



CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

Gerencia de proyectos

Guía de estudio

Ing. Tito Castillo Ph.D.

tcastillo@unach.edu.ec

Riobamba, julio 2025

Objetivo de la asignatura

La asignatura de Gerencia de proyectos aporta con los conocimientos que se requieren para lograr los objetivos de un proyecto mediante el manejo de grupos humanos y diferentes elementos materiales, equipos, plazos (tiempo) y presupuestos (dinero). El desarrollo de habilidades administrativas complementa las capacidades técnicas aplicadas al proyecto de tal forma que su uso resulte eficiente.

Al final del curso el estudiante conocerá técnicas de administración de proyectos de construcción que permiten una mejora de la productividad y eficiencia en el uso de los recursos involucrados en los mismos.

Los contenidos aportan al perfil profesional del ingeniero que trabaja en equipo como parte de un grupo de profesionales de diferentes áreas encargadas de la consecución de un proyecto, desarrollando valores de responsabilidad, veracidad, justicia, solidaridad y bien común.

Resultado de aprendizaje de la Unidad 4

Utiliza herramientas estocásticas para la toma de decisiones

Objetivo de la asignatura

La asignatura de Gerencia de proyectos aporta con los conocimientos que se requieren para lograr los objetivos de un proyecto mediante el manejo de grupos humanos y diferentes elementos materiales, equipos, plazos (tiempo) y presupuestos (dinero). El desarrollo de habilidades administrativas complementa las capacidades técnicas aplicadas al proyecto de tal forma que su uso resulte eficiente.

Al final del curso el estudiante conocerá técnicas de administración de proyectos de construcción que permiten una mejora de la productividad y eficiencia en el uso de los recursos involucrados en los mismos.

Los contenidos aportan al perfil profesional del ingeniero que trabaja en equipo como parte de un grupo de profesionales de diferentes áreas encargadas de la consecución de un proyecto, desarrollando valores de responsabilidad, veracidad, justicia, solidaridad y bien común.

Resultado de aprendizaje de la Unidad 4

Utiliza herramientas estocásticas para la toma de decisiones.

Unidad 4

TOMA DE DECISIONES

Introducción

Cuando nos enfrentamos al caos, buscamos maneras de estructurarlo, de comprenderlo o, al menos, de obtener una visión general. Los modelos nos ayudan a reducir la complejidad de una situación, permitiéndonos ignorar la mayor parte y concentrarnos en lo importante.

Los críticos suelen señalar que los modelos no reflejan la realidad. Es cierto, pero es erróneo afirmar que nos obligan a pensar de una manera preestablecida. Los modelos no definen qué ni cómo debemos pensar; son el resultado de un proceso de pensamiento activo (Krogerus & Tschäppeler, 2012). Hay muchas herramientas y modelos para la toma de decisiones, algunos muy básicos como el método del si/no y otros mas complejos que emplean motores de inteligencia artificial.

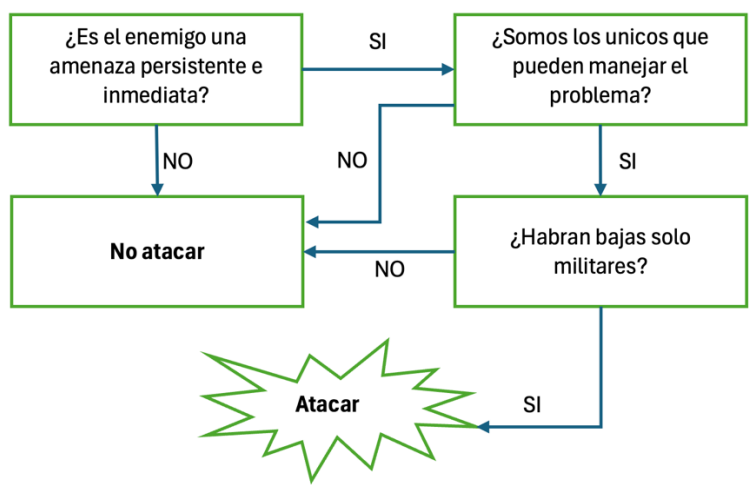


Ilustración 1 Metodo de si/no para tomar decisiones. Adaptado de Krogerus & Tschäppeler (2012)

Se han propuesto modelos del proceso de toma de decisiones, como el presentado por Aven (2016) para la toma de decisiones informadas o el que describe el proceso de análisis de decisiones propuesto por Hertz & Howard (1984)

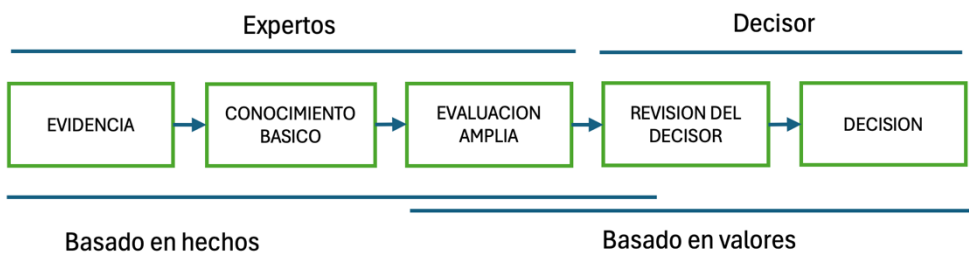


Ilustración 2 Modelo para la toma de decisiones informadas. Adaptado de (Aven, 2016)

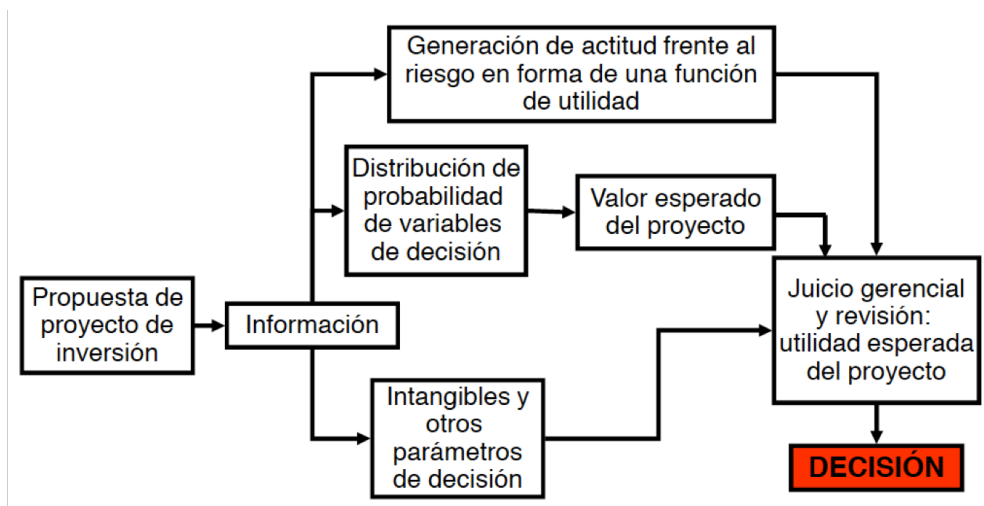


Ilustración 3 Proceso de análisis de decisiones Adaptado de (Hertz & Howard, 1984)

Hay elementos comunes en los modelos de toma de decisiones, como el contexto, la información, evaluación de las evidencias, alternativas, valores y el juicio personal, lo que hace que toda toma de decisiones sea esencialmente subjetiva.

Además, las decisiones están asociadas a un problema, se buscan lograr ciertos objetivos, deben existir alternativas u opciones, consecuencias de la decisión y ciertas transacciones o sacrificios que deben hacerse para lograr los objetivos. La decisión lleva asociada la incertidumbre y la afinidad al riesgo del decisor (Hammond et al., 1999).

Un proceso eficaz de toma de decisiones cumple con estos seis criterios: Se centra en lo importante. Es lógico y coherente. Reconoce factores subjetivos y objetivos y combina el pensamiento analítico con el intuitivo. Requiere solo la información y el análisis necesarios para resolver un dilema específico. Fomenta y guía la recopilación de información relevante y opiniones fundamentadas. Es directo, fiable, fácil de usar y flexible (Hammond et al., 1999).

Los proyectos de construcción son proyectos complejos que implican múltiples decisiones en diversas etapas, desde la planificación y el diseño hasta la ejecución y la entrega. Estas decisiones influyen significativamente en el resultado del proyecto, incluyendo su costo, plazo, calidad y seguridad.

Las decisiones se toman en los proyectos cuando se tiene suficiente información. Se procura la participación de los involucrados y luego del análisis de las opciones, se toma la decisión, se implementa y se monitorean sus efectos. Las decisiones deben ser oportunas y adecuadas a las circunstancias (Serpell & Alarcón, 2001).

El proceso de tomar una decisión en la construcción consta de varias etapas. que requieren la recopilación y preparación de datos, el análisis del problema y la etapa final asociada con la toma de decisiones. Debido a la complejidad de las situaciones en las que se toman las decisiones en la actividad constructiva, el proceso puede apoyarse con métodos, sistemas y modelos matemáticos, que permiten al usuario imponer un orden en el proceso y facilitan la consecución del objetivo, que es llegar a una decisión (Szafranko & Harasymiuik, 2022).

La urgencia de una decisión esta relacionada con su importancia, y su importancia tiene relacion con los efectos de la misma. Un ejemplo de

herramienta a aplicar para apoyar una decisión es la matriz de Eisenhower que relaciona lo urgente con lo importante.

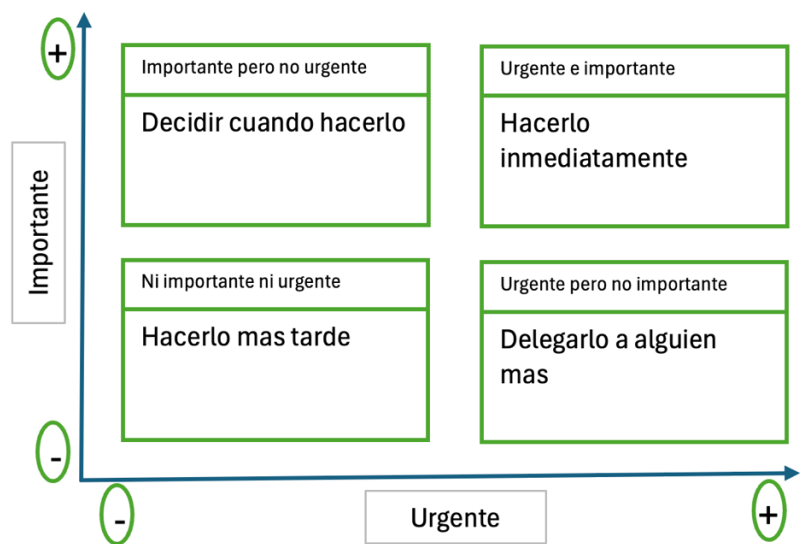


Ilustración 4 Matriz de Eisenhower. Adpatado de Krogerus & Tschäppeler (2012)

La toma de decisiones usa herramientas que apoyen con informacion basada en el análisis de datos o evidencias. La variedad de heramientas va desde matrices hasta modelos estocásticos.

Árboles de decisiones

Una herramienta usada como apoyo a la toma de decisiones son los árboles de decisiones. Estos presentan ventajas mediante su representacion de las opciones y resultados de las alternativas sobre las que se debe decidir (French, 1989).

El árbol de decisiones, es una herramienta gráfica para describir: las acciones disponibles para el que toma la decisión, los resultados que pueden ocurrir y los rendimientos de las relaciones entre ellos. El diagrama tiene ramas para cada alternativa posible de una decisión dada, y una rama para cada resultado posible que puede ocurrir en cada alternativa. Cuando hay costos y beneficios asociados con cada rama, y se estiman las probabilidades de cada resultado posible, el análisis de la red de flujo de las decisiones permite aclarar las elecciones y sus riesgos. Estos gráficos reducen el pensamiento abstracto a un patrón visual lógico de causa y efecto (Sullivan et al., 2004).

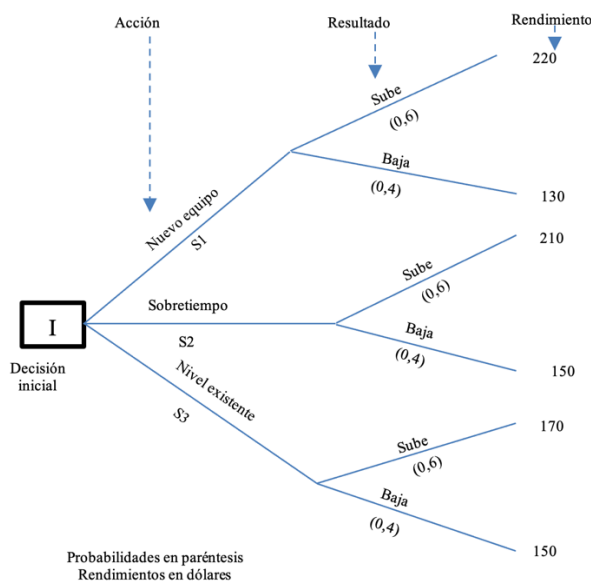


Ilustración 5 Arbol de decisiones. Adaptado de French (1989)

El rendimiento de la opción S1 es $0,6 \times 220 + 0,4 \times 130 = 184$
El rendimiento de la opción S2 es
El rendimiento de la opción S3 es.....

Considerando solo el rendimiento ¿Cuál es la mejor opción?.....

Los métodos de toma de decisiones que se usan en la industria de la construcción se basan en evidencias, dejando de lado los métodos basados solamente en intuición o experiencia. Uno de los metodos basados en evidencias o en datos es el método de selección por ventajas (CBA).

Este es un sistema colaborativo y transparente para la toma de decisiones que se puede usar para todo tipo de decisiones, desde las más simples hasta las más complejas. El método CBA más utilizado es el método tabular, que permite elegir entre dos o más alternativas mutuamente excluyentes que no tienen el mismo coste, por ejemplo. En las empresas constructoras se usa para la elección de materiales de construcción, contratistas y equipos. El método tabular del CBA puede utilizarse para decisiones de moderadamente complejas a muy complejas (Arroyo, 2015).

Decisiones basado en ventajas

El método de toma de decisiones basado en ventajas es un enfoque estructurado que ayuda a evaluar y comparar opciones considerando sus beneficios en lugar de solo enfocarse en los inconvenientes o restricciones.

Este método se basa en identificar y comparar las ventajas únicas de cada opción. La idea es que, al enfocarse en las fortalezas, se facilita la elección de la alternativa que aporta más valor según los objetivos y prioridades del tomador de decisiones.

- 1.Definir el problema: Aclarar qué se quiere resolver o decidir.
- 2.Establecer los objetivos: Determinar qué se espera lograr con la decisión.
- 3.Identificar las alternativas: Listar las posibles opciones disponibles.
- 4.Determinar las ventajas de cada opción: Enfocarse en lo positivo y diferenciador de cada alternativa.
- 5.Comparar las ventajas: Evaluar qué opción ofrece los mayores beneficios en relación con los objetivos.
- 6.Tomar la decisión: Elegir la alternativa que maximiza las ventajas más importantes.

Ejemplo: una empresa de construcción necesita adquirir un tractor bulldozer para un proyecto de gran envergadura que incluye movimientos de tierra, nivelación de terrenos y apertura de caminos. El proyecto tiene una duración estimada de 3 años y se desarrollará en un terreno con condiciones variables, incluyendo áreas rocosas y suelos arcillosos. El presupuesto asignado para la adquisición del bulldozer es de \$300,000. El objetivo es seleccionar el tractor bulldozer más adecuado entre tres opciones disponibles, considerando factores como costo, rendimiento, mantenimiento, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones del terreno. Las opciones disponibles son:

	Bulldozer Caterpillar D6T	Bulldozer Komatsu D65EX-18	Bulldozer John Deere 850K
Precio	\$280,000	\$260,000	\$250,000
Motor	230 HP	220 HP	215 HP
Peso Operativo	23,000 kg	22,500 kg	21,000 kg

Ventajas	Alta durabilidad y confiabilidad en condiciones extremas.	Menor costo inicial comparado con el Caterpillar.	Menor costo inicial.
	Tecnología avanzada de control de tracción y estabilidad.	Transmisión hidrostática que ofrece mayor control y eficiencia en terrenos difíciles.	Facilidad de operación y mantenimiento.
	Amplia red de servicio técnico y disponibilidad de repuestos.	Bajo consumo de combustible.	Buen rendimiento en suelos arcillosos.
Desventajas	Costo inicial elevado.	Menor disponibilidad de repuestos en comparación con Caterpillar.	Menor potencia comparado con las otras opciones.
	Consumo de combustible relativamente alto.	Menor durabilidad en condiciones extremadamente rocosas.	Menor capacidad de trabajo en terrenos rocosos.

Criterios de Decisión:

Costo Total de Operación: (Ventaja suprema)
Incluye costo inicial, consumo de combustible, mantenimiento y vida útil.
Valores: Bajo 100, medio 80, alto 0
Rendimiento en Condiciones del Terreno:
Capacidad para operar eficientemente en terrenos rocosos y arcillosos.
Valores: Alto 90, medio 80, bajo 0
Disponibilidad de Repuestos y Servicio Técnico:
Facilidad y costo de mantenimiento.
Valores: Alto 80, medio 70, bajo 0
Durabilidad y Confiabilidad:
Capacidad de soportar condiciones extremas sin fallos frecuentes.
Valores: Alto 95, medio 85, bajo 0
Análisis Comparativo:

Criterio	Caterpillar D6T	Komatsu D65EX-18	John Deere 850K
Costo Total de Operación	Alto (mayor consumo)	Medio (bajo consumo)	Bajo (menor costo)
Rendimiento en Terreno	Excelente	Muy Bueno	Bueno
Disponibilidad de Repuestos	Alta	Media	Media
Durabilidad y Confiabilidad	Muy Alta	Alta	Media

Orden nominal

Posición	Orden nominal
1	Mucho menor costo de operación
2	Mayor disponibilidad de repuestos
3	Mucho mejor rendimiento en terreno
4	Mucho más durable

Orden cardinal

Posición	Orden Cardinal	IdV
1	Mucho menor costo de operación	100
2	Mucho más durable	95
3	Mucho mejor rendimiento en terreno	90
4	Mayor disponibilidad de repuestos	80

MATRIZ DE DECISIONES SOBRE VENTAJAS

FACTORES	VENTAJA	IdV	VENTAJA	IdV	VENTAJA	IdV
	Bulldozer Caterpillar D6T		Bulldozer Komatsu D65EX-18		Bulldozer John Deere 850K	
a) Costo Total de Operación	Alto		Medio		Bajo	
Criterio (Menos es mejor)			Menor costo de operación	80	Mucho menor costo de operación	100
b) Rendimiento en Condiciones del Terreno	Excelente		Muy bueno		Bueno	
Criterio (Más es mejor)	Mucho mejor rendimiento en terreno	90	Mejor rendimiento en terreno	80		
c) Disponibilidad de Repuestos y Servicio Técnico	Alta		Media		Media	
Criterio (Mas es mejor)	Mayor disponibilidad de repuestos	80				
d) Durabilidad y Confiabilidad	Muy alta		Alta		Media	
Criterio (Mas es mejor)	Mucho más durable	95	Mas durable	85		
SUMA TOTAL IMPORTANCIA DE VENTAJAS	265		245		100	
COSTO DE LA ALTERNATIVA	\$280.000,00		\$260.000,00		\$250.000,00	



Fig. 1 Diagrama de IdV vs Costo de las alternativas

Recomendación:
Opción: Bulldozer Caterpillar D6T
Justificación:

Costo Total de Operacion: El Caterpillar D6T ofrece un rendimiento superior, aunque tiene un alto costo de operación por consumo de combustible también tiene un mejor rendimiento.

Rendimiento en Terreno: El Caterpillar D6T tiene una transmisión Powershift que ofrece un control superior en terrenos difíciles, lo que es crucial para las condiciones variables del proyecto.

Disponibilidad de Repuestos: Tiene una amplia disponibilidad en la red de talleres de mantenimiento y repuestos Caterpillar.

Durabilidad y Confiabilidad: El Caterpillar D6T tiene una alta durabilidad y confiabilidad en condiciones extremas.

Conclusión:

El Caterpillar D6T es la opción que ofrece mayores ventajas pese a su alto costo de adquisición y operación ofreciendo un excelente rendimiento y la durabilidad necesaria para el proyecto. El Caterpillar D6T es superior en términos de rendimiento y durabilidad.

De este modo se reduce la influencia del sesgo negativo (enfocarse solo en problemas o riesgos), facilita la toma de decisiones en situaciones complejas y ayuda a tomar decisiones alineadas con los valores y objetivos personales u organizacionales.

Simulación de Montecarlo para la toma de decisiones

La simulación Monte Carlo es una técnica que utiliza números aleatorios para generar un gran número de resultados posibles para una situación dada. Al repetir un experimento muchas veces, se puede aproximar la distribución de probabilidad de los resultados.

La información que se logra con un análisis de Monte Carlo permite optimizar los proyectos de ingeniería, pues permite realizar análisis de sensibilidad para identificar variables que tienen el mayor impacto en los resultados.

Se utiliza un sistema informático para ejecutar suficientes simulaciones y producir diferentes resultados que imitan los de la vida real. El sistema utiliza generadores de números aleatorios para recrear la incertidumbre inherente de los parámetros de entrada. Los generadores de números aleatorios son programas informáticos que producen una secuencia impredecible de números aleatorios.

Los pasos son: Establecer el modelo matemático. Definir una ecuación que integre las variables de entrada y salida. Determinar los valores de entrada. Crear un conjunto de datos de muestra. Configurar el software para la simulación de Monte Carlo. Analizar los resultados.

IA para la toma de decisiones

La industria de la construcción ha experimentado una transformación significativa con la incorporación de tecnologías avanzadas. Entre estas, la inteligencia artificial (IA) ha surgido como una herramienta clave para mejorar la toma de decisiones, optimizar procesos y aumentar la eficiencia en proyectos de infraestructura.

La IA está revolucionando la industria de la construcción al proporcionar herramientas avanzadas para la toma de decisiones. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, predecir problemas y optimizar recursos la convierte en un aliado indispensable en la modernización del sector. A medida que la tecnología avanza, se espera que su adopción continúe en aumento, mejorando la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción en todo el mundo.

Entre las principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Construcción está la optimización de diseño y planificación. La IA permite la generación de modelos de construcción mediante algoritmos de

aprendizaje automático y diseño generativo. Estas herramientas ayudan a los arquitectos e ingenieros a evaluar múltiples opciones de diseño en función de costos, materiales y sostenibilidad.

Además, los sistemas de IA analizan datos históricos y actuales para prever retrasos, sobrecostos y problemas de seguridad en proyectos de construcción. Plataformas como ALICE Technologies utilizan IA para optimizar la programación de proyectos.

El uso de sensores inteligentes y análisis de datos en tiempo real permiten a la IA predecir fallas en equipos y estructuras antes de que ocurran. Por ejemplo, la empresa Autodesk desarrolla soluciones de mantenimiento basadas en IA para infraestructuras críticas.

En los sitios de construcción, los robots y sistemas de IA están siendo empleados para tareas repetitivas como la colocación de ladrillos, soldadura y excavación. La empresa Built Robotics ha desarrollado maquinaria autónoma controlada por IA para la construcción de carreteras y edificios.

El análisis de imágenes mediante visión artificial permite a la IA detectar comportamientos inseguros en el sitio de construcción y alertar a los supervisores en tiempo real. Procore y Smartvid.io ofrecen soluciones de IA para mejorar la seguridad en obras.

Algunos casos destacados de uso de IA son:

El proyecto ferroviario Crossrail en Londres utilizó IA para optimizar la planificación y detección de riesgos en la excavación de túneles, lo que permitió reducir costos y minimizar imprevistos.

El gobierno de Singapur ha implementado IA en el diseño de edificios sostenibles mediante el análisis de datos climáticos y energéticos para mejorar la eficiencia de recursos.

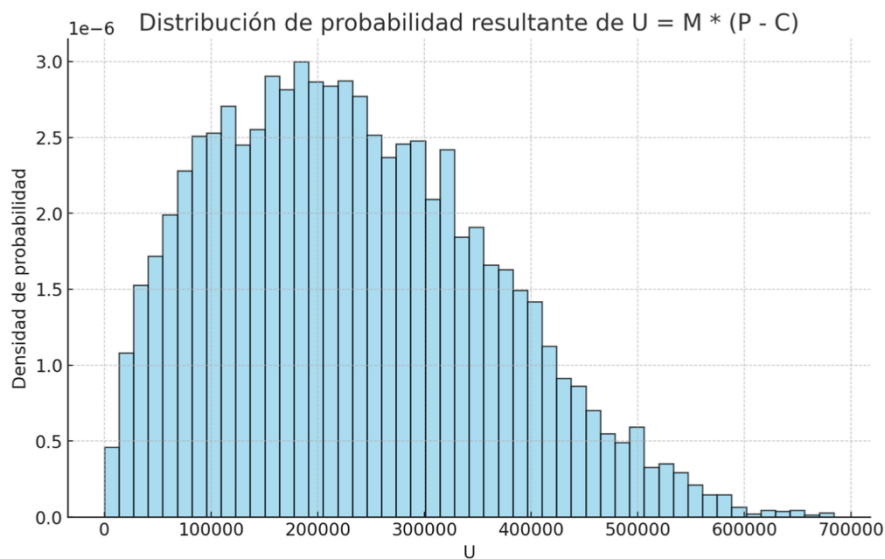
Varias empresas estadounidenses han integrado IA en la gestión de edificios inteligentes, utilizando sensores y algoritmos para mejorar el consumo energético y la seguridad estructural.

Ejemplo:

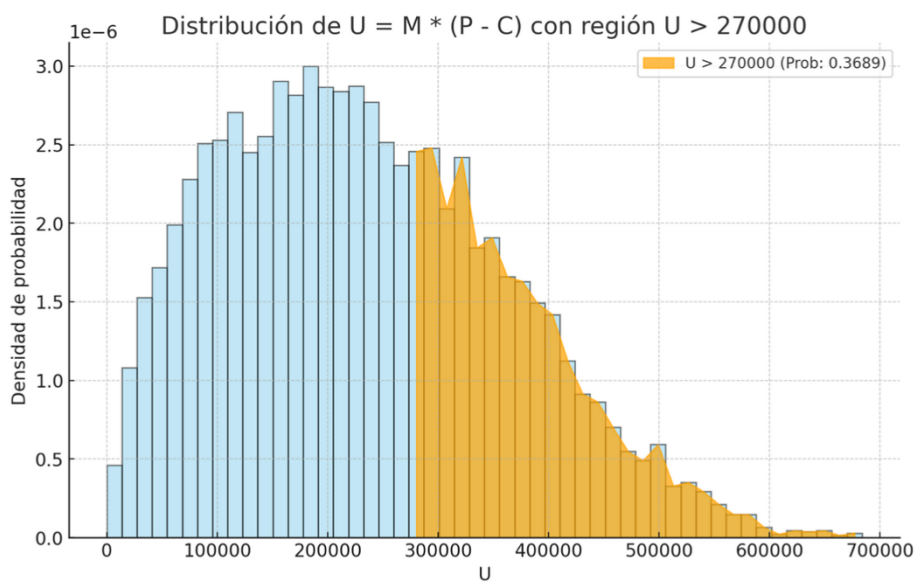
Un inversionista está pensando invertir en el negocio de construcción de viviendas para clase media, para la que empleará una nueva tecnología que la permite mantener costos bajos con poca variabilidad. Luego de un análisis del mercado y el costo de producción ha obtenido la siguiente información. Número probable de ventas al año pésimo = 0, mas probable = 11 y óptimo = 15. El precio de venta varía desde el valor pésimo igual al costo de producción = \$ 60.000, mas probable \$ 90.000 y excelente \$ 110.000. Los costos de producción tienen un promedio de \$ 60.000 con una desviación estándar de \$ 500. Tomará la opción de invertir si la posibilidad de obtener una utilidad de \$ 270.000 supera el 60%. Para el análisis usará la ayuda de la IA.

Prompt Monte Carlo (modelo GPT-4)

Como un experto en el uso de la modelación de Monte Carlo, preséntame el gráfico de la distribución de probabilidad resultante del cálculo de la ecuación $U=M(P-C)$, en donde U es la distribución de probabilidad resultante, M es una variable que tiene una distribución de probabilidad PERT con valores pésimo=0, medio=11, óptimo= 15; P es una variable que tiene una distribución de probabilidad PERT con valores pésimo=60.000, medio=90.000, óptimo= 110.000; C es una variable con una distribución de probabilidad normal con una media de 60.000 y una desviación estándar 500. Desarrolla el gráfico con 10.000 iteraciones.*



Estima la probabilidad de obtener una utilidad U mayor a 270.000 y preséntalo en el gráfico



Ante estos resultados el inversionista inmobiliario decide.....

Referencias

- Arroyo, P. (2015). *Lean Construction Blog*.
<https://leanconstructionblog.com/applying-choosing-by-advantages-step-by-step.html>
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 253, Issue 1, pp. 1–13). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- French, S. (1989). *Readings in Decision Analysis*. Chapman and Hall.
- Hammond, J. S., Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1999). *Smart Choices A Practical Guide to Making Better Decisions*. Harvard Business Review Press.
- Hertz, D. B., & Howard, T. (1984). *Risk Analysis and its Applications*. Wiley .
- Krogerus, M., & Tschäppeler, R. (2012). *The Decision Book: Fifty Models for Strategic Thinking*. W. W. Norton & Company.
- Serpell, A., & Alarcón, L. F. (2001). *Planificación y Control de Proyectos*. Ediciones Universidad Catolica de Chile.

- Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Luxhoj, J. T. (2004). *Ingeniería Económica de DeGarmo*. Pearson Education Limited.
- Szafranko, E., & Harasymiuk, J. (2022). Modelling of Decision Processes in Construction Activity. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(8).
<https://doi.org/10.3390/app12083797>