# Teoría de juegos aplicable en administración*

***Yuri Gorbaneff*****

**Resumen**

La teoría de juegos se emplea cada vez más en economía y administración, porque ayuda a entender y pronosticar la realidad. Sus aplicaciones en la administración se concentran en tres áreas: la estrategia, la estructura y el comportamiento organizacional. Se usa en el plano académico para plantear las hipótesis y probar su coherencia interna. Pero la literatura casi no reporta casos de su uso por los gerentes prácticos. Los gerentes tratan los juegos más como una barrera que como una herramienta útil. Esto ocurre porque para los administradores prácticos resulta difícil plantear un modelo a partir de una situación real. El presente artículo trata de subsanar esta carencia y proponer los principios de la creación de los modelos de juegos. Los principios están basados en la teoría y al mismo tiempo son intuitivos y comprensibles para las personas que no tienen preparación matemática.

**Palabras clave**

Teoría de juegos, modelos económicos.

## Introducción

Para los teóricos de juegos es motivo de satisfacción que la teoría de juegos se utilice cada vez más en economía y administración, así como en ciencia política y sociología. Es un conjunto de modelos matemáticos formales de "juegos" que se examinan deductivamente (Kreps, 1994, p. 13). Su propósito es ayudar a entender y pronosticar la realidad, que es el objetivo de cualquier teoría.

Las aplicaciones de los juegos en la administración se concentran en tres áreas: la estrategia, la estructura y el comportamiento organizacional. Esto tiene su explicación. Las tres áreas son complejas y desafían las teorías simples y generales. La teoría de juegos ha surgido como la herramienta predilecta para estudiar los temas complejos que implican la interacción de los agentes.

Shapiro (1989) identifica las siguientes áreas del análisis estratégico donde se aplica la teoría:

**Inversión en capital físico**. Es un tema complejo de interacción, porque la inversión en capital físico, cuando no es recuperable, juega un papel estratégico ya que crea el compromiso observable para los demás participantes (Shapiro, 1989, p. 127).

**Inversión intangible.** Se trata de analizar la competencia tecnológica, la lógica de procesos de investigación y desarrollo, los acuerdos de cooperación en investigación. Es una serie de decisiones secuenciales, que se optimizan conjuntamente. Es un tema que sin los juegos no se puede entender (Shapiro, 1989, p. 128).

---

* Este artículo es producto de la reflexión académica del autor frente a su experiencia docente y laboral.

Se recibió en agosto y aprobó definitivamente en octubre de 2002.

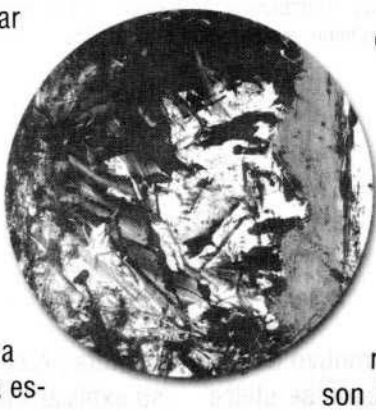
** Periodista internacional del Instituto Estatal de Relaciones Internacionales de Moscú (MGIMO) y magíster en economía de la Pontificia Universidad Javeriana. Profesor del Departamento de Administración de la Pontificia Universidad Javeriana. yurigor@javeriana.edu.co

**Control estratégico de información.** Las empresas actúan de manera estratégica para afectar las creencias de rivales sobre condiciones del mercado. La empresa puede construir su reputación como un competidor duro a través de tácticas agresivas. El manejo de información se presta para modelarlo como un juego.

**Fusión horizontal.** Esta situación se modela como un juego en dos actores.

**Competencia en redes y estandarización de productos.** En muchas industrias los consumidores valoran productos en un nivel más alto cuando éstos usan componentes estandarizados. La teoría de juegos permite entender la competencia en los sectores tipo redes, el papel de los fabricantes de tecnología única, los incentivos para desarrollar los componentes compatibles.

**Contratación.** Cualquier contrato es un arma estratégica. ¿Qué características del contrato dan a la empresa ventajas estratégicas? Gracias a los juegos empezamos a entender cómo deben estar diseñados los contratos para proporcionar ventajas estratégicas.



Temas como el comercio internacional, el mercadeo, la regulación, la compensación, representan un campo fértil de aplicaciones. Se necesita tiempo para evaluar el efecto empírico de estas curiosidades teóricas. Sin embargo, no hay duda de que los juegos nos ofrecen una lente eficaz a través de la cual se puede examinar la estrategia (Shapiro, 1989, p. 131).

En el análisis de la estructura organizacional se utilizan la teoría de juegos no cooperativos, el modelo de negociación de Nash y los juegos cooperativos. La primera tradición inicia con el artículo seminal de Grossman y Hart (1986). Los autores que les siguen recurren a la teoría de costos de transacción y a la del contrato incompleto, para modelar la elección entre dos formas extremas de estructura: la integración vertical y la subcontratacion (privatización). En esta tradición trabajan numerosos autores. Kranton y Minehart (2000) utilizan la teoría de juegos a fin de construir una teoría para comparar empresas verticalmente integradas con redes de fabricantes y proveedores. Paroush y Prager (1999) presentan un modelo de juegos que permite generar una regla para la subcontratación.

La corriente que utiliza los juegos cooperativos analiza las decisiones de estructura desde la óptica de la interacción de una sola vez (*one shot*) o repetitiva. Welling y Kamann (2001) muestran que la industria de la construcción se caracteriza por una conducta oportunista y la ausencia de la integración vertical. Los autores utilizan un modelo de juegos para explicar este fenómeno y ayudar a resolverlo.

El comportamiento organizacional representa la tercera área de aplicación de la teoría de juegos en la administración. Típico en este sentido es el trabajo de Bergen, Dutta y Walker (1992) sobre las relaciones de la agencia en el mercadeo, que identifica las áreas y los beneficios del uso de la teoría de agente-principal (la cual se presenta de manera formal en la literatura como un juego) para entender y optimizar la estrategia de mercadeo. En esta misma dirección van numerosos trabajos que aplican la teoría para explicar y sugerir esquemas de los incentivos, salarios, negociación sindical, etc. Una reseña crítica la ofrece Donaldson (1990).

Como vemos, la teoría de juegos se usa en el plano académico para plantear las hipótesis y probar su coherencia interna. Y aquí empieza un problema. La teoría, para ser reconocida como valida, debe ser acorde con los hechos. Y no sólo ser acorde con los hechos, sino también predecirlos y ayudar a resolver problemas prácticos. Para la teoría de juegos este *test* resulta difícil. Los que usan los juegos son los académicos. La literatura casi no reporta casos de su uso por los gerentes prácticos. Como hemos señalado, los gerentes tratan los juegos más como una barrera que como una herramienta útil (Gibbons, 1997).

¿Por qué los gerentes prácticos no utilizan los juegos? Una de las explicaciones es el carácter de la literatura sobre el tema. Es una literatura altamente matematizada, que se dedica a la exposición de las definiciones, conceptos y los métodos de solución de los juegos. Así son Fudenberg y Tirole (1992), Binmore (1994), y Gibbons (1997).

La debilidad del nexo con la realidad es el talón de Aquiles de la teoría de juegos. Es difícil no aceptar los argumentos de Beed y Beed (1999-2000, pp. 172-173), quienes hacen una crítica de los modelos académicos de juegos. Este tipo de modelos no despierta mucho interés de los gerentes prácticos porque los modelos formales son abstractos, no intentan establecer la correspondencia entre los símbolos matemáticos y los hechos empíricos, y poco contribuyen a la explicación de los fenómenos del mundo real.

Mi experiencia con la enseñanza de los juegos a los alumnos de administración y economía a nivel de pregrado y posgrado muestra que el principal obstáculo para usar los juegos es la dificultad del diseño de modelos a partir de situaciones reales. En cambio, el concepto del equilibrio y los métodos de su cálculo no presentan problemas de comprensión.

El objetivo del presente trabajo consiste en desarrollar los principios de la modelación de situaciones reales en términos de juegos y de esta manera complementar los manuales de teoría de juegos. No es mi objetivo describir los métodos de solución de diferentes clases de juegos, en repetidas ocasiones descritos en la literatura. Inicio con la revisión de la literatura sobre los modelos formales y su aplicación en la administración. Luego formulo los principios del diseño de los juegos.

## Modelos en la administración

Un modelo de un objeto real (de un sistema de axiomas) es un conjunto de objetos abstractos, cuyas propiedades y relaciones entre ellos satisfacen dichos axiomas. El modelo de un objeto real no tiene nada que ver con el objeto real, excepto en una cosa: el modelo se comporta de manera parecida al objeto real. Podemos manipular el modelo y descubrir propiedades interesantes y no obvias en el objeto real. La invención de modelos deliberadamente simplificados es una de las principales técnicas de la ciencia, especialmente de las ciencias naturales, que utilizan ampliamente el análisis matemático. La teoría de gravitación universal asume que los cuerpos tienen centro de peso, y la astronomía asume que los planetas son como bolas de billar. Ni lo uno ni lo otro es verdad, pero son modelos productivos. Un modelo es una hipótesis, o una adivinación que pretende explicar en qué consiste el problema y sugerir una solución.

¿Por qué razón la modelación es importante para la ciencia y la práctica administrativa? La complejidad y el carácter interdisciplinario de la administración hace que las leyes organizacionales y administrativas no tengan la robustez típica para las ciencias naturales y exactas. La ciencia organizacional y administrativa es un conjunto de hipótesis que todavía están el proceso de formar un paradigma. La falta de consenso entre los administradores en cuanto a los conceptos básicos hace la construcción de las teorías particulares un negocio riesgoso. Además, para legitimar la teoría es necesario confrontarla con la realidad. Esta comprobación en la administración es difícil. La dificultad de la comprobación empírica radica, primero, en la complejidad de las relaciones de causalidad en la administración, y, segundo, en una pobre base de observaciones empíricas sobre el funcionamiento interno de las organizaciones. La consecuencia es que los teóricos de organizaciones y administración tienden a limitarse a la construcción de hipótesis, dejando la comprobación empírica para después. La manera más común de hacer la validación de las hipótesis en estas condiciones consiste en demostrar su congruencia con la teoría existente y su coherencia lógica interna (Donaldson, 2000). Aquí es donde los juegos reclaman un papel importante.

¿Por qué la construcción de modelos es importante también para la práctica administrativa? Por la misma falta de robustez de la teoría. Si la teoría organizacional y administrativa fuera sólida, su aplicación podría ser directa en cualquier situación, como directamente se aplica la ley de gravedad. En administración los gerentes, al aplicar un concepto teórico a la práctica, rara vez pueden estar seguros del resultado, debido a la complejidad de las situaciones reales y la baja sofisticación de la teoría. Por eso cada situación de decisión exige un tratamiento especial con base en la teoría general. Cada decisión exige una pequeña investigación de las causas del evento y la generación de una miniteoría, que explica la situación a la luz de la teoría aprobada y recomienda una estrategia. Crear un modelo y manipularlo antes de tomar la decisión es recomendable también porque en administración son costosas en términos materiales y éticos la experimentación y la prueba-error (Simon, 1972, p. 83). Sun Tzu, el autor del tratado medieval chino *El arte de la guerra* dice que cuando un general conoce al enemigo y a sí mismo, no va a ser vencido en cien batallas. Cuando uno se conoce a sí mismo, pero no al enemigo, a veces va a vencer, a veces a perder. Si uno no conoce al enemigo ni a sí mismo, va a ser derrotado siempre. Un modelo formal permite conocer al enemigo y a uno mismo.

La literatura identifica tres tipos de modelos: según su arquitectura, pueden ser verbales, donde la idea se expresa de manera literaria; diagramáticos, donde la idea se representa como un diagrama, y formales matemáticos, done la idea se expresa mediante símbolos y operadores matemáticos. Los teóricos de la administración prefieren los dos primeros tipos de modelación, algunos de los cuales, como el de Porter, se han hecho famosos.

Saloner (1991) hace una diferenciación adicional, que resulta productiva, entre los modelos matemáticos según su objetivo. Los modelos pueden ser algorítmicos y metafóricos. Los dos tipos de modelos se parecen por su forma, pero no tienen nada que ver en su esencia. Un modelo algorítmico típico, que se usa en la investigación de operaciones y finanzas, es una ecuación que pretende proporcionar una regla de decisión. Como ilustración, tomamos el famoso modelo de portafolio de Markovitz, como lo presentan Levy y Sarnat (1990). La fábula consiste en lo siguiente: un inversionista tiene dos activos en su portafolio, A y B. Su propósito es lograr la máxima rentabilidad reduciendo el riesgo. El riesgo se conceptualiza como la varianza del portafolio.

| | |
|---|---|
| A, B | dos activos |
| $\mu_1$ | rentabilidad esperada de A |
| $\mu_2$ | rentabilidad esperada de B |
| $\sigma_1$ | desviación estándar de A |
| $\sigma_2$ | desviación estándar de B |
| p | proporción de activo A en el portafolio |
| (1-p) | proporción de activo B en el portafolio |
| $\mu$ | rentabilidad esperada del portafolio |
| R | coeficiente de correlación entre las rentabilidades de dos activos |

La rentabilidad esperada del portafolio (A + B) se expresa así:

$$\mu = p\mu_1 + (1-p)\,\mu_2$$

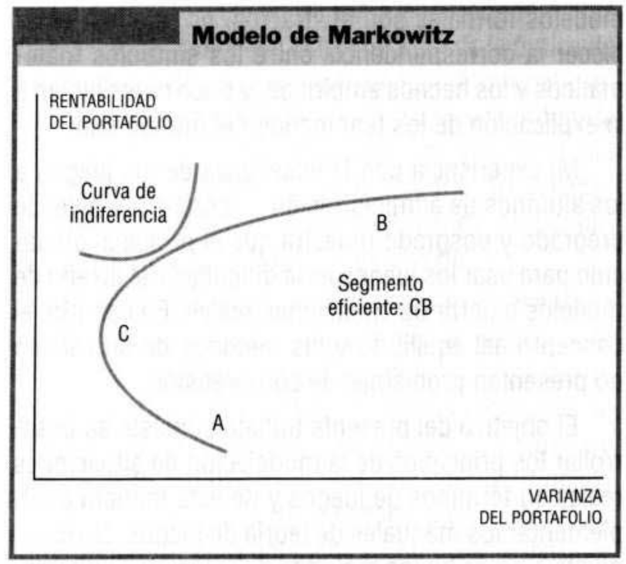
La varianza (el nivel de riesgo) de este portafolio se expresa así:

$$Var(x) = p\,\sigma_1^{\,2} + (1-p)\,\sigma_2^{\,2} + 2p(1-p)R\,\sigma_1\,\sigma_2$$

Ahora se puede cambiar las proporciones de A y B y calcular la rentabilidad del portafolio para cada combinación. Una vez calculadas las rentabilidades para diferentes combinaciones de A y B, se puede graficar los datos.

El modelo pretende dar al usuario la combinación porcentual óptima de los dos activos en el portafolio.

Un modelo metafórico tiene otro objetivo. Capta y formaliza sólo rasgos selectos de la realidad. También simula la realidad, pero de manera cualitativa. El modelador no pretende calibrar el modelo para que de manera cuantitativa sirva a cierto propósito. El modelo se usa para extraer resultados cualitativos novedosos por medio de la deducción. Entender cómo se obtiene el resultado y cómo trabaja el modelo es de importancia fundamental. La comprensión de la mecánica interna del modelo permite formar nuevos enfoques al objeto real. Por lo menos a esto aspira el modelador. Uno de los modelos metafóricos más famosos es el de oligopolio de Cournot. ¿Qué tipo de comprensión se obtiene gracias a él? El juego de Cournot explica unos rasgos de la conducta duopólica típica. Primero, que las empresas no son capaces de colusionar perfectamente en una interacción en un período. Segundo, los oligopolistas son capaces de tener ganancias más altas que cuando en el sector hay muchas empresas. Cournot también muestra que el que hace la primera jugada, tiene ventajas frente al siguiente, lo que es imposible en un juego simultáneo (Saloner, 1991, pp. 126-127). Ninguno de estos resultados puede ser utilizado directamente por el administrador.




*Tomado de Levy: Haim; Marshall Sarnat, 1990. Capital investment and financial decisions, New York, Prentice Hall.*

No es indispensable la modelación matemática para un pensamiento riguroso, porque los argumentos de cualquier modelo matemático pueden expresarse verbalmente también. Pero los modelos formales tienen ventajas frente a los verbales y diagramáticos. Saloner (1991) y Kreps (1994) las identifican.

1. Los modelos formales proporcionan una auditoría interna que permite distinguir entre las afirmaciones infundadas y las proposiciones lógicas. El modelador se ve obligado a explicar los supues-

tos y derivar las proposiciones cualitativas. El autor descubre toda su "cocina". Los lectores pueden probar la robustez de los resultados, cambiando los supuestos. Si los supuestos no son aceptables, tampoco van a ser aceptables los resultados. Esta auditoria interna proporciona los estímulos para que el modelador construya su modelo sobre unas bases sólidas.

2. Los modelos formales ayudan a crear los enfoques novedosos. Estos enfoques a veces son sorprendentes y pueden parecer no intuitivos. Pero la capacidad de auditoría interna del modelo permite a los lectores chequear la lógica de los argumentos y establecer a qué se debe el resultado no intuitivo. Esta capacidad de autoanálisis no la tienen los modelos del tipo "caja y flecha", porque estos modelos no van más allá de describirse a sí mismos (Saloner, 1991, pp. 127).

3. Los modelos matemáticos ofrecen un lenguaje común a los investigadores. Este lenguaje permite comparar resultados de diferentes trabajos, reformular un modelo anterior y construir uno nuevo sobre el fundamento de uno antiguo. De esta manera se acumula el conocimiento (Kreps, 1994, p. 14).

Si uno acepta las bondades de la modelación matemática esto no quiere decir que uno tenga que "casarse" con la teoría de juegos. Pero en administración los juegos ocupan una posición privilegiada porque responden bien a las características del trabajo administrativo. Un agente puede maximizar sus ganancias sólo cuando toma en cuenta lo que su rival vaya a hacer. Las ganancias de cada uno dependen de las acciones del otro. Es la interacción estratégica. Y la mejor herramienta para representarla es la teoría de juegos.

## Diseño de juegos

Antes de entrar en el tema es aconsejable ponernos de acuerdo en cuanto a los conceptos básicos. Es una parte inevitable y rara vez divertida de cualquier exposición. Los lectores deben tomar los conceptos como un mapa de navegación. Aprender un mapa geográfico no tiene sentido. Sin embargo, antes de ponerse en camino es útil formarse una idea general de la configuración del archipiélago que se pretende recorrer. Empezamos por el mismo nombre. Teoría de juegos es un nombre extraño, porque este método no es juego. Sus inventores han sido John Neumann, un matemático húngaro y Oscar Morgenstern, un economista austríaco quienes en su clásico libro *Teoría de juegos y conducta económica* han llamado así este método porque permitía modelar las situaciones conflictivas en la vida real y se parecía a los juegos de salón. Neumann y Morgenstern han planteado la TJ como una disciplina matemática utilizada para estudiar la interacción estratégica entre los jugadores racionales.

La palabra "matemático" no debe intimidar. Indica no tanto el amplio uso del calculo diferencial, como la inclinación hacia un modo de pensar riguroso y consecuente. Y en todo caso el modelador mismo determina el grado de complejidad matemática que quiere utilizar en su modelo.

Un juego es una representación formal de una interacción estratégica. Es una situación en que el bienestar de la persona depende no sólo de sus propias acciones sino de las acciones de otros individuos. Resolver un juego significa encontrar un par de estrategias óptimas de los jugadores Fila y Columna, que garantizan las mayores ganancias posibles para cada uno. La estrategia es un plan de juego completo que especifica cómo el jugador va a jugar en cada una de las posibles circunstancias en el transcurso del juego. El par de estrategias óptimas de Fila y Columna se llama el equilibrio de Nash, en honor al matemático norteamericano John Nash. Nash es famoso porque ha retomado el teorema de minimax de Neumann y lo ha generalizado para todo tipo de juegos. El equilibrio de Nash tiene una característica atractiva e intuitiva: si Fila se aparta de la estrategia del equilibrio, pierde. Y lo mismo Columna. Por eso en un juego donde existe un equilibrio de Nash, Fila y Columna no tienen otra alternativa sino jugar el equilibrio. Surgen problemas cuando en el juego no hay el equilibrio de Nash o cuando hay más de uno. Vamos a analizar estas situaciones cuando lleguemos a los métodos de solución de juegos.

Un juego es un modelo, es decir, un conjunto de objetos abstractos que se espera que se comporten de manera parecida al objeto real que se pretende modelar. Un modelo formal no es otra cosa que la expresión formal de una hipótesis informal literaria. De modo que en la construcción de un juego hay que empezar con los mismos pasos con que se inicia cualquier investigación científica positivista.

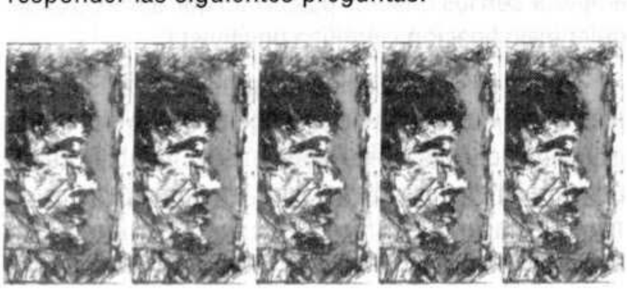
Primero la formulación del problema. Existe problema teórico cuando no entendemos algo y la teoría existente no explica bien el fenómeno. También cuando los planteamientos teóricos se contradicen y se necesita hacer una "limpieza teórica" en el área. Existe problema práctico cuando la situación no permite alcanzar nuestros objetivos ideales. Enfrentamos una serie de opciones, ninguna de las cuales a primera vista domina a las demás y tenemos que tomar una decisión. En este caso también se necesita explicar la situación y encontrar sus causas. Una vez explicado el fenómeno se puede actuar. Al planteamiento del problema está asociada la formulación del objetivo. El objetivo consiste en resolver el problema, explicar el fenómeno y tomar la decisión.

Segundo, la hipótesis. La hipótesis es nuestra explicación del problema. Es una explicación tentativa y no pretende ser verdadera. Su razón de ser es guiar al modelador en la construcción del modelo. La hipótesis inicialmente se formula de manera literaria, como una afirmación acerca de las causas del fenómeno en cuestión. Una vez planteada la hipótesis literaria, ésta se traduce en símbolos y se le da la forma de un juego. La traducción simbólica de la hipótesis sigue estos pasos:

**1. Definir a los jugadores.** Los jugadores no necesariamente deben ser personas. Pueden ser organizaciones. Es importante que Fila y Columna tengan una voluntad, un mecanismo de toma de decisiones y sean racionales, es decir, que busquen maximizar su utilidad. Implícitamente está sugerido un juego de dos personas. Tampoco es una camisa de fuerza. Los juegos se ajustan a cualquier situación y pueden ser:

- Juegos de una persona. Cuando Fila compra un billete de lotería, trata de evitar la congestión del tráfico o decide llevar el paraguas o no, estas situaciones se modelan como juegos de una persona.
- Juegos de dos personas. Son los más productivos, porque permiten modelar las situaciones de interacción estratégica.
- Juegos de más de dos personas. Son importantes porque permiten modelar la negociación multilateral, pero su teoría está en la etapa inicial de desarrollo.

**2. Definir las reglas del juego.** Esto implica responder las siguientes preguntas:



**2.1** ¿Es un juego que se juega una sola vez *(one shot)* o es un juego repetido? Si se trata de modelar una situación única, hay que elegir un juego "*one shot*". Estrictamente hablando, toda situación es única y no se repite. Pero se puede hablar de la repetición de ciertos rasgos de la situación, y esto hace la diferencia. Cuando Fila elige la ruta para ir a la oficina, compra un CDT, visita a los clientes, va de vacaciones, se puede modelar estas situaciones como juegos repetidos. Si la situación se modela como un juego repetido, cambia el método del cálculo del equilibrio.

**2.2** ¿Las jugadas se hacen de manera simultánea o secuencial? Si en la situación real que estamos modelando el orden de jugadas no hace diferencia, se puede modelar como un juego estático. Si el orden de las jugadas importa, la situación tiene que modelarse como un juego dinámico. La diferencia se traduce en la forma de representación y el método de solución.

**2.3** Forma de representación. La forma de representación depende de si el juego es estático o dinámico. Los juegos estáticos se representan en forma de una matriz. En este caso el jugador Fila juega con las hileras, y la jugadora Columna lo hace con las columnas. Cuando la secuencia de jugadas es importante y Columna hace su jugada no antes de observar y evaluar la jugada de Fila, hay que representar el juego en forma de árbol.

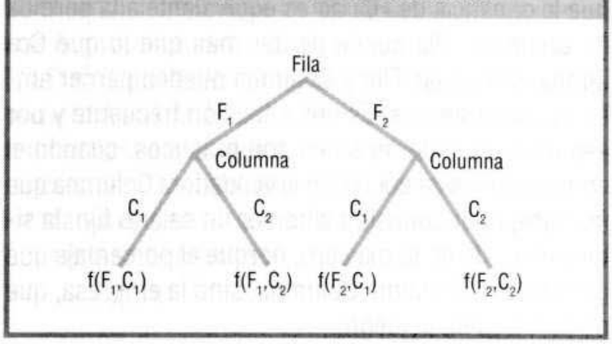
Un ejemplo, tomado del libro de Neumann y Morgenstern (1953) de un juego en forma matricial

$$\begin{array}{ccc} & C_1 & C_2 \\ F_1 & f(F_1,C_1) & f(F_1,C_2) \\ F_2 & f(F_2,C_1) & f(F_2,C_2) \end{array}$$

El jugador Fila dispone de dos estrategias ($F_1$ y $F_2$). La jugadora Columna también tiene dos estrategias ($C_1$ y $C_2$). El resultado del juego es la ganancia. Las ganancias de los jugadores aparecen en las intersecciones de sus respectivas estrategias. Si Fila elige $F_1$ y Columna elige $C_1$, entonces el resultado del juego va a ser $f(F_1,C_1)$, es decir, la función, o la consecuencia, de estas dos estrategias. En cada casilla van a aparecer las ganancias de Fila y Columna, resultado de la elección de ciertas estrategias por Fila y Columna.

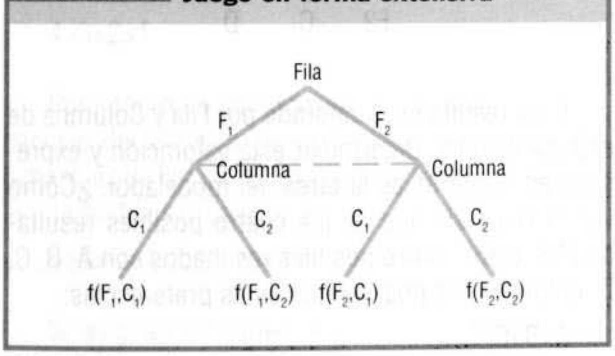
Ahora imaginamos que la secuencia de las jugadas importa y que el juego es dinámico. La forma adecuada es el árbol:

**Juego en forma extensiva**




**2.4** ¿Qué conoce Columna cuando Fila ha hecho su jugada? Si Columna conoce la última jugada de Fila, es un juego de información perfecta. Si Columna no sabe qué jugada acaba de hacer Fila, se trata de un juego de información imperfecta. Es un juego bayesiano, que se llama así en honor a Thomas Bayes, teólogo y matemático inglés del siglo XVIII, quien propuso un método para calcular la probabilidad de un evento a partir de la frecuencia de su ocurrencia en el pasado. La forma de la presentación de los juegos de información imperfecta es un poco diferente. Siempre es un juego dinámico, y se va a representar en forma de árbol. La diferencia con respecto al caso de la información perfecta consiste en la línea punteada que une los nodos "misteriosos". Veamos un ejemplo.

**Juego en forma extensiva**




La línea punteada indica que los dos nodos forman un conjunto de información. Quiere decir que Columna no puede observar qué estrategia ha escogido Fila y por eso no sabe en qué nodo se encuentra ella misma. Para resolver los juegos de información imperfecta (bayesianos) hay que aplicar un algoritmo diferente al caso de la información perfecta. El ajedrez es un juego de información perfecta, porque todas las jugadas de Fila se conocen por todos y por Columna. En cambio, cuando una empresa está participando en una licitación con las ofertas en sobre cerrado, o cuando un comandante militar toma la decisión sobre la distribución de sus fuerzas, ellos juegan un juego de información imperfecta porque actúan sin conocer la última jugada del oponente.

**3. Estrategias.** ¿Qué puede hacer Fila? ¿Qué puede hacer Columna? ¿Cuáles son las estrategias disponibles para ellos?

**3.1** Carácter alternativo de las estrategias. Las estrategias deben ser mutuamente excluyentes y diseñadas como alternativas de acción. Si Fila elige la estrategia F1, entonces no elige la estrategia F2.

**3.2** Forma de representación discreta o continua de las estrategias. Son posibles dos formas de representación de estrategias: discreta y continua. Cuando las estrategias son discretas, Fila elige una de un conjunto de estrategias posibles (bajar, subir o dejar constantes los precios, continuar o no el contrato, ascender o no al empleado, trabajar duro o hacer pereza, etc.) Así son las acciones en la vida real, por lo cual los juegos con las estrategias discretas son más "realistas". Estos juegos se representan en forma de una matriz o en forma de un árbol.

El cuadro va a ser incompleto si no menciono las estrategias continuas, porque este tipo de modelos se usa mucho en economía. Siendo sincero, uno tiene que aceptar que no existen estrategias continuas. La estrategia es discreta siempre. Un gerente puede variar el precio de su producto, y ésta es su estrategia. Él puede poner el precio con la precisión de hasta 1 centavo, pero el medio centavo no es posible. El precio siempre es una variable discreta. Sin embargo, para complicar las cosas, hacer los modelos sofisticados y utilizar el cálculo diferencial, los economistas representan la estrategia, por ejemplo, la estrategia de precios, como una variable dentro de las funciones de utilidad de Fila y Columna. Las estrategias continuas se han utilizado en el modelo clásico del oligopolio de Antoine Augustine Cournot, economista francés del siglo XIX. Por ejemplo, Cournot plantea la función de utilidad de una empresa de esta manera:

$$\pi_1 = Pq_1 - cq_1$$

donde la estrategia de la empresa consiste en la elección de cierta cantidad del producto ($q_1$). Esta estrategia es continua, es decir, puede ocupar cualquier valor positivo.

**3.3** ¿Es posible la negociación? Cuando los jugadores eligen sus estrategias de manera autónoma, es un juego no cooperativo. Cuando los jugadores tienen la posibilidad de intercambiar los argumentos y hacer los pactos vinculantes, se trata de un juego cooperativo. El juego no cooperativo no significa que sus participantes vayan a luchar como gladiadores. El juego cooperativo no significa que Fila y Columna vayan a intercambiar besos y flores. Es importante elegir el tipo adecuado de juego, porque de esta elección depende el algoritmo de la solución.

**Tipología de juegos**


**4. Ganancias.** Para identificar las ganancias de los jugadores, hay que contestar las siguientes preguntas:

**4.1** ¿Se trata de un juego de suma cero o de no suma cero?

Los juegos de suma cero son aquellos en que la suma de las ganancias de Fila y Columna es igual a cero. Cuando Fila pierde, Columna gana. Más aún, Columna va a ganar exactamente lo que va a perder Fila, y al revés. Si sumamos la ganancia (o pérdida) de Columna y la pérdida (o ganancia) de Fila, el resultado va a ser cero. De aquí el nombre de los juegos. Juegos de suma cero reflejan las situaciones estrictamente competitivas. Si el comprador Fila negocia un descuento con la vendedora Columna que trabaja por comisión, la situación es de suma cero. Cuanto más es el descuento obtenido, menos es la ganancia de Columna. Esta situación se ve en la guerra, en el deporte, en la competencia comercial.

Los juegos de no suma cero se caracterizan porque la ganancia de Fila no es equivalente a la perdida de Columna. Fila puede perder más que lo que Columna va a ganar. Fila y Columna pueden perder ambos o ganar ambos. Es una situación frecuente y por eso los juegos de no suma son prácticos. cuando el comprador Fila negocia con la vendedora Columna que no trabaja por comisión sino por un salario fijo, la situación es de no suma cero, porque el porcentaje que gana Fila no lo asume Columna, sino la empresa, que no participa en el juego.

**4.2** El cálculo de las ganancias. Para cada posible par de estrategias de Fila y Columna se configuran unas ganancias para Fila y Columna. Las ganancias reflejan las preferencias de los jugadores. Las preferencias de Fila y Columna se describen por las funciones de utilidad. Estas funciones de utilidad son explícitas cuando el modelador es sofisticado y crea un modelo algebraico. Cuando se trata de un modelo sencillo, basado en las estrategias discretas, las funciones de utilidad no tienen por qué formularse de manera explícita. Es suficiente que el modelador identifique las preferencias de los jugadores. Para construir las funciones de preferencia hay que identificar todos los resultados posibles en el juego. Cada par de estrategias produce un resultado. Si Fila tiene dos estrategias y Columna tiene dos estrategias, surgen cuatro posibles resultados del juego.

| | C1 | C2 |
|---|---|---|
| F1 | A | B |
| F2 | C | D |

Cada resultado es valorado por Fila y Columna de manera distinta. Determinar esta valoración y expresarla en números es la tarea del modelador. ¿Cómo valora Fila cada uno de los cuatro posibles resultados? Si estos cuatro posibles resultados son A, B, C, D, entonces Fila podría tener estas preferencias:

A>B>C>D

Una vez ordenadas las situaciones en términos de las preferencias de Fila, a cada una se le asigna un número, que representa la utilidad ordinal. La magnitud absoluta no es importante, sólo la relativa. Las preferencias de Fila:

A>B>C>D

4>3>2>1

Es una función de preferencias que emplea la utilidad ordinal. Lo único que nos dice esta expresión es que Fila valora A más que B, B más que C, C más que D y D más que E. No sabemos con qué intensidad Fila prefiere A a B, B a C, etc. Al formar estas cadenas, el modelador se apoya en su conocimiento de las preferencias de Fila y Columna. Las preferencias de Columna van a ser contrarias a las de Fila. Por ejemplo, Columna va a tener esta función:

D>C>B>A

-1>-2>-3>-4

Conocemos las preferencias de Fila y Columna y podemos armar la matriz:

| | C1 | C2 |
|---|---|---|
| F1 | 4 | 3 |
| F2 | 2 | 1 |

Como se ve, en las casillas figuran solamente las ganancias de Fila. Las ganancias de Columna van a ser los mismos valores pero con el signo negativo.

Ahora miramos la situación de los juegos de no suma cero. La misma matriz de juego

| | C1 | C2 |
|---|---|---|
| F1 | A | B |
| F2 | C | D |

Las preferencias de Fila son las mismas:

A>B>C>D

4>3>2>1

Pero como es un juego de no suma cero, las ganancias de Columna no están relacionadas con las ganancias de Fila. Una función de preferencias de Columna podría ser ésta:

B>C>D>A

Se asignan los números que reflejan las preferencias de Columna:

B>C>D>A

4>3>2>1

Asignadas las preferencias numéricas de los jugadores sobre cada resultado, se puede introducir los números en la matriz. En cada casilla hay que escribir las ganancias de Fila y Columna que corresponden a cada situación. Por convención, las ganancias del jugador que juega con las hileras (en nuestro caso, Fila) se escriben primero. Después de las comas se escriben las ganancias de la jugadora Columna.

| | C1 | C2 |
|---|---|---|
| F1 | 4,1 | 3,4 |
| F2 | 2,3 | 1,2 |

El juego está armado y listo para el cálculo del equilibrio.

Fudenberg y Tirole (1991, pp. 17-18) proponen un método algo más sofisticado. La fábula es la siguiente: el empleado de una empresa tiene dos estrategias: trabajar duro o hacer pereza.. Si el empleado trabaja duro, produce un valor (*v*) para el dueño. Al trabajar, el empleado realiza un esfuerzo (*g*) y gana un salario (*w*). El dueño tiene dos estrategias: controlar al empleado o no. El control tiene costo (*h*). El dueño paga al empleado el salario (*w*), a no ser que lo sorprenda holgazaneando, y en este caso lo despide y no le paga nada. Los jugadores eligen las estrategias simultáneamente. Fudenberg y Tirole asumen que:

v>w>g>h>0

La ganancia que el empleado genera al dueño es mayor que el salario que se le paga, el salario es mayor que el costo subjetivo del esfuerzo, el costo del esfuerzo del empleado es mayor que el costo de controlarlo, el cual de todos modos es mayor que cero. La matriz de ganancias representa de manera simbólica las ganancias de los jugadores en cada situación del juego. El empleado juega con filas y el dueño con las columnas.

| | C (controlar) | NC (no controlar) |
|---|---|---|
| H (holgazanear) | 0, -h | w, -w |
| T (trabajar) | w-g, v-w-h | w-g, v-w |

El siguiente paso es sustituir las letras por los números. Como hemos acordado,

v>w>g>h>0

Esto significa que podemos asignar los valores así:

v>w>g>h>0

5>3>2>1>0

El valor que corresponde a *(v)* es 5 porque es la forma de mantener la ganancia de Columna positiva en la casilla TC, donde v-w-h debe ser positivo para que el planteamiento tenga sentido. La matriz con los números:

| | C (controlar) | NC (no controlar) |
|---|---|---|
| H (holgazanear) | 0, -1 | 3, -3 |
| T (trabajar) | 3-2=1, 5-3-1=1 | 3-2=1, 5-3=2 |

| | C (controlar)NC | (no controlar) |
|---|---|---|
| H (holgazanear) | 0, -1 | 3, -3 |
| T (trabajar) | 1, 1 | 1, 2 |

El juego está armado y listo para el cálculo de la estrategia óptima.

Ortmann y Squire (2000) siguen el ejemplo de Fudenberg y Tirole. Primero identifican los elementos que componen la función de utilidad de Fila y Columna. Luego asignan los valores numéricos a estos elementos y calculan las ganancias de cada jugador en cada situación. A diferencia de Fudenberg y Tirole, utilizan los valores reales en pesos.

## Conclusión

El diseño de un juego con base en una situación real es un proceso semejante al proceso de investigación científica. Inicia con la comprensión del problema, planteamiento de los objetivos y de la hipótesis. Una vez formulada la hipótesis en forma literaria, se traduce en símbolos de acuerdo con las reglas de la teoría de juegos, que consiste en:

1. Definir los jugadores.

2. Definir las reglas del juego (si es un juego que se juega una sola vez o un juego repetido, si las jugadas se hacen de manera simultánea o secuencial, elegir la forma de representación, definir qué conoce Columna cuando Fila ha hecho su jugada).

3. Identificar las estrategias (mantener el carácter alternativo de las estrategias, elegir si se trata de estrategias discretas o continuas, y definir si es posible la negociación).

4. Calcular las ganancias (establecer si se trata de un juego de suma cero o de no suma cero, y de qué forma se van a calcular las ganancias).

Los métodos de solución de diferentes clases de juegos están bien descritos en la literatura y no representan obstáculos ni siquiera para las personas que no tienen preparación matemática.

## Referencias

Becker, G, 1993. Nobel lecture: The economic way of looking at behavior. *Journal of Political Economy*. 101(3). pp. 385-409.

Beed, Clive; Beed, Cara, 1999-2000. "Intellectual progress and academic economics: rational choice and game theory". *Journal of post Keynesian Economics*. Winter. v. 22 (2), pp. 163-185.

Binmore, Kenneth, 1994. *Teoría de juegos*, Madrid, McGraw- Hill.

Donaldson, Lex, 1990. "The ethereal hand: organizational economics and management theory". *Academy of management Review*, v. 15 (3), pp. 369-381.

Donaldson, Lex, 2000. *American anti management theories of organization: a critique of paradigm proliferation*. Cambridge. Cambridge University Press.

Fisher, F., 1989. "Games the economists play: a noncooperative view". *RAND Journal of Economics*, v. 19. pp. 113-124.

Fudenberg, Drew; Tirole, Jean,1992 *Game theory*. Cambridge. Mass, MIT.

Gibbons, Robert, 1997. *Un primer curso de teoria de juegos*. Barcelona. Bosch.

Grossman, S. J.; Hart, O, D. 1986. "The costs and benefits of ownership". *Journal of Political Economy*. v. 94. pp. 691-719.

Kranton, Rachel; Minehart, Deborah 2000. "Networks versus vertical integration". *RAND Journal of Economics*, v. 31 (3). Autumn. pp. 570-601.

Kreps, David,1994. *Teoría de juegos y modelación económica*. México. FCE.

Levy, Haim; Sarnat Marshall,1990. *Capital investment and financial decisions*. New York. Prentice Hall.

Neumann, John; Morgenstern Oskar, 1953. *Theory of games and economic behavior*. 5th ed., London. Princenton University Press.

Ortmann, Andreas; Squire, Richard, 2000. "A game - theoretic explanation of the administrative lattice in institutions of higher learning". *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 43. pp. 377-391.

Paroush, Jacob; Prager, Jonas, 1999. "Criteria for contracting -out decisions. When contractors can decieve". *Atlantic Economic Journal*. v. 27 (4). pp. 376–384.

Saloner, Garth,1991. "Modeling, game theory and strategic management". *Strategic Management Journal*. v. 12. pp. 119-136.

Shapiro, Carl, 1989. "The theory of business strategy". *RAND Journal of Economics*. v. 20 (1). pp. 123-136.

Simon, Herbert, 1972. *Comportamiento administrativo*. Madrid. Aguilar.

Welling, Derk; Kamann, Dirk, Jan, 2001. "Vertical cooperation in construction industry: size does matter". *Journal of Supply Chain Management*. v. 37 (4). pp. 28-33.