

08-017

RISK MANAGEMENT, APPLYING MONTECARLO SIMULATION AND HAZID AND HAZOP METHODOLOGIES

Martínez, Juan Ignacio ⁽¹⁾; Comino López, Miguel ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Nacional de Luján (UNLu), ⁽²⁾ Universidad de Oviedo (UNIOVI)

The present investigation will study the process of risk management, applying methods that are usually used in other disciplines such as finance and engineering.

In professional practice, the Project Manager, teams, contractors, and other stakeholders of a business are faced with possible events to become risks. When this happens they impact on the project, its resources, times to completely stop a phase, deliverable or activity with its economic impact.

The Hazid and Hazop methods are used to identify risks, followed by qualitative and quantitative analysis, complemented by exhaustive monitoring of the variables exposed to risk, which are determining factors in project management.

By correctly applying Montecarlo simulation on the schedule, the risk of the activities is obtained with its consequent impact on time and costs. The baseline of the project contains probable and possible results.

The professional analysis of establishing the possible events of risks and the impacts in the schedule in combination with other methods, improves the decision making and the management of the projects in conditions of uncertainty.

Keywords: *impact; uncertainty; montecarlo; probability; risk; simulation*

LA GESTIÓN DE RIESGOS, APLICANDO SIMULACIÓN DE MONTECARLO Y LAS METODOLOGÍAS HAZID Y HAZOP

La presente investigación, estudiará el proceso de gestión de riesgos, aplicando métodos que habitualmente se utilizan en otras disciplinas como las finanzas y la ingeniería.

En la práctica profesional, el Project Manager, los equipos, contratistas, y demás interesados de un negocio se enfrentan a eventos posibles de convertirse en riesgos. Cuando esto sucede impactan en el proyecto, sus recursos, tiempos hasta detener por completo una fase, entregable o actividad con su impacto económico.

Los métodos Hazid y Hazop son utilizados para identificar riesgos, luego se continúa por el análisis cualitativo y cuantitativo, complementado con un monitoreo exhaustivo de las variables expuestas al riesgo, siendo determinantes en la gestión de proyectos.

Al aplicar correctamente la simulación de Montecarlo sobre el cronograma, se obtiene el riesgo de las actividades con su consecuente impacto en tiempos y costos. La línea base del proyecto contiene resultados probables y posibles.

El análisis profesional de establecer los posibles sucesos de riesgos y los impactos en el cronograma en combinación con otros métodos, mejora la toma de decisiones y la gestión de los proyectos en condiciones de incertidumbre.

Palabras clave: *impacto; incertidumbre; montecarlo; probabilidad; riesgo; simulación*

Correspondencia: Juan Ignacio Martínez - Correo: jim_finanzas@yahoo.com.ar Miguel Comino López - Correo: miguel.cominolopez@gmail.com

Acknowledgements/Agradecimientos: Universidad Nacional de Luján (UNLu, Luján, Bs. As., Argentina); Universidad de Buenos Aires (UBA, Cap. Fed., Argentina); Universidad Católica de Murcia (UCAM, Murcia, España); Universidad de León (UNILEÓN, León, España); Universidad de Oviedo (UNIOVI, Ov



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías, estándares, y buenas prácticas aplicadas por los profesionales en la disciplina gerencia de proyectos, considera la gestión de riesgos a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto, siendo una variable que abarca de manera transversal a toda organización (PMI, 1969; Prince₂, 1975; Cooper 1988).

En el caso de los métodos ágiles, no explicita un plan de riesgos. Según la guía Scrum, “emplea pequeños incrementos de trabajo para mitigar los riesgos”. El PMI, al abordar la agilidad expresa que: “Al construir un pequeño incremento para luego probarlo y revisarlo, el equipo puede explorar la incertidumbre a bajo costo en un corto tiempo, reducir el riesgo y maximizar la entrega de valor del negocio” (PMI, 2017, p. 13; Schwaber & Sutherland, 2013, p. 4).

La guía práctica de ágil creada por Agile Alliance en colaboración con el Project Management Institute, describe que: “Los proyectos de alta incertidumbre exhiben altas tasas de cambios, complejidad y riesgo. En cambio, utilizando metodologías adaptativas, se emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo” (PMI, 2017, p. 7-11, sección 2.4, agilidad).

Al aplicar la metodología Stage-Gate, el proyecto evoluciona y avanza a través de las etapas, al final de cada una se decide continuar a una próxima instancia; caso contrario desestimar la fase. La puerta I referencia a la evaluación de la idea, la II consiste en una investigación que culmina con un plan de negocio. En la III se desarrolla la planificación de marketing que termina con un prototipo, en la IV se realizan las pruebas de mercado, productos y clientes hasta la validación. Por último, en la V corresponde la puesta en producción y lanzamiento del producto (Cooper, 1988).

Los sucesos de riesgos comienzan por ser identificados en la etapa de idea, utilizando el enfoque Hazid (revisión sistémica por actividad y/o proyecto), posteriormente se pasa a Hazop (revisión sistémica del riesgo de operación). De esta forma, se llega a la evaluación de los eventos probables y posibles, la construcción de los planes de contingencias y la matriz de probabilidad e impacto.

El Project Management Institute dentro de la gestión de riesgos, desarrolló los procesos de planificar, identificar y analizar cuali-cuantitativamente, pasando por la respuesta hasta el seguimiento y control. En su reciente actualización, se modificó la acción de controlar a monitorear. Asimismo, agregó el proceso “implementar respuestas” para asegurar que las acciones por aplicar ante los sucesos riesgosos se ejecuten como se habían planificado (PMI, 2018, pp. 447-452).

Entre las estrategias de respuesta, se incorpora la de “escalar” conexas con las oportunidades y amenazas. Según el PMI, el escalamiento es apropiado cuando el director o patrocinador, consideran que las alternativas analizadas, se encuentran fuera del alcance o excede las tareas del Project Manager.

En Prince₂, los riesgos se identifican en el proceso de inicio (preparar la estrategia de gestión), luego en el control de fase se registran y examinan los sucesos más las excepciones relativas. Entre las acciones por aplicar la metodología establece: a) identificar el riesgo; b) evaluar su probabilidad e impacto; c) diseñar una respuesta adecuada; d) responder de manera proactiva y reactiva.

En los años 70', comienzan las primeras normas y estándares sobre gestión de riesgo, se crea la ISO 31000:2009 orientada a las organizaciones, aplicable a cualquier clase de compañía, más allá de su naturaleza, actividad, escenario comercial o producto (International Organization for Standardization, 2018).

Según esta norma, el riesgo se define como “la incertidumbre que surge durante la consecución de un objetivo. Se trata en esencia de circunstancias, sucesos o eventos adversos que impiden el normal desarrollo de las actividades de una empresa y que en general tienen repercusiones económicas para sus responsables y proyectos” (International Organization for Standardization, 2018, p. 4).

Los sucesos que son identificados en las diferentes etapas, son analizados cuali-cuantitativamente hasta llegar al alcance del proyecto, así tendremos un Free Cash Flow y un calendario de actividades con una alta certeza en su construcción, en base a todos los estudios realizados en forma gradual.

Concluida esta fase, la simulación de Montecarlo emplea las líneas bases económicas y de costos, para luego medir el riesgo cuantitativo de un proyecto; comenzando por el flujo económico y financiero considerando la inversión y el período operativo, siendo el resultante el impacto en los indicadores VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno), y plazo del cronograma (tiempo de ejecución).

Superada la etapa de viabilidad económica, se identifican las tareas del cronograma sean críticas o con holgura. Seguidamente, se asigna una distribución de probabilidad (entrada al modelo) siendo las salidas o impactos (costos, tiempos, etcétera). Por último, se determina en forma aleatoria los valores que pueden tomar un conjunto de variables, obteniendo como resultado una idea global del comportamiento probabilístico de las actividades dependientes del calendario.

En definitiva, el proceso de identificación de los sucesos de riesgos comenzó aplicando las técnicas Hazid y Hazop, realizando estudios hasta lograr la base de información con la cual construir el alcance. Aquí se diseñó y estructuró el flujo de fondos, calculando la rentabilidad del negocio, del accionista, para luego establecer la sensibilidad (gráfico de tornado) y detectar las variables críticas, de tal manera calcular la probabilidad cuantitativa de ocurrencia. Esta misma secuencia, se aplicó al cronograma de obras, obteniendo una matriz de impacto de costos y tiempos de las actividades individualmente y del todo el proyecto. De modo que el inversor considera los valores resultantes de la simulación de Montecarlo para tomar una decisión.

2. OBJETIVO

Establecer la secuencia de pasos que tiene que realizar un evaluador de proyectos, a través de la aplicación de una serie de técnicas para identificar y cuantificar cuali-cuantitativamente, los sucesos de riesgos.

3. METODOLOGÍA

Utilizar un caso modelo de un flujo de fondos, para aplicar la simulación de Montecarlo, y vislumbrar los impactos en los indicadores VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) obteniendo las curvas de probabilidad de riesgo con sus respectivos análisis para la toma de decisiones.

4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS I – TÉCNICA HAZID

La correcta identificación de los riesgos comienza en etapas tempranas del proyecto, documentándose en la matriz de rastreabilidad similar a la utilizada en los requisitos, por lo tanto, es una actividad que se realiza a lo largo de diferentes etapas desde: a) idea (inicio de los estudios); b) factibilidad (evaluar opciones); c) definición (alcance); d) ejecución (aparición de sucesos riesgos); culminando con el entregable final y las lecciones aprendidas.

De tal modo, el objetivo tiene que estar centrado en el monitoreo de los probables y posibles sucesos y su evolución en el tiempo. El registro de hechos, establece si el riesgo proviene de la WBS, actividad de un entregable o si es interno o externo a la organización, u otros orígenes. La categorización o estado del riesgo puede ser: activo, pasivo, de bajo seguimiento, archivado, etcétera, y determina si el suceso es crítico con su probabilidad asociada a un impacto, siendo estas las bases para construir las reservas de contingencias.

Todo emprendimiento sea constructivo, industrial, de servicios, depende del Project Management y su equipo para obtener una gestión adecuada del negocio. Se comienza por estudiar documentación de otros proyectos similares, realizando entrevistas con los interesados y ejecutores de las tareas. Toda esta información, permite construir un registro con sus causas y efectos, estableciendo los impactos y consecuencias de los potenciales y probables sucesos registrados y por registrar. Luego, serán evaluados y documentados hasta la fase de cierre (Mulcahy's, 2018, p. 417).

Este registro permite que algunos sucesos pasen a una instancia de análisis cualitativo de probabilidad e impacto medido en valores nominales (escala), otros pasarán directamente al estudio cuantitativo aplicando simulación de Montecarlo.

Características del análisis cualitativo:

Probabilidad:

- 1 Rara vez.
- 2 Improbable.
- 3 Posible.
- 4 Probable.
- 5 Casi seguro.

Impacto:

- 1 Insignificante.
- 2 Tolerable.
- 3 Moderado.
- 4 Significativo.
- 5 Severo.

El resultante es un mapa de riesgo, donde se pondera la probabilidad y el suceso, para luego establecer la cantidad de hechos que ingresan en la categoría de riesgos: a) críticos; b) altos; c) medios; d) bajos.

La metodología Hazid, es un término colectivo para englobar la identificación de peligros, no constituye un método, es una técnica que identifica los riesgos peligrosos en los procesos industriales y los ordena según su prioridad. El estudio se localiza en la fase de factibilidad, donde se dispone información del diseño del proyecto, diagramas de flujo, etcétera. En esta etapa se comienzan los estudios de ingeniería conceptual y las factibilidades técnicas de los equipos.

Al hallar el riesgo en una fase temprana del diseño de las instalaciones, permite registrar los sucesos para luego someterlos a la ponderación cuantitativa, evitando retrasos constructivos que pueden afectar el presupuesto compuesto por las partidas de obras y sus correspondientes actividades (Díaz Pérez, Fernández Zamora, Ramos Rodríguez, Reyes Delgado, & Santos Remesal, 2017).

En todo el proceso de la gestión del negocio, es vital lograr la integridad en:

- Diseño: aplicar herramientas para minimizar el riesgo lo más bajo posible.
- Operación: implantar sistemas de seguridad en todos los procesos de planta.
- Activos: adoptar estrategias de mantenimiento y optimización.

Existe un variado abanico de estudios, a saber: a) asignación de índice SIL; b) requisitos; c) Hazid; d) Hazop; (Díaz Pérez et al., 2017, p. 56, Fundación Mapfre, tabla 1, fases ingenierías).

- Identificar situaciones de peligros externos e internos.
- Medir los impactos de las consecuencias (causa y efecto).
- Calcular la probabilidad de ocurrencia.

Tabla 1: Estudios de Riesgos por Fases

Fase del Proyecto Ingenierías	Métodos de Análisis	Resultados Esperados
Conceptual	Hazid – What If	Localizar de forma temprana riesgos
Básica	Hazid, Hazop, Checklist	Identificar riesgos a detalle en procesos
Detalle	EERA, FHA, QRA, RAMS, SVA	Establecer situaciones de peligros con valoración de riesgos

Fuente: MAPFRE S. A.

5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS II – TÉCNICA HAZOP

En diferentes etapas de los proyectos varias empresas y organizaciones aplican las técnicas Hazid y Hazop para identificar los riesgos.

La guía “Guidelines for Hazards” no menciona la técnica Hazid pero si referencia a Hazop como “un método basado en un equipo bien estructurado y experimentado de identificación de sucesos riesgosos no previstos en el diseño de procesos o en sus posteriores modificaciones” (Center for Chemical Process Safety, 2008; Sutton, 2015).

El autor Freddman (2003) explica que la técnica HAZOP es: “Identificar los potenciales riesgos en las instalaciones y evaluar los problemas de operabilidad”. Además, expresa que las metodologías PHA (Process Hazards Analysis), se utilizan para identificar riesgos tanto cuali-cuantitativos siendo referencia en el mundo.

Es decir, sin una exhaustiva identificación del riesgo, no se puede realizar un análisis cualitativo, para luego pasar a un estudio cuantitativo en su variante Montecarlo.

Por este motivo, HAZOP estudia la seguridad, el medioambiente, el mantenimiento de los procesos y su base consiste en analizar las operaciones, la ubicación de los equipos, el personal y todo factor interno y externo que produzca riesgos (Freddman, 2003).

Requiere identificar cuatro puntos, a saber:

- Establecer las causas del riesgo.
- Determinar el impacto económico.
- Mitigar las consecuencias aplicando planes de contingencia.
- Recomendar aplicar otras acciones por si los controles fallan.

La técnica, debe delimitar correctamente el problema, analizando procesos, diagramas funcionales y equipos e información de planta, entre otros.

Los riesgos, son las variables del proceso y se producen cuando los valores se desvían de los parámetros normales de operación (Schulberg, 2010, pp. 173-177).

Para poder implantar HAZOP, es necesario que el Project Manager y el equipo de riesgos, realicen una serie de pasos de forma sistémica, a saber:

- Recolectar datos.
- Determinar condiciones técnicas de los procesos.
- Identificar peligros y riesgos residuales.
- Evaluar consecuencias y frecuencias esperadas.
- Establecer el riesgo (matriz probabilidad e impacto).
- Proponer medidas de reducción de riesgos.

En la fase de ejecución, se monitorea y controla la instalación de máquinas, la implementación de procesos, etcétera. Al medir los desvíos se determina el origen, causas y efectos por los hechos acontecidos.

Al suceso transformado en riesgo, se aplica la acción de mitigación proveniente de un plan de contingencia (Freddman, 2003, pp. 61-64; Schulberg, 2010, p. 173).

Lo descrito anteriormente, tiene correlato en la norma OHS 18001:1999 sobre riesgo en el trabajo, y sus antecesoras ISO 14001:1996 y UNE 81900:1996 (AENOR, 2019; García Ruiz, 2001; Normalización, 2019; Romero, 2001). En la reciente ISO 45001:2018 se introduce el concepto de riesgos y oportunidad, no solo en los ámbitos laborales y sus trabajadores, ahora ampliado al medioambiente, aspectos financieros, ambientales, etcétera (Cienfuegos & Contreras, 2019; IRAM, 2019).

Adicionalmente establece una serie de pasos y/o secuencias para evaluar los sucesos riesgosos, a saber:

- Identificar la compañía.
- Analizar riesgos en los puestos de trabajo.
- Valorizar el riesgo: frecuencia por impacto = riesgo.

Los métodos recomendados y propuestos son HAZOP y árboles de fallas, sin descartar otros aplicables.

La norma ISO 31000:2018 tiene un enfoque de gestión de procesos aplicado a los riesgos. Prevé una serie de principios para coordinar y alinear las buenas prácticas siendo complementaria de otras normas en lo internacional (Bajo Albarracín, 2019; Gonzalez, 2019).

La aplicación de la técnica HAZOP permite:

- Establecer los desvíos respecto al diseño de los procesos.
- Construir una matriz de probabilidad e impacto de los sucesos de riesgos.

Los profesionales en gestión de proyectos, para gestionar riesgos tendrán que realizar una correcta identificación de sucesos aplicando buenas prácticas, normas profesionales, y técnicas en la organización. El aspecto fundamental es construir la matriz de eventos probables, categorizar los hechos y monitorear el estado. Por último, ponderar cuantitativamente la probabilidad-impacto utilizando la simulación de Montecarlo u otras herramientas de análisis.

Cuando las cifras de tiempos y costos de la línea base del flujo de fondos o del cronograma del proyecto, son correctamente estimadas al aplicar la simulación de Montecarlo para la cuantificación, el riesgo se obtiene como resultante en una curva Gauss con el perfil de probabilidad siendo la variable de salida. Por lo general, es el tiempo de culminación de obra, en su defecto el valor actual neto de las operaciones económicas, con sus valores mínimos, máximos, y desvío estándar.

6. SIMULACIÓN DE MONTECARLO – CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO

La metodología se remonta a la física, cuando John Von Neumann y Stanislaw Marcin Ulam trabajaron en el proyecto Manhattan (Metropolis & Ulam, 1949). Realizaron los cálculos, resolviendo las ecuaciones diferenciales de la difusión de neutrones.

En el año 1948, en las instalaciones de la Universidad de Pennsylvania, se realizó el primer experimento de simulación de variables complejas, utilizando la computadora ENIAC mediante un sistema no determinista o estadístico.

A lo largo de los años las aplicaciones fueron diversas, hasta que se comenzó su implementación en la evaluación de proyectos de inversión para luego migrar hacia el Project Management, utilizando similar metodología de análisis.

Para construir un Free Cash Flow, las finanzas requieren: a) inversión: cronograma de obra diseñado, valorizado y estimado por la disciplina gestión de proyectos; b) flujo operacional: conformado por ingresos, costos, impuestos, valor de mercado, y la tasa de corte (costo de oportunidad) representada por el WACC utilizada para el descuento del flujo del negocio y la tasa K_e del accionista (equity cash flow).

El período de proyección, es estimado por el evaluador basándose en supuestos y restricciones, sabiendo que en la práctica tiene un horizonte de diez años (Dumrauf, 2013, pp. 628-637, capítulo 20).

El riesgo, en el flujo de fondos, se encuentra en las variables de entradas que construyen el proyecto: a) inversión; b) ingresos; c) costos; d) impuestos, e) tasa K_e o WACC (costo del capital), según corresponda al flujo bajo análisis. Estas afectan y repercuten en el indicador VAN (medido en moneda del País) y la TIR (rentabilidad expresado en %), siendo consideradas los valores de salidas o impacto, que influyen en la toma de decisiones empresariales.

El autor Guillermo L. Dumrauf (2013), expresa que: “El coeficiente beta, es utilizado en la fórmula de CAPM (capital asset pricing model) para conformar la tasa de referencia del proyecto, permitiendo medir el riesgo desde el punto de vista del inversor considerando una cartera bien diversificada financiada con aportes propios”.

También calcula los retornos esperados de la compañía, y los efectos sobre la utilidad. El Free Cash Flow (FCF), se descuenta a la tasa WACC (weighted average cost of capital) cuando utiliza equity y deuda de terceros. En el caso de ser full equity o capital propio, aplica la tasa K_e sobre el flujo denominado Equity Cash Flow (ECF) que comparado con el Free Cash Flow (FCF) mide el efecto leverage o apalancamiento. En el caso que la TIR del flujo (ECF) > TIR (FCF) el efecto es considerado leverage positivo, caso contrario negativo. En el primer caso se podrá financiar el proyecto con un mix de capital propio y deuda, en el segundo solo con capital, siendo la tasa denominada WACC = K_e (Dumrauf, 2013, p. 360, capítulo 11).

Para incorporar los riesgos en el flujo de fondos, se diseñan escenarios que prevén: a) inflación; b) déficit fiscal; c) evolución PBI; d) tipo de cambio; e) tasa de interés.

$$CAPM = R_f + B(R_m - R_f) \quad (1)$$

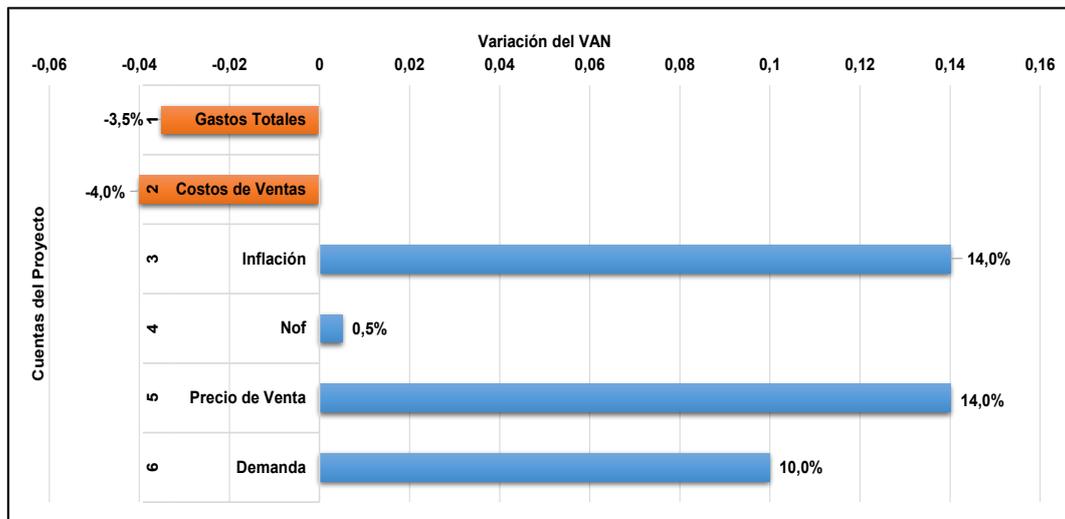
R_f : tasa libre de riesgo,

B : coeficiente beta,

R_m : rentabilidad histórica del mercado,

R_f : rentabilidad del activo (libre de riesgo).

Figura 1: Gráfico de Tornado - Impacto en VAN



Fuente: elaboración propia

El enfoque tradicional (estático) para el tratamiento de la incertidumbre y riesgo en la evaluación de proyectos es la sensibilización, realizado de dos formas diferentes:

1. Ajustar la tasa: en el Free Cash Flow (FCF) del caso base, al incrementarse el riesgo, se exigirá mayor rentabilidad al proyecto, esto implica un aumento de K_e , que a su vez incrementará el WACC (véase ecuación 1).
2. Modificar valores de las variables independientes del proyecto: se estiman los niveles de ventas y gastos, como otras cuentas que conforman el flujo de fondos sin cambiar la tasa de descuento, caso contrario se estaría duplicando la influencia del riesgo. El analista, realiza una variación de forma determinística.

Realizar el análisis económico de un proyecto de inversión o un cronograma de actividades, se basa en premisas y/o supuestos que proporcionan un resultado correcto, si y solo si, todos los valores de las variables introducidas en el modelo son conocidas con certeza, es decir, carecen de incertidumbre (véase figura 1).

Se denomina ambiente de análisis, al conjunto de factores no controlables por parte del decisor que operan sobre el modelo. Hasta ahora, la construcción del Cash Flow del proyecto o el cronograma se han confeccionado en función de premisas valoradas como ciertas. Este procedimiento no toma en consideración todos los posibles estados de la naturaleza, es decir, la multiplicidad de valores que puede adoptar cada una de las variables en un punto determinado del futuro. Por tal motivo, aquí es necesario aplicar la técnica de Montecarlo (Trumper & Virine, 2017, capítulo 5).

El análisis de Montecarlo, es una técnica no determinística, basada en la utilización de números aleatorios para muestreo de distribuciones de probabilidades de ocurrencia asignadas a variables inciertas, para la resolución de problemas mediante la simulación repetitiva, tanto en finanzas, física, matemáticas, etcétera.

Los eventos a experimentar analíticamente pueden ser:

1. Repetibles: es posible volver a realizar la prueba bajo las mismas condiciones ambientales. Por ej. lanzar una moneda, cálculo de velocidad cinemática de un móvil, etcétera.

2. No repetibles: el evento no puede ser replicado en las mismas condiciones iniciales, ya sea porque es imposible materialmente (variación de los estados de la naturaleza) o por su elevado costo.

El análisis de Montecarlo, determina en forma aleatoria los valores que pueden tomar un conjunto de variables de entrada en función de las distribuciones de probabilidades asignadas a cada una de ellas, obteniendo como resultado una idea global del comportamiento probabilístico en la/s variable/s de salida/s o dependiente/s durante el test (Machain, 2011, p. 192; Villanueva, 2015, capítulo 4-5).

Una variable es continua si puede adoptar infinitos valores para un intervalo dado. Contrariamente es discreta, si la cantidad de valores posibles entre los puntos fijados constituyen un conjunto finito o números enteros (Wayne L. Winston, 2000).

Las variables de entrada del modelo en un proyecto, pueden ser dependientes e independientes y el resultado continuo o discreto (véase tabla 2-5).

Ingreso por ventas: el monto que ingresa al proyecto por este concepto, depende de las unidades demandadas, el precio de venta y la inflación del período.

Tabla 2: Variable Dependiente (ingresos por ventas)

Concepto	Ingresos por ventas	Precio de Venta x	(1+Inflación)	x Demanda
Distribución	Log normal	Log normal	Normal	Continua

Fuente: caso elaboración propia

Demanda: el análisis de mercado estudiado, estima que es probable vender en cada uno de los períodos las unidades expuestas (valores estimados proyectados).

Tabla 3: Variable Independiente (demanda – distribución continua)

Demanda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mínimo	120	120	115	110	100
Máximo	157	210	210	230	230

Fuente: caso elaboración propia

Inflación: del análisis del ciclo económico, no se esperan bruscas variaciones, estimando un crecimiento sostenido del PIB en alrededor del 3 % anual.

Tabla 4: Variable Independiente (inflación – distribución normal)

Demanda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
μ	4 %	3 %	2 %	2 %	2 %
σ	0,6 %	0,6 %	0,5 %	0,6 %	0,7 %

Fuente: caso elaboración propia

Precio de venta: el precio posee variaciones debido a la inflación. Hay que tener la precaución de no utilizar una distribución normal pero si un log normal.

Tabla 5: Variable Independiente (precio de venta – distribución log normal)

Demanda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
μ	10,4	10,7	10,9	11,1	11,4
σ	9,98	10,18	10,38	10,59	10,80

Fuente: caso elaboración propia

El escenario base del proyecto, son las premisas del flujo de fondos para calcular el VAN con una tasa K_e 18 %, inflación acumulada del 13,7 %, Precio de Venta \$ 10, Costo Variable \$ 3, Gastos \$ 450, Fondos (NOF) 3 % de Producción (véase tabla 6).

Tabla 6: Flujo de Fondos Base – Cálculo del VAN

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Demanda		150	200	200	200	200
Ventas		1.560	2.142	2.185	2.452	2.501
CV		-468	-643	-656	-736	-750
NOF		-14	-5	0	-2	0
Gastos		-468	-482	-492	-502	-512
Inversión	-3.200					
Valor Residual						6881
FNF - VAN \$ 2.850	-3.200	610	1.012	1.038	1.212	8.120

Fuente: caso elaboración propia – expresado en miles y moneda nominal (pesos argentinos)

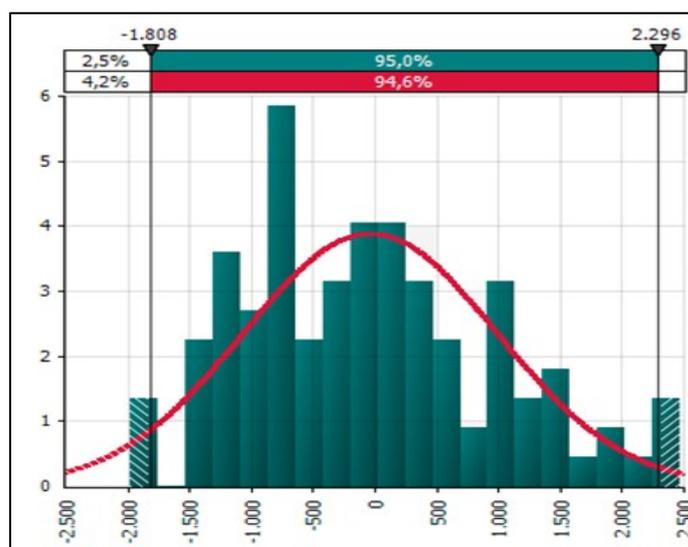
Tabla 7: Flujo de Fondos Simulado – VAN Simulación I

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Demanda		143	180	166	207	146
Ventas		1.421	2.300	2.536	3.613	2.171
CV		-488	-559	-663	-764	-613
NOF		-22	1	7	-12	8
Gastos		-477	-528	-597	-677	-798
Inversión	-3.200					
Valor Residual						2.949
FNF – VAN \$ 574	-3.200	435	1.215	1.282	2.159	3.717

Fuente: caso elaboración propia - expresado en miles y moneda nominal (pesos argentinos)

En el caso de repetirse la simulación, ej. 100 veces, el resultado de la distribución del valor del VAN con una certeza del 95 % es entre -\$ 1.808 y \$ 2.296 (véase tabla 7).

Figura 2: Curva Teórica & Real – Distribución del VAN 100 Simulaciones



Fuente: caso elaboración propia – software Palisade @ Risk 7.5

Los resultados de la simulación impactan en el VAN. A partir de las 10.000 iteraciones en adelante, el valor medio esperado del VAN converge, permaneciendo constante al igual que la magnitud del desvío estándar. No permanecen invariantes los valores

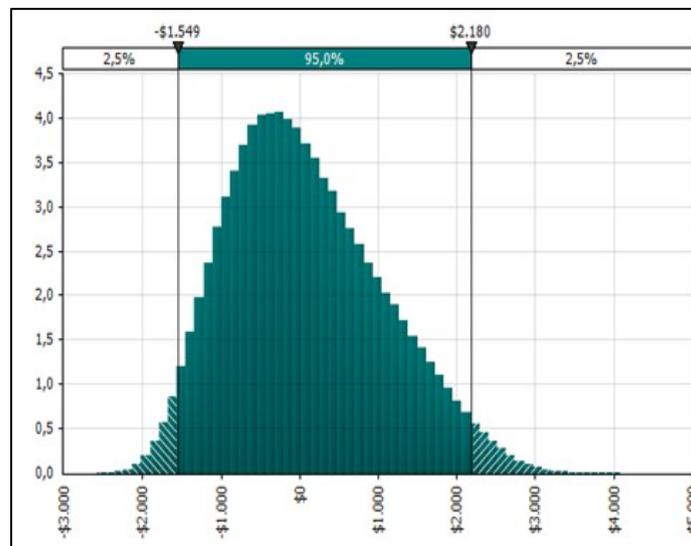
extremos, como es lógico a mayor cantidad de simulaciones más completas es el estado de la naturaleza. Se agrandan las colas de la distribución normal incorporando hechos de muy baja probabilidad.

Tabla 8: Variable de Salida VAN

Concepto - Iteraciones	100 q ¹	1.000 q ¹	10.000 q ¹	100.000 q ¹	1.000.000 q ¹
Valor Mínimo	-1.973	-2.058	-2.398	-2.583	-2.574
Media	18	38	39	39	39
Valor Máximo	2.470	3.148	3.496	3.680	3.935
Desvío Estándar	1.026	971	970	970	970
Intervalo de Confianza 95 %					
Mínimo	-1.808	-1.544	-1.567	-1.583	-1.571
Máximo	2.296	2.085	2.101	2.112	2.121
Probabilidad VAN < 0	55,0 %	55,3 %	52,8 %	52,7 %	52,7 %

Fuente: caso elaboración propia – (q)¹ cantidad de veces de la simulación

Figura 3: Valores Probables del VAN – 95 % de Certeza



Fuente: caso elaboración propia - software Palisade @ Risk 7.5

Es posible afirmar, que con un 95 % de certeza, el valor del VAN esperado del proyecto se encontrará entre: -\$ 1.549 y \$ 2.180 (véase figura 2-3, tabla 8).

7. CONCLUSIONES

La identificación de riesgos utilizando la técnica Hazid y Hazop, comienza en etapas tempranas del emprendimiento, cuestión que permite recorrer las diferentes fases de un proyecto de manera gradual hasta llegar a la definición y ejecución. Los hechos tienen que ser registrados en una matriz, para luego ser analizados cuali-cuantitativamente, pasando por el análisis de sensibilidad en el caso de la evaluación de proyectos o la detección de sucesos con riesgos en las actividades en el Project Management.

En la primera disciplina, se analiza el impacto sobre el VAN (valor actual neto) y en la segunda en los costos o plazo de culminación del cronograma, siendo consideradas variables de salidas. Previamente, se había aplicado la distribución de probabilidad a las cuentas o tareas del proyecto (factores de entrada).

La simulación de Montecarlo, utiliza el software @Risk o RiskyProject donde realiza una iteración de n veces en las cuentas de entrada del proyecto para obtener la probabilidad de ocurrencia o intervalo de impacto, y de esta forma conseguir parámetros como valores máximos, mínimos y desvío estándar de las variables de salida, y otros indicadores estadísticos que cuantificar el riesgo.

En definitiva, la simulación de las cuentas o tareas de un proyecto, es vital en la toma de decisiones porque analiza todos los estados de la naturaleza, pasando de un resultado determinístico (Sensibilidad) a otro probabilístico (Montecarlo), siendo el inversor el que decide en última instancia la implementación de un emprendimiento.

8. REFERENCIAS

- AENOR. (16 de 5 de 2019). *Asociación Española de Normalización y Certificación*. Recuperado el 16 de 05 de 2019, de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/UNE?c=N0007236>
- Bajo Albarracín, J. C. (2019). *Guía para la gestión de riesgos empresariales: ISO 31000* (1ra. ed.). Madrid. Recuperado el 16 de 05 de 2019, de <https://www.bubok.es/libros/242213/Guia-para-la-gestion-de-riesgos-empresariales-ISO-31000>
- Center for Chemical Process Safety. (2008). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures* (Tercera ed.). (A. I. Engineers, Trad.) Wiley. doi:10.1002/9780470924891
- Cienfuegos, S., & Contreras, S. (2019). *Guía para la aplicación de ISO 45001:2018* (1ra. ed.). Madrid, España: AENOR. Recuperado el 16 de 05 de 2019, de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscar-libros/detalle?c=12648>
- Cooper, Robert G. (1988). *The new product process: A decision guide for management* (Vol. 3:3). Journal of Marketing Management. doi:<https://doi.org/10.1080/0267257X.1988.9964044>
- Díaz Pérez, A., Fernández Zamora, P., Ramos Rodríguez, A., Reyes Delgado, G., & Santos Remesal, J. (2017). Herramientas avanzadas para el diseño, operación y gestión segura de instalaciones. *Gerencia de Riesgos y Seguros*(126), 12. Recuperado el 16 de 05 de 2019, de https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1108427
- Dumrauf, G. L. (2013). *Finanzas Corporativas Un enfoque latinoamericano* (Tercera ed., Vol. I). Capital Federal, Buenos Aires, Argentina: Alfaomega S.A. Obtenido de <https://www.dumrauf.com.ar/>
- Freddman, P. (2003). HAZOP como metodología de análisis de riesgos. *Petrotecnica*, 4. Obtenido de <http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnica/2003-2/Hazop.pdf>
- García Ruiz, A. (2001). OHSAS 18001:1999 Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad Laboral. *Gestión Práctica de Riesgos Laborables*, 31. Recuperado el 16 de 05 de 2019, de <http://pdfs.wke.es/8/1/9/5/pd0000018195.pdf>
- Gonzalez, H. (16 de 5 de 2019). *ISO 31000:2018-Directrices para gestión de riesgos*. Obtenido de <https://calidadgestion.wordpress.com/2018/10/31/iso-31000-2018-directrices-para-gestion-de-riesgos/>

- International Organization for Standardization. (2018). *Risk Management ISO 31000*. Vernier, Geneva: ISO.ORG.
- IRAM. (16 de 5 de 2019). *Instituto Argentino de Normalización y Certificación*.
Obtenido de
<http://www.iram.org.ar/index.php?IDM=44&IDN=679&mpal=no&alias=>
- Machain , L. (2011). *Simulación de Modelos Financieros*. San Lorenzo, Rosario, Buenos Aires: Machain. Obtenido de <http://www.simularsoft.com.ar/>
- Metropolis, N., & Ulam, S. (1949). The Monte Carlo Method - Journal of the American Statistical. *Journal of the American Statistical Association* , 44(247), 335-341.
Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/2280232>
- Mulcahy's, R. (2010). *Preparación para el examen PMP*. EE. UU.: RMC Publications Inc.
- Normalización, O. I. (16 de 5 de 2019). *ISO*. Obtenido de ISO:
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-1:v1:es:sec:A>
- PMI. (2018). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (VI ed., Vol. I). (PMI, Ed.) Pennsylvania, EE.UU.: PMI. Obtenido de <http://www.pmi.org>
- Prince2. (17 de 05 de 2019). *Prince2*. Obtenido de
<https://www.bestpracticebookstore.com/usa/products/prince2-books/managing-successful-projects-with-prince2r-2017>
- Project Management Institute. (2017). *Guía Práctica de Ágil* (1ra. ed.). Filadelfia, Pennsylvania, EE.UU.: PMI. Obtenido de <https://www.pmi.org>
- Romero, J. R. (2001). La Norma OHS 18001 de Gestión de la Seguridad y Salud Laborables. *Asociación para la Prevención de Accidentes APA*, 17.
Recuperado el Abril de 2019
- Schulberg, F. (2010). Marco Flexible para la Prevención y Preparación en Caso de Accidentes con Productos Químicos. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*(ISBN: 978-92-807-3094-4), 257. Obtenido de
http://www.capp.eecentre.org/Upload/images/pub_FF_Guidance_Spanish.pdf
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). *La guía de Scrum*. EE.UU: scrumguides.
- Sutton, I. (2015). *Process Risk and Reliability Management*. Elsevier Inc.
doi:<https://doi.org/10.1016/C2014-0-01362-7>
- Trumper, M., & Virine, L. (2017). *Project Risk Analysis Made Ridiculously Simple*. world Scientific. Obtenido de
<https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/9963>
- Villanueva, J. R. (2015). *Programación de Proyectos con Incertidumbres* (1ra. ed.). Miraflores, Lima, Perú: Macro S.A.
- Wayne L. Winston , L. W. (2000). *Simulation Modeling Using @risk* (2da. ed.). Cengage Learning.