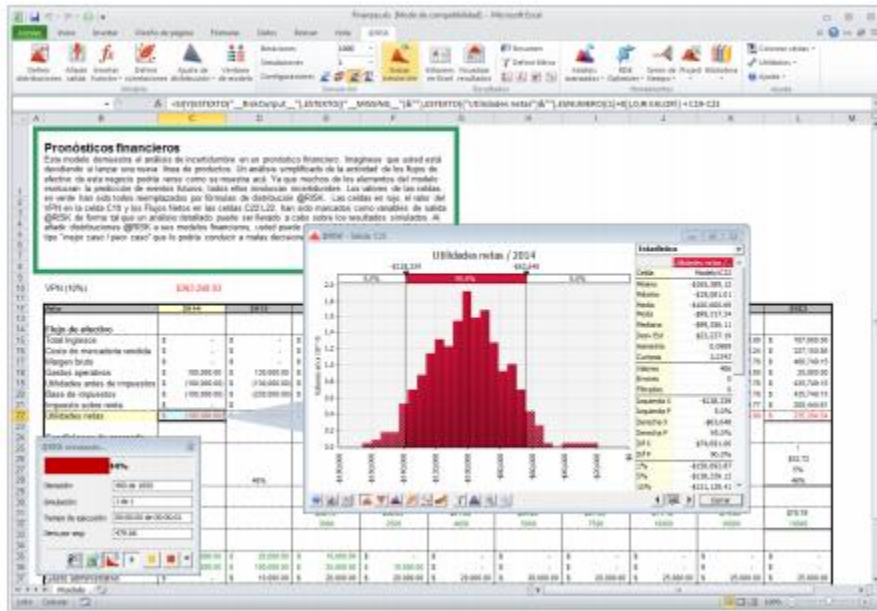


## Gráfico actualizándose durante una simulación

El @RISK le muestra gráficamente cómo cambian las distribuciones de los posibles resultados a lo largo de la simulación. Las ventanas de gráficos se actualizan para mostrar las distribuciones calculadas de los resultados y sus estadísticos. Si usted está iniciando una nueva simulación, para la primera variable de salida en su modelo, el @RISK automáticamente mostrará una ventana de gráfico para la distribución.

Este gráfico de la distribución de los posibles resultados se crea al tomar todos los valores posibles de la variable de salida generados, al analizarlos y al calcular estadísticos de cómo estos se distribuyen a lo largo del rango mínimo-máximo.





## Monitoreo de convergencia

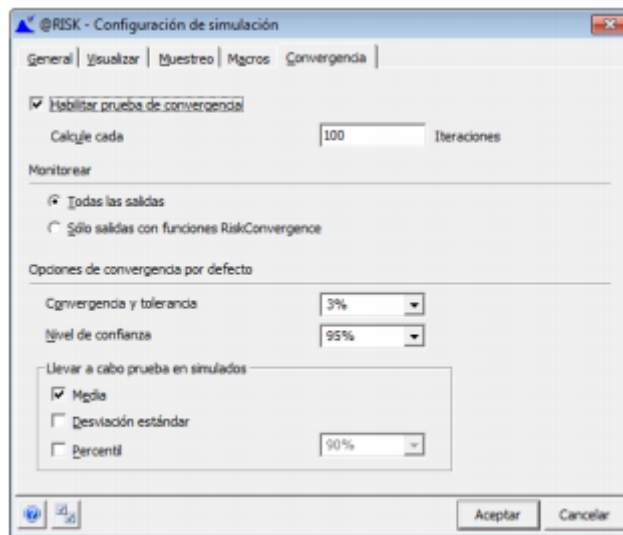
El @RISK incluye una opción de monitoreo de convergencia para ayudar a evaluar la estabilidad de las distribuciones de salida creadas en una simulación. Según va aumentando el número de iteraciones ejecutadas, las distribuciones de salida se van “estabilizando”, ya que los estadísticos que describe cada distribución cambian cada vez menos en cada iteración. Es muy importante llevar a cabo un número suficiente de iteraciones para que los estadísticos generados en las salidas sean fiables. Sin embargo, llega un momento en el que el tiempo empleado en cada iteración adicional es tiempo perdido porque los estadísticos generados no experimentan cambios significativos.

Las configuraciones de convergencia controlan cómo será monitoreada la convergencia de las variables de salida de simulación por el @RISK durante la ejecución de una simulación. La prueba de convergencia puede ser controlada para variables individuales de salida utilizando la función de propiedad **RiskConvergence** o puede ser definida globalmente para todas las variables de salida de una simulación en el cuadro de diálogo de Configuraciones de simulación.

En una simulación, el @RISK monitorea una serie de estadísticos de convergencia en cada distribución de salida. En el proceso de monitoreo de una simulación, el @RISK calcula estas estadísticas para cada salida en intervalos determinados que pueden ser establecidos por el usuario, (como, por ejemplo, cada 100 iteraciones). Estos estadísticos se comparan a continuación con los mismos estadísticos calculados en el intervalo anterior de la simulación. Luego se calcula la magnitud de cambio experimentado por los estadísticos debido a las iteraciones adicionales.

Según va aumentando el número de iteraciones ejecutadas, la cantidad de cambio de los estadísticos es cada vez menor, hasta que “convergen” o el cambio es menor de un porcentaje límite seleccionado por el usuario. Los estadísticos monitoreados en cada distribución de salida son: **1) el porcentaje de cambio promedio en valores percentiles (del 0% al 100% en pasos de 5%), 2) la media y 3) la desviación estándar.**

Si lo desea, el @RISK puede ejecutarse en modo de **Detención automática**. En este caso, el @RISK seguirá ejecutando iteraciones hasta que todas las salidas hayan convergido. El número de iteraciones requerido para que las distribuciones de salida converjan depende del modelo que se está simulando y las funciones de distribución del mismo. Los modelos más complejos con distribuciones altamente sesgadas necesitarán más iteraciones que los modelos más simples.



El modo de vista

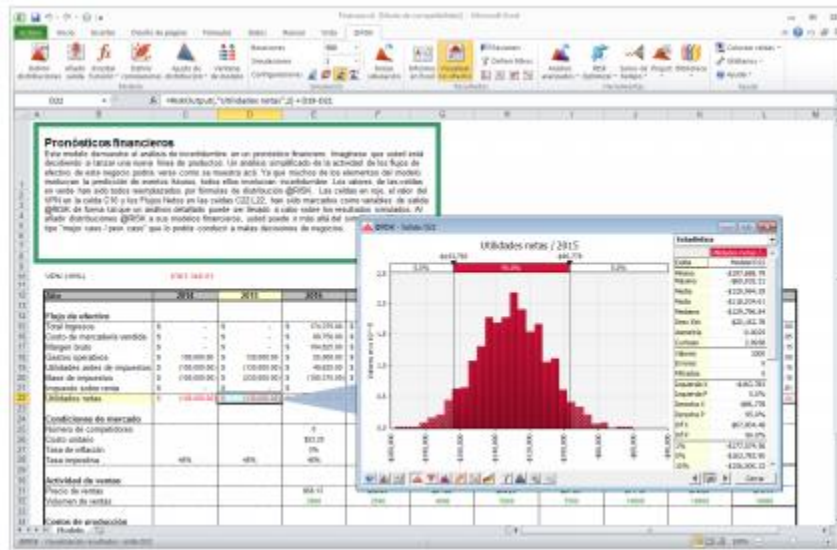
El Modo de vista se inicia al hacer clic en el ícono de **Ver Resultados** en la barra de herramientas del @RISK. El modo de vista se enciende automáticamente al finalizar la corrida si usted selecciona que aparezca un gráfico durante la simulación.

En el modo de vista, el @RISK hace aparecer gráficos de resultados de simulación a medida que usted hace clic sobre las celdas de su hoja de cálculo, de la siguiente manera:

- Si la celda seleccionada es una variable de salida de simulación (o contiene una función de distribución simulada), el @RISK desplegará su distribución simulada por medio de una flecha indicadora que apunta hacia la celda.
- Si la celda seleccionada es parte de una matriz de correlación, aparecerá entonces una matriz con las correlaciones simuladas entre las variables de entrada en la matriz.

Al hacer clic en distintas celdas de su libro de trabajo, sus resultados aparecerán. Pulse sobre <Tab> para mover la ventana de **gráfico** entre las celdas de variables de salida con resultados de simulación en los libros de trabajo abiertos.

Para salir del Modo de vista, simplemente cierre el gráfico que aparece o haga clic sobre el icono de **Vista de resultados** en la barra de herramientas.

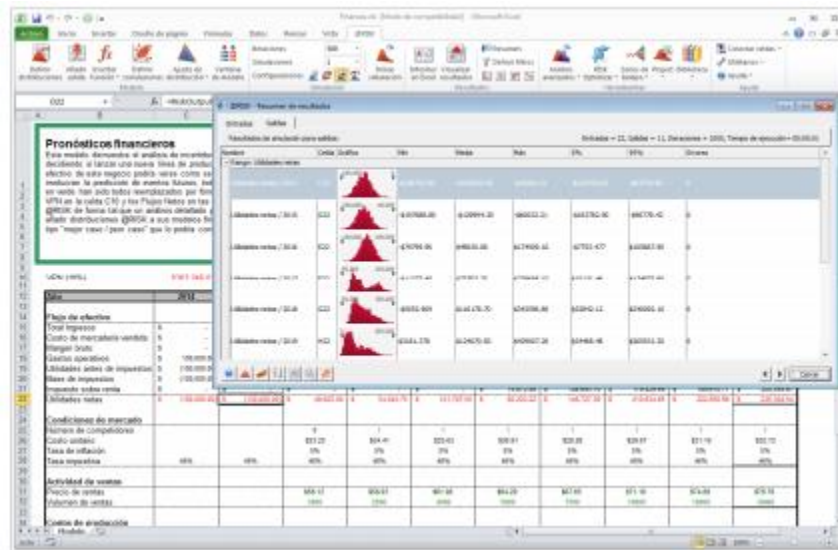


### Ventana de Resumen de resultados del @RISK

La ventana de **Resumen de resultados** del @RISK resume los resultados de su modelo y despliega gráficos pequeños y estadísticas resumen para sus celdas de variables de salida simuladas y para las variables de entrada de distribución. Las columnas en la tabla de la ventana de Resumen de resultados pueden ser personalizadas para seleccionar cuáles estadísticos usted desea desplegar.

Desde la ventana de Resumen de resultados, se puede:

- Arrastrar y posicionar cualquier gráfico pequeño para expandirlo y convertirlo en una ventana de tamaño completo.
- Hacer doble clic sobre cualquier entrada de la tabla para utilizarla en el Navegador gráfico y desplazarse entre las celdas de su libro de trabajo con las variables de entrada de distribución.



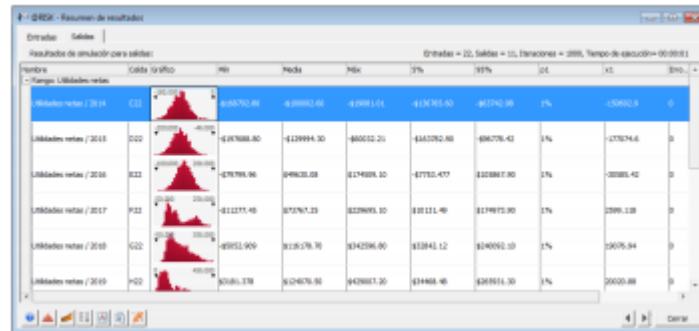
### Ventana de estadísticos detallados

Hay disponibles una serie de estadísticos detallados sobre las variables de salida simuladas y las variables de entrada, y pueden ser introducidos valores objetivo para una o más variables de entrada o variables de salida.

### Valores objetivo

Se pueden calcular valores objetivo sobre los resultados de simulación. Un objetivo muestra la probabilidad de alcanzar determinado valor de salida o bien el valor asociado a determinado nivel de probabilidad. Por medio de la utilización de objetivos usted puede contestar preguntas tales como: “¿Cuál es la probabilidad de un resultado mayor a un millón?” o bien, “¿Cuál es la probabilidad de un resultado negativo?”. Los objetivos pueden ser introducidos en la ventana de Estadísticos detallados, en la ventana de Resumen de resultados de @RISK y definidos directamente utilizando los delimitadores de los gráficos de resultados de simulación.

Al introducir un objetivo – tal como 1% - para una variable de salida en la ventana de Resumen de resultados del @RISK y al copiarla para todas las variables de salida, usted puede rápidamente ver el mismo valor objetivo para todos los resultados de simulación.



### Graficando resultados

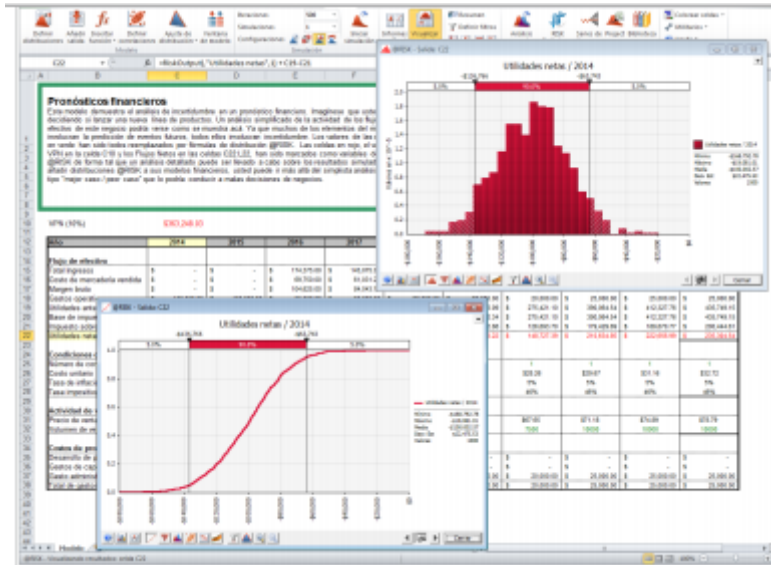
Los resultados de simulación pueden ser expresados fácilmente por medio de gráficos. La ventana de Resumen de resultados muestra gráficos pequeños de los resultados de simulación para todas sus variables de salida y las variables de entrada. Al arrastrar un gráfico pequeño afuera de la ventana de Resumen de resultados el gráfico se expande hacia una ventana de mayor tamaño.

Un gráfico de los resultados de una salida muestra el rango de posibles resultados y la probabilidad relativa de que ocurran. Este tipo de gráfico se puede generar en un histograma convencional o en forma de una distribución de frecuencia. Las distribuciones de los posibles resultados se pueden también mostrar de forma acumulativa.

### Resultados de una simulación en formato de histograma o acumulativo

Cada gráfico creado por @RISK se muestra junto a los resultados de estadísticos, datos, sensibilidad y escenario de la entrada o salida para la que se está generando el gráfico. El tipo de gráfico se puede cambiar utilizando los iconos en la parte inferior de la ventana de Gráficos. Además, si hace clic en el botón derecho del ratón sobre una ventana de gráfico aparecerá un menú con comandos que le permitirán modificar el formato, la escala, los colores, los títulos y otras características del gráfico. Todos los gráficos se pueden copiar en el portapapeles y pegar en una hoja de cálculo. Como los gráficos se transfieren como archivos de Windows, luego podrá cambiarlos de tamaño e incluir en ellos anotaciones una vez pegados en la hoja de cálculo.

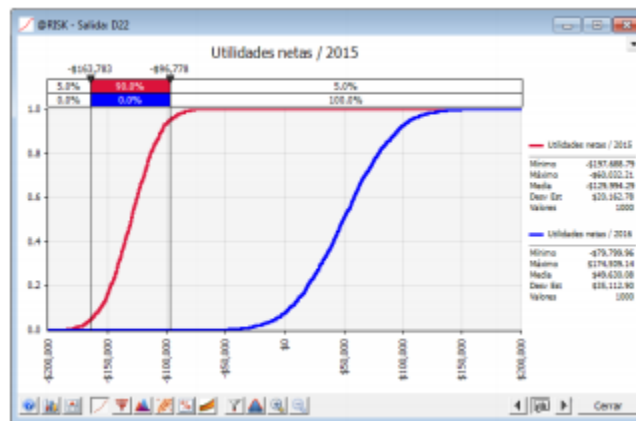
Con el comando **Gráfico en Excel**, los gráficos se pueden hacer con el formato original de Excel. Estos gráficos se pueden cambiar o personalizar como sucede con cualquier otro gráfico de Excel.



### Superponiendo gráficos para comparación

En muchas ocasiones resulta útil comparar gráficamente varias distribuciones simuladas. Esta operación se puede llevar a cabo con gráficos superpuestos.

Las superposiciones se hacen utilizando el ícono de **Añadir superpuesto** en la parte inferior de la ventana de gráfico, arrastrando un gráfico por sobre otro o al arrastrar gráficos pequeños desde la ventana de Resumen de resultados hacia un gráfico abierto. Una vez realizadas las superposiciones, las estadísticas del delimitador muestran las probabilidades de todas las distribuciones incluidas en el gráfico superpuesto. También se muestran los datos, sensibilidades y escenarios de los gráficos superpuestos.



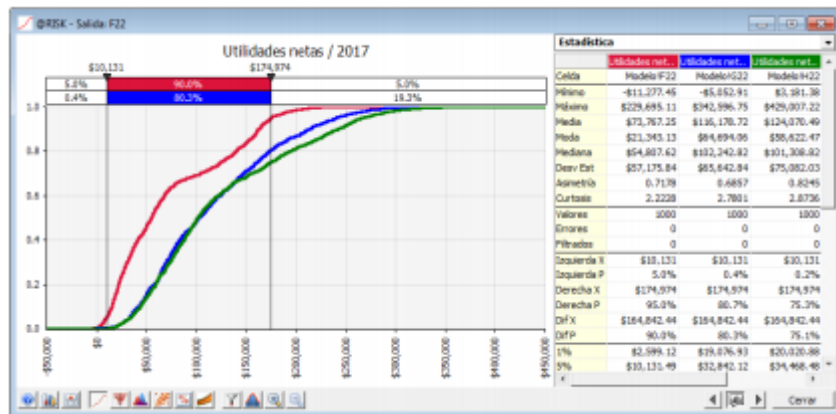
### Delimitadores

Las probabilidades objetivo se pueden calcular arrastrando los delimitadores que aparecen en un histograma o gráfico acumulativo. Cuando se mueven los delimitadores, las probabilidades calculadas se muestran tanto en la barra del delimitador situada bajo el



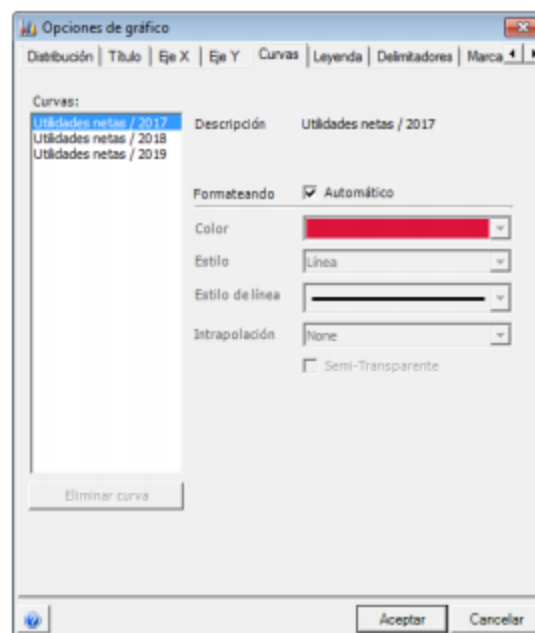
gráfico como en el informe de estadísticas. Esto es útil en el caso de respuestas gráficas a preguntas como “¿Qué posibilidades hay de obtener un resultado entre 1 millón y 2 millones?” o “¿Qué posibilidades hay de que se produzca un resultado negativo?”.

Los delimitadores pueden ser desplegados para cualquier número de gráficos superpuestos. El cuadro de diálogo de Opciones de gráfico le permite a usted definir el número de barras de delimitador a desplegar.



## Formateo de gráficos

Todas las distribuciones de un gráfico superpuesto se pueden formatear independientemente. Al utilizar la opción de la pestaña de **Curvas** en el cuadro de diálogo de **Opciones de gráfico**, se puede definir el color, el estilo y el patrón de cada una de las curvas de un gráfico superpuesto.



## Gráfico de tendencia resumen

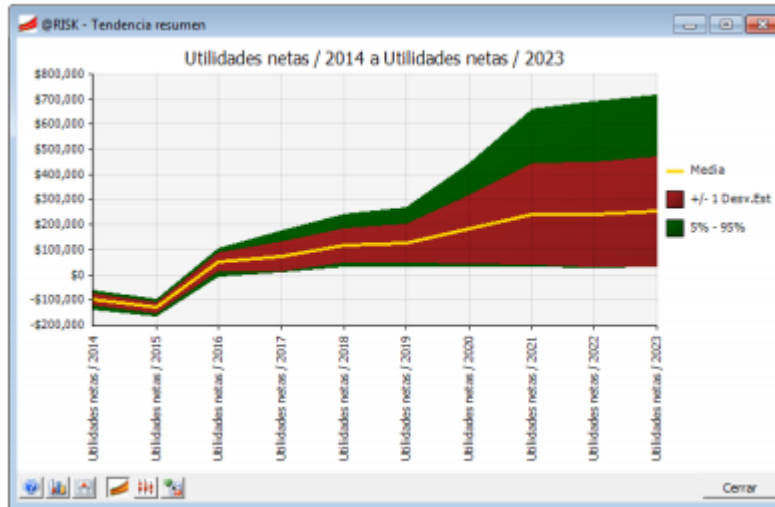
Un Gráfico resumen despliega cómo cambia el riesgo a lo largo de un rango de variables de salida o celdas de entrada. Usted puede crear un gráfico resumen para un rango de variables de salida o seleccionar variables de entrada o variables de salida individuales para comparar en un gráfico resumen. Los gráficos resumen asumen dos formas – **Gráfico de tendencia resumen** y **Gráfico resumen de cajas**. Cada uno de estos gráficos puede ser hecho por medio de:

- Hacer clic sobre el ícono de **Gráfico resumen** en la parte inferior de la ventana de gráfico y luego seleccionando la celdas en Excel cuyos resultados usted desea incluir en el gráfico.
- Al seleccionar las filas en la ventana de Resumen de resultados del @RISK para las variables de salida o para las variables de entrada, que usted desee incluir en su gráfico resumen, luego al hacer clic en el ícono de **Gráfico resumen** en la parte inferior de la ventana (o al hacer doble clic sobre la tabla), y seleccionar **Tendencia resumen** o bien **Gráfico resumen de cajas**.

Un gráfico de tendencia resumen gráfico es particularmente útil para desplegar tendencias tales como observar cómo cambia el riesgo a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un rango de 10 celdas con variables de salida contenía las Utilidades de un proyecto desde el año 1 hasta el 10, el gráfico de tendencia resumen para este rango muestra cómo el riesgo cambió a lo largo del periodo de 10 años. Entre más angosta sea la banda menor será la incertidumbre acerca de sus estimaciones de Utilidades. De manera invertida, entre más ancha sea la banda mayor será la posible varianza en las Utilidades y mayor el riesgo.

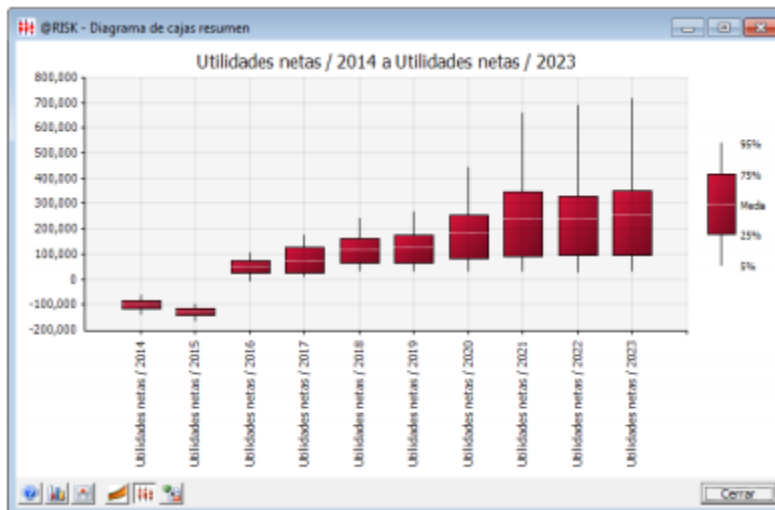
La línea central del gráfico de resumen representa el estrés del valor de la media en un rango. Las dos bandas exteriores sobre la media son la desviación estándar 1 sobre la media y el percentil 95. Las dos bandas exteriores bajo la media son una desviación estándar bajo la media y el percentil 5. La definición de estas bandas se puede cambiar a través de la ficha **Tendencia** del cuadro de diálogo **Opciones de gráfico**.





### Diagrama de caja resumen

Un diagrama de caja resumen despliega un diagrama de caja para cada distribución seleccionada en la inclusión del gráfico resumen. Un diagrama de caja (o gráfico de cajas bigotes) muestra una caja para un rango interno definido de una distribución; con las líneas de “bigotes” mostrando los límites externos de la distribución. Una línea interna dentro de la caja muestra la localización de la media, la media y la moda de la distribución.



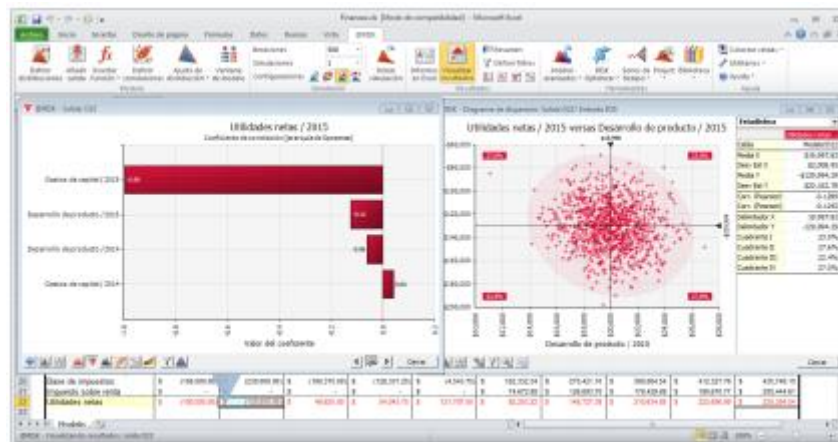
### Diagramas de dispersión

Un diagrama de dispersión es un gráfico de tipo x-y que muestra el valor de la variable de entrada versus el valor de la variable de salida calculada para cada iteración de la simulación. Este gráfico es útil para examinar en detalle la relación entre una variable de entrada y una variable de salida de una simulación. Una elipse de confianza identifica la región en donde, dado cierto nivel de confianza, los valores x-y se posicionarán. Los

diagramas de dispersión también pueden ser estandarizados de forma tal que múltiples variables de entrada puedan ser fácilmente comparadas en un solo diagrama de dispersión.

La ventana de un diagrama de dispersión puede ser creada por medio de cualquiera de las siguientes maneras:

- Al hacer clic en el ícono de **Diagrama de dispersión** en el gráfico desplegado y luego seleccionar la(s) celda(s) en Excel cuyos resultados usted desea incluir en el gráfico.
- Al seleccionar una o más variables de salida o variables de entrada en la ventana de Resumen de resultados y al hacer clic sobre el ícono de **Diagrama de dispersión**.
- Al arrastrar una barra (representando la entrada que usted desea mostrar en el diagrama de dispersión) desde una variable de salida en un gráfico de tornado.
- Al desplegar una matriz de diagrama de dispersión en la ventana de informe de Análisis de sensibilidad. (Véase **Ventana de análisis de ventana de sensibilidad** hacia el final de esta sección).
- Al hacer clic en el **Modo de Vista** sobre la **matriz de correlación** se despliega una matriz de diagrama de dispersión matriz que muestra las correlaciones simuladas entre las variables de entrada correlacionadas en la matriz.



## Resultados del análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad se despliegan al hacer clic sobre el ícono de la ventana de sensibilidad. Estos resultados muestran la sensibilidad de cada variable de salida variable a las variables de entrada de distribución en su hoja de cálculo. Esto identifica las variables de entrada más “críticas” en su modelo. Estas son las variables de entrada en las que usted debería concentrarse más a la hora de hacer los planes basados en su modelo.

Los datos desplegados en la ventana de sensibilidad se jerarquizan con respecto a la variable de salida seleccionada en la entrada denominada: **Jerarquizar variables de entrada para variable de salida**. También se muestra la sensibilidad de todas las otras variables de salida con respecto a las variables de entrada jerarquizadas.

Para realizar los análisis de sensibilidad llevados a cabo en las variables de salida y en sus entradas correspondientes, se utiliza el análisis de estadísticas de cambio en la salida, la regresión multivariante por pasos o la correlación de clasificación de orden. El tipo de análisis deseado se establece mediante la opción **Mostrar entradas significativas** usando: de la ventana **Sensibilidad**.

En el análisis de estadísticas de cambio de la salida, se agrupan las muestras de una entrada en una serie de intervalos o “escenarios” de igual tamaño, que van desde el valor más bajo de la entrada hasta el más alto. Se calcula un valor de estadística de salida (como puede ser la media) en los valores de las salidas de las iteraciones asociadas a cada intervalo. Las entradas se califican por su cantidad +/- la variación que causan en la estadística de salida.

En el análisis de regresión, los coeficientes calculados para cada variable de entrada cuantifican la sensibilidad de la variable de salida a una variable de entrada de distribución en particular. El ajuste total del análisis de regresión se mide por el ajuste reportado o el R cuadrado del modelo. Entre menor sea el ajuste menos estable serán los estadísticos de sensibilidad reportados. Si el ajuste es muy bajo – por debajo de 0.5 – una simulación similar con el mismo modelo podría haber dado un distinto orden en las sensibilidades de las variables de entrada.

El análisis de sensibilidad utilizando correlaciones de jerarquía está basado en el cálculo de los coeficientes de correlación por jerarquía de Spearman. Con este análisis, el coeficiente de correlación de jerarquía se calcula entre la variable de salida seleccionada y las muestras para cada una de las variables de entrada de distribución. Entre más alta sea la correlación entre la variable de entrada y la variable de salida, más significativo será la variable de entrada en determinar el valor de la variable de salida.

Entrada	Código	Nombre	Descripción	Modelo E12 Cambio entre / 2014 Coef. correlación	Modelo E22 Cambio entre / 2015 Coef. correlación	Modelo E32 Cambio entre / 2016 Coef. correlación	Modelo E42 Cambio entre / 2017 Coef. correlación	Modelo E52 Cambio entre / 2018 Coef. correlación	Muestra Cambio entre / 2019 Coef.
#1	C36	Costo de capital / 2015	RateNormal(300000, 20000)	N/A	-0.494	0.337	0.024	0.022	-0.11
#2	C38	Desarrollo de producto / 2018	RateNormal(20000, 2000)	N/A	0.041	0.11	0.028	0.028	-0.02
#3	C38	Desarrollo de producto / 2014	RateNormal(30000, 30000)	0.403	-0.046	-0.026	0.00	0.00	0.31
#4	C36	Costo de capital / 2014	RateNormal(30000, 20000)	0.388	-0.025	0.011	0.076	0.076	0.32
#5	F21	Número de competidores / 2017	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	0.027	-0.424	-0.27
#6	F25	Número de competidores / 2018	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	0.088	N/A
#7	F25	Número de competidores / 2015	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.67
#8	F25	Número de competidores / 2010	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
#9	F25	Número de competidores / 2021	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
#10	F25	Número de competidores / 2022	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
#11	F25	Número de competidores / 2023	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
#12	F25	Número de competidores / 2024	RateDiscrete(30, 1, 32, 11, 1, 1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
#13	F21	Volumen de ventas / 2015	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	0.068	0.014	-0.067	-0.67
#14	F21	Volumen de ventas / 2017	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	0.066	-0.022	-0.05
#15	F21	Volumen de ventas / 2018	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	0.407	-0.08
#16	F21	Volumen de ventas / 2019	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.42
#17	F21	Volumen de ventas / 2020	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44
#18	F21	Volumen de ventas / 2021	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44
#19	F21	Volumen de ventas / 2022	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44
#20	F21	Volumen de ventas / 2023	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44
#21	F21	Volumen de ventas / 2024	RateNormal(3000, 1000)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44

### Análisis de sensibilidad con una matriz de diagrama de dispersión

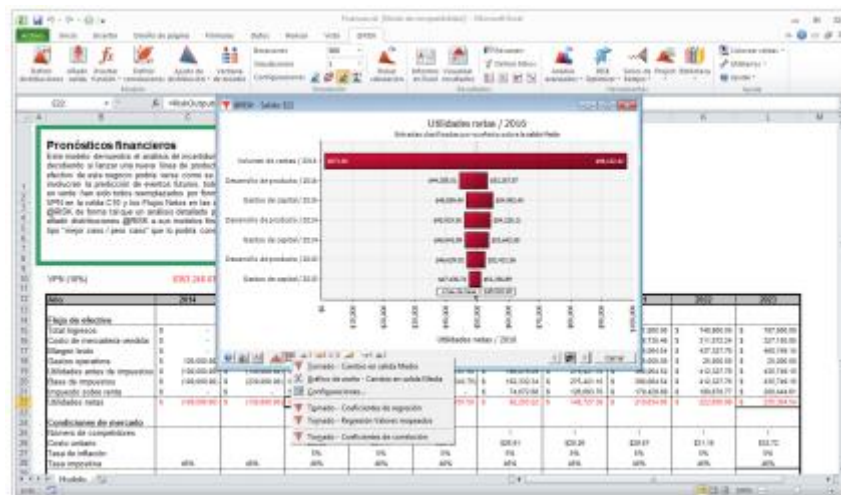
Un diagrama de dispersión es un gráfico de tipo x-y que muestra el valor de la variable de entrada muestreada versus el valor calculado de la variable de salida para cada iteración de la simulación. En la **Matriz de diagrama de dispersión**, los resultados jerarquizados del análisis de sensibilidad se despliegan como diagramas de dispersión. Para mostrar la matriz del diagrama de dispersión, haga clic sobre el ícono de **Diagrama de dispersión** en la parte inferior izquierda de la ventana de sensibilidad.

Puede crearse un diagrama de dispersión en la matriz de diagrama de dispersión por medio del arrastre y posicionamiento con el mouse. La matriz puede ser arrastrada y expandida a un gráfico de ventana completa. Adicionalmente, se pueden crear diagramas de dispersión superpuestos al arrastrar gráficos pequeños desde la matriz hasta el diagrama de dispersión existente.



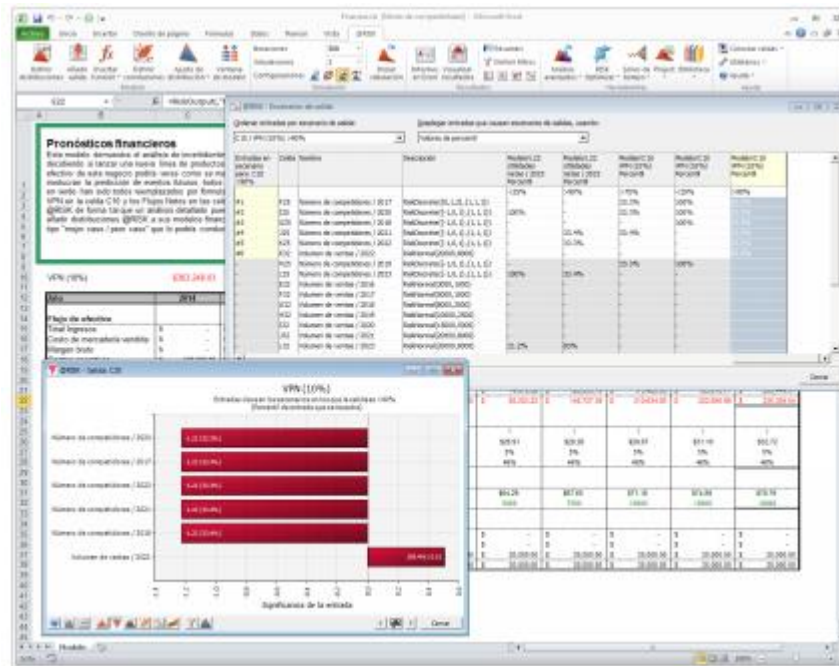
### Gráfico de tornado

Los resultados de sensibilidad pueden ser representados gráficamente por medio de un gráfico de tornado. Un gráfico de tornado puede ser generado haciendo clic derecho sobre cualquier variable de salida en la ventana de Resumen de resultados o haciendo clic en el ícono de Gráfico de tornado sobre la ventana del gráfico.



### Resultados del análisis de escenario

El icono Escenarios sirve para mostrar los resultados del análisis de escenario de las variables de salida. Por cada variable de salida se pueden introducir hasta tres objetivos de escenario.



### ¿Cómo se lleva a cabo un análisis de escenario?

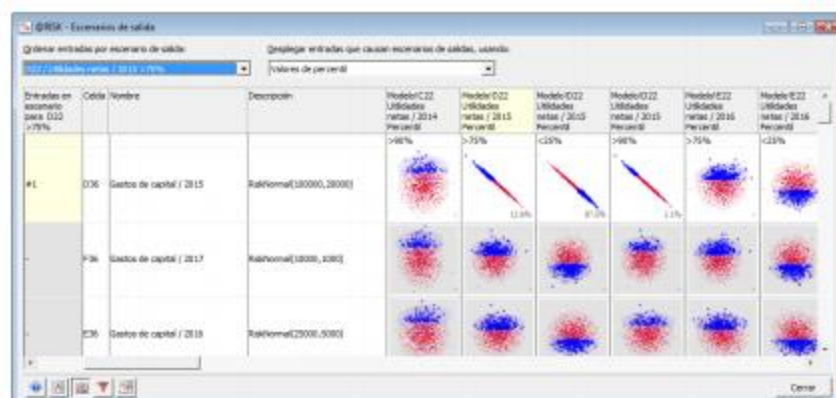
El análisis de escenario que se lleva a cabo en los objetivos de una variable de salida se basa en un análisis condicional de la mediana. Al realizar el análisis de escenario, lo primero que @RISK hace es agrupar las iteraciones de la simulación cuyas variables de salida alcanzan los objetivos seleccionados. A continuación, se analizan los valores de muestra de cada variable de entrada de esa iteración. @RISK calcula la mediana de este “subgrupo” de valores de muestra por cada entrada y la compara con la mediana de la entrada de todas las iteraciones.

El objetivo de este proceso es hallar aquellas entradas cuyo subgrupo o mediana condicional difiere de un modo significativo de la mediana general. Si la mediana del subgrupo de la variable de entrada está cerca de la mediana general, la variable de entrada queda marcada como no significativa. La razón de este proceso es que los valores de muestra de la entrada en las iteraciones en las que se alcanza el objetivo no difieren demasiado de aquellas muestras de entrada del resto de la simulación. Pero si la mediana del subgrupo de la variable de entrada se desvía de un modo significativo de la mediana general (digamos al menos la mitad de una desviación estándar) la variable de entrada es significativa. Los escenarios indicados muestran todas las entradas que fueron significativas para alcanzar el objetivo.

## Matriz de diagrama de dispersión en la ventana Escenarios

Un diagrama de dispersión en la ventana de Escenarios es un diagrama de dispersión de tipo x-y de superposición. Este gráfico muestra:

El valor de entrada muestreado en comparación con el valor de salida calculado en cada iteración de la simulación, superpuesto con un diagrama de dispersión del valor de entrada muestreado en comparación con el valor de salida calculado cuando el valor de salida cumple el escenario introducido.

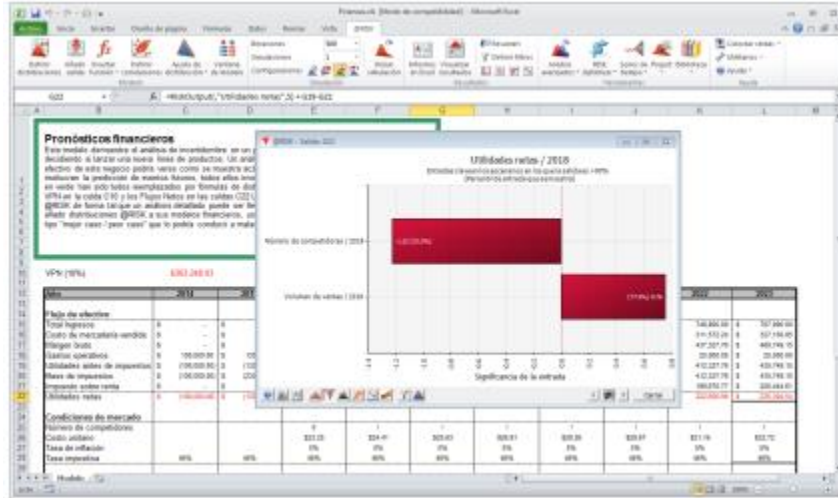


En la **Matriz de Diagrama de Dispersión**, los resultados del análisis del escenario aparecen jerarquizados con diagramas de dispersión. Para abrir la Matriz de Diagrama de Dispersión, haga clic en el icono **Diagrama de Dispersión** en el ángulo inferior izquierdo de la ventana **Escenarios**.

## Gráficos de tornado de escenarios

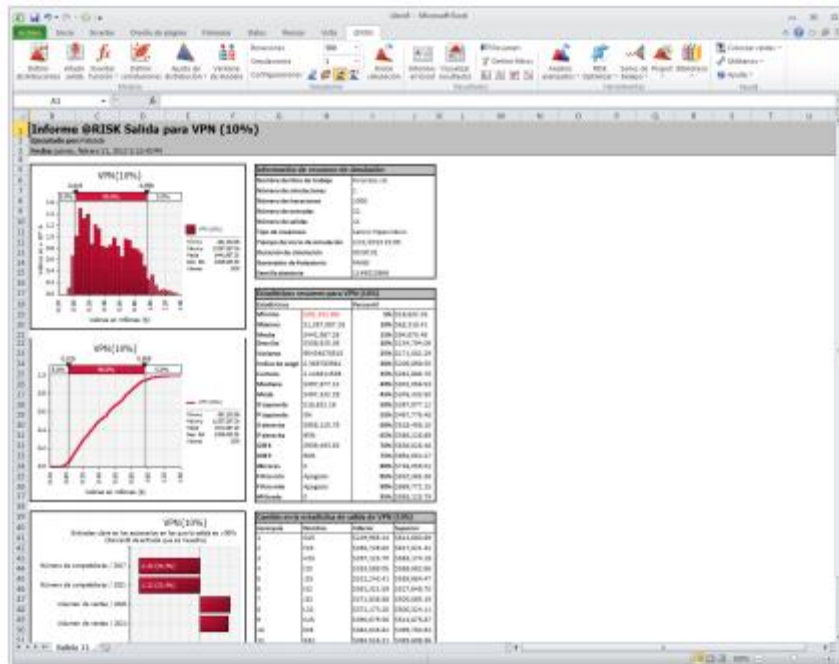
Los resultados de análisis de escenario se muestran gráficamente en gráficos de tornados. Se puede generar un gráfico de tornado haciendo clic en el icono Gráfico de Tornado de la ventana Escenarios o haciendo clic en el icono Escenarios de una ventana de gráfico. Este gráfico de tornado muestra las entradas clave que afectan a la salida cuando la salida cumple el escenario introducido, como sucede cuando la salida está por encima del percentil 90.





## Informes en Excel

Cuando se generan informes y gráficos de simulación en Excel, se tiene acceso a todas las opciones de formateado de Excel. Además, los informes de @RISK generados en Excel pueden utilizar hojas prediseñadas de @RISK con formato, títulos y logotipos personalizados.



Puede utilizar hojas prediseñadas para crear sus propios informes de simulación personalizados. Las estadísticas y gráficos se colocan en un modelo utilizando una serie de funciones de @RISK incorporadas a Excel. Cuando una función de estadística o de gráfico se encuentra en una hoja modelo, las estadísticas y gráficos deseados son generados al final de la simulación en una copia de la hoja modelo. La hoja modelo original con las funciones

@RISK permanece intacta para su uso en la generación de informes en las próximas simulaciones.

Las hojas modelo son hojas de cálculo estándar de Excel. Se identifican en @RISK con un nombre que comienza con RiskTemplate\_. Estos archivos también pueden contener cualquier fórmula estándar de Excel para poder hacer cálculos personalizados con los resultados de la simulación.



**DOCTOR ROMEL MACHADO CLAVIJO,**  
**SECRETARIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION**  
**DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY,**

**C E R T I F I C A :**

Que, el H, Consejo de Facultad de Ciencias de la Administración en sesión del 4 de abril de 2014, conoció la petición del señor **JUAN SEBASTIAN MORENO GONZALEZ (48715)**, que denuncia su trabajo de titulación denominado: **“ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL METODO DETERMINISTICO Y EL PROBALISTICO EN LA EVALUACION FINANCIERA DE UN PROYECTO”**, previa la obtención del grado de Economista (Mención Economía Empresarial). El Consejo acoge el informe de la Junta Académica y aprueba la denuncia. Designa como Director del trabajo al economista Bladimir Proaño Rivera y como miembros del Tribunal Examinador a los economistas Lenin Zúñiga Condo y María Eugenia Elizalde Raad. De conformidad a las disposiciones reglamentarias el denunciante deberá presentar su trabajo de graduación en un plazo no mayor a **DIECIOCHO MESES** contados a partir de la fecha de aprobación, esto es hasta el 5 de octubre de 2015.

Cuenca, abril 8 de 2014



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
FACULTAD DE  
ADMINISTRACION  
SECRETARIA

Cuenca, 19 de febrero de 2014

Ing.

Xavier Ortega Vásquez

Decano de la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Azuay  
Ciudad.-


De mi consideración:

La Junta Académica de la Carrera de Economía Empresarial, reunida el 19 de febrero de 2014 conoció el diseño de trabajo de graduación titulado: "Análisis comparativo entre el método determinístico y el probabilístico en la evaluación financiera de un proyecto", elaborado y presentado por el Señor estudiante: Sebastián Moreno González como requisito previo a la obtención del título de Economista Empresarial.

Una vez revisado el documento en referencia que cumple con todos los requisitos legales y académicos que dispone el Reglamento de Graduación de la Facultad, la Junta resolvió designar el Tribunal correspondiente, integrado por los Señores economistas: Bladimir Proaño Rivera como Director del trabajo, Lenin Zúñiga Condo y María Eugenia Elizalde como miembros del Tribunal.

En tal sentido, agradeceré a Usted se sirva -a nombre de la Junta- realizar el trámite correspondiente.

Atentamente



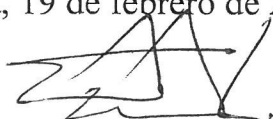
Econ. Mauro Calle C.

Director de la Escuela de Economía Empresarial

## CONVOCATORIA

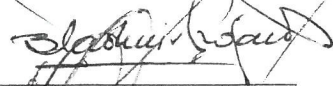
Por disposición de la Junta Académica de Economía, **CONVOCO** a los Miembros del Tribunal Examinador, a la sustentación del Protocolo del Trabajo de Titulación denominado: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL METODO DETERMINISTICO Y EL PROBABILISTICO EN LA EVALUACION FINANCIERA DE UN PROYECTO”** presentado por el estudiante señor **JUAN SEBASTIAN MORENO GONZALEZ (48715)**, previa a la obtención del grado de Economista (Mención Economía Empresarial), para el día **MARTES 25 DE FEBRERO DE 2014, a las 19h00**

Cuenca, 19 de febrero de 2014



Dr. Romel Machado Clavijo  
Secretario de la Facultad

Eco. Bladimir Proaño Rivera

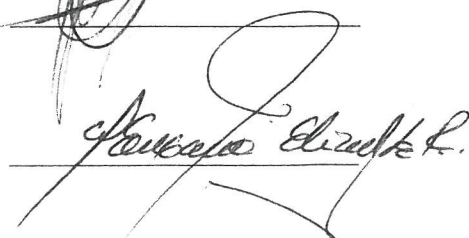


Eco. Lenin Zúñiga Condo

*comunicado*



Eco. Ma. Eugenia Elizalde Raad





**ACTA  
SUSTENTACIÓN DE PROTOCOLO/DENUNCIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

- 1.1 **Nombre del estudiante:** JUAN SEBASTIAN MORENO GONZALEZ
  - 1.1.1 Código: 48715
- 1.2 **Director sugerido:** Eco. Bladimir Proaño Rivera
- 1.3 **Codirector (opcional):** \_\_\_\_\_
- 1.4 **Tribunal:** Ecos. Lenin Zúñiga Condo y Ma. Eugenia Elizalde Raad
- 1.5 **Título propuesto:** ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL METODO DETERMINISTICO Y EL PROBABILISTICO EN LA EVALUACION FINANCIERA DE UN PROYECTO
- 1.6 **Resolución:**

1.6.1 Aceptado sin modificaciones

1.6.2 Aceptado con las siguientes modificaciones:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1.6.3 Responsable de dar seguimiento a las modificaciones (designado por la Junta Académica de entre los Miembros del Tribunal): Eco. Bladimir Proaño Rivera

1.6.4 No aceptado  
• Justificación:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Tribunal**

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_

Secretario de Facultad

Fecha de sustentación: 25. Feb - 2014





## RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**1.1 Nombre del estudiante:** JUAN SEBASTIAN MORENO GONZALEZ

**1.2 Director sugerido:** Eco. Bladimir Proaño Rivera

**1.3 Codirector (opcional):**

**1.4. Título propuesto:** ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL METODO DETERMINISTICO Y EL PROBABILISTICO EN LA EVALUACION FINANCIERA DE UN PROYECTO

**1.5 Revisores (tribunal):** Ecos. Lenin Zúñiga Condo y Ma. Eugenia Elizalde Raad

**1.6 Recomendaciones generales de la revisión:**

	Cumple totalmente	Cumple parcialmente	No cumple	Observaciones (*)
<b>Línea de investigación</b>				
1. ¿El contenido se enmarca en la línea de investigación seleccionada?	✓			
<b>Título Propuesto</b>				
2. ¿Es informativo?	✓			
3. ¿Es conciso?	✓			
<b>Estado del arte</b>				
4. ¿Identifica claramente el contexto histórico, científico, global y regional del tema del trabajo?	✓			
5. ¿Describe la teoría en la que se enmarca el trabajo	✓			
6. ¿Describe los trabajos relacionados más relevantes?	✓			
7. ¿Utiliza citas bibliográficas?	✓			
<b>Problemática y/o pregunta de investigación</b>				
8. ¿Presenta una descripción precisa y clara?	✓			
9. ¿Tiene relevancia profesional y social?	✓			
<b>Hipótesis (opcional)</b>				
10. ¿Se expresa de forma clara?	✓			
11. ¿Es factible de verificación?	✓			
<b>Objetivo general</b>				
12. ¿Concuerda con el problema formulado?	✓			
13. ¿Se encuentra redactado en tiempo verbal infinitivo?	✓			
<b>Objetivos específicos</b>				
14. ¿Concuerdan con el objetivo general?	✓			
15. ¿Son comprobables cualitativa o cuantitativamente?	✓			
<b>Metodología</b>				
16. ¿Se encuentran disponibles los datos y materiales	✓			



mencionados?				
17. ¿Las actividades se presentan siguiendo una secuencia lógica?	✓			
18. ¿Las actividades permitirán la consecución de los objetivos específicos planteados?	✓			
19. ¿Los datos, materiales y actividades mencionadas son adecuados para resolver el problema formulado?	✓			
<b>Resultados esperados</b>				
20. ¿Son relevantes para resolver o contribuir con el problema formulado?	✓			
21. ¿Concuerdan con los objetivos específicos?	✓			
22. ¿Se detalla la forma de presentación de los resultados?	✓			
23. ¿Los resultados esperados son consecuencia, en todos los casos, de las actividades mencionadas?	✓			
<b>Supuestos y riesgos</b>				
24. ¿Se mencionan los supuestos y riesgos más relevantes?	✓			
25. ¿Es conveniente llevar a cabo el trabajo dado los supuestos y riesgos mencionados?	✓			
<b>Presupuesto</b>				
26. ¿El presupuesto es razonable?	✓			
27. ¿Se consideran los rubros más relevantes?	✓			
<b>Cronograma</b>				
28. ¿Los plazos para las actividades son realistas?	✓			
<b>Referencias</b>				
29. ¿Se siguen las recomendaciones de normas internacionales para citar?	✓			
<b>Expresión escrita</b>				
30. ¿La redacción es clara y fácilmente comprensible?	✓			
31. ¿El texto se encuentra libre de faltas ortográficas?	✓			

(\*) Breve justificación, explicación o recomendación.

- Opcional cuando cumple totalmente,
- Obligatorio cuando cumple parcialmente y NO cumple.



.....  
.....  
.....  
.....



## DENUNCIA/PROTOCOLO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

### 1. DATOS GENERALES

**1.1 Nombre del estudiante:** Juan Sebastián Moreno González

**1.1.1** Código: 48715

**1.1.2** Contacto: 0995593454; [sebmorenog@gmail.com](mailto:sebmorenog@gmail.com)

**1.2 Director Sugerido:** Eco. Bladimir Proaño Rivera

**1.2.1** Contacto: [wproano@uazuay.edu.ec](mailto:wproano@uazuay.edu.ec) Teléfono 0999245871/2812033

**1.3 Co-director sugerido:**

**1.3.1** Contacto:

**1.4 Asesor metodológico:** Dr. Javier Ordóñez. Director de Soluciones Corporativas de la Palisade Corporation.

**1.5 Tribunal designado:**

Eco. Lenin Zúñiga Condo

Eco. Ma. Eugenia Elizalde Raad

**1.6 Aprobación:**

25 de febrero del 2014

**1.7 Línea de investigación de la carrera:**

**Línea:** Organización y Dirección de Empresas.

Esta será la línea de investigación de la carrera de Economía Empresarial que se aplicara en esta investigación ya que se estudiara la relación entre las empresas y el sistema financiero.

**Programa:** Gestión Financiera y Control de Riesgos





Este es el programa que seguirá esta investigación ya que se estudiará la influencia que tiene el sistema financiero en las necesidades financieras de las empresas y la eficiencia en la gestión de control de riesgos.

**Proyecto:** El papel de la banca nacional y el sistema financiero en la actividad productiva nacional.

**1.7.1 Código UNESCO:** 531102 Ciencias económicas, Organización y Dirección de empresas, Gestión Financiera y Control de Riesgos

**1.7.2 Tipo de trabajo:**

- a) Estudio comparativo (análisis comparativo)
- b) Investigación científica

**1.8 Área de estudio:** Finanzas, Evaluación de proyectos e inversiones, Estadística aplicada y Análisis de Riesgos.

**1.9 Título Propuesto:** Análisis comparativo entre el método determinístico y el probabilístico en la evaluación financiera de un proyecto.

**1.10 Subtítulo:** El método de simulación Monte Carlo en la evaluación de un proyecto de inversión incorporando el análisis de riesgo.

**1.11 Estado del proyecto:** Trabajo nuevo.

## 2. CONTENIDO

**2.1 Motivación de la investigación:** El interés en el estudio surge de la necesidad de profundizar el análisis y evaluación de proyectos superando el análisis tradicional. Para el presente estudio se contará con la ayuda del software de simulación *Monte Carlo* para el análisis de riesgo de la *Corporación Palisade® @Risk*.

La importancia del estudio se sustenta en la evaluación de proyectos de inversión incluyendo los riesgos de eventos inciertos que podrían o no ocurrir de tal manera que



su medición e impacto permitan tomar decisiones gerenciales más acordes con la realidad.

**2.2 Problemática:** En la mayoría de casos los proyectos se evalúan financieramente solo por el lado determinista, donde las variables analizadas o los supuestos se consideran ciertos, en base a solo la <mejor> estimación, dejando de lado el riesgo o la probabilidad de que algún evento o supuesto no sea cierto. Esto puede llevar a grandes pérdidas financieras ya que se pudieran estar gastando recursos persiguiendo *riesgos fantasmas* e ignorando *riesgos reales*.

Por lo que alternativamente se plantea investigar y ejemplificar el uso del método probabilístico que no se deja llevar por la intuición ni por una única estimación puntual utilizando rangos de valores y probabilidades asociadas, para cada parámetro seleccionado para la evaluación financiera.

**2.3 Pregunta de investigación:** ¿Qué diferencia existe entre el método determinístico y el método probabilístico en la evaluación de un proyecto de inversión? y ¿Cuál es el que arroja los mejores resultados con el menor riesgo?

**2.4 Resumen:** Utilizando el análisis comparativo demostraremos que el método determinístico, que tradicionalmente se usa en la evaluación financiera utilizando estimaciones basadas en la intuición o experiencia, evidencia un gran riesgo ya que se ignora la incertidumbre y puede llevarnos a graves errores; por lo que el método estocástico, el cual usa un rango de valores y probabilidades asociadas para cada parámetro de entrada, permite obtener y observar muchos resultados diferentes. Puede crear un rango probabilístico que le indica las probabilidades de los diferentes resultados que pueden ocurrir, es decir, nos fijamos en un universo de posibles resultados

## 2.5 Estado del Arte y marco teórico:

### Proyecto

Un proyecto es una planificación donde un conjunto de actividades se encuentran coordinadas e interrelacionadas, un proyecto busca una solución inteligente tendiente a resolver un problema, sea una necesidad humana, comercial, tecnológica, entre otras.<sup>1</sup>

Su formulación, evaluación y las decisiones finales se ajustan a la medida y expectativas humanas. Un proyecto implica un análisis multidisciplinario de diferentes

<sup>1</sup> El concepto de proyecto (PDF) desde <http://www.promonegocios.net/proyecto/definicion-proyecto.html>





especialistas (mercadólogos, ingenieros industriales, financieros, etc.). Nosotros nos centraremos en la evaluación económica y financiera de los proyectos de inversión.

### **Proyecto de Inversión**

Un proyecto de inversión es un conjunto de actividades coordinadas y organizadas para resolver un problema o una necesidad, con recursos limitados. Este sustenta y orienta el correcto procedimiento para la toma de decisiones, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas en la asignación eficiente de los recursos y así determinar la rentabilidad del proyecto, en base a lo cual, se debe llevar a cabo o no la inversión.

### **Etapas de Un Proyecto:**

Antes de evaluar un proyecto se debe primero identificar el mismo donde primero se describirá y explicará el problema, con sus causas y características, y se propone una solución para el problema, se pueden utilizar métodos como el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) o la planificación de proyectos por objetivos, entre otras. Luego se debe preparar el proyecto a través de un primer borrador con la información existente, el juicio común y la experiencia.

Una vez preparado el primer borrador del proyecto se realiza el análisis de pre factibilidad donde se utiliza información de fuentes secundarias, costos unitarios y en definitiva lo que se busca es definir la situación del mercado, las alternativas de producción o comercialización y la capacidad de financiamiento que se tiene para el proyecto. Una vez cumplido el análisis de pre factibilidad y aceptar la continuación del análisis del proyecto se pasa a la evaluación del mismo.

### **Evaluación Financiera**

La evaluación financiera de un proyecto tiene como finalidad estudiar, determinar o medir la factibilidad de un proyecto basándose en sus resultados financieros, a su vez el estudio financiero nos proporciona toda la información necesaria para estimar la rentabilidad de un proyecto y compararlo con otras alternativas de inversión. Esta evaluación de la rentabilidad se hace mediante la evaluación de la rentabilidad de recursos que forman parte del proyecto, tomando en consideración las características financieras del proyecto, para tener la seguridad de que el financiamiento del cual se dispone permitirá que el proyecto pueda ejecutarse y sea sostenible en el tiempo que se evaluará.

## Estudios técnicos-económicos

Una vez que se ha comprobado la viabilidad de la ejecución del proyecto se deben identificar los aspectos técnicos y los costos asociados al mismo para determinar su factibilidad técnica y económica<sup>2</sup>

Dentro de este debemos revisar los aspectos legales, el proyecto ejecutivo, los costos, el cálculo de la inversión inicial, el precio de venta, el financiamiento necesario, entre otros.

## Criterios para evaluar un proyecto

Existen diferentes criterios para evaluar un proyecto, entre los más importantes están:

### VAN

El VAN es uno de los criterios más básicos y más utilizados, que toma en cuenta la importancia de los flujos de efectivo en función del tiempo. Consiste en calcular la diferencia que existe entre el valor actualizado, es decir traído a valor presente, de los

flujos de beneficio y el valor, también actualizado, de las inversiones y otros egresos de efectivo; la tasa que se utiliza para descontar los flujos se le denomina de varias formas, pero a la final es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa, por debajo de esta tasa los proyectos de inversión no deben efectuarse. La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j} \quad (0.1)$$

Dónde:

$I_0$  = Inversión inicial;  $FN$  = Flujo neto;  $i$  = Rendimiento mínimo aceptable

### TIR

En el método de la TIR nos proporcionan los flujos negativos y positivos del proyecto; para después determinar la tasa de rendimiento (TIR) que satisface la ecuación (0.2). Esta tasa que hemos obtenido la comparamos con el rendimiento mínimo aceptable; si la TIR es mayor a la tasa de rendimiento mínimo aceptable la inversión debería realizarse; si la TIR es menor a la tasa de rendimiento mínimo aceptable debe rechazarse la inversión y si son iguales la inversión es indiferente.



$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+TIR)^j} \quad (0.2)$$

### **Análisis de Riesgo en los Proyectos de Inversión:**

Para analizar el riesgo de los proyectos, es importante desarrollar entre otras técnicas el análisis de sensibilidad, el manejo de escenarios para ello brevemente explicaremos:

#### **Análisis de sensibilidad y simulación**

El análisis de sensibilidad permite incorporar el valor del factor riesgo a los resultados pronosticados del proyecto. La simulación es un método analítico que intenta imitar la realidad, mediante una serie de experimentos, tanteos o pruebas organizadas para predecir el comportamiento futuro de las variables que se desea evaluar.

**2.6 Hipótesis:** Si el método probabilístico es una mejor herramienta de evaluación financiera, comparado con el método tradicional determinístico; entonces se podrían tomar mejores decisiones y se evitaran errores que derivan en pérdidas financieras.

**2.7 Objetivo General:** Demostrar las ventajas de la utilización del método probabilístico en la evaluación financiera de un proyecto de inversión desde la perspectiva teórica y práctica; respecto al método determinístico usado en la generalidad de las evaluaciones; evidenciar comparativamente las limitaciones y desventajas que presentan los dos modelos de evaluación.

**2.8 Objetivos específicos:** Sistematizar las bases teóricas de los dos métodos de evaluación financiera de proyectos de inversión.

Presentar el modelo probabilístico como herramienta más eficiente de evaluación financiera para un proyecto de inversión y de gran impacto dentro de la toma de decisiones de la alta gerencia.

Ejemplificar el uso de los dos métodos (determinístico y probabilístico) para poder compararlos.

Evidenciar el funcionamiento del método de simulación Montecarlo como método probabilístico para evaluar financieramente un proyecto de inversión.



**2.9 Metodología:** Esta investigación en base a los objetivos ya planteados será una a) investigación documental, correlacional y aplicada ya que se explicaran los resultados que se obtendrán en la evaluación financiera por cada método para realizar un análisis comparativo, basándose en las teorías estadísticas y financieras en los que estos se sustentan, b) Documental, más concretamente, bibliográfica ya que la información se obtendrá en base a libros especializados en la evaluación financiera, estadística aplicada y análisis de riesgos.

El enfoque de la investigación será cuantitativo ya que los datos se recogerán para establecer los patrones de comportamiento de los dos métodos de evaluación financiera, para poder realizar un análisis comparativo y determinar ventajas, desventajas y diferencias. Para esto se utilizara la técnica bibliográfica y la ejemplificación ya que los datos analizados se extraerán de los resultados que se encontraran dentro de la ejemplificación de la evaluación de un proyecto de inversión aplicando los dos métodos (probabilístico y determinístico) donde se evidenciaran las diferencias, ventajas y desventajas de los mismos; todo esto sustentado en su base teórica.

**2.10 Alcances y resultados esperados:** Al final del trabajo pretendemos demostrar la factibilidad del uso del método probabilístico, sobre el común método determinístico, para la evaluación financiera de un proyecto de inversión dado que el mismo incluye toda la incertidumbre que incurre dentro los proyectos de esta clase, haciendo que se minimicen los riesgos de cometer errores a la hora de tomar decisiones lo que se traduce en minimizar también las pérdidas financieras al ejecutar un proyecto sin el debido análisis.

**2.11 Supuestos y riesgos:** El único riesgo que pudiera afectar la realización adecuada del trabajo podría ser la caducidad o algún problema con el software @RISK de la Corporación Palisade®, sin embargo, se cuenta con el apoyo de la empresa para proporcionar cualquier ayuda con el mismo.





## 2.12 Presupuesto

Rubro	Unidades	Presupuesto		Justificación
			Costo USD	
Compra libros especializados	3	\$	135,00	Libros especializados del tema (Análisis de Riesgo)
Hojas papel bond	500	\$	5,00	Hojas para la realización de la tesis.
Edición de Tesis	1	\$	100,00	Edición por parte de profesionales de la Tesis.
Materiales		\$	50,00	Esferos; hojas; resaltador; reglas; entre otros
Empastado de Tesis	2	\$	40,00	Empastado final de la Tesis.
Transporte		\$	100,00	Gasolina por transporte.
Anillado de Tesis	2	\$	2,00	Anillado de los borradores de la Tesis.
Impresiones	3	\$	150,00	Borradores, versión final y material de apoyo
<b>Total</b>		\$	<b>582,00</b>	

## 2.13 Financiamiento: Propio

## 2.14 Esquema tentativo

### CAPITULO I: Pasos previos a realizar un proyecto de inversión

1.1 Introducción

1.2 Generalidades

1.3 Clasificación proyectos de inversión

1.4 Pasos previos a evaluar un proyecto de inversión

### CAPITULO II: Evaluación Financiera

2.1 Concepto

2.2 Fases

2.3 Métodos

2.4 Parámetros

### CAPITULO III: Método determinístico y Probabilístico

3.1 Concepto y generalidades

3.2 Aplicación en la evaluación financiera

3.3 Concepto y generalidades

3.4 Análisis de riesgo: El árbol de decisiones

3.5 Simulación de Monte Carlo

3.6 Aplicación en la evaluación financiera

### CAPITULO IV: Análisis comparativo entre el método determinístico y el método probabilístico

5.1 Ejemplificación de los dos métodos

5.2 Análisis de los datos o variables de entrada

5.3 Construcción de los modelos de evaluación



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY

5.4 Análisis comparativo de los resultados obtenidos

5.5 Criterios de selección del método

**CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones**

6.1 Conclusiones comparativas

6.2 Criterios de elección del mejor método

6.3 Riesgos inherentes de uno y otro

6.4 Recomendaciones





## 2.15 Cronograma

Objetivo específico	Actividad	Resultado esperado	Tiempo (semanas)
Revisión Bibliografica	Busqueda de libros físicos y online, paginas web especializadas, tesis acordes al tema, ejemplos de evaluaciones de proyectos.	Poseer una basta base teorica y bibliografica para poder desarrollar el tema	4
Analizar y explicar el planteamiento de un proyecto puro	Analizar todo lo que tiene que ver con los pasos previos a realizar un proyecto de inversion	Explicar claramente como y que se debe hacer antes de plantear la evaluacion de un proyecto	3
Explicar lo que es la evaluacion financiera y sus etapas	Conceptualizar y analizar el tema de evaluacion financiera, con todas sus etapas y componentes	Evidenciar como se evalua un proyecto de inversion para determinar su factibilidad	3
Explicar el metodo deterministico en la evaluacion financiera	Conceptualizar, analizar y ejemplificar el uso del metodo deterministico en la evaluacion financiera de un proyecto de inversion	Demstrar como tipicamene se evalua un proyecto de inversion y su factibilidad	3
Explicar lo que es el analisis de riesgo dentro de la evaluacion financiera	Analizar y conceptualizar el papel que juega el analisis de riesgo dentro de la evaluacion financiera	Explicar el papel que juega el riesgo dentro de los proyectos de inversion y su evaluacion	3
Explicar el metodo probabilistico en la evaluacion financiera	Recolectar informacion, conceptualizar, analizar y ejemplificar el uso del metodo probabilistico en la evaluacion financiera de un proyecto	Evidenciar una forma mas precisa y poco utilizada para evaluar financieramente un proyecto de inversion	5
Realizar un analisis comparativo de la aplicacion de los dos metodos	Con los resultados obtenidos en las ejemplificaciones del uso de los dos metodos, sustentados en la teoria, comparar los mismos	Evidenciar que el metodo probabilistico es una forma mas precisa y menos riesgosa de evaluar financieramente un proyecto de inversion, en comparacion al metodo deterministico	4
Sacar las diferentes conclusiones del trabajo y dar las oportunas recomendaciones	Condensar todo lo visto en el trabajo a forma de conclusion para obtener los resultamos mas sobresalientes del mismo	Demstrar la existencia de un metodo mucho mas eficiente para evaluar un proyecto de inversion que nos minimizara perdidas y errores; y recomendar el uso del mismo en el medio	4
Revisión del borrador de trabajo de titulación	Entrega al director del primer borrador para su revision	Informarse de las correcciones que deben hacerse en el trabajo	2
Corrección, revisión ortografica y revisión del trabajo final	Se corregiran errores, revisara la ortografia y se entregara el trabajo al director para su última revisión	Estar listos para la impresion final del trabajo	1
Impresion final, anillado y entrega del trabajo de titulación	Impresion, anillado y entrega	Presentar el trabajo de titulacion	1

## 2.16 Referencias

BACA G. (2009) Evaluación de Proyectos. Cuarta Edición, Editorial: Mc Graw Hill.

DURBÁN S. (2008) Dirección Financiera. Primera edición, Editorial Mc Graw Hill.

HUBBARD D. (2009) The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It. Editorial Hardcover.

KETELHÖH W., MARÍN J.N., MONTIEL E. (2009) Inversiones: Análisis de inversiones estratégicas. Editorial Norma.

LEACH P. (2006) Why Can't You Just Give Me The Number? An Executive's Guide to Using Probabilistic Thinking to Manage Risk and to Make Better Decisions. Editorial Paperback.

PEÑA Sánchez de Rivera, Daniel (2001). «Deducción de distribuciones: el método de Monte Carlo», en Fundamentos de Estadística. Madrid: Alianza Editorial.

WINSTON W., ALBRIGHT C. Practical Management Science. Second Edition, Duxbury Thompson Learning.

Razones Financieras (Ratios) Apuntes de Administración Financiera (n.d.) Extraído el 1 de Julio del 2013 desde

[http://www.elprisma.com/apuntes/administracion\\_de\\_empresas/ratiosfinancieros/](http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/ratiosfinancieros/)

Modelo determinístico (n.d.) Extraído el 1 de Julio del 2013 desde <http://modelo-determinisco.webnode.com.ve/news/modelo-deterministico/>

Universidad CAECE. Modelos determinísticos y estocásticos. Extraído el 4 de Julio del 2013 desde [http://caece-](http://caece-mys1.wikispaces.com/Modelos+determin%C3%ADsticos+y+estoc%C3%A1sticos)

[mys1.wikispaces.com/Modelos+determin%C3%ADsticos+y+estoc%C3%A1sticos](http://caece-mys1.wikispaces.com/Modelos+determin%C3%ADsticos+y+estoc%C3%A1sticos)

## 2.17 Anexos

## 2.18 Firma de responsabilidad (estudiante)

Sebastián Moreno González



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY

**2.19 Firma de responsabilidad**

*Bladimir Proaño*

Eco. Bladimir Proaño Rivera

**2.20 Fecha de entrega**

REVISADO 18 MAR 2014