Teoría de Juegos y aplicaciones: El Dilema del Prisionero

María de Gracia Blázquez Vallejo
Ingeniería del Telecomunicación
100025152@alumnos.uc3m.es

Carmen Virginia Gámez Jiménez
Ingeniería de Telecomunicación
100025054@alumnos.uc3m.es

ABSTRACT
En este paper se realiza una introducción a la Teoría de Juegos clásica viendo sus orígenes y su evolución y exponiendo algunos conceptos básicos. Como caso particular se estudiará el clásico problema del Dilema del Prisionero. Se expondrán varias aplicaciones de este dilema en situaciones de la vida real y se analizarán sus posibles resultados.

Categories and Subject Descriptors
H.4.3. [Internet Explorer]
H.4.1. [Word Office]
H.3.4. [World Wide Web]

General Terms
Teoría

1. INTRODUCCIÓN
La importancia de los juegos desde la infancia ha sido destacada por los psicólogos como medio de formar la personalidad y de aprender de forma experimental a relacionarse con la sociedad y a resolver problemas y situaciones conflictivas. [2]

El estudio de los juegos ha inspirado a científicos de todos los tiempos para el desarrollo de modelos matemáticos y teorías. Una de las ramas de las matemáticas que surgió de los cálculos para diseñar estrategias vencedoras en los juegos de azar fue la estadística. Los conceptos propios de la estadística, como probabilidad o distribución, tienen aplicación en el análisis de juegos de azar o en situaciones en las que hay que tomar decisiones y correr riesgos ante componentes aleatorios.

Pero la teoría de juegos sólo se relaciona lejanamente con la estadística. Su objetivo es el estudio de los comportamientos estratégicos de los jugadores. En muchas situaciones del mundo real, tales como en relaciones políticas, sociales o económicas, aparecen escenarios en los que, al igual que ocurre en los juegos, el resultado depende de las distintas decisiones de los jugadores.

La teoría de juegos es una rama de la matemática con aplicaciones en economía, biología, sociología y psicología.[4] Examina el comportamiento estratégico de jugadores que interactúan y toman decisiones en un marco de incentivos formalizados, los juegos, y que están motivados por la maximización de la utilidad sabiendo que los otros jugadores son racionales. La utilidad final conseguida por cada uno de los jugadores depende de las acciones escogidas por el resto de los individuos.

Los juegos analizan matemáticamente situaciones en las que aparece un conflicto de intereses. Su objetivo es encontrar las opciones óptimas para que se consiga el resultado deseado en las circunstancias dadas.

La teoría de juegos ayuda a analizar problemas de optimización interactiva. Tiene muchas aplicaciones en las ciencias sociales. En la mayoría de los casos, la teoría de juegos se utiliza en situaciones que implican estrategias, conflictos de interés y trampas.

2. ORIGEN
La teoría de juegos comienza con los trabajos de Zermelo, el cual expone que ciertos juegos como el ajedrez son resolubles. En los años 20, Borel y Von Neumann analizan los equilibrios de tipo minimax para juegos de suma cero (juegos en los que un jugador gana lo que pierde su rival).

A pesar de ello, el primer avance importante no se produce hasta la publicación del libro de Neumman y Morgenstern *The Theory of Games Behavior* (años 40).[3] En este libro se divulgó una formalización general de juegos en su forma extendida y normal, se introdujo el concepto de estrategia en juegos extensivos y se propusieron aplicaciones.

Un desarrollo importante de estas ideas se produjo en Princeton en los años 50 cuando Luce y Raiffa difunden los resultados en su libro introductorio, Kuhn expone su definición del concepto de información en los juegos, Sharpley define su forma de atacar los juegos cooperativos (juegos en los que los jugadores pueden establecer contratos para actuar de forma cooperativa) y Nash define el llamado 'equilibrio de Nash', que permitió extender la teoría a juegos no-cooperativos más generales que los de suma cero.

Debido a que en esta época la mayor parte de las aplicaciones de los juegos tipo suma-cero iban destinadas a estrategias militares, fue el Departamento de Defensa de los EEUU quien financió las investigaciones.

Harsany, en los años 60 y 70, extendió la teoría de juegos a juegos de información incompleta (juegos en los que los jugadores no conocen todas las características del juego). Selten, ante la multiplicidad de equilibrios de Nash, definió el concepto de equilibrio perfecto en el subjuego para juegos de información completa y una generalización para el caso de juegos de información imperfecta

3. CONCEPTOS FUNDAMENTALES
3.1 Juego
En teoría de juegos, la palabra *juego* se refiere a un tipo especial de conflicto en el que toman parte un número de individuos o grupos. A estos individuos o grupos se les conoce como los jugadores.

En todo juego hay unas ciertas reglas propias de dicho juego. Estas reglas imponen las condiciones para que el juego comience, definen las posibles jugadas legales durante las distintas fases del juego, el número de jugadas que constituye una partida completa y los posibles resultados cuando la partida finaliza (recompensas para cada combinación de estrategias).

3.2 Jugada

En teoría de juegos, un movimiento o jugada define cómo progresa el juego de una fase a otra, desde la posición inicial hasta el último movimiento del juego. Las jugadas son el resultado de una decisión personal de cada jugador o pueden ser debidas al azar. Si son debidas al azar, puede determinarse la probabilidad de una cierta jugada.

Las jugadas de todos los jugadores pueden ser simultáneas o pueden ser alternativas entre los distintos jugadores de una manera determinada.

3.3 Ganancia

El resultado de un juego es una cierta asignación de utilidades finales. La ganancia o resultado designa lo que ocurre cuando una partida termina. En algunos juegos el resultado consiste en declarar un ganador o un perdedor (caso del ajedrez o las damas). En otros juegos con apuestas la ganancia está determinada por la cantidad que ha apostado cada jugador y por el número de veces que un jugador gana a lo largo de la partida (caso del póquer).

Dentro de los juegos, obtendremos un resultado de equilibrio si ninguno de los jugadores puede mejorar su ganancia unilateralmente dado que los otros jugadores no modifican sus estrategias.

El resultado de un determinado juego puede representarse utilizando una matriz de resultados. En esta matriz se representan las posibilidades de cada uno de los jugadores y los resultados del juego en función de la opción escogida por cada uno de ellos. La forma de representar las posibilidades y resultados de cada uno de los jugadores en una matriz de resultados será explicada posteriormente.

3.4 Estrategia

Una estrategia es una lista con opciones óptimas para cada jugador en cualquier momento del juego. Se dice que un jugador tiene una estrategia cuando tiene en cuenta las reacciones de otros jugadores para realizar su elección. Una estrategia es un plan de acciones completo que se lleva a cabo cuando se juega el juego. Se explicita antes de que comience el juego, y prescribe cada decisión que los agentes deben tomar durante el transcurso del juego, dada la información disponible para el agente. La estrategia puede incluir movimientos aleatorios.

3.5 Formas normal y extendida

A la hora de estudiar los juegos, una de las diferencias más importantes es la forma en que estos están representados. Hay dos posibilidades: forma *normal* y *extendida.*[1]

3.5.1 Forma normal

Un juego está en forma normal cuando la lista de todos los posibles resultados de cada jugador, con todas las posibles combinaciones de estrategias, viene dada para cualquier secuencia de decisiones en el juego. Este tipo de juego no depende de la elección de estrategia por parte del jugador.

En un juego representado en forma normal, se muestran los jugadores, las estrategias, y las recompensas en una matriz. Un jugador elige las filas y el otro jugador elige las columnas. Cada jugador tiene diversas estrategias, que están especificadas por el número de filas y el número de columnas. Las recompensas que obtienen cada uno de ellos se muestran en el interior de la matriz. El primer número del par dado para cada una de las opciones es la recompensa recibida por el jugador de las filas y el segundo es la recompensa del jugador de las columnas.

La representación de una matriz de resultados para un juego en su forma normal sería la siguiente:

Tabla 1: Matriz de resultados

	Opción 1 (jugador B)	Opción 2 (jugador B)
Opción 1 (jugador A)	(A1, B1)	(A2, B2)
Opción 2 (jugador A)	(A3, B3)	(A4, B4)

Donde Ai y Bi representan los resultados para cada uno de los jugadores según la opción escogida por ambos.

En juegos representados de esta forma se asume que todos los jugadores actúan simultáneamente o, al menos, sin saber la elección que toma el otro. Si los jugadores tienen alguna información acerca de las elecciones de otros jugadores el juego se presenta habitualmente en la forma extensa.

3.5.2 Forma extendida

La representación de juegos en forma extensa se encarga de juegos con algún orden que se debe considerar. Los juegos se presentan como árboles en los que cada vértice o nodo representa un punto donde el jugador toma decisiones. El jugador se especifica por un número situado junto al vértice. Las líneas que parten del vértice representan acciones posibles para el jugador. Las recompensas se especifican en las terminaciones de las ramas del árbol.

Un juego en forma extendida se representa de la forma:

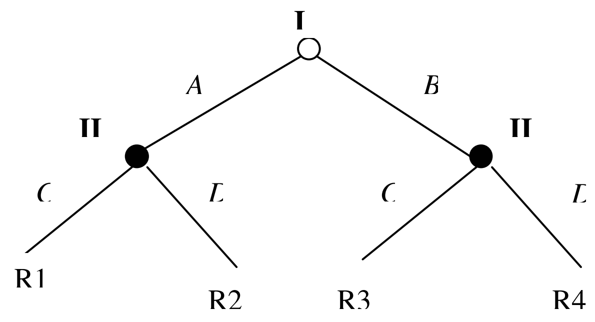

Figura 1: Forma extendida

En la representación anterior se muestra la forma extendida de un juego con dos jugadores. El jugador I mueve primero y puede elegir entre el movimiento A o B. El jugador II, según el movimiento del jugador I elige el movimiento C o D. En función de las opciones elegidas por ambos jugadores se llega a los posibles resultados R1, R2, R3 o R4.

En un juego representado en su forma extensa está definido el conjunto de reglas que fijan las posibles jugadas en todo momento, incluyendo qué jugador tiene que mover, la probabilidad de cada una de las opciones si las jugadas se hacen de forma aleatoria y el conjunto de resultados finales que relaciona una ganancia con cada una de las posibles formas de terminar el juego.

Además, se asume que cada jugador tiene unas preferencias para cada jugada de forma que obtenga la máxima ganancia (o las mínimas pérdidas).

Los juegos representados de esta forma pueden modelar también juegos de movimientos simultáneos. En esos casos se dibuja una línea punteada o un círculo alrededor de dos vértices diferentes para representarlos como parte del mismo conjunto de información (por ejemplo, cuando los jugadores no saben en qué punto se encuentran).

La representación en forma normal da al matemático una notación sencilla para el estudio de los problemas de equilibrio porque desestima la cuestión de cómo las estrategias son calculadas. Para tratar esto, es más conveniente usar la forma extensa del juego.

3.6 Información perfecta

En un juego se dice que se tiene información perfecta si todos los jugadores conocen los movimientos realizados previamente por el resto de jugadores. Por lo tanto, sólo pueden ser juegos de información perfecta los juegos secuenciales, ya que en los juegos simultáneos no todos los jugadores conocen las acciones del resto.

En teoría de juegos, la mayoría de los juegos estudiados, son de información imperfecta.

3.7 Información completa

Un juego es de información completa si cada uno de los jugadores conoce todas las posibles jugadas.

No debe confundirse con la información perfecta. En un juego de información completa cada jugador tiene que conocer las estrategias y recompensas del resto de jugadores, pero no tiene porqué conocer las acciones de estos.

En un juego de información completa cada uno de los jugadores tiene la misma información sobre el juego que el resto de los jugadores.

Este tipo de juegos ocurre muy raramente en el mundo real.

4. TIPOS DE JUEGOS

Dentro de la teoría de juegos podemos encontrar varias clasificaciones de los tipos de juegos que hay, según el número de jugadores y las circunstancias del juego.

4.1 Juegos individuales

Los juegos en los que interviene un solo jugador no tendrán mucho interés desde el punto de vista de la teoría de juegos ya que el único interés que interviene es el del propio jugador. No hay conflicto de intereses con otro jugador que tome decisiones estratégicas independientes del jugador a combatir.

4.2 Juegos de dos o más jugadores

Este tipo de juegos son los más estudiados y para la mayoría de ellos se conocen las decisiones y resultados.

Al intentar extender los resultados que se conocen para los juegos de dos jugadores a *n* jugadores aparecen dificultades para extender los resultados ya que aparecen nuevas oportunidades como la coalición, cooperación y confabulación.

4.3 Juegos simétricos y asimétricos

Los juegos simétricos son aquellos en los que los beneficios obtenidos por utilizar una estrategia particular sólo dependen del resto de las estrategias utilizadas [1], independientemente de qué jugador las haya utilizado. De esta forma, las identidades de los jugadores podrían intercambiarse sin que esto supusiera una modificación en el beneficio obtenido con las estrategias.

Para los tipos de juegos simétricos podemos encontrar una representación estándar:

Tabla 2: Matriz de un juego simétrico

	Jugador1	Jugador2
Jugador1	a,a	b,c
Jugador2	c,b	d,d

En los juegos asimétricos los resultados obtenidos no son idénticos desde el punto de vista de cada jugador. Las estrategias de cada uno de los jugadores pueden ser iguales o distintas.

4.4 Juegos de suma nula y suma no nula

Un juego es de suma nula si al finalizar el juego la suma total de los beneficios es cero [1] (total de ganancias = total de pérdidas→ se gana exactamente la cantidad que pierde el oponente).

En los juegos de suma no nula, la ganancia que tiene un jugador no tiene por qué coincidir con la pérdida de otro.

Los juegos de suma nula se estudian mucho más a fondo que los de suma no nula en la teoría de juegos ya que Von Neumann y Morgenstern demostraron que cualquier juego de n jugadores de suma no nula se puede reducir a un juego de n+1 jugadores con suma nula, de forma que ese jugador adicional compense con sus pérdidas las ganancias netas de los jugadores.

4.5 Juegos cooperativos

Estos juegos también se conocen como juegos con transferencia de utilidad. En ellos los jugadores pueden comunicarse entre sí y negociar un acuerdo.

En estos juegos hay que analizar las posibilidades de coalición que existen y como repartir las ganancias entre los miembros de la coalición para que ninguno de ellos esté interesado en romperla.

4.6 Juegos biestratégicos

Son juegos en los que cada jugador sólo puede actuar seleccionando entre dos posibles estrategias.

En otros tipos de juegos el jugador puede tener 2 o más estrategias para realizar cada jugada.

4.7 Juegos simultáneos y secuenciales

Los juegos simultáneos son aquellos en los que los jugadores mueven a la vez o desconocen los movimientos anteriores de los otros jugadores.

En los juegos secuenciales los jugadores tienen algún conocimiento de las acciones previas. Los jugadores no tienen que tener una información perfecta, es suficiente con que tengan algo de información.

En el caso de juegos simultáneos la estrategia debe ser suponer cuál es la jugada más conveniente para los jugadores, es decir cada jugador debe pensar que haría si estuviera en el lugar del otro. Las reglas de actuación en los juegos simultáneos son:

- Elección de la estrategia dominante.
- Eliminar la estrategia dominada.
- Buscar el equilibrio de Nash. Si no hay equilibrio lo más apropiado es volverse imprevisible ya que

cualquier conducta repetitiva puede ser aprovechada por los otros jugadores.

4.8 Juegos con repetición

Los juegos con repetición son aquellos en los que los jugadores juegan a un juego repetidas veces. De esta forma tienen la posibilidad de ver los resultados y acciones anteriores y permite que los jugadores premien o no las acciones pasadas, surgiendo estrategias que no se darían en los juegos simples.

Por ejemplo, repitiendo el juego del dilema del prisionero un número suficiente de veces da como resultado un equilibrio en el cual ambos prisioneros nunca confiesan.

5. APLICACIONES

Las aplicaciones de la teoría de juegos son muchas y en distintos campos como la economía, la biología, la política, la informática, la filosofía, en el campo militar, etc. Debido a este gran número de aplicaciones el interés por el estudio de la teoría de juegos va en continuo aumento.

5.1 Economía

Von Neumann y Morgenstern fueron los primeros en mostrar la utilidad de la teoría de juegos para estudiar el comportamiento de la economía.

Gracias a la teoría de juegos se pueden construir modelos que representan los mercados financieros en los que pueden aparecer distinto número de participantes (compradores y vendedores) y variaciones de la oferta y la demanda. Es muy útil para analizar los conflictos de intereses entre obtener mayores beneficios e incrementar la distribución de bienes y servicios.

La teoría de juegos ha sido utilizada para analizar distintos problemas económicos como oligopolios, duopolios y subastas.

También se ha utilizado la teoría de juegos para el estudio de la división equitativa de propiedades y herencias.

Otro aspecto de la economía en el que la teoría de juegos también sirve de ayuda, es para entender la negociación entre empresas y sindicatos. Cada uno parte de sus intereses, normalmente contrapuestos, para llegar mediante negociación a un punto medio. Ambas partes corren el riesgo de perder si hay ruptura del acuerdo, aunque también pueden ganar, lo que supone un aumento de producción, beneficios, salarios, etc.

5.2 Biología

La teoría de juegos se utilizó por primera vez en este campo para explicar la evolución de las proporciones de sexos (mismo número de machos que de hembras). Los individuos intentan maximizar el número de sus nietos sujetos a la restricción de las fuerzas evolutivas, y esto produce como resultado una proporción 1:1.

También se ha utilizado la teoría de juegos evolutiva y el concepto de estrategia evolutivamente estable para analizar la evolución de la comunicación de los animales. Este análisis se ha realizado mediante juegos con señales y otros juegos de comunicación.

El problema halcón-paloma se ha utilizado para estudiar la conducta combativa y la territorialidad. Con este problema se demuestra lo difícil que es que evolucione un comportamiento cooperativo entre individuos no emparentados en una población.

Normalmente en el campo de la biología las recompensas de los juegos se interpretan como adaptación.

5.3 Política

La teoría de juegos ha sido utilizada en este campo para explicar la teoría de la paz democrática. Según esta teoría habrá desconfianza y poca cooperación si alguno de los participantes en una disputa es no democrático, ya que en democracia el debate público y abierto envía información acerca de las intenciones de los gobierno hacia otros Estados. En cambio si hay algún participante no democrático será difícil conocer sus intereses, las promesas que cumplirá,…

5.4 Otros campos

La teoría de juegos es utilizada en otros muchos campos. Por ejemplo en la informática se utiliza la teoría de juegos para el modelado de programas que interactúan entre sí.

En sociología se utiliza para el estudio de los problemas que aparecen en la toma de decisiones.

Las estrategias militares también utilizan la teoría de juegos para estudiar conflictos de interés.

En epidemiología ayuda en relación a operaciones de inmunización y métodos de prueba de vacunas y otros medicamentos.

6. EL DILEMA DEL PRISIONERO

La Teoría de juegos se usa para analizar comportamientos estratégicos, donde hay dependencia mutua, es decir, donde hay que tener en cuenta el posible comportamiento de otros. Un ejemplo es el famoso Dilema del Prisionero, que suele atribuirse a A.W. Tucker (profesor de Nash).

El Dilema del Prisionero ha sido profundamente estudiado por la Teoría de Juegos, ya que es un modelo de conflictos que ocurren frecuentemente en la sociedad.[5]

El dilema del prisionero se usa como ejemplo del clásico conflicto entre intereses individuales y colectivos de quienes toman decisiones, y también para justificar los beneficios de la colaboración.

El dilema del prisionero es un ejemplo de un juego de suma no nula. En este juego, se supone que cada uno de los jugadores, de forma independiente, trata de maximizar su beneficio sin importarle el resultado de su adversario.

A continuación expondremos y analizaremos el problema clásico del dilema del prisionero y después analizaremos casos de la vida real en los que se encuentran situaciones similares a las dadas en este dilema.

El problema clásico del dilema del prisionero es el siguiente: "la policía detiene a dos sospechosos de un delito. No tienen suficientes pruebas para condenarlos, por lo tanto, deciden interrogarlos por separado. Cada uno de ellos va a ser preguntado sobre la culpabilidad del otro. Cada uno de los sospechosos se encuentra en una celda, y a ambos se les ofrece el mismo trato: si uno confiesa y su cómplice continúa sin hablar, su cómplice será condenado a la pena máxima (10 años) y él será puesto en libertad. Si el cómplice confiesa, pero él no, recibirá la pena máxima y su cómplice será liberado. Si ambos permanecen callados, ambos serán encerrados 6 meses por un cargo menor, mientras que si ambos confiesan, serán condenados a 6 años."

Cada preso puede optar por "Colaborar" con el otro, asegurando que el compañero se encuentra injustificadamente en la cárcel, o "Defraudar", acusándole de haber realizado el delito.

La matriz que representa las opciones de este juego y sus posibles resultados es la siguiente:

Tabla 3: Matriz dilema del prisionero

	Sospechoso B lo niega	Sospechoso B confiesa
Sospechoso A lo niega	Ambos son condenados a 6 meses	A es condenado a 10 años B queda libre
Sospechoso A confiesa	A queda libre B es condenado a 10 años	Ambos son condenados a 6 años

Vamos a analizar cada una de las opciones posibles y los consecuentes resultados.

En primer lugar suponemos que la única meta de ambos sospechosos es minimizar su pena, es decir, ambos sospechosos son completamente egoístas.

Cada sospechoso tiene dos opciones: cooperar con su cómplice y permanecer callado o traicionar a su cómplice y confesar. El resultado de cada elección depende de la elección del cómplice, por lo tanto, podrían esperar a saber su elección para realizar la suya. El problema es que no pueden saber la opción elegida por éste, es decir, cada uno de los sospechosos debe elegir una opción sin saber qué ha elegido su cómplice. Incluso si fueran capaces de hablar entre ellos, tampoco pueden estar seguros de poder confiar el uno en el otro.

Si uno de ellos confía en que el cómplice va a cooperar y va a permanecer en silencio, la opción más egoísta (opción óptima) sería confesar, ya que de esta manera saldría libre y su cómplice tendría que cumplir la pena máxima. Sin embargo, si espera que el cómplice confiese, la mejor opción es confesar también y así evitar la pena máxima. En este caso ambos cumplirían la misma pena de 6 años. Si ambos deciden cooperar, cumplirían la pena mínima.

Como hemos podido ver, confesar es una estrategia dominante para ambos jugadores, ya que, sea cual sea la elección del cómplice, siempre se reducirá la pena al confesar. Sin embargo, este resultado no es óptimo, ya que si ambos confiesan reciben una condena larga. Aquí se encuentra el punto clave del dilema del prisionero.

Desde el punto de vista del interés óptimo del conjunto de los dos sospechosos, la elección que lleva al mejor resultado es que ambos prisioneros cooperen, ya que de esta forma ambos cumplen la mínima pena posible. Este es el resultado óptimo del grupo, y cualquier otra decisión empeoraría el resultado del conjunto. Sin embargo, si los jugadores siguen intereses individuales y egoístas, ambos recibirán una sentencia larga.

Existe otra versión del dilema del prisionero (dilema del prisionero iterativo) en la que es posible castigar al cómplice si él te ha traicionado. En este juego es posible llegar a un resultado cooperativo.

En el dilema del prisionero iterado, los jugadores deben escoger su estrategia una y otra vez, y tienen memoria de sus encuentros previos, es decir, recuerdan la estrategia que ha seguido cada jugador en la jugada anterior. Al estudiar los resultados que se obtienen se observó que las estrategias egoístas tendían a ser peores a largo plazo, mientras que las estrategias de colaboración tendían a ser mejores (viéndolo respecto al interés propio).

La estrategia dominante en el caso del dilema del prisionero iterado es "Tit for Tat". Esta estrategia consiste en cooperar en la primera iteración, y después elegir la estrategia que el oponente eligió en la jugada anterior.

7. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL DILEMA DEL PRISIONERO EN LA VIDA REAL

En la vida real tenemos muchos ejemplos de interacciones humanas y de interacciones naturales en las que se obtiene la misma matriz de resultados que en el dilema del prisionero. Por ello, el dilema del prisionero ha sido estudiado profundamente por la Teoría de Juegos.

Vamos a ver ejemplos donde encontramos situaciones similares a las estudiadas en el dilema del prisionero y a analizar las posibles opciones y resultados del juego.

7.1 Dilema del prisionero en la docencia

Un profesor al comienzo del curso propone un método de evaluación distinto al clásico de realizar un examen final al terminar el curso. Es beneficioso para los alumnos no tener que hacer un examen final, ya que en esa época tienen muchos exámenes y poco tiempo para estudiar todas las asignaturas.

Este método consiste en la realización de una evaluación continua mediante la realización y entrega de ejercicios en grupos. Si la mayoría de los ejercicios están bien, no habrá examen final. Pero si los alumnos no se esfuerzan y los ejercicios no son buenos tendrán que hacer un examen al final de curso.

Los alumnos deberán entregar ejercicios semanalmente. Consideraremos que los alumnos han trabajado cuando a lo largo de toda la evaluación continua, la media de los alumnos que han realizado bien los ejercicios es superior o igual al 80%. De esta forma, habrá semanas en las que entreguen los ejercicios muchos grupos y otras en las que sólo los entreguen unos pocos. Lo importante es que al final del cuatrimestre, la media de las entregas de todas las semanas supere el 80%.

La matriz que representa las posibles opciones de los alumnos y los consecuentes resultados se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Matriz método de evaluación

	80% se esfuerza	80% no se esfuerza
20% se esfuerza	Nadie hace examen final habiendo trabajado todos	Todos tienen que hacer examen final, hay una minoría que ha trabajado
20% no se esfuerza	Nadie hace examen final pero la mayoría ha trabajado	Todos tienen que hacer el examen final, sin haber trabajado

Los alumnos tienen dos opciones ante este método de evaluación: pueden decidir todos esforzarse y hacer bien los ejercicios para librarse del examen final, o pueden "traicionar" a sus compañeros y no esforzarse, dependiendo de esta forma su suerte de lo que hagan sus compañeros.

Normalmente los alumnos intentarán aprobar la asignatura realizando el mínimo esfuerzo y pensarán que el resto de compañeros sí se esforzará para librarse del examen, beneficiándose de ello. El problema es que no se sabe si el resto se esforzará o todos pensarán lo mismo.

Para ver las posibilidades, consideraremos uno de los grupos de la clase, que denominaremos grupo A. El grupo A puede pensar que todos los demás grupos decidirán esforzarse para librarse del examen, entonces para ese grupo la opción óptima sería no esforzarse. Serían los únicos que no entregarían unos buenos ejercicios, pero como los de todos los demás están bien, se librarían de hacer examen y aprobarían fácilmente, mientras que el resto de grupos ha tenido que trabajar durante todo el curso.

Si por el contrario, el grupo A piensa que el resto de grupos no se va a esforzar, lo mejor para ellos sería no esforzarse tampoco, ya que tendrían que hacer examen final, pero por lo menos no habrán trabajado durante el curso.

Si todos los grupos deciden esforzarse y trabajar para entregar unos buenos ejercicios no tendrán que hacer examen final, y todos habrán trabajado durante el curso.

Para todos los grupos el no esforzarse sería una estrategia dominante. Sea cual sea la estrategia del resto de grupos siempre consiguen no trabajar durante el curso. El problema es que esa estrategia no lleva a un resultado óptimo ya que si ninguno se esfuerza, no habrán trabajado durante el curso pero tendrán que hacer un examen final.

Si todos los grupos piensan en el interés general, lo mejor sería que todos se esforzaran para no tener que hacer el examen final.

Por lo tanto, al igual que en caso del dilema del prisionero, vemos que la estrategia dominante no lleva a una solución óptima, ya que el interés propio de cada uno de los grupos les lleva a este resultado.

Otro ejemplo mucho más claro en el que se puede aplicar el dilema del prisionero es cuando un profesor descubre a dos alumnos copiando, aunque no puede demostrarlo.

Durante un examen parcial el profesor ve que dos alumnos están hablando, por lo que supone que están copiando, aunque no está seguro del todo. Para descubrir si estaban copiando habla con cada uno de los alumnos por separado y les dice que, si confiesan y el otro lo niega, corregirá su examen y no sufrirán castigo, mientras que el otro irá directamente a septiembre. Si lo niegan, pero su compañero confiesa, tendrá que ir a septiembre, mientras que su compañero se librará. Si los dos permanecen callados, lo único que les pasará es que tendrán que hacer un trabajo. Sin embargo, si ambos alumnos confiesan tendrán que repetir el examen.

Tabla 5: Matriz copiar

	Alumno A lo niega	Alumno A confiesa
Alumno B lo niega	Ambos tienen que hacer un trabajo	A no sufre castigo. B va directamente a septiembre
Alumno B confiesa	A va directamente a septiembre. B no sufre castigo	Ambos tienen que repetir el examen

Vamos a analizar igual que hemos hecho en el ejemplo anterior las distintas estrategias que puede seguir cada uno de los alumnos, y las consecuencias que éstas tienen.

Supondremos que ambos alumnos siguen una estrategia egoísta, es decir, sólo les interesa su propio beneficio. Vemos entonces las posibilidades de uno de los alumnos. Uno de los alumnos puede pensar que su compañero no le va a traicionar, por lo tanto, si él confiesa, se libra del castigo. Actúa de forma egoísta, ya que actúa pensando sólo en su beneficio. Si confiesa él se librará del castigo mientras que su compañero suspende el examen y tiene que hacerlo en septiembre.

Sin embargo, si este alumno piensa que su compañero va a confesar para intentar librarse del castigo, la mejor opción es confesar también. De esta forma se evita ir directamente al examen de septiembre ya que tiene la opción de repetir el examen.

Vemos como, al igual que en el ejemplo anterior, al actuar siguiendo una estrategia egoísta no se consigue el resultado óptimo. En este ejemplo, el resultado óptimo sería que ambos estudiantes decidiesen no traicionar a su compañero y de esta forma sólo tendrían que hacer un trabajo. Sin embargo, la estrategia dominante es el confesar, y esto les lleva a un resultado en el que tienen que trabajar más, ya sea repetir el examen ahora o ir directamente a septiembre.

Si los estudiantes hubieran actuado buscando el beneficio del grupo en lugar de su propio beneficio, hubieran llegado a un resultado óptimo.

7.2 Ciclismo

Otro ejemplo de un escenario similar al planteado en el dilema del prisionero ocurre a menudo en las carreras de ciclismo.[1]

Supongamos el caso de dos ciclistas, que a mitad de la carrera, se encuentran alejados del pelotón. El problema de ir alejados del pelotón es, que al estar en una posición delantera, no pueden refugiarse del viento. Normalmente ambos ciclistas compartirán la pesada carga de esta posición. Si ninguno de ellos hace un esfuerzo para permanecer delante, el pelotón les alcanzará rápidamente, perdiendo ambos la posibilidad de obtener ventaja en la carrera. Si uno de los ciclistas hace todo el trabajo y mantiene a ambos alejados del pelotón, posiblemente esto llevará a una victoria del segundo ciclista que ha tenido una carrera fácil gracias al otro corredor y podrá obtener una mayor ventaja. Si ambos ciclistas realizan un esfuerzo por permanecer delante, ambos se cansarán. En este caso es posible que uno de ellos gane la carrera o simplemente que ambos estén muy cansados y sean alcanzados por el resto del pelotón.

Esto suele ocurrir muy a menudo en las grandes carreras ciclistas, en las que corredores de un mismo equipo se sacrifican en beneficio del equipo, ya que uno de los ciclistas hace el esfuerzo para que otro corredor con mayores posibilidades gane la carrera.

Tabla 6: Matriz ciclismo

	Ciclista A no hace el esfuerzo	Ciclista A hace el esfuerzo
Ciclista B no hace el esfuerzo	Ambos son alcanzados por el pelotón	B puede ganar la carrera
Ciclista B hace el esfuerzo	A puede ganar la carrera	Ambos se cansarán

Si los ciclistas actúan buscando su propio beneficio, el resultado será peor, ya que de esta forma no obtendrán ventaja. La estrategia óptima sería buscar el beneficio del grupo.

7.3 Ciencia política

Otro ejemplo del dilema del prisionero podemos encontrarle en ciencias políticas. En este campo encontramos el escenario del dilema del prisionero cuando tenemos dos estados involucrados en una carrera de armas.

Las opciones de ambos estados son: incrementar el gasto militar en armas para estar preparados para un conflicto, disponiendo en este caso de menos presupuesto para otras cosas, o llegar a un acuerdo con el otro estado para reducir el armamento y poder invertir ambos más dinero en investigación u otras cosas.

Si llegan a un acuerdo para reducir las armas ninguno de los dos estados estará seguro de que el otro cumplirá el trato, por lo tanto, ambos estados comprarán más armas para estar más preparados en caso de tener que enfrentarse a un conflicto.

Ambos estados parecen actuar racionalmente, pero el resultado es irracional, ya que ambos gastarán más dinero en armamento innecesario.

La matriz que representa las opciones de ambos estados junto con los resultados se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Matriz compra armas

	Estado A reduce su armamento	Estado A compra más armas
Estado B reduce su armamento	Ambos pueden dedicar el dinero a otras cosas	A está más preparado en caso de un conflicto
Estado B compra más armas	B está más preparado en caso de un conflicto	Ambos malgastan el dinero en armas

En este caso, al igual que en los demás ejemplos mostrados, el resultado óptimo se obtiene cuando se busca el beneficio del grupo y no el beneficio particular. Sin embargo, en una situación como la planteada, es difícil que se consiga la cooperación entre los estados.

7.4 Duopolio

En una situación de oligopolio, los resultados de una empresa dependen de las decisiones de las empresas competidoras, y no solamente de su decisión. Esta situación de las empresas es otro ejemplo de una situación similar a la encontrada en el Dilema del prisionero.[2]

Supongamos que dos empresas A y B forman un duopolio en el sector textil. En la época de las rebajas, ambas empresas normalmente invierten grandes cantidades en publicidad. Esta inversión es tan alta que suele implicar la pérdida de todo el beneficio obtenido con las rebajas. Dado que sólo hay dos empresas, estas se ponen de acuerdo y deciden no invertir en publicidad para obtener todo el beneficio que generen las ventas. Sin embargo, si una de las dos empresas rompe el acuerdo y lanza una campaña publicitaria en el último momento, conseguirá atraer a todos los consumidores, por lo que sus beneficios serán mucho mayores, mientras que la empresa competidora perderá dinero.

Las opciones de cada una de las empresas y los posibles resultados pueden agruparse en una matriz de pagos similar a las explicadas anteriormente. Al igual que en casos anteriores, cada empresa tiene que elegir entre dos estrategias: respetar el acuerdo o traicionar a la otra empresa e invertir en publicidad.

Si una de las empresas, por ejemplo la empresa A, piensa que B le va a traicionar y va a invertir en publicidad, ella también debería invertir ya que de esta forma no obtiene beneficios pero tampoco pérdidas. Si de lo contrario piensa que la empresa B no le va a traicionar, A piensa que a ella le conviene traicionar el acuerdo, ya que de esta manera obtendrá unos beneficios muy altos. Sea cual sea la estrategia de la empresa competidora, lo que más le conviene a la empresa A es traicionar el acuerdo. Esta misma será la conclusión a la que llegue la empresa B. Por lo tanto, ambas empresas se traicionarán y obtendrán resultados peores que si hubieran mantenido el acuerdo.

Vemos de nuevo como en estos casos, los agentes actúan buscando su propio interés, sin embargo, de esta forma no obtienen un resultado óptimo.

7.5 Trabajo en equipo

Suponemos un caso al que se enfrenta un equipo de desarrollo de software, en el que hay peligro de que algunos miembros pierdan su puesto si el proyecto fracasa.[6]

Lo más normal en un trabajo que se debe realizar en equipo es que todos compartan su conocimiento para que así el proyecto tenga más posibilidades de tener éxito, y será más probable que todos mantengan su puesto de trabajo. El problema es que cuando uno comparte su conocimiento, no puede estar seguro de que el resto también lo hará. Los programadores también tienen la opción de ocultar su conocimiento para destacar y asegurar su permanencia en la empresa, pero si todos se comportasen así aparecerían problemas como tareas repetidas, errores repetidos,… lo que puede provocar que ningún miembro del equipo conserve su puesto de trabajo.

El objetivo de cada programador es no perder su puesto de trabajo. Podrá optar por dos estrategias, no compartir el conocimiento y tratar que sea otro el que sea expulsado, o compartirlo para que nadie sea expulsado.

Un programador puede plantearse que si nadie coopera, no es necesario que él coopere ya que el proyecto fracasará de todas formas ya que nadie compartirá sus conocimientos y el proyecto no avanzará. Si el programador piensa que todo el mundo va a aportar nuevas ideas al proyecto, puede decidir no compartir sus conocimientos, ya que en un equipo grande no es muy influyente la propuesta de una sola persona. De esta forma ocultará sus conocimientos y podrá destacar y permanecer en la empresa. Sin embargo, si todos aportan sus conocimientos el proyecto tendrá éxito y todos se asegurarán su permanencia en la empresa.

La estrategia dominante es el no compartir los conocimientos para asegurar la permanencia en la empresa, pero de esta forma se corre el riego de que el proyecto fracase. Si los programadores buscan su propio beneficio seguirán esta estrategia, que no es la óptima. Sin embargo, si todos deciden aportar sus conocimientos obtendrían el resultado óptimo ya que el proyecto saldrían adelante y todos permanecerían en la empresa.

7.6 Bienes Comunes

En una aldea en la que el medio de subsistencia es la ganadería, cada familia tiene su ganado, pero los pastos en los que se alimentan son un bien común. En este escenario de nuevo podemos aplicar el dilema del prisionero para estudiar el comportamiento de los habitantes de la aldea.[7]

Cada familia tiene dos estrategias posibles, cuidar los pastos o no cuidarlos:

Tabla 8: Matriz actuación familias

		mi familia	
		cuidarlos	no cuidarlos
Resto de familias	cuidarlos	2,2	4,1
	no cuidarlos	1,4	3,3

Lo más normal es que al utilizar pastos comunes, ninguna familia se vea estimulada a cuidar los pastos para procurar que no se agoten o estropeen. Su estrategia preferida será no cuidar los pastos, esperando que los demás si que los cuiden.

La siguiente estrategia que seguirían las familias por orden de preferencia sería que todos cuidasen los pastos. Después iría la estrategia de que ninguno cuidase lo pastos, siendo la estrategia menos preferida aquella en la que una familia cuida los pastos y el resto no.

La estrategia dominante para cada familia es no cuidar los pastos, independientemente de lo que hagan los demás. Esto lleva a un resultado que es peor que si todas fueran cuidadosas, pero es lo que suele ocurrir con las propiedades comunes.

Estudios en economía señalan que una posible solución a este problema sería dividir los pastos en parcelas, asignando una a cada familia, que deberá ocuparse de ella ya que pasa a ser una propiedad privada. Otra solución sería que las autoridades regulasen el uso de los pastos.

8. CONCLUSIONES

A través de distintos ejemplos de aplicaciones del Dilema del Prisionero hemos podido observar cómo influye la Teoría de Juegos en muchas situaciones que se dan en la vida cotidiana. Este es el motivo por el que la Teoría de Juegos ha sido ampliamente estudiada a lo largo de la historia.

En particular, hemos visto cómo los problemas que presentan situaciones similares a las planteadas por el Dilema del Prisionero, siempre obtendrían un resultado óptimo si los jugadores buscaran el beneficio del grupo, y no el beneficio propio. Sin embargo, en la mayoría de estas situaciones, siempre se obtiene un resultado subóptimo, ya que los jugadores actúan de una forma egoísta, perjudicando a su contrincante, pero al mismo tiempo perjudicándose a él mismo.

9. REFERENCIAS

[1] *Teoría de juegos*
http://es.wikipedia.org/wiki/
visitado el 6/11/06

[2] *Introducción a la Teoría de Juegos*
http://www.eumed.net/cursecon/juegos/index.htm
visitado el 8/11/06

[3] *Teoría de Juegos*
http://www.monografias.com
visitado el 8/11/06

[4] *Teoría de Juegos*
http://www.econlink.com.ar/definicion/teoriadejuegos.shtml
visitado el 8/11/06

[5] *El Dilema del Prisionero*
http://www.eumed.net/cursecon/juegos/presos.htm
visitado el 20/11/06

[6] *Introducción al Dilema del Prisionero*
http://www.redcientifica.com/gaia/dp/pris_c.htm
visitado el 20/11/06

[7] *La Tragedia de los comunes y el origen del derecho*
http://w3.cnice.mec.es/recursos/bachillerato/economia/9/comunes.htm
visitado el 5/12/06