

De la teoría de juegos

*Conceptos. Modelo para analizar reclamos en construcción.
Juegos heurísticos.*

Conceptos

Referencias

Stanford Encyclopedia of Philosophy (SEP). *Game Theory*. Published by The Metaphysics Research Lab Center for the Study of Language and Information. Stanford University. Stanford, California, USA.
<http://plato.stanford.edu/>

Theodore L. Turocy (Texas University) and Bernhard von Stengel (London School of Economics). *Game Theory*. CDAM Research Report LSE-CDAM-2001-09. UK.

Definiciones

La **teoría de juegos** es el área de las matemáticas que estudia las **estrategias de interacción** entre jugadores racionales con respecto a sus preferencias o utilidades, a fin de llevar adelante procesos de decisión.

El **juego** es una descripción concreta de una estrategia elegida libremente por el jugador. El **jugador** es el agente que toma las decisiones en un juego. El jugador es considerado **racional**, en el sentido de que busca jugar de tal manera que maximice su utilidad. Un juego tiene **información perfecta**, si al hacer el jugador un movimiento, conoce todas las acciones que han sido efectuadas previamente. Un **juego extensivo** es propiamente la representación de un juego a través de un **árbol** en que se muestran los movimientos de los jugadores. Si se trata de un solo jugador, la situación se convierte en un **problema de decisiones**.

Por **estrategia** puede entenderse como: una posible acción específica de un jugador, o por un plan de acciones de éste. La **forma de la estrategia**, es la representación compacta de un juego, donde los resultados son presentados como las utilidades para cada estrategia. Una estrategia puede ser aleatoria o **estrategia mezclada**, en cuyo caso se asignan probabilidades para la decisión del jugador. Una **estrategia de equilibrio** o **de Nash**, es una lista de estrategias (una para cada jugador) que cada jugador debe respetar sin alterarla.

La **utilidad** es la expresión de la o las **preferencias** del jugador respecto a los resultados de sus acciones. El resultado puede ser aleatorio, en cuya situación, el jugador asume algún riesgo. Si la suma de las utilidades es cero, se dice que el juego es **suma cero**.

Función de utilidad

Es el instrumento mediante el cual se expresa la racionalidad del juego y su propósito de maximización. Se trata de una **función** que ordena las preferencias del jugador según los números reales. Así, si un jugador prefiere *a* a *b*, y este a *c*, en un **orden** que se puede expresar como 3, 2, 1. El propósito es simplemente el orden de preferencias. Se trata de una **función ordinal**.

Aunque se usa muy poco, también se puede establecer una *función cardinal* en la que se fijan magnitudes a las opciones de preferencia.

Juegos e información

Para entenderse como racional, el jugador debe: valorar los resultados, calcular las rutas hacia éstos, y elegir las acciones que los conduzcan a los mismos. En cada acción, el jugador se enfrenta a la elección de dos o más estrategias posibles, generalmente bajo una *información perfecta*, según fue definido, y además, conociendo las reglas del juego que condicionen las jugadas. El jugador también considerará la situación de *información imperfecta*.

Matrices

Es una forma de representación de estrategias alternativas y sus correspondientes puntajes o utilidades en un juego. Considérese el caso del *Dilema del Prisionero*. Se trata de dos presuntos ladrones que fueron capturados, y ante la imposibilidad de fijar sus responsabilidades, reciben las siguientes alternativas en torno a confesar o no, y las penalidades correspondientes.

Uno confiesa implicando al otro, y éste no confiesa (rehúsa). El primero queda libre, y el último, recibe 10 años.

Ambos confiesan. Cada uno recibe 5 años.

Ninguno de los dos confiesa. Cada uno recibe 2 años.

A partir de estas alternativas, el juego se representa a partir de sus utilidades, construyendo una *función de utilidades* de la siguiente manera.

Salir libre	4
Recibir 2 años	3
Recibir 5 años	2
Recibir 10 años	0

		Jugador II	
		Confiesa	Rehúsa
Jugador I	Confiesa	2,2	4,0
	Rehúsa	0,4	3,3

REPRESENTACIÓN MATRICIAL

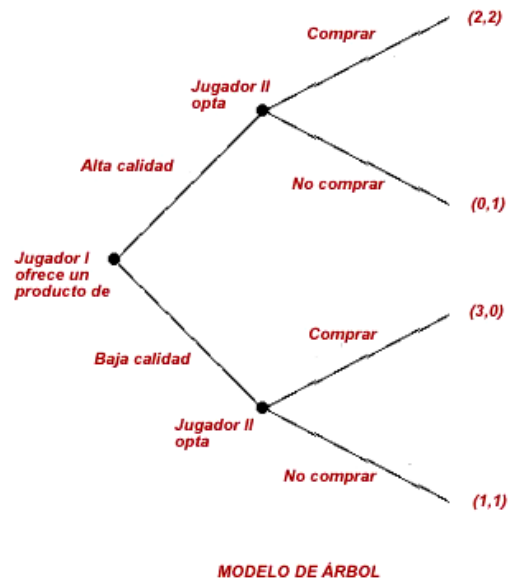
Esta situación es representada en la matriz adjunta. En cada celda se consignan las utilidades para cada jugador, según sus acciones. El primer número para el jugador I y el otro, para el jugador II. Por ejemplo, si ambos confiesan, reciben 2 (5 años) cada uno.

El jugador I evalúa su situación a partir de la acción del otro. Si el jugador II confiesa, el jugador I puede recibir: 2 (si también confiesa), 0 (si rehúsa). En cualquiera de estos casos, le conviene confesar.

El jugador II al evaluar la situación, llegará a la misma conclusión.

Árboles

Se utilizan para representar *juegos extensivos*, en los cuales las acciones no son simultáneas sino secuenciales. El árbol grafica las distintas opciones recorridas. Al final de los cuales, se consignan las utilidades.



El árbol incluye un nodo de inicio y varios nodos intermedios. En cada uno, se toma una decisión, expresada en el ramal correspondiente. Cuenta con un nodo terminal en el que se consigna la función ordinal de utilidad: un valor para cada jugador. La estrategia instruye al jugador cuál acción tomar en cada nodo, marcando un recorrido hacia el nodo terminal.

En el árbol de ilustración, el jugador I es un proveedor que debe decidir sobre la calidad (alta o baja) de su servicio o producto. El jugador II es el comprador que puede optar las alternativas de comprar o no comprar. El juego es secuencial, y de información perfecta disponible antes de tomar una decisión.

Modelo para analizar reclamos en construcción

Referencia

S. Ping Ho (National Taiwan University, Taipei, Taiwan) and Liang Y. Liu University of Illinois at Urbana - Champaign, Illinois, USA). *Analytical Model for Analyzing Construction Claims and Opportunistic Bidding*. Journal of Construction Engineering and Management. Vol 130, N° 1, February 1, 2004. ASCE. USA.

Los *reclamos* en construcción son considerados uno de los más desagradables eventos en un proyecto. Estos ocurren por varias razones, y resulta importante entender su dinámica, particularmente en el caso de *licitaciones maliciosas*. Para estudiar esta relación en el estudio se presenta la propuesta de un modelo analítico, Modelo de Decisión en Reclamos (CDM), basado en la teoría de juegos. Este modelo explica: (1) cómo se comporta la gente durante una potencial o existente situación de reclamo, (2) cómo distintas situaciones de reclamos están relaciones con el comportamiento de licitaciones maliciosas, y (3) qué situaciones desalientan o alientan el comportamiento malicioso. Los resultados del estudio indican que una solución equilibrada de un reclamo en construcción proviene de negociar y acordar. También se presentan los posibles rangos de los acuerdos de negociación. El modelo también es útil para manejar

disputas. También puede ayudar a los propietarios de los proyectos a identificar la posibilidad de una licitación maliciosa, y puede asistir a los participantes del proyecto a analizar los reclamos en construcción.

Introducción

Durante periodos de estancamiento económico o de recesión, según cita el artículo, no es inusual para los contratistas el licitar a un precio bajo en la espera de recobrar las posibles pérdidas a través de negociaciones o reclamos. Este fenómeno es llamado *licitar los reclamos*, y en el artículo es denominado *licitación maliciosa* (el texto en inglés es *opportunistic bidding*). En general, este tipo de licitación maliciosa, puede incluir la ignorancia del contratista de posibles riesgos que podrían incrementar significativamente los costos o disminuir los beneficios.

En este artículo, los autores enfocan su trabajo en la relación entre esa actitud maliciosa y los reclamos, así como analizar una potencial o existente situación de reclamo, presentando para ello un modelo analítico. El objetivo es ayudar a propietarios y contratistas a comprender los mecanismos económicos que subyacen en un reclamo, y adoptar estrategias efectivas en la gestión de reclamos y fijación de políticas al respecto.

Un *reclamo* es la construcción puede ser definido como *un requerimiento del contratista de una compensación por encima de la cantidad acordada, por trabajos adicionales o daños supuestamente resultantes de eventos que no estaban incluidos en el contrato inicial*. La situación es complicada por los aspectos subjetivos involucrados debido a la complejidad del proyecto, y por sus implicancias en las utilidades del mismo.

Entre las causas más comunes de los reclamos, se consideran: incremento de los alcances del proyecto, tiempo o clima adverso, acceso restringido, aceleración, cambios en los suministros de insumos, inadecuada información de la licitación, fallas en el suministro de equipo, baja calidad del expediente técnico, contramarchas en el avance del proyecto, variaciones en la forma de medir. Debido a esta complejidad, las causas fundamentales y los costos reales asociados en los reclamos y disputas, no son bien comprendidos.

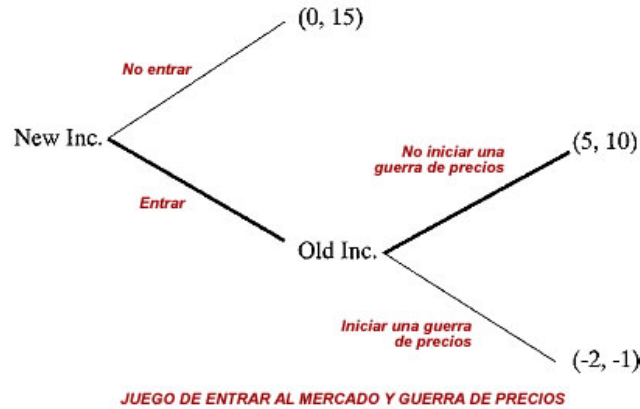
En el estudio se desarrolla un modelo analítico basado en la teoría de juegos a fin de contar con una alternativa metodológica de investigación.

Teoría de juegos

La teoría de juegos ha sido exitosamente aplicada en variados temas de gestión, como: negociaciones, financiamiento, mercados imperfectos. En la construcción, los conflictos sobre reclamos son muy comunes, y la teoría de juegos puede ser usada para analizar la situación en forma sistemática.

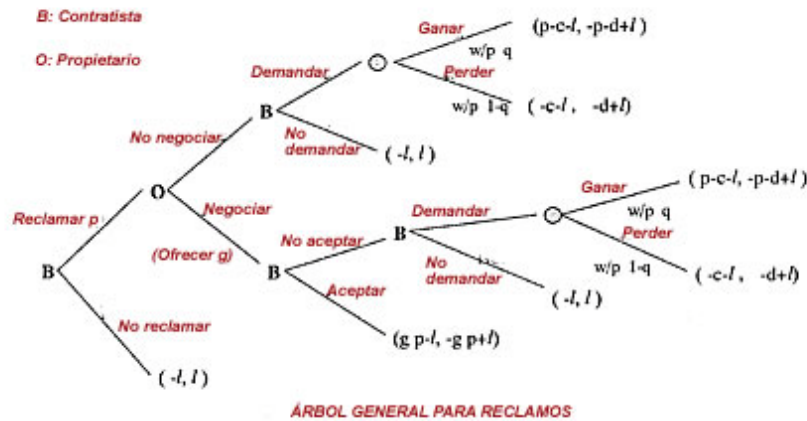
En un juego dinámico, los jugadores actúan en forma secuencial, por lo que es conveniente su representación mediante una estructura de árbol o forma extensiva. En el gráfico adjunto, se presenta el caso de una nueva empresa, New Inc, que quiere entrar al mercado a competir con una firma monopólica, Old Inc. Esta última amenaza con aplicar una *guerra de precios* (ronda de precios bajos, impropios para las empresas involucradas al reducirse los márgenes de utilidad).

Las posibles acciones se representan en la figura adjunta, y es conocida por todos los jugadores, incluyendo los posibles beneficios, de allí que se le llame un *juego de información completa*. Aquí, New Inc elige entre ingresar o no al mercado, y Old Inc entre empezar o no una guerra de precios. Al final, se consignan las utilidades correspondientes para cada secuencia de posibles decisiones. Siendo racionales, los jugadores actúan en función de maximizar sus utilidades.



En el equilibrio de Nash, la estrategia de cada jugador es la mejor respuesta a la estrategia del otro jugador, y no hay que desviarse de esta situación de equilibrio. En el caso del ejemplo, y de acuerdo a los datos de la figura, la amenaza de Old Inc no es creíble, pues al hacerlo, su situación sería peor. Así, la estrategia *entrar*, *no hay guerra de precios* será una solución estratégicamente estable. También se puede llegar a esta solución por una *regresión repetitiva* en el árbol. Esto es, ir desde atrás hacia adelante según las mejores utilidades para los jugadores.

Modelo de Decisión de Reclamos



Los autores desarrollan un modelo para analizar licitaciones maliciosas y reclamos de construcción, el mismo que denominan Modelo de Decisión de Reclamos, CDM. Las soluciones se explican en tres casos. En el Caso I, se asume que no hay contraoferta en la negociación del reclamo. En el Caso II, se relaja la hipótesis de ausencia de contraoferta y se refina una solución de equilibrio. En el Caso III, se generalizan tanto el juego como la solución.

◆ Consideraciones generales del modelo

B es el contratista y O es el propietario. Se supone que para ganar la licitación, B corta una porción \$ l (un monto l dólares) y gana el contrato. En consecuencia, O obtendrá igual monto de beneficio adicional, si no hay reclamo. De ahí que si no hay reclamo, la función de utilidad será $\$(-l, l)$.

B reclama la cantidad \$ p (un monto de p dólares). El propietario tiene dos opciones: *no negociar* rechazando el reclamo, o *negociar* preparando una oferta \$ gp (una fracción de p dólares, donde g está entre 0 y 1).

Si O decide no negociar, B puede elegir entre *demandar* y *no demandar*. Si O decide *negociar*, B debe elegir entre *aceptar* y *no aceptar*.

En el caso en que B decide *demandar*, el árbol indica que B ganará con una probabilidad q y conseguirá una compensación $\$p$ del propietario. El total de la utilidad de B al ganar la demanda será de $p-c-l$ (donde c es el costo de oportunidad del litigio: abogado más gastos judiciales más pérdidas por interrupción del trabajo). Para el propietario O, en este caso de la demanda ganada por B, la utilidad será $-p-d+l$ (donde d es el costo de oportunidad del litigio del propietario).

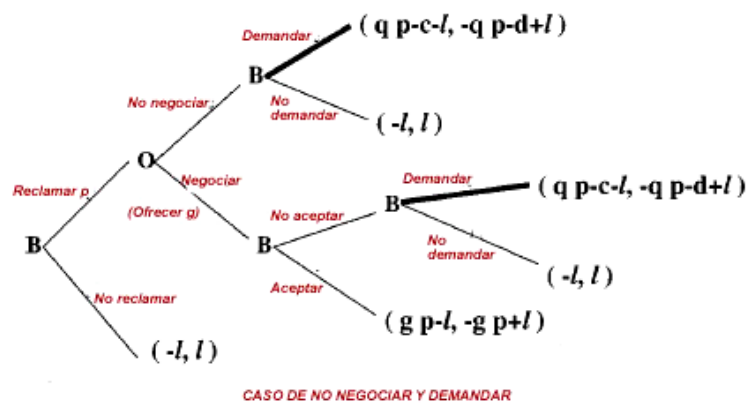
Cuando O decide *negociar* y ofrece $\$gp$ para acordar. B tiene que decidir entre *aceptar* y *no aceptar*. En el árbol se asume que no hay contraoferta de B (en caso de existir, el árbol cambiará).

◆ **Caso I. No hay contraoferta: g es fijado**

Se presentan varias posibles soluciones según las situaciones que se presenten en el proceso regresivo.

Solución I. B reclama, O no negocia y B demanda

Se resuelve con una *regresión repetitiva* según se señala en la figura siguiente.



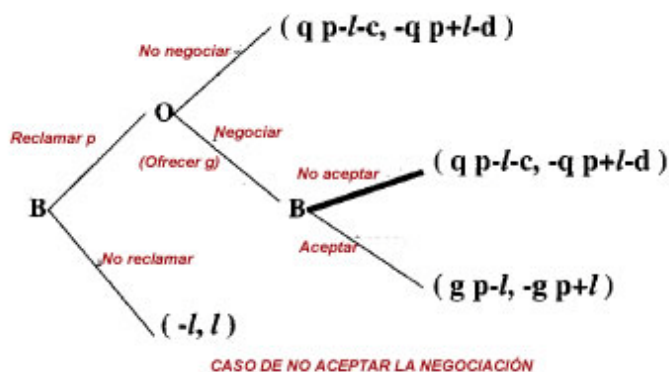
Se calcula de la siguiente manera, para la función de utilidad:

$$\{(q(p - c - l) + (1 - q)(-c - l), q(-p - d + l) + (1 - q)(-d + l)\} \\ = (qp - c - l, -qp - d + l) \quad (1)$$

B *demanda* si la utilidad en el juicio es mayor que o igual a la utilidad de *no demandar*. La condición para que B *demande* será $qp \geq c$ según se muestra en la siguiente ecuación obtenida de la figura previa.

$$qp - c - l \geq -l \Rightarrow qp \geq c$$

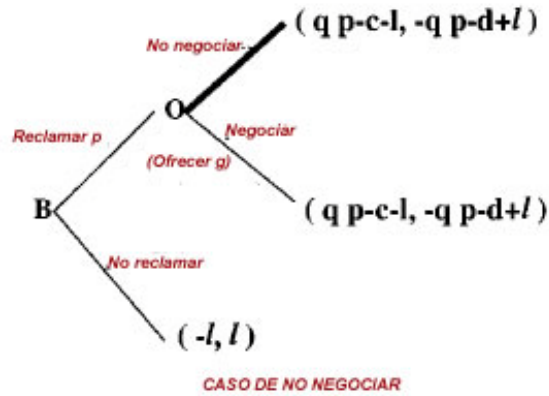
Dado que la elección óptima de B es *demandar* bajo la condición de $qp \geq c$, la solución del sub-juego de *demandar* o *no demandar* puede ser resuelta también con la ecuación previa (1), dando lugar al siguiente árbol.



Observando el sub-juego de la figura anterior de *aceptar* o *no aceptar*, B no aceptará la negociación ofrecida si la siguiente ecuación se cumple.

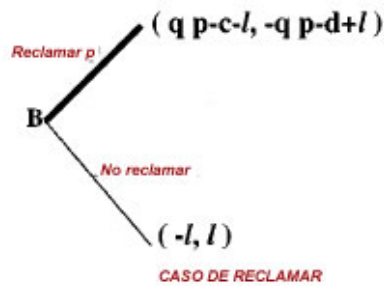
$$qp - c - l \geq gp - l \Rightarrow qp - c \geq gp$$

La matriz de utilidad es mostrada en la siguiente figura.

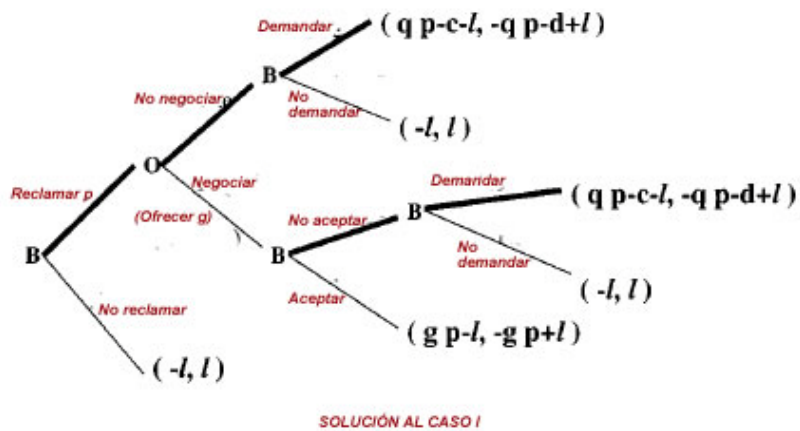


Se infiere de la condición anterior que si la utilidad del juicio esperado, $qp - c$, es mayor que la utilidad de la negociación ofrecida, gp , entonces B rechazará la oferta del propietario.

De la figura anterior se observa que B tiene la misma utilidad, *negocie* o *no negocie*. Sin embargo, podría decidirse a *no negociar* pues en esta decisión no se incurre en costos de negociación. Por lo tanto este sub-juego será reemplazado por las utilidades de *no negociar* de la siguiente figura.



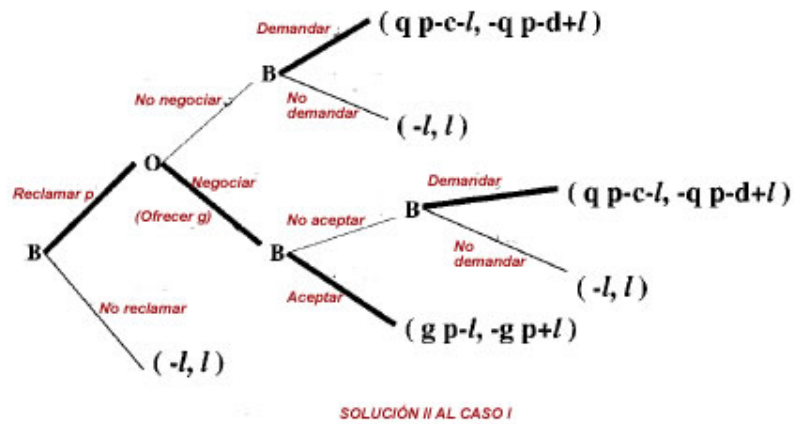
El resumen de la solución 1 al Caso I es el siguiente.



Solución II. B reclama, O negocia y B acepta

Siguiendo el mismo procedimiento, se llega a la siguiente solución que obedece a la siguiente condición.

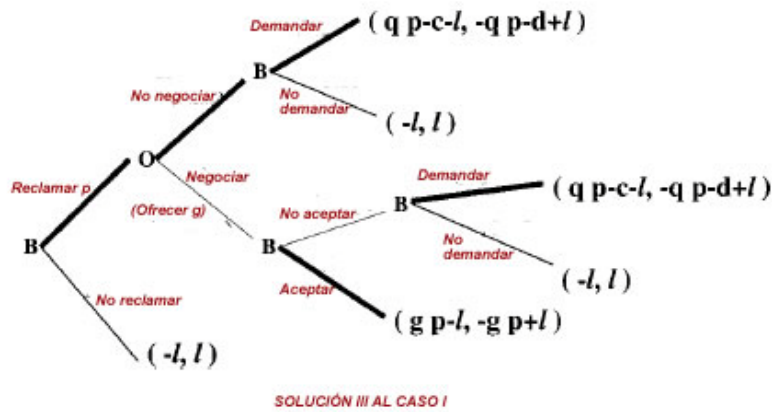
$$qp - c \leq gp \leq qp + d$$



Esta expresión indica que si la oferta gp , es mayor que la utilidad del litigio de B, $qp-c$, y menor que la pérdida del propietario, $qp+d$, los jugadores pueden elegir *negociar*.

Solución III. B reclama, O no negocia, y B demanda

En forma similar se encuentra una tercera solución según se expresa en la figura siguiente.



Y es resuelta para las condiciones de equilibrio siguientes:

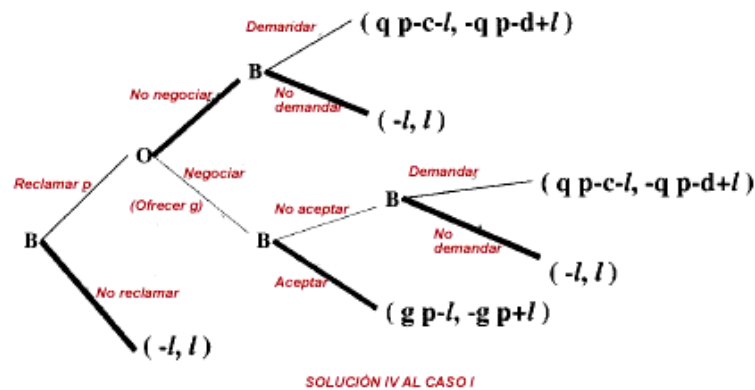
$$qp - c \geq 0 \quad qp - c \leq gp \quad qp + d \leq gp$$

Solución IV. B no reclama

Para esta solución en que B *no reclama*, la condición de equilibrio se expresa como:

$$qp < c$$

B no reclamará cuando el chance de ganar el juicio es bajo, y/o el costo de oportunidad del juicio, es relativamente alto.



Juegos heurísticos

Concepto

Es un enfoque diferente a la teoría matemática de juegos. Se refiere a la capacidad de un sistema de realizar innovaciones favorables para sus fines. Su etimología es la misma de la palabra *Eureka*. Existen diferentes técnicas para organizar un juego heurístico, siendo la más conocida el de *prueba-error*. Debido a que son motivadores para el aprendizaje, se le utiliza mucho en educación para niños.

Las siguientes reglas atribuidas al matemático George Pólya (húngaro, 1887-1985), explican su parecer sobre cómo los matemáticos desarrollaron sus fórmulas:

- Si no consigues entender un problema, dibuja un esquema.
- Si no encuentras la solución, has como si ya la tuvieras y mira qué puedes deducir de ella (razonando hacia atrás).
- Si el problema es abstracto, prueba a examinar un ejemplo concreto.
- Intenta primero abordar un tema general (en el que tengas más posibilidades de éxito).

Referencia

Tung Au (Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, Pennsylvania). *Heuristic Games for Structural Designs*. Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol 92, N° ST6, December, 1966.

Introducción

Usualmente la adopción de un partido estructural está basada en la experiencia, o tomando como punto de partida diseños similares (como los diferentes tipos de puentes, o de estructuras de acero). Sin embargo, el partido adoptado no es necesariamente el óptimo. Y debido a las múltiples posibilidades del sistema a elegir, una formulación matemática se torna complicada.

Aspectos del juego del sistema estructural

- Tratar de simular las condiciones ambientales más cercanas posibles a la que se someterá la estructura.

- Los jugadores pueden ser individuos o equipos. De preferencia, multidisciplinarios dependiendo de la naturaleza de la estructura.
- Respecto a las interacciones, pueden ser interactivas o no interactivas. Una competencia no interactiva es estática y corresponde a un solo periodo. La interactiva es dinámica y tiene una dependencia de tiempo.
- Sobre los periodos de decisión, pueden considerarse los siguientes: evaluación de necesidades, verificación de la localización, especificaciones del sistema, estudio de factibilidad, cimentaciones, soportes, tipos de infraestructura básica, arreglos estructurales, iteraciones, recomendaciones finales.
- El flujo de información es manejado de común acuerdo, pudiendo ser igualmente compartido o no. El procesamiento puede ser mecanizado.
- Respecto a la medida del desempeño de los jugadores se establece bajo condiciones inicialmente adoptadas. Su aplicación varía según la naturaleza estática o dinámica del juego.
- En relación con la organización, cada grupo puede estar dividido en áreas, por ejemplo: planeamiento, cimentaciones, estructuras, materiales y especificaciones, e instalaciones. La organización puede ajustarse al tipo de proyecto y a la secuencia de calificación que se adopte. Se reconoce un administrador.