

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ASIGNATURA: SIMULACIÓN.

Docente: Marlyn Alicia Aarón Gonzalvez.

INTRODUCCIÓN:

La simulación es un área valiosa para la Ingeniería de Sistemas, toda vez el papel protagónico que juega el Ingeniero del Conocimiento en la modelación de la realidad y además en la representación de la misma a través de herramientas de hardware y software. No podemos dejar de lado que la simulación nace como una necesidad de la realidad de ser estudiada y valorada desde múltiples miradas, lo que la convierte en una excelente herramienta para la planeación, la organización, el diseño, la operacionalización, la predicción y la toma de decisiones, entre otras tareas y actividades de la vida diaria.

Este espacio dispuesto pretende orientar y desarrollar algunos escenarios simulados y visibilizarlos para todos los participantes de la unidad temática, a fin de que reflexionemos sobre los elementos que la constituyen y la cuota de responsabilidad que se tiene, cuando se está observando una realidad y luego se traslada a un escenario digital y o virtual para representarla.

OBJETIVO: La pretensión de esta unidad de conocimiento responde a simular escenarios reales utilizando modelos y software de simulación.

CONTENIDO

TEMÁTICO:

1. ¿QUÉ ES SIMULACIÓN?
2. APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN
3. INCONVENIENCIA DE LOS MODELOS ANALITICOS
4. SITUACIONES EN QUE LA SIMULACION ES ADECUADA
5. ESTUDIO DE FENOMENOS PROCESOS DE ESPERA Y SIMULACIÓN
6. APORTES DE LA SIMULACIÓN.
7. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA UTILIZAR LA SIMULACIÓN PARA VALORAR OPCIONES

8. REQUERIMIENTOS PARA LA SIMULACIÓN.

9. COMO SE HACE UNA SIMULACIÓN?

10. ALGUNOS SOFTWARES DE SIMULACIÓN. VENSIM PLE, ARENA

11. La SIMULACION PARA LA OPTIMIZACIÓN

12. SIMULACIÓN DE MODELOS SOCIALES

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA
DOCUMENTO NO. 1 RECOPIACIÓN.
ASIGNATURA: SIMULACIÓN.
Docente: Marlín Alicia Aarón Gonzálvez.

LA SIMULACIÓN. UN ESCENARIO DESDE LA INGENIERIA DE SISTEMAS.

MARCO CONCEPTUAL.

La simulación, nace como una herramienta matemática del cálculo computacional en la Ingeniería que requiere de poderosas computadoras para procesar los cálculos deseados.

Bajo este caso la simulación numérica comprende desde el planteamiento de un modelo matemático, que luego de un tratamiento analítico, desarrolla un análisis numérico riguroso del problema del cual depende que se ahorre en la implementación numérica y tan sólo utilizar un procesador de código para realizar la visualización del comportamiento virtual de los diferentes fenómenos, sean estos físicos, químicos de la ingeniería del diseño en la industria, la construcción, la vida real en general.

La simulación es un área valiosa para la Ingeniería de Sistemas, toda vez el papel protagónico que juega el Ingeniero del Conocimiento en la modelación de la realidad y además en la representación de la misma a través de herramientas de hardware y software. No podemos dejar de lado que la simulación nace como una necesidad de la realidad de ser estudiada y valorada desde múltiples miradas, lo que hace de la simulación una herramienta valiosa.

Tengamos presente el marco conceptual acompañados de varias posturas que nos ayudan a recrear nuestra cosmovisión sobre esta importante área.

ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE SIMULACION Y SU IMPORTANCIA.

¿Qué es Simulación?

“Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con el mismo con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o de evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de ellos -, para el funcionamiento del sistema.” . R.E. Shannon

La simulación de sistemas por ordenador esta basada en una generalización del concepto de experimentación del método científico, según el cual en lugar de realizar los experimentos sobre el sistema real, se realizan sobre un modelo dinámico que lo representa, de manera

que si el modelo es una representación válida del sistema entonces los resultados de la experimentación con el modelo pueden transferirse al propio sistema.

Aplicaciones de la simulación

La simulación puede intervenir en cualquiera de las fases del ciclo de vida del sistema, tanto en la concepción del mismo, como en su diseño preliminar y consiguiente estudio de factibilidad, en el diseño detallado y en la fase de construcción para proceder a evaluaciones y asesoramientos, o en la fase de utilización y mantenimiento para poder evaluar escenarios alternativos y encontrar respuestas a preguntas del tipo “que pasaría si”. La simulación puede entrar a formar parte de un estudio de cualquier tipo en cualquiera de las fases de un proyecto industrial: Estudio preliminar - Ingeniería Básica - Ingeniería de Detalle - Construcción - Funcionamiento

Los modelos necesarios para la realización de los experimentos de simulación no se utilizan exclusivamente para predecir el comportamiento de sistemas reales, sino que pueden ser empleados en otro tipo de tareas.

Algunas de estas tareas son las siguientes :

- Diagnóstico . El modelo se emplea como representación profunda del sistema, sobre el que es posible determinar las causas que generan una desviación respecto a un comportamiento teórico. En este tipo de aplicaciones es donde **los modelos funcionales** son especialmente importantes, dado que modelan directamente las funciones del sistema.
- Control basado en modelos. El modelo se emplea para determinar las posibles acciones a realizar sobre el sistema que conducirían al mismo a una determinada situación. **Los modelos causales** son especialmente importantes para ello, dado que representan los mecanismos de propagación de efectos en el sistema modelado.
- Optimización. El modelo se emplea para determinar situaciones del proceso en las que se logra una mejoría del rendimiento.
- Enseñanza. El modelo se utiliza para que una persona estudie el comportamiento del sistema al que modela. Este tipo de sistemas se han empleado en multitud de circunstancias.

Ejemplos de Proyectos apoyados desde la simulación:

- Problema de Flujo Multifásico
- Control de Calidad en equipos Spect
- Problema de Frontera Libre en Medios Porosos
- Implementación Numérica del modulo para las ecuaciones de Navier Stokes
- Generación de mallas óptimas para la discretización espacial para dominios generalizados

Vectores de enfermedades bajo condiciones de epicrisis.

Simulación^{1*} es un área de estudio que forma parte de la Investigación de Operaciones (IDO), la cual es usada prácticamente en todas las áreas de estudio conocidas. Simulación permite estudiar un sistema sin tener que realizar experimentación sobre el sistema real. Esto presenta muchas ventajas que discutiremos más adelante aquí. Sin embargo, esta no es la única forma de estudiar un sistema; otra posibilidad es construir un modelo analítico conformado por un conjunto de ecuaciones (generalmente diferenciales) que representan al sistema para luego resolverlo para diferentes situaciones, o bien plantear un modelo de optimización que pretende proporcionar la mejor estrategia que el sistema debe adoptar para funcionar mejor de acuerdo con alguna medida de rendimiento establecida en la "función objetivo" y satisfaciendo las diversas condiciones del problema, establecidas en "las restricciones". Los modelos que se obtienen como un conjunto de ecuaciones se denominan con frecuencia modelos analíticos, es decir modelos de ecuaciones diferenciales o de optimización. Por cierto que, los estudiosos de las ecuaciones diferenciales afirman con orgullo que todos los modelos analíticos son de ecuaciones diferenciales, ya que incluso una simple ecuación algebraica es una ecuación diferencial de orden cero (sic). Cualquiera que sea el caso, analizaremos aquí a manera de introducción los modelos analíticos y los de simulación, que por cierto aún no decimos como son, pues primero veremos algunas inconveniencias de los modelos analíticos. Posteriormente, después de discutir brevemente que son los modelos de simulación, indicaremos ventajas y desventajas de los modelos de simulación.

PRECISANDO ¿QUÉ ES SIMULACIÓN?

Simulación es una palabra que es familiar a los profesionales de todas las disciplinas e incluso para aquéllos que no han estudiado una carrera profesional. De esta manera el significado de la palabra *Simulación* se explica casi por sí misma. Entre los significados que podemos obtener de la gente común y corriente para la palabra "Simular", se encuentran los siguientes: "Imitar la realidad", "emular un sistema", "dar la apariencia o efecto de un sistema o situación real". Hay muchas definiciones propuestas sobre lo que significa *Simulación*, he aquí algunas definiciones:

"Una simulación es una imitación de la operación de un proceso del mundo real sobre determinado tiempo"

¹ Tomado de la página web. www.mor.itesm.mx/~jfrausto/

"El comportamiento de un sistema durante determinado tiempo puede ser estudiado por medio de un modelo de simulación. Este modelo usualmente toma su forma a partir de un conjunto de postulados sobre la operación del sistema real".

En la primera definición, está implícito un sistema, mismo que contiene un proceso (posiblemente formado por subprocesos). De esta manera se trata de un sistema el cual cambia con el tiempo. Nótese que en esta definición no se señala si las relaciones de las variables del sistema son discretas o continuas, esto depende del modelo que representará al sistema real. Esta división no existe siempre en la realidad, hemos sido los seres humanos quienes lo hemos dividido (para facilitar su estudio) en discreto y continuo. Esto pasa con todas las cosas de la naturaleza; está es única, sin embargo, el hombre se ha encargado en dividirla en física, biología, matemáticas, etc. No importa como dividamos a la naturaleza esta seguirá siendo única y probablemente indivisible.

Un modelo es una representación de un objeto de interés. No obstante que el objeto sea único, el número de representaciones es por lo general muy grande, de modo que el número de modelos de un sistema del mundo real lo es también. Puesto que para un sistema del mundo real habrá tantas representaciones como concepciones de la realidad se tengan, el número de modelos es por lo general infinito. El hecho de que se tenga más de un modelo de simulación para un sistema real, no nos debe preocupar demasiado, encontrar un modelo de simulación casi siempre es fácil, mientras que encontrar un modelo analítico con frecuencia es una tarea ardua, independientemente que, para muchos problemas, un modelo analítico, simplemente no existe.

Obsérvese que en la segunda definición también se hace hincapié de un modelo, dejando entrever la posibilidad de diferentes modelos, lo cual resulta totalmente natural, dada la multiplicidad de modelos para un mismo objeto del mundo real. Nótese también que se propone un objetivo de la simulación: "estudiar sistemas reales a través de modelo". Podríamos agregar aún más que el propósito de estudiar a los sistemas reales es comprender la interacción de los procesos que intervienen en el, con el propósito de modificarlos para obtener un beneficio determinado. En esta definición está implícito que:

- 1) Un modelo de simulación representa un conjunto de suposiciones (o postulados) sobre la operación de un sistema real.
- 2) Los postulados de un modelo de simulación se pueden expresar como relaciones entre entidades u objetos de interés del sistema en forma de expresiones matemáticas, lo que llevaría a un modelo analítico.

Afortunadamente, es posible reemplazar esas expresiones matemáticas y el cálculo de los valores de las variables de interés, a través de funciones de distribución de probabilidad. Para los problemas de líneas de espera, existen modelos analíticos que pretenden representar los

resultados promedio de la utilización de dichas funciones de distribución de probabilidad. Los Modelos de Markov también apuntan en esa dirección.

El Diccionario de EconomíaPlaneta, considera que la SIMULACION: "es la utilización de técnicas de programación, con exclusión de cualquier otro método o recurso, para duplicar en un sistema de proceso de datos el funcionamiento de otro. Representación de sistemas y de fenómenos físicos por medio de ordenadores, de modelos o de cualquier otro tipo de equipo".

Así, como la de J. Prawda (1980), SIMULACION: "es un proceso numérico diseñado para experimentar el comportamiento de cualquier sistema en un ordenador, a lo largo de la dimensión del tiempo".O la de Thierauf y Grosse (1976), SIMULACION: "es una técnica cuantitativa que se emplea para evaluar cursos alternativos de acción, basada en hechos e hipótesis, con un modelo matemático de ordenador, a fin de representar la toma real de decisiones en condiciones de incertidumbre".

Si bien estas definiciones recogen, perfectamente, el concepto de SIMULACION como método aplicable en la Investigación Operativa, vamos a concretar otra definición de simulación, en el sentido específico de nuestro estudio, y que es la siguiente: La SIMULACION es "un medio de conocer las consecuencias previsibles derivadas de las decisiones que se tomen en cada momento, utilizando un modelo implementado en un computador, que de forma simplificada represente la realidad del sistema objeto de estudio y su entorno específico y genérico a través de descripciones de las relaciones existentes entre ellos. La simulación sustituye al método analítico y se vale de determinados algoritmos de los métodos numéricos para su funcionamiento en la resolución de los problemas que se planteen". En esta definición se recogen, a nuestro entender, los cuatro elementos fundamentales que debe integrar toda simulación:

Por un lado, tener conciencia que uno de los objetivos fundamentales de la simulación es prever que ocurriría ante alteraciones de las condiciones de partida.

Por otro lado, la realidad objeto de estudio va a estar representada por un sistema del mismo, que va a poseer sus características más relevantes de acuerdo con el objetivo del estudio y con la técnica a utilizar.

Por otro, el sistema va a estar simplificado por un modelo que va a formalizar las características del mismo.

Por último, ante la complejidad de la realidad que se pretende estudiar, la simulación sustituye a otros métodos, por su mayor facilidad en la aplicación, aunque también se vale de aquellos en la medida de lo posible.

Aunque esto es un denominador común para la resolución de muchos problemas independientemente de la utilización de la simulación o no, lo que si va a justificar la

aplicación de esta es la complejidad de los sistemas objeto de estudio, la existencia de variables de naturaleza incierta y la complejidad de relaciones difícilmente analizables por otros medios.

Tras esta definición podemos concluir que la simulación, su definición, va a estar influida, en gran medida, por el campo al que se aplique. Nosotros la vamos a concebir como una forma de afrontar la resolución de determinados problemas ante la dificultad o imposibilidad de otras técnicas. Por tanto, de aquí en adelante al hablar de simulación de Sistemas la consideraremos como una metodología que va a abarcar desde el planteamiento del estudio del sistema en cuestión hasta el análisis de los resultados obtenidos, pasando por la modelización del sistema, programación del modelo y diseño de experimentos a realizar, previa validación y verificación de estos pasos.

Los *Modelos de simulación de eventos discretos (o simulación tipo MonteCarlo)*, por el contrario, utilizan funciones de distribución con el propósito de realizar una experimentación cuyos resultados llevarán, después de un número conveniente de ensayos a lo que se obtendría en el sistema real. Estos modelos de simulación tienen la ventaja que se pueden para muchos tipos de problemas y no sólo para aquellos de líneas de espera.

Existen además modelos del área de teoría de Control que incorporan funciones de distribución de probabilidad y lo que se conoce como estabilidad de sistemas, referidos recientemente como Teoría de Caos que se pueden también usar para una gran variedad de problemas. Los modelos de estabilidad empleados así son por lo regular difíciles de construir y validar. Por otra parte también existen modelos de optimización que utilizan funciones de distribución y permiten estudiar sistemas del mundo real de alguna manera; ejemplos de ellos son los modelos de redes neuronales y algoritmos genéticos. Otras técnicas empleadas son Redes de Petri y Modelos de Regresión.

En este curso estudiaremos modelos de líneas de espera y de Markov y, modelos de Simulación de eventos discretos tipo Montecarlo.

Investigar: Redes de Petri, Eventos discretos,, Modelos de Regresión.



MODELOS ANALITICOS PARA HACER SIMULACIONES

La construcción de un modelo analítico tiene con frecuencia serios inconvenientes, entre los que podemos citar:

- 1) La dificultad de encontrar el modelo de ecuaciones que representen al sistema real y
- 2) La dificultad para resolver el modelo.

Por otro lado, con frecuencia se requiere que los individuos que participan en el equipo deben tener una gran capacitación y destreza. De modo que estos equipos de trabajo suelen ser costosos. En contraparte, para obtener modelos de simulación, los equipos de trabajo

pueden estar conformados por personas con menor calificación, de modo que la coordinación de estos equipos es en general mas simple y casi siempre más económico. Con esto no se pretende decir que los modelos analíticos sean inútiles, ya que existen cierto tipo de problemas, para los cuales se conoce la forma de obtención del modelo así como la manera de construir un algoritmo eficiente para resolverlo.

SITUACIONES EN QUE LA SIMULACION ES ADECUADA

La Simulación permite el estudio de, y la experimentación con, las interacciones internas de un sistema real o, entre un subsistema con uno o mas sistemas donde las relaciones son de naturaleza estocástica.

La simulación es conveniente cuando:

Se requiere analizar diferentes cambios en la información y su efecto.

Se desea experimentar con diferentes diseños o políticas.

Se desea verificar soluciones analíticas.

Un modelo analítico es imposible o difícil de construir.

Se desea estudiar un sistema real y resulta peligroso o costoso hacerlo en el propio sistema real; la posibilidad de hacerlo mediante un modelo analítico resulta imposible ó inconveniente.

Además, puede resultar conveniente:

Usar la simulación como un instrumento pedagógico para reforzar metodologías analíticas.

Determinar cuales son las variables más importantes del modelo de un sistema, mediante el uso de simulación. De esta manera se podrá construir un modelo refinado del sistema real. Esto puede ser útil para la construcción de modelos diferentes a los de simulación.

Algunas aplicaciones de Simulación que podemos citar son los siguientes:

- *Operaciones de mantenimiento
- * Simulación del Tráfico de un sistema (Teleproceso, Tráfico aéreo y terrestre, telecomunicaciones, telefonía,...).
- * Cambios en la configuración de un sistema.
- *Simulación económica.
- *Estrategias militares.
- *Control de inventarios.
- *Líneas de producción,

ESTUDIO DE FENOMENOS PROCESOS DE ESPERA Y SIMULACIÓN

Los modelos de simulación son usados en sistemas que involucran procesos de espera. Un sistema de ese tipo se conoce como Sistema de Espera y a él llegan elementos llamados "clientes", en diversos instantes de tiempo. El tiempo se considera discreto para un sistema de espera y los clientes son generados generalmente en unidades externas al sistema de espera, denominada comúnmente fuente.

Dentro del sistema de espera se tienen uno o más elementos conocidos como servidores. Los clientes al entrar al sistema se dirigen hacia uno de los servidores y, si es necesario, luego a otro, y a otro y así sucesivamente. Los servidores proporcionan atención a los clientes, para lo cual brindan cierta cantidad de tiempo. El tiempo que brindan los servidores es por lo general una variable aleatoria, cuya función de distribución depende de cada sistema. Por otra parte, los tiempos que tarda una fuente en generar cada cliente también son variables aleatorias y su función de distribución depende de la situación que se esté simulando. Los clientes al llegar a un servidor pueden estar en dos estados: atendándose ó en espera. Como consecuencia se forman ante cada servidor líneas de espera. Dependiendo de la aplicación es posible que cada línea de espera tenga una capacidad de contener cierto número de clientes. esto ocurre por ejemplo en procesadores de computadoras y en problemas de almacenes de inventarios. Como consecuencia puede resultar que una línea de espera bloquee el paso de clientes que fueron atendidos en una etapa previa; en estos casos se dice que el servidor en cuestión está bloqueado. Estos sistemas de espera pueden ser estudiados de las siguientes formas: a) Modelo de Líneas de espera, b) Simulación Montecarlo, c) Redes de Petri.

Como Tarea: Investigar las ventajas (y desventajas) de los modelos de simulación.

VARIABLES DE ENTRADA. VARIABLES DE SALIDA. PARÁMETROS.

En las simulaciones se identifican tres tipos de datos:

- Datos de entrada, sirven para identificar el modelo,
- Los Parámetros, que son datos de entrada que no pueden faltar en una simulación y que son de dos tipos,
 - Datos sobre los cuales el simulador no tiene ningún tipo de control
 - Datos sobre los cuales el simulador puede generar control
- Datos de salida, que son los que se obtienen al ejecutar el modelo de simulación.

En la figura, se observan los tres tipos de datos:

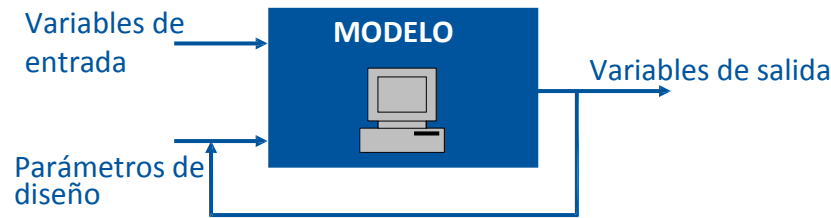


Figura Datos para la simulación.

En general, los datos que alimentan y los que se obtienen de un modelo se definen de la siguiente manera.

- Variables de entrada. Las variables de entrada son todos aquellos datos que suministran información sobre el sistema
- Parámetros.
 - datos de entrada sobre los cuales el simulador no tienen control: Por ejemplo: la frecuencia con la que llegan las llamadas a un centro de atención telefónica, el tiempo entre averías de una máquina, la demanda de un determinado producto, etc.
 - Datos de entrada sobre los cuales el decisor tiene control. Por ejemplo: el número de puestos de atención al cliente en una oficina, la cantidad de operarios con los que se cuenta en el sistema, el orden en que se realiza un conjunto de operaciones (el embarque a un avión), etc.
- Variables de salida. Las variables de salida son todos aquellos valores que permiten conocer la bondad del funcionamiento del sistema estudiado.

Como se ha dicho, con el desarrollo de un estudio de simulación se pretende obtener una buena solución con respecto a algún criterio. Los valores de las variables de salida permiten evaluar el sistema. Por ejemplo: el beneficio derivado de una nueva instalación, el nivel de saturación de los controladores aéreos, la productividad de una línea de montaje, etc.

Conviene notar que según el estudio del que se trata, un mismo elemento puede ser o bien una variable de entrada o bien un parámetro. Por ejemplo, en el diseño de las instalaciones de un nuevo aeropuerto, el tamaño de las máquinas que realizan el escaneo de las maletas puede ser un parámetro, ya que en ese tipo de estudio se pueden emplear diferentes tipos de máquina, y ellas ocupan diferentes espacios. Sin embargo, en el rediseño de las operaciones de control de equipaje de un aeropuerto existente (salvo si existe la posibilidad de invertir en nuevas máquinas), el tamaño de las máquinas es una variable de entrada.

Aportes de la Simulación.

La simulación dentro de uno de su ámbito de acción presta un gran servicio a la valoración de situaciones. Analizaremos este escenario.

Contexto para la Valoración.

Dadas varias posibilidades de Valoración...La pregunta es, Cual escogemos?

En el presente, no hay respuesta definitiva...

Cómo se hace?

Procedimiento General para utilizar la Simulación para Valorar Opciones

La simulación provee un procedimiento para replicar las múltiples consecuencias de un proceso probabilístico.

Provee una manera de describir lo que puede ocurrir,

Análisis de Decisión, el cual permite al usuario describir posibles resultados

Análisis de rejilla, basado en una distribución regular

Se puede utilizar cualquier variedad de distribuciones irregulares

Softwares de Simulación.

— Ejemplo simple: “Add-ins” de Excel (ver ESD 70). Ejemplo costoso y refinado: Bola de Cristal.

Otros más: Arena, Siman, Vensimple, etc. Estos software proveen:

- Miles de repeticiones en segundos
- A menudo, modelo simple de consecuencias, por ejemplo, modelo de ganancias en hoja de calculo

Requerimientos para la Simulación.

Identificar los Parámetros CLAVES.

Identificar las Distribuciones para los parámetros clave. Estos pueden ser observados, asumidos, estimados, o adivinados

Ejemplos:

Observados: Lluvias, corrientes de los rios a traves de los años

Asumidos: Datos de mercado como GBM (precio del metal)

Estimados: Modelos técnicos y de costo (de operaciones mineras)

Adivinados: Juicios (cantidad, calidad del mineral)

Como se hace una Simulación?

El procedimiento consiste de:

1. Tener un modelo de sistema (Ej: VPN de minería)
2. Definir la distribución de parámetros clave (Ej: cantidades de mineral, precio del metal)
3. Ensayar un proceso (Ej: la distribución de la calidad de mineral en una mina),
4. Obtener el valor de un parámetro (Ej: calidad de mineral)
5. Calcular las consecuencias de ese factor (Ej: la utilidad de esa mina)
6. Repetir miles de veces para obtener la probabilidad de distribución de la consecuencia (Ej: la utilidad)

Este proceso es a menudo llamado **Simulación de “MonteCarlo”**

Valor de la Opción por Simulación

Paso 1: Obtener distribución de las consecuencias (Ej: rentabilidad de la mina) y VPN esperado

Paso 2: Asumir la opción ejercida únicamente en circunstancias favorables, y, de ésta manera, desechar resultados de la distribución no rentables

=> distribución VPN revisada, $VE(VPN)$

Paso 3: El valor de Opción es la diferencia

Rango para Valor de Opción por Simulación

Incertidumbres tanto de Mercado como Técnicas

- Esta es una muy importante característica para opciones reales
- El enfoque financiero estándar ignora las incertidumbres técnicas de cualquier proyecto
- por qué sucede esto? El razonamiento consiste en que los inversionistas pueden diversificar entre proyectos y por esto deberían ignorar los riesgos de proyecto
- Los dueños de los proyectos, no obstante, no pueden ignorar!

Ambos tipos de opciones reales

- “SOBRE” proyectos, donde la tecnología es una “caja negra”
- “En” proyectos, con opciones diseñadas para el proyecto

Ejemplo de la Mina de Antamina

☐ Contexto General

- El gobierno de Peru quiere desarrollar una mina
- La mina tiene cantidad y calidad de mineral inciertas
- Paso 1: explorar la geologia, la geografia para acceso
- Paso 2: decidir desarrollar y gastar 3 años construyendo facilidades antes de obtener ganancias en el año 6

☐ Plan de gobierno

- Requiere licitación en un proceso de dos etapas
- Debe licitar para el derecho a explorar y debe decidirse a desarrollar en dos años
- Gran penalidad por no desarrollar

Mina de Antamina -- Opciones

Opcion “sobre” proyecto

- La compañía ganadora tiene “derecho, no obligacion” de abandonar la mina en dos años

☐ put “Europea”

- Costo de Opción = Precio para Perú + Costos de Exploración
- Precio de ejercicio = Costos debidos al Perú

Opciones “en” proyecto

- El staff técnico puede crear opciones “en” el sistema
- Ej: construir facilidades portuarias, en dos años de exploración, para proveer “derecho, no obligación” a acelerar el desarrollo en solo dos años– y de ésta manera avanzar el flujo de ingresos en 1 año e incrementar el VPN

Simulación de la Mina de Antamina.

☐ **Modelo de Sistema: VPN de la ganancia como función de:**

- Calidad y cantidad de mineral
- Costo de la extracción
- Valor del metal

☐ **Distribuciones para parametros clave**

- Asumidos: Datos de mercado como GBM (rejilla de evolución a partir del precio actual del metal)
- Estimado: Modelos de costo técnico (de las operaciones mineras)

— Adivinado: juicio (cantidad y calidad de mineral) a partir de la revisión de eventuales resultados de exploración

Valoración de la Mina de Antamina

☐ **Los operadores asumidos pueden “congelar” el precio del metal a través de contratos de largo termino a través de la vida útil de la mina**

— Esto puede no ser posible en la realidad. No obstante, es un supuesto necesario conocer el valor del mineral para utilizar como base para valorar el VPN de la mina a lo largo de su vida

☐ **Valor de Opción “sobre” =**

$VE(\text{todo VPN positivo}) - VE(\text{proyecto sin opción de abandono})$

☐ **Valor de Opción “en” =**

posteriores mejoras en VPN debido a la flexibilidad proporcionada

OJO: Para Recordar

La simulación es una manera útil de representar las fdp de los resultados que definirán el valor de la opción

— Computacionalmente eficiente

Puede tratar toda clase de incertidumbres

— En contraste con técnicas B-S, rejilla

Relativamente fácil de explicar a quienes toman las decisiones

— No hay matemáticas complicadas, no hay “portafolio de replica”

PUEDE SER UN ENFOQUE MUY BUENO

Investigar y profundizar sobre:

Técnicas B-S, Rejilla.

En un estudio de simulación, cuando se dispone de un modelo bien construido y alimentado con datos de entrada correctos, es posible realizar la explotación del modelo. Realizar el análisis de comportamiento de las variables de salida de forma correcta es especialmente importante, ya que de ese análisis dependerán las decisiones que se adopten. El propósito más frecuente de un estudio de simulación suele ser analizar el comportamiento de un sistema (para una configuración determinada) o comparar dos o más configuraciones alternativas para dicho sistema. Durante la simulación, para reproducir el comportamiento del sistema estudiado se usan valores aleatorios de las variables de entrada, que siguen distribuciones conocidas (por ejemplo, la frecuencia de llegada de clientes a un banco puede seguir una exponencial). Los resultados de la simulación dependen de estos valores y, debido a ello, las variables de salida también son aleatorias pero con el inconveniente de que en este caso no se conoce su distribución.

BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

Engineering Systems Analysis for Design Richard de Neufville 7 Massachusetts Institute of Technology Use of Simulation

www.Universidad Nacional de Ingenieria . Lima Peru. - Facultad de Ciencias Accesado Julio 07 de 2006.

Luque Dominguez, Eugenio J. Simulación de procesos discretos: una aplicación al análisis y planificación de una empresa de servicios. Tesis Doctoral. Univ. de Málaga, 1988.