

44
25j



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**"SUBASTA DE VALORES EMITIDOS
POR EL GOBIERNO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

A C T U A R I O

P R E S E N T A :

CYNTHIA PAOLA IGLESIAS URRUTIA



DIRECTOR DE TESIS: DR. GILBERTO CALVILLO VIVES

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE DE 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS

COMPLETA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrin Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"SUBASTA DE VALORES EMITIDOS POR EL GOBIERNO"

realizado por CYNTHIA PAOLA IGLESIAS URRUTIA

con número de cuenta 8300066-5 , pasante de la carrera de ACTUARIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario	DR. GILBERTO CALVILLO VIVES
Propietario	ACT. FERNANDO ALONSO PEREZ TEJADA
Propietario	M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE
Suplente	M. EN C. MARY GLAZMAN NOWALSKI
Suplente	M. EN C. JAQUELINE VARGAS ARELLANES

Gilberto Calvillo Vives
Fernando Alonso Perez Tejada
Virginia Abrin Batule
Mary Glazman Nowalski
Jaqueline Vargas Arellanes

Claudia Carrillo Quiroz
Consejo Departamental de Matemáticas
ACT. CLAUDIA CARRILLO QUIROZ

FACULTAD DE CIENCIAS
SECRETARÍA DE
CIENCIAS EXACTAS Y FÍSICAS

A mi familia fuente de toda mi inspiración.

Con un agradecimiento muy especial a mi director de tesis Dr. Gilberto Calvillo Vives y a mis entrañables amigos Angel Enriquez y Ricardo Tanikawa.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

“SUBASTA DE VALORES

EMITIDOS

POR EL GOBIERNO”

INDICE



INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 Mercados	1
1.1.1 Mercados de competencia perfecta	2
1.1.2 Mercados de competencia imperfecta	4
1.1.3 Monopolio puro	6
1.1.4 Competencia monopólica	8
1.1.5 Oligopolio	8
1.2 Mercado de valores	11
1.2.1 Valores de renta fija	12
1.2.2 Valores de renta variable	12
1.3 Clasificación de los instrumentos	12
1.3.1 Mercado de capitales	13
1.3.2 Mercado de dinero	13

CAPÍTULO II

2.1 Subastas	15
2.1.1 Subasta inglesa	18
(Ascending-price open-outcry auction)	

CAPÍTULO II (Continuación)

2.1 Subastas	
2.1.2 Subasta holandesa	19
(Descending-price open-outcry auction)	
2.1.3 Subasta a precio-múltiple con postura cerrada	20
(First-price sealed-bid auction)	
2.1.4 Subastas a precio-único con postura cerrada	21
(Second-price sealed-bid auction)	
2.2 Modelos de Subastas	22
2.2.1 Independent-private-values model	22
2.2.2 Common-values model.....	23

CAPÍTULO III

3.1 Subastas de valores gubernamentales	25
3.1.1 Mantener el anonimato	26
3.1.2 Disminuir el costo	27
3.1.3 Evitar el esquinamiento	27
3.1.4 Evitar la formación de cárteles	27
3.2 Subastas de valores gubernamentales en Estados Unidos	28
3.3 Subastas de valores emitidos por el gobierno mexicano	35
3.4 Costos y beneficios	48

CAPÍTULO IV

4.1 Antecedentes	51
4.2 Modelos de subastas	53
4.2.1 Teoría de juegos	53
4.2.2 Información imperfecta	57
4.2.3 Modelos	59

4.2.4 Resultados	66
4.3 Conclusiones	68
ANEXO A	70
ANEXO B	79
ANEXO C	89
BIBLIOGRAFÍA	97

INTRODUCCION



La determinación del precio de algunos bienes o valores como las piezas de arte, los pozos petroleros, las antigüedades, los bonos, etc., ha representado un conflicto para aquellas personas que tienen interés por comerciar con ellos. El problema parece radicar en el hecho de que todos y cada uno de los objetos anteriormente mencionados poseen un valor subjetivo, además de un precio fijo.

Una alternativa que se ha encontrado a este conflicto es el permitir, a través del empleo de subastas, que sean justamente los compradores potenciales los que determinen el precio de los objetos a intercambiarse. Si bien es cierto que la utilización de estos métodos resuelve de alguna forma el conflicto, siempre existe la duda por parte de compradores y vendedores, en la búsqueda de la optimización de sus ganancias, de ¿cuál sería el tipo de subasta más conveniente de utilizar para el intercambio de determinados bienes o valores?.

En el presente trabajo se realiza un estudio comparativo de las formas en las que se han colocado en los mercados primarios, los valores gubernamentales emitidos en México y en Estados Unidos de Norteamérica, con el propósito de exponer minuciosa y detalladamente la problemática que se presenta en ambos países al intentar determinar una subasta "óptima" para la colocación de estos títulos. En el primer capítulo se mencionan algunos

conceptos que son de utilidad para entender el entorno en el que se llevan a cabo las subastas de títulos gubernamentales, así como una descripción de los instrumentos que son emitidos por cada gobierno y la forma en como estos funcionan.

En el capítulo dos se hace una descripción exhaustiva de las características de los distintos tipos de subastas. Se presenta la clasificación taxonómica que de ellas hizo William Vickrey de acuerdo a los siguientes dos parámetros: la forma de asignación de los objetos a subastar y la manera en que cada uno de los postores presentan sus ofertas .

Los mecanismos para llevar a cabo las subastas de valores gubernamentales mexicanos y estadounidenses, así como las reglas que deben seguir los participantes de las mismas, son el tema central del tercer capítulo. Así mismo, se mencionan algunos resultados importantes que se han obtenido en los estudios que al respecto de las subastas de T-bills se han realizado haciendo uso para ello de diversas técnicas estadísticas, económicas y matemáticas.

En el cuarto y último capítulo se hace una abstracción de las subastas a partir de la simulación del comportamiento de los participantes, mediante un modelo que parte del supuesto de considerar a las subastas de valores gubernamentales, como un juego de N participantes. Para la obtención y análisis de los resultados del modelo se diseñó un programa de cómputo cuyo funcionamiento es descrito en el anexo A. Finalmente se presentan las conclusiones del modelo.

CAPITULO I



En este capítulo se expondrán brevemente algunos conceptos económicos y financieros, que serán de utilidad a lo largo de toda la tesis.

1.1 MERCADOS

El primer concepto al que nos referiremos es el de mercado. La definición económica de mercado es la de "aquella entidad económica en la que se efectúan las operaciones de compra-venta de bienes y servicios"¹. Desde un punto de vista financiero una definición sería: "Un mercado es cualquier lugar; no importa su tamaño o extensión, en el que los compradores y vendedores pueden traficar con prontitud determinada cosa. La uniformidad de objetos y de normas hace posible que el tráfico pueda muchas veces efectuarse sin estar presente ni el objeto, ni el comprador, ni el vendedor."²

La teoría económica ha hecho una clasificación de los mercados a partir de los siguientes dos puntos:

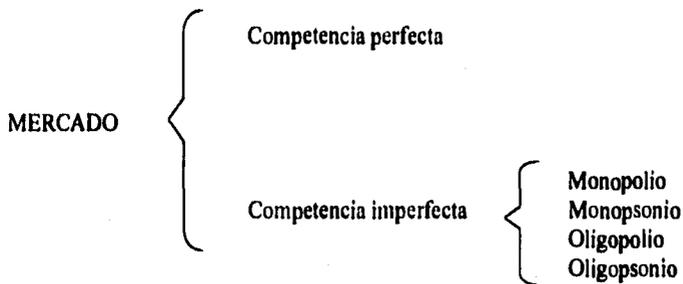
- a) El número de compradores y vendedores que lo integren.

¹ Mc Closkey, *"The Applied Theory of Price"*, Ed. Mac Millan (1982).

² Quintero Ramos Angel, *"El Mercado de Valores"*, Ed. Universitaria, Universidad de Puerto Rico (1963).

- b) La influencia que tanto los compradores o vendedores que lo conformen puedan tener sobre el precio de los productos que son intercambiados en él.

Conforme a las dos características anteriores, los mercados pueden ser clasificados de la siguiente manera:



1.1.1 Mercados de competencia perfecta

Los mercados de competencia perfecta son aquellos en los que existen un número considerable de empresas, con un cierto grado de competencia entre ellas; pero en el que ninguna tiene la suficiente influencia para modificar el precio de los bienes que se produzcan y comercien en dicho mercado.

Una firma o empresa en un mercado de competencia perfecta, se define como aquella que no tiene el poder de alterar el precio que recibe por los bienes que produce. Este tipo de empresas se ven obligadas a aceptar para su producto el precio que es determinado por el mercado. Existen básicamente dos razones por las cuales este tipo de firmas aceptan para sus productos el precio fijado por el mercado:

-
- 1) La firma o empresa vende un bien o servicio indistinguible del que venden otras firmas o empresas en el mercado. Por ejemplo, los agricultores que siembran arroz, maíz, frijol etc. Todos ellos ofrecen a los compradores básicamente el mismo producto, porque si bien existen distintos tipos y calidades de estos granos, el producto por si mismo, puede considerarse como idéntico.
 - 2) La firma o empresa elabora y ofrece una parte muy pequeña del total de los requerimientos de su producto en el mercado.

Como consecuencia de las dos características anteriores se tiene que las empresas o firmas en un mercado de competencia perfecta, tienen aparentemente la misma representatividad en el mercado, de ahí que ninguna de ellas pueda por si misma modificar los precios de los productos que en él se intercambian.

Por lo que se refiere a los compradores en un mercado de competencia perfecta hay sólo una característica que debe ser considerada: la cantidad de un producto que cada comprador pueda adquirir con respecto al total de la producción del mismo en el mercado.

Desde el punto de vista del comprador, la teoría económica clasifica a un mercado de competencia perfecta como aquel en el que existe un considerable número de compradores pequeños e independientes que adquieren una mínima parte de la producción total de un determinado bien. Precisamente porque los compradores en éste tipo de mercado tienen un poder de adquisición limitado sobre cada producto; ninguno de ellos puede influir para modificar el precio de alguno de los productos que se comercian en el mercado.

La curva de demanda para una empresa en un mercado de competencia perfecta, es una línea horizontal al precio de equilibrio del mercado vigente³. Lo que significa que en caso de que alguna de las firmas en el mercado decidiese incrementar el precio de sus productos en una pequeña proporción, la gente optaría por adquirirlo con otra de las empresas, la teoría económica clasifica a este tipo de curvas de demanda como completamente elásticas.⁴

1.1.2 Mercados de competencia imperfecta

Los mercados de competencia imperfecta se caracterizan por la presencia de alguna empresa o grupo de empresas que tiene o tienen un cierto grado de control sobre los precios de los bienes que se producen en ellos.

Una firma o empresa en un mercado de competencia imperfecta se define como aquella que puede ejercer determinado control sobre el precio que recibe por la venta de los objetos o bienes que produce.

Existen dos razones importantes por las cuales una firma o empresa puede tener control sobre el precio de sus productos en el mercado:

- 1) Cada empresa o firma produce una cantidad considerable del total de la producción de un bien en el mercado. Por ejemplo algunas empresas monopolísticas en México son: la compañía de luz, agua, teléfonos, etc.

³ *Precio de Equilibrio del Mercado:* Es aquél que se determina por las fuerzas de la oferta y la demanda del mercado. Es el precio en el cual no existe ninguna tendencia al cambio.

⁴ *Elasticidad:* Es la proporción en la que un cambio en el precio relativo de algún bien o servicio, hace variar la cantidad demandada y la cantidad ofrecida.

- 2) Cada firma o empresa ofrece un producto que puede ser distinguido de los elaborados por sus competidores. Por ejemplo: las empresas automovilísticas, cada una de ellas fabrica automóviles; pero existen marcadas diferencias entre los modelos producidos por unas y otras.

Desde el punto de vista del comprador, la competencia imperfecta se da cuando existe una cantidad limitada de compradores y cada uno de los mismos adquiere un monto considerable del total de la producción de un bien o servicio intercambiado en el mercado. Por lo anterior, los compradores en éste tipo de mercado tendrían la influencia suficiente para modificar los precios de los productos comercializados en dicho mercado. Un ejemplo de este tipo de mercado es el de los transportistas; por la naturaleza y tamaño este negocio los compradores de autobuses en caso de realizar alianzas entre ellos, podrían lograr que los productores modificaran ya sea las características o el precio de los autobuses de acuerdo con sus necesidades. Esto, en el entendido de que los compradores pueden optar por cambiar de proveedor en el momento que así convenga a sus intereses.

A pesar de que todas las firmas en mercados de competencia imperfecta tienen una curva de demanda cuya pendiente es no solo distinta de cero sino negativa, hay una gran cantidad de diferencias entre ellas. Por lo anterior, la teoría económica las clasifica en distintas categorías de acuerdo al tamaño del grupo que posee influencia sobre el mercado. La clasificación de los mercados de competencia imperfecta que se hace es la siguiente:

- a) Competencia monopólica pura.
- b) Competencia monopsónica.
- c) Competencia monopólica.

- d) Competencia oligopólica.
- e) Competencia oligopsonica.

1.1.3 Monopolio puro

El monopolio puro es el caso extremo de la competencia imperfecta. Se dice que el monopolio es una restricción en la relación entre un comprador y un vendedor. La palabra monopolio proviene de los vocablos griegos *monos-*uno y *polein-*vender. De acuerdo con lo anterior podemos definir a un mercado de competencia monopolística pura como aquél en el que existe sola y únicamente una firma o empresa con el poder para comercializar un determinado producto en el mercado.

Este tipo de mercado existe cuando el gobierno de un país tiene los derechos de exclusividad para distribuir un producto en su mercado interno; por ejemplo, Petróleos Mexicanos es una empresa monopolística. También existe el monopolio puro cuando el gobierno otorga el derecho o concesión a alguna firma para que esta produzca un determinado bien o provea de un cierto servicio al mercado. Por ejemplo, TELMEX era una empresa monopolística.

El monopolio comienza con un deseo natural de obtener mayores beneficios de los que son permitidos bajo una competencia perfecta en el mercado. También existen los llamados monopolios naturales que surgen como consecuencia directa del tipo de productos o servicios que se van a intercambiar en él. Por ejemplo: para las industrias ferroviarias resulta más conveniente compartir las redes de vías, que tener cada una de ellas las suyas propias. Un mayor beneficio requiere de un precio más alto del producto y esto a su vez implica una disminución en la cantidad demandada del mismo. Un

monopolio exitoso restringe la cantidad de un producto que es ofrecida en el mercado, no permitiendo a los compradores obtenerla a través de otros posibles vendedores. Como los monopolistas restringen a los compradores a no adquirir productos por medio de otros vendedores, la curva de demanda de los consumidores para un cierto producto la determina el monopolio. La ganancia marginal en un monopolio, por lo tanto, disminuye el precio; porque un aumento en la producción de determinado bien obligaría a la empresa monopolística a disminuir el costo de dicho producto. El competidor monopolístico no podría ampliar su producción hasta el punto en el sus costos sean mínimos sin reducir el precio y entonces su costo marginal superaría a su ingreso marginal.

El precio de un bien comercializado en un monopolio se determina a través de una investigación de precio. El vendedor tiene acceso a una curva de demanda que representa las distintas ofertas que puede hacer a los compradores. La regla para fijar el precio está basada en la cantidad que el vendedor debe ofrecer para mantener un equilibrio entre su costo marginal y su beneficio marginal, es decir al monopolista sólo le interesará maximizar sus ganancias no importándole satisfacer las necesidades del mercado.

La contraparte del monopolio desde el punto de vista de los compradores se conoce como monopsonio. Este caso se presenta cuando en un mercado existe sola y únicamente un comprador para la producción de un determinado bien, por ejemplo: el gobierno federal de los Estados Unidos es un monopsonista en la compra de bombas atómicas o una mina solitaria en un pueblo remoto de Guanajuato es un monopsonio en la compra de mano de obra.

1.1.4 Competencia monopólica

De acuerdo a sus características podemos decir que un mercado de competencia monopólica es similar a un mercado en el que predomina la competencia perfecta. Las dos características distintivas en un mercado de competencia monopólica son:

- 1) Existen en el mercado muchas firmas y cada una de ellas vende una pequeña porción del total de la demanda del mercado.
- 2) Cada firma en el mercado vende un producto que es ligeramente distinto de los que venden sus competidores.

La característica que hace a la competencia monopólica similar a la competencia perfecta es que en ambas existen muchas firmas; cada una de las cuales produce y vende una pequeña porción del mercado. Sin embargo, el hecho de que cada firma venda un producto ligeramente distinto de los que venden sus competidores, da como resultado una curva de demanda con pendiente negativa para cada empresa. Además, como el producto o servicio que ofrece cada firma es distinto a los de la competencia, la firma tiene cierto control sobre los precios de sus productos o servicios en el mercado. Algunos ejemplos de empresas en competencia monopólica son: tiendas departamentales, fábricas de automóviles, tiendas de abarrotes, florerías, etc.

1.1.5 Oligopolio

La palabra oligopolio proviene del vocablo griego, "oligos", que significa pocos. Mercado de competencia oligopólica es aquel en el que existen

un pequeño número de empresas que producen el total de la demanda de un determinado producto en el mercado. El oligopolio es comúnmente encontrado en grandes industrias o en productos comercializados nacionalmente. Por ejemplo, las industrias productoras de acero, minerales, el mercado financiero en México, etc.

A diferencia de la competencia monopolística, en la competencia oligopólica las firmas no necesariamente elaboran un producto distinto del que producen sus competidores. De hecho el acero y los minerales pueden ser clasificados como productos homogéneos: una tonelada de acero mexicano es esencialmente lo mismo que una tonelada de acero canadiense. Por supuesto hay oligopolios que producen artículos diferenciables de los de la competencia, por ejemplo, los automóviles, las herramientas, etc. Pero la característica principal de un oligopolio es el pequeño número de firmas que integran al mercado.

Como consecuencia del reducido número de firmas que integran a un mercado de competencia oligopólica, cualquiera de ellas tiene la influencia suficiente para modificar la oferta y el precio de los bienes o servicios que ofrece al mercado. Además, cada una de las empresas integrantes del oligopolio tratará siempre de maximizar sus ganancias particulares. Estas dos características de los integrantes de un mercado de competencia oligopólica definen para la teoría económica un problema bastante complejo de solucionar, al tratar de obtener una estrategia para determinar, la cantidad y el precio óptimo de un producto en un mercado de este tipo.

Unas de las primeras soluciones que se dieron a este problema fueron las conocidas como la solución de Bertrand y la solución de Cournot. En

ambas, se reduce el problema a un duopolio y se supone que sus integrantes aceptan de palabra mantener un cierto precio y nivel de producción. Por supuesto alguno de los integrantes del duopolio, en su afán de obtener mayores ganancias, violará el acuerdo, ya sea disminuyendo el precio del producto (solución de Bertrand) para de esta manera atraer más consumidores o incrementando la producción (solución de Cournot). El supuesto básico de estas dos soluciones, es que si alguno de los integrantes del duopolio violara el acuerdo, la contraparte no tendría ninguna reacción; lo cual es muy poco probable que suceda en el mundo real. Por ejemplo, si uno de los duopolistas se comporta a la Bertrand, es decir supone que el otro mantendrá constante su precio mientras él lo disminuye, entonces los precios caerán hasta alcanzar el nivel de competencia (precio de equilibrio en un mercado de competencia perfecta.). Por otro lado, si un duopolista se comporta a la Cournot es decir, supone que el otro mantendrá constante el tamaño de su producción, entonces la cantidad se elevará hasta el nivel de competencia.

La última respuesta que se le ha dado al problema, es a través de la teoría de juegos. Esta teoría analiza las distintas situaciones que se pueden presentar en un juego cuando personas inteligentes se enfrentan y tratan de aventajar a sus oponentes. Los juegos que son comúnmente analizados son los de póker, intercambios, regateo colectivo, carteles, guerra de precios, márgenes de negocios, estrategias de guerra, etc. Creada en 1928 por John von Neumann y atrayendo la atención de los economistas en 1944, esta teoría fue una promesa de solución anticipada al problema de la negociación entre pequeños grupos, como los oligopolistas. Desafortunadamente, a pesar de los múltiples intentos, aún no se ha encontrado una solución satisfactoria.

Desde el punto de vista de los compradores, cuando se da el caso de que la producción total de un mercado es acaparada por un pequeño grupo de compradores el fenómeno que se presenta recibe el nombre de oligopsonio.

1.2 MERCADO DE VALORES

Los mercados se clasifican en distintas ramas en función del tipo de objetos que se intercambian en ellos. Por ejemplo: mercado de mano de obra, mercados cambiarios, mercado automotriz, mercado de créditos, etc. Dado que nuestro objetivo es el estudio de las subastas de valores gubernamentales, certificados de la tesorería (Cetes), bonos en UDI's (Udibonos), bonos ajustables (Ajustabonos), bonos de desarrollo (Bondes) y estos se comercian en el mercado de valores, se hará una breve reseña del mismo para ubicar en qué rama de él se llevan a cabo las operaciones de compra-venta de los valores sujetos a nuestro estudio.

"El mercado de valores es el conjunto de mecanismos que permiten realizar la emisión, colocación y distribución de los valores."⁵ Como en todo mercado existe un componente de oferta y otro de demanda, en este caso, la oferta está representada por los títulos emitidos tanto por el sector público como por el privado, en tanto que la demanda la constituyen los fondos disponibles para inversión procedentes de personas físicas o morales.

"Los valores son títulos que representan derechos de asociados o de prestamistas a largo plazo. Tienen la ventaja de que son fácilmente negociables

⁵Instituto Mexicano del Mercado de Capitales, A.C.. " *Inducción al Mercado de Capitales*", Material de Apoyo. (1991)

en Bolsa."⁶ Los títulos operados en el mercado de valores pueden clasificarse considerando diferentes criterios. De acuerdo al criterio de riesgo, los instrumentos del mercado pueden ser de renta fija o de renta variable.

1.2.1 Valores de renta fija

Son aquéllos que permiten a sus poseedores el derecho de recibir un rendimiento preestablecido. Entre los instrumentos de éste tipo se encuentran los Cetes, el papel comercial, los pagarés con rendimiento liquidable al vencimiento, etc.

1.2.2 Valores de renta variable

Estos títulos otorgan una retribución variable que está en función de las políticas y resultados financieros de la empresa emisora así, como de la oferta y la demanda de sus documentos en el mercado. Los valores típicos de éste grupo son las acciones y los certificados de aportación patrimonial (Cap's).

1.3 Clasificación de acuerdo al riesgo y al plazo de vencimiento de los instrumentos

Los instrumentos de ahorro e inversión propios del mercado de valores son muy diversos y cada uno posee determinadas características que responden a las necesidades de las entidades emisoras. Sin embargo,

⁶Claud, Annie Duplat, "¿Cómo funciona la Bolsa?", Paraninfo, S.A., Madrid, (1989), págs. 17-18.

considerando el riesgo⁷ y el plazo⁸ de negociación de los valores en el mercado, éste se divide en tres ramas que son:

- a) Mercado de capitales.
- b) Mercado de dinero.
- c) Mercado de metales.

1.3.1 Mercado de capitales

El mercado de capitales permite la concurrencia de los fondos procedentes de personas físicas y morales con los demandantes de dichos recursos; empresas o instituciones que generalmente los solicitan para destinarlos a la formación de capital fijo. La característica de este mercado consiste en que los instrumentos que lo integran son colocados con una expectativa de recuperación o vencimiento a largo plazo que además involucra riesgo. Se considera como largo plazo aquel que es mayor de un año. Los instrumentos de inversión típicos de este mercado son las acciones; pero existen también las obligaciones, los Petrobonos y los Cap's, entre otros.

1.3.3 Mercado de Dinero

El Mercado de Dinero, se puede definir como "un mercado de instrumentos de renta fija de realización inmediata."⁹ Los mercados de dinero comercian dinero e instrumentos financieros de corto plazo con la suficiente

⁷Riesgo.- es la probabilidad que existe de que el rendimiento esperado de una inversión no se realice, sino por el contrario, que en lugar de ganancias se obtengan pérdidas.

⁸Plazo.- es el periodo que transcurre entre la colocación primaria de un instrumento y su vencimiento.

⁹Heyman, Timothy, "Inversión contra Inflación", México, Editorial Milenio, (1988).

liquidez para ser considerados pseudomonedas. El vencimiento de estos instrumentos rara vez excede a un año, aunque en algunos mercados de dinero se consideran como parte de ellos instrumentos con plazos hasta de cinco años. Actualmente el mercado de dinero en México incluye operaciones con los siguientes instrumentos principales: Cetes, Bondes, aceptaciones bancarias, papel comercial bursátil y pagarés empresariales.

El principal instrumento del mercado de dinero mexicano ha sido el certificado de la tesorería, el cual es un instrumento de deuda a corto plazo emitido por el gobierno mexicano. El Cete se emitió por primera vez en enero de 1978 y fue el primer instrumento diseñado expresamente para el medio bursátil, como base del desarrollo de un "mercado de dinero". A parte de los Cetes, el gobierno ha diseñado otros instrumentos que enriquecen el mercado de valores, tales como los Ajustabonos, Tesobonos, Bondes y más recientemente los Udibonos y Udicetes. Los Ajustabonos y Udibonos son instrumentos de mediano plazo (3 y 5 años) que están indizados por la inflación garantizando así una tasa real fija y positiva. Los Tesobonos eran instrumentos denominados en dólares de los EUA; por lo cual, constituían una inversión atractiva para aquellos inversionistas que quieran abrirse al riesgo cambiario. Los Bondes son instrumentos a largo plazo que pagan intereses sobre su valor nominal y se emiten a descuento.

El principal participante y prestatario en un mercado de dinero moderno es la tesorería de un país, o lo que es lo mismo la Secretaría de Finanzas o de Hacienda. El Banco Central actúa como el agente de la tesorería cuando emite deuda y lleva a cabo operaciones de mercado abierto: esto es, la compra y venta de títulos por su propia cuenta en el mercado, como una manera de instrumentar la política monetaria.

CAPITULO II



En este capítulo se hará una descripción general de las subastas, así como de algunas de las distintas teorías matemáticas que a partir de ellas se han desarrollado.

2.1 SUBASTAS

Al escuchar la palabra "subasta", la primera idea que nos viene a la mente es la de un grupo de personas reunidas en un lugar público con motivo de la venta de algún bien. Esta idea está del todo de acuerdo con la definición que respecto a este concepto hace la Real Academia de la Lengua Española, la cual define a una subasta como: "Una venta pública que se le hace al mejor postor."

Si bien es cierto que la definición anterior da una idea clara de lo que es una subasta; al tratar de hacer un estudio de las mismas desde un punto de vista económico-matemático, es necesario hacer una redefinición del concepto para así enmarcarlo específicamente dentro de éste ámbito de estudio. R. Preston Mc Afee, en su artículo "*Auctions and Bidding*", define a las subastas como: "Una Institución de mercado regida por un conjunto de reglas, a través de la cual, se determinan tanto la distribución de los recursos como los precios

de los mismos a base de las ofertas que para adquirirlos hagan los integrantes del mercado."

La importancia de las subastas parece radicar, según Cassady¹⁰, en que constituyen un medio efectivo para revelar el precio del bien subastado. No es fácil imaginar cómo podría determinarse el precio de un cuadro de Frida Kahlo de no ser a través de una subasta. En nuestra opinión, en una subasta en la cual las posturas involucran no sólo precio sino también cantidad; como es el caso de las subastas de valores gubernamentales en México, éstas revelan además del precio del bien, su curva de demanda. Esto quedará claro en el capítulo III cuando se describa la forma en la que se subastan dichos títulos.

En los últimos años las subastas de diversos objetos han sido motivo de interés y estudio por parte de los investigadores, al respecto se han escrito una gran variedad de artículos los cuales abordan el tema desde distintos puntos de vista. Existen artículos con un enfoque totalmente empírico, así como aquellos en los que se hace un análisis más detallado y formal de las subastas, en algunos de ellos se plantean modelos que pretenden simular los fenómenos que se presentan en una subasta haciendo uso de algunas técnicas de optimización (teoría de juegos, programación lineal) así como de la estadística. Algunos de los artículos que han aportado resultados más interesantes son los basados en los trabajos de investigación de William Vickrey, Milton Friedman y posteriormente los de Paul Milgrom. En estas investigaciones se ha hecho una clasificación más detallada de las subastas, modelando las distintas estrategias de los competidores para elegir sus posturas y estratificando a las subastas de acuerdo a distintos criterios de eficiencia.

¹⁰ Cassady, Ralph, Jr. "Auctions and Auctioneering". Berkeley, U of Calif. Press, (1967). Pag 20

William Vickrey estableció la taxonomía básica de las subastas al hacer una clasificación de las mismas de acuerdo a dos parámetros. La forma en que se determina el precio del objeto que será subastado y la manera en que los participantes de la subasta presentan sus posturas.

Con respecto a la forma en como se establece el precio de un bien a subastar existen dos bien establecidas:

- a) Que el o los bienes o valores a subastar sean otorgados a un mismo precio todos.
- b) Que los valores u objetos a subastar se otorguen a distintos precios. Este caso se presenta sola y únicamente cuando se está subastando un conjunto de objetos o valores de las mismas características.

Al respecto de la forma en que los participantes de la subasta pueden presentar sus ofertas, Vickrey señala dos posibilidades:

- a) De forma directa, es decir, que los participantes puedan formular sus ofertas en el momento mismo en el que se esté llevando a cabo la subasta. Esto puede ser de forma verbal y directa o bien, a través de computadoras, teléfono, etc.
- b) De manera indirecta, esto significa que los participantes tienen que presentar sus posturas de manera individual, confidencial y escrita, antes de que se lleve a cabo la subasta.

De acuerdo a las características anteriores hay cuatro tipos distintos de subastas:

- a) Subasta inglesa (Ascending-price open-outcry auction; Subasta en corro con precio ascendente).
- b) Subasta holandesa (Descending-price open-outcry auction; Subasta en corro con precio descendente).
- c) Subasta a precio-múltiple con postura cerrada (First-price sealed-bid auction).
- d) Subasta a precio-único con postura cerrada (Second-price sealed-bid auction).

2.1.1 SUBASTA INGLESA

(Ascending-price open-outcry auction).

En este tipo de subasta los participantes presentan sus posturas durante la realización de la misma, es decir, de forma directa. El precio al que se otorgan el o los objetos a subastar es único y se determina de la siguiente manera: el controlador de la subasta propone a los compradores un precio inicial, los que estén dispuestos a pagar dicho precio por el bien subastado se lo hacen saber al manejador de la subasta y este continúa con la siguiente oferta. En cada una de estas ofertas el controlador irá incrementando el precio del bien progresivamente. En el caso de que se esté subastando un único bien la subasta terminará cuando ninguno de los compradores, ahí reunidos, esté dispuesto a pagar el precio anunciado por el subastador, en ese momento la subasta se da por concluida y el bien es otorgado al precio inmediato anterior al último ofrecido.

Cuando se subasta un conjunto de bienes o valores, el rematador de la subasta tiene que ir anunciando el monto total de los bienes o valores que son solicitados a cada uno de los precios que él ofrece. En este caso la subasta termina cuando la cantidad de bienes o valores solicitados a un cierto precio, es menor al monto total de bienes o valores que se van a subastar. En ese momento el subastador da por concluida la subasta y fija el precio de los objetos en el inmediato anterior a la última oferta. Los bienes o valores subastados se otorgan a todos aquellos postores que aceptaron la última oferta del subastador y a algunos de los que aceptaron la propuesta anterior a la última, es decir a la que determinó el precio.

En este tipo de subasta los participantes tienen la oportunidad de conocer las posturas de sus oponentes y decidir en un momento dado modificar su postura inicial por una más arriesgada.

2.1.2 SUBASTA HOLANDESA

(Descending-price open-outcry auction).

Este tipo de subasta se utiliza principalmente para vender flores en los Países Bajos, es por eso que se le conoce como subasta holandesa. Consiste en que todos los compradores interesados en adquirir los bienes o valores, que serán subastados, se reúnen en un local en el que un subastador hace una serie de propuestas en las cuales el precio se va disminuyendo sucesivamente hasta que, en el caso de que se esté subastando un solo bien, alguno de los compradores acepte la propuesta hecha por el subastador o se alcance un precio piso, que es el más bajo al que el vendedor está dispuesto a ceder el bien. Cuando se estén subastando un conjunto de bienes o valores, a cada postor le será asignada la cantidad que esté solicitando en el momento que acepte alguna

de las ofertas propuestas por el subastador; el precio de asignación de los títulos será igual al especificado en la propuesta. La subasta continuará hasta que el monto total de los bienes o valores hayan sido otorgados.

En este tipo de subasta cada uno de los compradores pagará un precio distinto por los bienes o valores adquiridos, es por esto que ninguno de ellos aceptará propuestas demasiado agresivas, para evitar pagar un precio demasiado elevado por los bienes o valores subastados.

2.1.3 SUBASTA A PRECIO-MÚLTIPLE CON POSTURA CERRADA

(First-price sealed-bid auction).

Esta subasta se caracteriza porque los participantes de la misma presentan sus posturas de forma indirecta (por escrito y confidencialmente) y los objetos o valores a subastar se otorgan a distintos precios. El criterio que se sigue para determinar la distribución de los bienes o valores es el siguiente: en el caso de que se esté subastando un solo bien, el mismo le será otorgado a aquel postor que haya ofrecido el precio más alto. Cuando se subasta un conjunto de bienes o valores de las mismas características la asignación se hace de la siguiente manera: se ordenan las posturas en orden descendente con respecto al precio que en cada una de ellas se estipula. Se van asignando los valores u objetos solicitados a las posturas con precios más elevados hasta cubrir el total de objetos a subastar. El precio que cada uno de los participantes paga por los objetos o valores que le hayan sido asignados, es el que él mismo haya ofrecido en su postura. El hecho de que cada uno de los participantes pague un precio diferente por los bienes recibidos refleja su actitud frente al riesgo.

En este tipo de subasta se presenta un fenómeno conocido como el "winner's curse" o la maldición del ganador, el cual consiste en pensar que dado que en las subastas a precio múltiple los objetos a subastar se le otorgan a aquellos participantes que hayan formulado las ofertas más altas, esto se puede interpretar como que los ganadores de la subasta están sobrevaluando los objetos subastados y por lo tanto a pesar de haber ganado la subasta se puede considerar como que en realidad están teniendo una pérdida al pagar un valor muy elevado por los valores o bienes subastados.

2.1.4 SUBASTA A PRECIO-ÚNICO CON POSTURA CERRADA

(Second-price sealed-bid auction).

En este tipo de subasta los participantes presentan sus posturas de forma indirecta (por escrito y confidencialmente) y éstas son evaluadas en privado. El total de los bienes o valores a subastar son otorgados a un precio único el cual se determina de la siguiente manera: se ordenan las ofertas en forma descendente con respecto al precio, se van aceptando las posturas en las que se hagan las ofertas más altas hasta asignar el total del monto de bienes o valores a subastar. El precio al que se otorgan los valores o bienes es el inmediato anterior al de la última oferta que haya sido aceptada.

En este tipo de subasta es el que el ganador no paga el precio que él había ofrecido; sino el que es determinado por las posturas de los demás participantes, los mismos pueden considerar posturas más arriesgadas. La estrategia que le asegura a un participante de esta subasta que se le asignarán bienes o valores, es la de presentar una propuesta agresiva (con un precio elevado), ya que el precio al que recibirá los bienes, será menor al que él haya ofrecido pagar. Es por esto que en esta clase de subastas los compradores

prefieren presentar sus posturas de manera directa y no a través de un intermediario.

2.2 MODELOS DE SUBASTAS

La modelación de las subastas se ha llevado a cabo básicamente desde tres distintos puntos de vista: considerándose la situación general de las subastas, a partir del criterio del subastador y desde el punto de vista de los postores. Dos de los modelos con un enfoque basado en las teoría de la probabilidad más comunmente conocidos son los llamados: the independent-private-values model y el common-values model. En ambos modelos el objetivo principal es el explicar el comportamiento de los participantes en una subasta con posturas cerradas, suponiendo que existe una función de distribución subyacente F_i conocida por todos los participantes. A continuación se expondrán brevemente las hipótesis en las que se basan cada uno de estos modelos.

2.2.1 INDEPENDENT-PRIVATE-VALUES MODEL

En este modelo se supone que cada uno de los participantes de la subasta conoce exactamente el monto que estaría dispuesto a pagar con tal de adquirir el objeto a subastar; es decir, que ninguno de los postores tiene la menor duda al respecto de cuán valioso es el objeto a subastar para cada uno de ellos.

Por supuesto que ninguno de los participantes de la subasta conoce las posturas de sus oponentes; pero en lugar de eso cada uno de ellos "percibe" las posturas de sus oponentes como un cierto valor de alguna función de

distribución de probabilidad. Además, cada postor sabe que los otros participantes consideran su postura como otro determinado valor de la misma función de distribución de probabilidad. Las diferencias entre las posturas o evaluaciones de cada uno de los integrantes de la subasta, refleja preferencias y apreciaciones. Más precisamente: para el postor i con $i=1\dots n$ existe una función de distribución de probabilidad F_i , a partir de la cual él determina o infiere su postura o valuación v_i . Cada una de la valuaciones v_i son sola y únicamente conocidas por el postor que la formuló; pero la función de distribución F_i en la cual se basaron para hacerla es conocida por todos y cada uno de los participantes de la subasta. Estadísticamente cada una de las posturas de los participantes es independiente de las otras. Por ejemplo, este modelo puede aplicarse en un concurso para ganar un contrato con el gobierno, en este caso cada uno de los competidores sabe perfectamente cuál será su costo de producción en caso de ganar el contrato.

2.2.2 COMMON-VALUES MODEL

Consideremos la venta de una antigüedad en la que los participantes fuesen intermediarios; los cuales tratarán de adquirir la pieza para posteriormente revenderla. En este caso el objeto a subastarse tiene un valor real único, llamémoslo valor real de mercado. Sin embargo ninguno de los participantes de la subasta conoce este valor. Tal vez cada uno de los postores tenga acceso a una determinada información que le ayude a formular una hipótesis al respecto del valor real del objeto a subastar; pero como cada uno de ellos tendrá acceso a informaciones distintas, consecuentemente sus posturas serán distintas.

Este modelo se basa en la existencia de un valor real del objeto a subastarse. En contraste con el modelo anterior en éste se supone que todas las posturas provienen de una misma función de distribución $H(v_i/V)$. Donde V es el valor real del objeto, el cual nadie conoce y v_i con $i=1\dots n$ las distintas posturas independientes de los participantes. A este modelo se le conoce como "common-value model". Las subastas de valores gubernamentales son un ejemplo de este tipo de subastas.

CAPITULO III



En este capítulo se analizarán específica y detalladamente las subastas de valores gubernamentales en México y en E.U. Se hará un estudio comparativo de los procedimientos que se utilizan en ambos países para colocar este tipo de instrumentos en el mercado financiero, así como de las reglas que los rigen. Además se mencionarán algunos de los estudios más relevantes que al respecto se han hecho.

3.1 SUBASTAS DE VALORES GUBERNAMENTALES

Como mencionamos en el capítulo anterior, para realizar una subasta es muy importante considerar las características del objeto a subastar, de los participantes y del mercado en el que se realizará el intercambio, ya que esto puede ayudar a decidir el tipo de subasta que se debe emplear en cada caso. Por ejemplo: dadas las características de los mercados financieros, en los que la confidencialidad es uno de los factores primordiales para el buen funcionamiento de los mismos; tanto en E.U. como en México, se utilizan subastas a puerta cerrada para hacer la asignación de los valores gubernamentales.

El análisis de las subastas de cualquier tipo de bienes o valores puede tener dos enfoques:

- a) Uno desde el punto de vista del vendedor.
- b) Otro desde el punto de vista del comprador.

En nuestro caso particular de estudio los subastadores son los bancos centrales de México y de E.U., "Banco de México" y "La Reserva Federal" respectivamente. Los participantes de la subasta son las distintas entidades financieras, a quienes el gobierno de cada uno de los países mencionados haya otorgado el derecho de adquirir de forma directa valores gubernamentales, como por ejemplo: bancos, casas de bolsa, afianzadoras, sociedades de inversión, compañías aseguradoras, etc.

Para el emisor algunos de sus principales objetivos son los siguientes:

- a) Mantener el anonimato.
- b) Disminuir el costo.
- c) Evitar el esquinamiento del mercado.
- d) Evitar la formación de cárteles.

3.1.1 Mantener el anonimato

Esto se refiere a que para el subastador de los títulos es importante mantener, dentro de lo posible, el anonimato al respecto de la asignación de los valores. Con esta medida se trata de evitar posibles anomalías en el mercado secundario¹¹. Por ejemplo, si se dieran a conocer los montos de valores asignados a cada banco, habría una mayor probabilidad de que aquellos bancos

¹¹ *Mercado Primario*: Foro en el que se realiza la subasta.

Mercado Secundario: Es el que se forma posterior a la subasta.

a quienes les fueron asignados títulos en la subasta manipulen el precio de los valores en el mercado secundario, con la seguridad de que los bancos a los que no les fueron asignados títulos se verán en la necesidad de adquirirlos al precio que ellos determinen, estableciéndose así una política oligopólica.

3.1.2 Disminuir el costo

Para el subastador uno de sus objetivos primordiales es colocar los títulos al precio más alto, ya que de esta manera garantiza el pagar una menor tasa.

3.1.3 Evitar el esquinamiento

El esquinamiento es una estrategia mediante la cual se pretende realizar un acaparamiento de los objetos a subastarse. Consiste en que alguno de los intermediarios o alguna coalición de ellos presente una propuesta tan agresiva que se lleve un alto porcentaje de los valores en subasta, con lo cual podrá establecer un precio monopólico de los mismos en el mercado secundario. Más adelante se explicará la forma en que se logran los esquinamientos del mercado.

3.1.4 Evitar la formación de cárteles

Conforme a la definición de oligopolio que se dió en el capítulo I, el conjunto de compradores que participan en una subasta puede, con ciertas restricciones, ser considerado como uno. A partir de los estudios económicos que con respecto a los mercados oligopolicos se han realizado, una de las posibles estrategias que los integrantes del mismo pueden utilizar con el

propósito de maximizar sus utilidades, es la formación de cárteles, los cuales consisten en el establecimiento de convenios entre los miembros del oligopolio con el propósito de evitar la mutua competencia.

En el caso de las subastas de valores gubernamentales la formación de cárteles tiene como consecuencia el establecimiento de un precio monopolístico de los títulos en el mercado secundario; por lo tanto es prioritario para el subastador encontrar estrategias que le ayuden a disminuir al máximo las posibilidades de que ésto suceda.

Todos éstos objetivos son válidos para los subastadores de títulos tanto en México como en Estados Unidos. Sin embargo, el proceso de colocación de los valores gubernamentales en cada uno de estos países posee sus particularidades. A continuación se dará una descripción detallada de cada uno de ellos.

3.2 Subastas de valores gubernamentales en Estados Unidos.

El gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica emite una serie de instrumentos que forman parte del mercado de dinero, como son los certificados de la tesorería (T-bills), los bonos de la tesorería (T-bonds) y (T-Notes). Los T-bonds y los T-notes son instrumentos de deuda emitidos por el gobierno norteamericano cuyo plazo de vencimiento original era para los primeros de 10 a 30 años y para los segundos entre uno y 10 años, actualmente el plazo de vencimiento de ambos instrumentos es menor de un año

Los T-bills son instrumentos de deuda del Gobierno de los Estados Unidos con vencimiento no mayor a un año (91, 182 y 365 días). emitidos en

cinco distintas denominaciones, que van desde los \$10,000.00 hasta \$1,000,000.00 dólares de los E.U. Cada semana son subastadas nuevas emisiones de T-bills a 91 y 182 días, las posturas son presentadas por los participantes autorizados en los bancos de la Reserva Federal o en alguna de sus sucursales. Las posturas presentadas se clasifican de la siguiente manera:

Competitivas: son aquellas en las que se especifica la cantidad de valores que se desea adquirir y el precio de los mismos.

No Competitivas: son aquellas en las que se solicita un determinado monto de valores; pero el precio al que se está dispuesto a adquirirlos es el precio promedio de la subasta.

A pesar de que la mayor parte de los competidores presentan posturas no competitivas, el monto de valores solicitado en las posturas competitivas es invariablemente mayor que el solicitado en las posturas no competitivas.

Actualmente se utiliza la subasta a precio múltiple para la colocación de los T-bills, por lo tanto una vez recibidas las posturas y determinado el monto de valores a otorgar en posturas no competitivas, se ordenan las posturas competitivas en forma descendente con respecto al precio y se asignan valores a todas aquellas con precios más altos hasta que el monto de la emisión haya sido cubierto. El precio de asignación de los valores, en el caso de las posturas competitivas es el ofrecido en la misma. El precio promedio de la subasta, al que se otorgan los valores solicitados en las subastas no competitivas, generalmente es más cercano al precio más bajo al que fueron otorgados los valores en las posturas competitivas.

Una de las características más representativas del intercambio de valores gubernamentales en los Estados Unidos, es la existencia de tres importantes foros en los que se comercian estos títulos:

- a) *El mercado ex ante.*- Es aquel que se crea previo a la subasta, en él se comercian los valores aún antes de que ésta se lleve a cabo. Está integrado por intermediarios financieros e inversionistas. Este mercado permite afinar los precios de las posturas en la subasta de títulos.
- b) *El mercado primario.*- Es el foro en el que se realiza la subasta. Los participantes del mismo son la Reserva Federal, los bancos, casas de bolsa, intermediarios financieros y demás instituciones que tengan derecho a participar en ella.
- c) *El mercado secundario.*- Es el que se forma posterior a la subasta. En él participan los tenedores de títulos y todos aquellos inversionistas interesados en adquirirlos.

Esta variedad de foros comerciales en los que se pueden adquirir valores gubernamentales, puede ser una consecuencia directa del tipo de subasta que se utiliza para colocar los valores en el mercado primario; así como del tamaño del mercado financiero estadounidense. Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los fenómenos que se puede presentar en las subastas a precio múltiple es la maldición del ganador (the winner's curse). De acuerdo a Vincent Reinhart los inversionistas, en su afán de evitar este fenómeno, aún teniendo derecho a participar en la subasta, prefieren colocar sus ofertas con un intermediario en el mercado ex ante y así transferir el riesgo a un tercero. Por

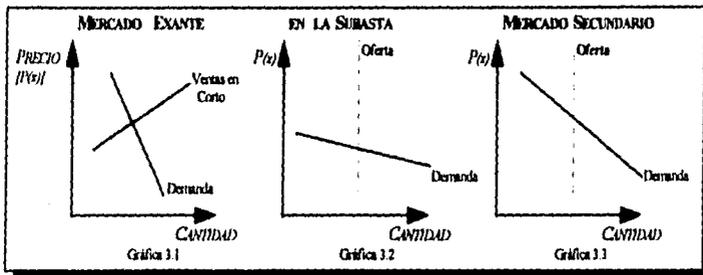
supuesto la transferencia del riesgo implica un costo, el cual los inversionistas que participan en el mercado ex ante tendrán que estar dispuestos a asumir.

Para los intermediarios financieros que se arriesgaron a hacer ventas en corto en el mercado ex ante, el pago extra que reciben por comprometerse a entregar unos títulos que aún no poseen; no solo les significa su posible ganancia; sino que a su vez es una reserva que ellos tienen ya que en caso de que no les sean asignados títulos en el mercado primario se verán obligados a adquirirlos en el mercado secundario a un precio más alto, para cumplir con el compromiso adquirido con sus clientes.

En estas condiciones, como menciona Vincent Reinhart en su artículo "*An Analysis of Potential Treasury Auction Techniques*", la estrategia óptima para los intermediarios es tratar de esquinar el mercado. Esto consiste en intentar adquirir la mayor parte de los títulos subastados en el mercado primario (70% del monto total de la subasta, de acuerdo con las reglas actuales), con lo cual tendrían la oportunidad de establecer, con ciertas limitaciones, un precio inopólicico de los mismos en el mercado secundario.

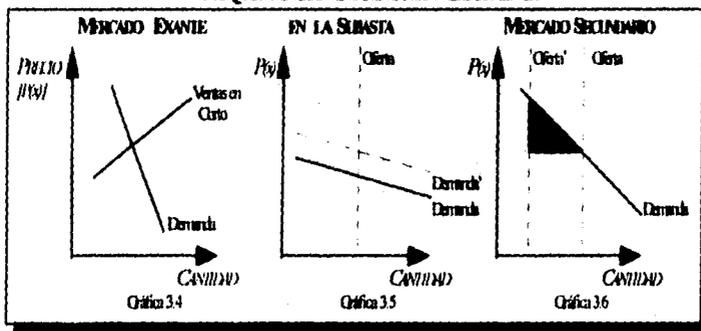
A continuación analizaremos la forma en como funciona el esquinamiento de un mercado. Consideremos que la curva de demanda de valores gubernamentales en cada uno de los mercados existentes está determinada por las gráficas 3.1, 3.2 y 3.3.

COMPORTAMIENTO REGULAR DE LOS MERCADOS



En ellas se puede apreciar claramente la variación de precios que se establece en cada mercado. Cuando alguno de los intermediarios intenta esquinar el mercado, lo que hace es: con base en las ofertas recibidas en el mercado ex ante puede pronosticar, con un rango aceptable de confianza, las posibles ofertas que los participantes de la subasta presentarán y aprovechándose del carácter individual y confidencial de las posturas, presentará una oferta ligeramente más agresiva que las de sus oponentes; para así llevarse la mayor parte de los títulos. De esta manera podrá obtener un control casi monopolístico sobre la oferta y por consecuencia del precio de los títulos en el mercado secundario. Gráficamente lo que sucedería es lo siguiente:

ESQUINAMIENTO DE LOS MERCADOS



Como se puede apreciar en las gráficas 3.5 y 3.6 el precio que la Reserva Federal recibe por sus títulos en caso de que se esquine el mercado es ligeramente superior al que hubiese recibido si no se hubiera logrado el esquinamiento; sin embargo la cotización más alta de los valores se presenta en el mercado secundario. Uno de los casos más famosos de esquinamientos del mercado es el ocurrido en 1993, cuando Salomon Brothers se llevó prácticamente toda la emisión de bonos a dos años.

La ganancia de los intermediarios en el mercado secundario está representada por el rectángulo sombreado en la gráfica 3.6. De no haber sido esquinado el mercado, la oferta de títulos en el mercado secundario sería igual a la recta de Oferta que aparece en la gráfica anterior. Sin embargo, debido al esquinamiento ésta tiene un desplazamiento negativo lo que implica una disminución en la cantidad de títulos a ofrecerse y un incremento en el precio de oferta.

Como se ve, el mercado ex ante es una de las piezas primordiales para que se pueda lograr con éxito el esquinamiento del mercado. A través de él es que los intermediarios pueden formular sus pronósticos sobre el valor de los títulos que serán subastados y así presentar una postura más agresiva. Además, todos aquellos intermediarios que hicieron ventas en corto en el mercado ex ante y a quienes no les fueron asignados los valores que esperaban en la subasta, se verán en la necesidad de adquirirlos en el mercado secundario. Si existiese entre el ganador de la subasta y los demás intermediarios algún tipo de acuerdo previo a la subasta, es posible que los intermediarios puedan adquirir los títulos en el mercado secundario a un precio preferencial; de lo contrario tendrán que pagar el precio que se fije en el mercado secundario.

En resumen, se puede decir que las tres principales características que favorecen el esquinamiento, bajo el modelo actual de subasta de títulos gubernamentales en los Estados Unidos, son las siguientes:

- 1) La existencia de un grupo seguro de demandantes de títulos en el mercado secundario (aquellos intermediarios que hicieron ventas en corto en el mercado ex ante y a quienes no les fueron asignados títulos.).
- 2) Por ser una subasta a precio múltiple, la participación directa de los inversionistas en el mercado primario es limitada, por el temor a "la maldición del ganador" (the winner's curse.).
- 3) Por la naturaleza confidencial e individual de las posturas, basta con presentar una oferta marginalmente mejor para asegurar la adquisición de los títulos.

Por lo anterior, Friedman hizo una propuesta para modificar la mecánica de las subastas de los valores gubernamentales, la cual consiste en reemplazar las subastas a precio múltiple por subastas a precio único, es decir, bajo la metodología de Friedman los postores aún tendrán la posibilidad de presentar varias propuestas, pero en vez de ser otorgados los títulos a distintos precios sería otorgado a un precio único el monto total de la subasta.¹²

Las ventajas que se obtendrían al aplicar este tipo de subastas, según Friedman, serían las siguientes:

¹² Goldstein, Henry, "The Friedman's Proposal for Auctioning Treasury Bills," FED Bulletin, (1962).

- a) El precio de asignación de los valores sería más cercano al precio real de los mismos. Esto es consecuencia de que, al no existir para los participantes la posibilidad de caer en la 'maldición del ganador' se ven motivados no solo a participar directamente en la subasta, sino además a presentar posturas competitivas. De acuerdo con el modelo Benchmark¹³, un incremento en el número de participantes tiene como consecuencia una mejor estimación del valor real del bien subastado.
- b) Se disminuye la probabilidad de esquinamiento del mercado, ya que los interesados en adquirir títulos tienen la oportunidad de adquirirlos directamente en la subasta.

Henry Goldstein en su artículo "*The Friedman Proposal for Auctioning Treasury Bills*", hace una crítica a la proposición de Friedman, diciendo que aun asumiendo que todas las suposiciones de Friedman se cumplieran, la probabilidad de que bajo el sistema actual de subasta se realice con éxito un esquinamiento del mercado son muy bajas. Además afirma que con el nuevo esquema de subasta el incremento en el número de participantes no sería muy significativo, por último menciona que las ganancias de la Tesorería no serían muy distintas de las que se reciben actualmente con la actual técnica de discriminación de precios.

3.3 Subastas de valores emitidos por el gobierno mexicano

El gobierno de los Estados Unidos Mexicanos emite y coloca a través del Banco de México, una serie de valores de deuda. Algunos de los más

¹³ Milgrom, Paul R and Mac Millan, John "Auctions and Biddings", *Journal of Economy Literature* vol. 25 (June 1987).

representativos son: Cetes, Ajustabonos, Udibonos y Bondes. (las características específicas de cada uno de estos instrumentos fueron mencionados en el primer capítulo). Todos estos valores son puestos a disposición de los interesados por medio de subastas efectuadas por el Banco de México conforme a las siguientes reglas:

a) Los únicos que pueden presentar posturas y, por lo tanto, adquirir títulos en colocación primaria, son las siguientes personas morales:

- 1.- Casas de bolsa del país.
- 2.- Instituciones de crédito del país.
- 3.- Instituciones de seguros del país.
- 4.- Instituciones de fianzas del país.
- 5.- Sociedades de inversión del país.
- 6.- Otras personas expresamente autorizadas para tal efecto por el Banco de México. Dicha autorización podrá limitarse o revocarse, en cualquier tiempo por el propio Banco Central.

Todas estas personas deberán actuar siempre por cuenta propia, excepto las instituciones de crédito, quienes, además, podrán hacerlo por cuenta de terceros.

El Banco de México se reserva el derecho de no aceptar o cancelar las posturas de aquellas personas, quienes, a juicio del propio Banco, no cumplan con las disposiciones aplicables o no se ajusten a sanos usos o prácticas del mercado de valores.

b) Las subastas podrán ser:

- 1.- A tasa o precio único: son aquellas en las que los títulos se van asignando a partir de la mejor postura para el emisor y en las que todas las posturas que resulten con asignación se atienden a la misma tasa, o precio, según corresponda.
- 2.- A tasa o precio múltiple: son aquellas en las que los títulos se van asignando a partir de la mejor postura para el emisor y dichos títulos son asignados a la tasa o precio solicitado.

c) Los tipos de posturas son:

1. En una subasta a tasa o precio único y tratándose de Cetes, el postor deberá indicar el monto y la menor tasa de descuento a la que esté dispuesto a adquirir los títulos objeto de la subasta. Dicha tasa se expresará en forma porcentual cerrada a centésimas. En el caso de los Bonos y Ajustabonos, el postor deberá indicar el monto y el mayor precio unitario al que esté dispuesto a adquirir los títulos objeto de la subasta.
2. En el caso de una subasta a tasa o precio múltiple las posturas podrán ser:

2.a) Competitivas: Para Cetes son aquellas en las que el postor proponga un monto y la tasa de descuento a la que desea adquirir los títulos. En el caso de que se estén subastando Bonos o Ajustabonos el término se aplica a todas aquellas posturas que señalen el monto de valores que se desea adquirir y se proponga un precio unitario para los mismos.

2.b) No competitivas: Cuando se subastan Cetes, se consideran aquellas en las que el postor solicita un monto y expresa su conformidad para que el precio unitario de los valores se calcule de acuerdo a la tasa promedio ponderada o en su caso a la tasa de excepción que se determine con base en las posturas competitivas que hayan recibido asignación. Con los Bondes y Ajustabonos se consideran posturas no competitivas todas aquellas en las que el postor señale el monto de valores que desea adquirir y exprese su conformidad para que el precio unitario de los mismos sea el precio promedio ponderado de la subasta o el precio de excepción que se determine.

d) **Límites en las posturas:**

Las posturas que se presenten bajo cualquiera de los dos tipos estarán sujetas a los siguientes límites:

1.- La suma de los montos de las posturas presentados por cada participante de la subasta, definido en cada convocatoria, no deberá rebasar el 60% del monto máximo ofrecido en dicha subasta.

2.- La suma de los montos de las posturas que presenten las casas de bolsa no deberá exceder del equivalente a cien veces el capital global del postor de que se trate.

3.- Todos aquellos participantes que requieran de una autorización especial del Banco de México para poder tomar parte en la subasta, también deberán cumplir con los límites y demás requisitos de carácter general, que en su caso, determine el mismo Banco.

Estos límites se aplicarán individualmente a cada una de las posturas que se presenten en cada subasta.

e) Presentación de las posturas

1.- De acuerdo al tipo de valor que se esté solicitando se deberán de presentar las posturas en los formatos que para tal efecto ha elaborado Banco de México.

Cada postor podrá presentar una o más posturas en una misma subasta. Las posturas presentadas en una misma solicitud deberán estar referidas exclusivamente a la misma emisión.

2.- Las posturas deberán presentarse especificando el monto a valor nominal de los valores solicitados, en cantidades redondeadas a cinco millones de pesos o múltiplos de esa cantidad, si se trata de Cetes, Bondes o Ajustabonos.

3.- Las solicitudes deberán entregarse en sobre cerrado acompañadas de una carta de presentación. Ambos documentos deberán estar suscritos por los mismos representantes debidamente autorizados del postor.

4.- Toda postura tendrá carácter obligatorio para el postor que la presente y será irrevocable.

5.- El Banco de México podrá dejar sin efecto la solicitud o las posturas que reciba si las mismas no se presentan conforme al reglamento o a lo señalado en la convocatoria correspondiente, no son claramente legibles,

tienen enmendaciones o correcciones o bien se encuentran incompletas o de alguna manera incorrectas.

6.- Así mismo se podrán rechazar las posturas respecto a una o más emisiones, si a juicio del Banco de México la participación de las mismas, por sus características, pudiese producir efectos inconvenientes en los objetivos de regulación crediticia al Gobierno Federal, o de un sano desarrollo del mercado de valores en particular o del mercado financiero en general.

f) Asignación de títulos

1.- A tasa única.- En caso de convocatorias que se refieran a una sola emisión de Cetes, se aceptarán las posturas conforme al orden ascendente de las correspondientes tasas de descuento, sin exceder el monto máximo señalado en la convocatoria.

La tasa única de la subasta, a la que se asignarán los títulos de que se trate, será la que corresponda a la última postura que reciba asignación, no obstante que no haya sido atendida completamente en su monto.

Cuando la convocatoria se refiera a emisiones a distintos plazos, primeramente se calcularán las "tasas de referencia" equivalentes a cada una de las tasas de descuento de todas las posturas de todas las emisiones a distintos plazos, de acuerdo a la siguiente fórmula¹⁴:

$$Rp = (1/((1-(Dp*T/36000))^{91/T}) - 1) * 36000 \quad (1)$$

¹⁴ Banco de México, "Reglas para la Colocación de Valores Gubernamentales" (1989)

Donde:

R_p = tasa de referencia correspondiente a la postura p.

D_p = tasa de descuento correspondiente a la postura.

T = plazo de emisión en días.

Una vez efectuado el cálculo anterior, se aceptarán las posturas conforme al orden ascendente de las respectivas "tasas de referencia", sin exceder el monto máximo señalado en la convocatoria.

La tasa de referencia única de la subasta será la que corresponda a la última postura que reciba asignación, no obstante que no haya sido atendida por completo en su monto. Los títulos se asignarán a los plazos solicitados en las posturas atendidas, a la "tasa de referencia" única de la subasta.

$$D_u = (1 - (1 - 1 / (1 / R_u + 91 / 36000 * 91 / 36000 * (T / 91))) / T * 36000 \quad (2)$$

Donde:

D_u = tasa de descuento única de asignación al plazo correspondiente.

R_u = tasa de referencia única.

T = plazo de emisión en días.

2.- Precio único.- En las subastas a precio único de Bonos o Ajustabonos, se aceptarán las posturas conforme al orden descendente de los correspondientes precios unitarios, sin exceder el monto máximo señalado en la convocatoria.

El precio único de la subasta al que se asignarán los títulos de que se trate, será el que corresponda a la última postura que reciba asignación, no obstante que no haya sido atendida por completo en su monto.

3.-A tasa múltiple.- Primero se aceptarán las posturas no competitivas, sin exceder los montos mínimos garantizados para cada postor en la convocatoria correspondiente.

En caso de que la suma de las posturas no competitivas presentadas por las instituciones de crédito por cuenta propia y por cuenta de terceros para una misma emisión, sea mayor al monto mínimo garantizado para esa emisión, se aceptarán dichas posturas a prorrata de su monto, sin exceder el monto mínimo garantizado por cada postor.

Cuando los títulos en subasta sean Cetes, al monto máximo indicado en la convocatoria se le restarán los títulos asignados a las posturas no competitivas y el resto se distribuirá de la siguiente manera:

Para las convocatorias que se refieren a una sola emisión, se aceptarán las posturas competitivas conforme al orden ascendente de las correspondientes tasas de descuento, sin exceder al monto máximo señalado en la convocatoria. Los títulos de cada postura serán asignados precisamente a la tasa que se indique en la propia postura.

En el caso de que la convocatoria se refiera a emisiones de distintos plazos, se calcularán las "Tasas de referencia" equivalentes a cada una de las tasas de descuento de todas las posturas competitivas de todas las emisiones a distintos plazos de acuerdo con la fórmula (1).

Una vez hecho el cálculo anterior, se aceptarán las posturas competitivas conforme al orden ascendente de las correspondientes "tasas de referencia", sin exceder al monto máximo señalado en la convocatoria.

Los títulos de cada postura serán asignados precisamente al plazo y la tasa que se indique en la propia postura.

4.- A precio múltiple.- Trátandose de Bondes y Ajustabonos, al monto máximo indicado en la convocatoria se le restarán los títulos asignados en las posturas no competitivas y el resultado así obtenido se distribuirá aceptando las posturas competitivas conforme al orden descendente de los correspondientes precios unitarios, sin exceder al monto máximo señalado en cada convocatoria. Los títulos de cada postura serán asignados precisamente al precio unitario que se indique en cada postura.

g) Disposiciones comunes

1.- Con base en las posturas competitivas que hayan recibido asignación, se determinará la tasa promedio ponderada o el precio promedio ponderado de la subasta según corresponda.

2.- En el evento de que en alguna subasta no reciban asignación por lo menos tres posturas competitivas, las posturas no competitivas serán asignadas a la tasa o precio que el Banco de México haya dado a conocer como de excepción en la respectiva convocatoria.

3.- Si una vez aceptadas las posturas competitivas, aún no se agotare el monto de los títulos objeto de la subasta, se aceptarán las posturas no competitivas por los montos no atendidos de las mismas.

4.- En caso de haber posturas empatadas a cualquier nivel y el monto por asignar no fuere suficiente para atender tales posturas, las mismas se atenderán a prorrata de su monto.

5.- El Gobierno Federal, a través de los representantes de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que ésta de a conocer por escrito al Banco de México, podrá determinar en cualquier subasta, la tasa de descuento máxima o el precio unitario mínimo, según corresponda, al que esté dispuesto a colocar los títulos objeto de la propia subasta.

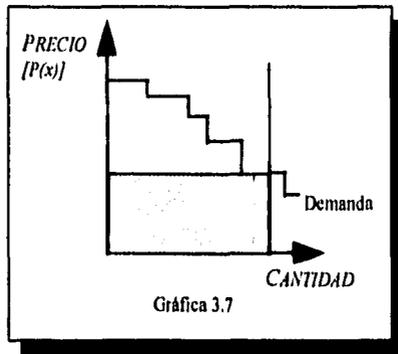
En estos casos, las posturas con tasas mayores o precios inferiores no serán atendidos. Tratándose de posturas no competitivas, estas solo serán atendidas por el monto mínimo garantizado.

h) Resultados

El Banco de México dará a conocer por escrito, a cada postor, la cantidad de títulos, que en su caso, le hayan sido asignados; así como el precio o los precios que deba cubrir por los mismos.

A partir de la fecha de emisión de los títulos de que se trate, la Oficina de Servicios Bibliotecarios del Banco de México mantendrá a disposición de los interesados información sobre las posturas recibidas en cada subasta y el monto de títulos asignados a cada una de ellas, sin indicar el nombre del postor.

Como señala el reglamento anterior en México se llevan a cabo la subasta de valores gubernamentales bajo dos diferentes mecanismos: la subasta discriminatoria y la subasta a tasa única. La dinámica del mecanismo de subasta tasa única, se describe gráficamente en la gráfica 3.7.



Las cantidades horizontales indican el volumen acumulado de demanda que existe a esos precios. La asignación de los títulos se realiza a un solo precio, específicamente el precio único se determina disminuyendo el precio hasta que la demanda acumulada para ese precio contenga el monto ofrecido en la subasta. En el caso de que, para el precio al cual se pueda colocar toda la subasta, exista una demanda acumulada mayor al monto ofrecido (esto ocurre por ejemplo para un monto denotado por la línea punteada), aquellas posturas que correspondan a ese precio en particular, serán satisfechas sólo parcialmente y a prorrata.

En resumen, bajo éste tipo de subasta todos los postores que reciben una asignación de títulos, la reciben a un precio menor o igual (o a una tasa mayor o igual) al que ellos mismos solicitaron. Este mecanismo provee el incentivo a los participantes a que revelen sus verdaderas preferencias, ya que si no lo hicieran la probabilidad de recibir títulos disminuiría, gráficamente el beneficio de esta subasta queda representado por la parte sombreada de la gráfica anterior.

Algebráicamente esta área se puede expresar como:

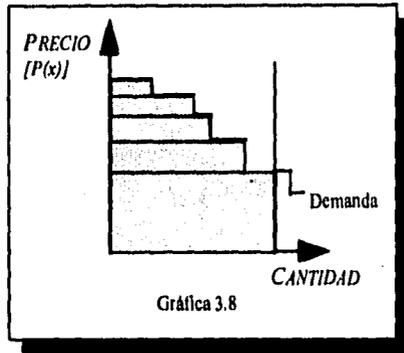
$$\text{Area} = P(\text{Mo}) * \text{Mo}$$

donde , Mo, denota el monto ofrecido y $P^{15}(\text{Mo})$ el precio al cual existe una demanda de al menos Mo.¹⁶

El segundo mecanismo de subasta es el esquema de tasa múltiple o subasta discriminatoria. Bajo este esquema el otorgamiento de los títulos se realiza a los precios (o tasas de interés) solicitadas por los participantes ganadores de la subasta, el precio mínimo de la colocación se determina disminuyendo el precio hasta que la demanda acumulada para ese precio contenga el monto anunciado de la subasta. De igual manera que en la subasta a tasa única, pueden existir demandas satisfechas sólo parcialmente. Gráficamente el beneficio de esta subasta queda representada por la parte sombreada de la gráfica 3.8.

¹⁵ Precio = $100 - (\text{tasa de descuento}) * (\text{plazo a vencimiento}) / 360$, en donde el plazo a vencimiento esta expresado en días.

¹⁶ Para facilitar la exposición se abstraerá el hecho de que la curva de demanda presenta un perfil dentado debido al número finito de posturas



En este caso, la característica discriminatoria produce que el beneficio de la subasta a tasa múltiple esté representado gráficamente por el área debajo de la curva de demanda. De no alterarse o desplazarse la curva de demanda al realizar una subasta de uno u otro tipo, es evidente que el mayor beneficio se obtendría al realizar subastas de naturaleza discriminadora. Sin embargo, eso no sucede en la práctica y en general la literatura muestra que la demanda por títulos es mayor si se realiza la subasta a tasa única. Este desplazamiento se debe básicamente a que los participantes tienen incentivos de mostrar sus verdaderas preferencias sin que esto aumente la probabilidad de incurrir en pérdidas potenciales al revender los títulos ya que estos participantes pagarán un precio menor o igual a su evaluación ex ante del valor del título. El desplazamiento de la curva hace que la comparación de los beneficios no sea tan evidente.

3.4 COSTOS Y BENEFICIOS

Se ha mencionado en la literatura¹⁷ que la respuesta racional bajo un esquema de subasta discriminatoria tiende a resultar en posturas más conservadoras. Esto es un reflejo de lo que se ha venido a llamar en la literatura el "winner's curse". Este fenómeno aparece regularmente en discusiones de subastas discriminatorias como se mencionó en el capítulo II consiste en lo siguiente: en cada subasta cada participante provee presumiblemente un estimador insesgado del precio del objeto a subastar (en este caso Cetes). Los participantes con posturas ganadoras son aquellos con los estimadores de precio ex ante más altos. Paradójicamente, el ganar envía una mala señal a aquellos participantes ganadores debido a que ésto significa que todos aquellos participantes perdedores le asocian un valor menor al objeto subastado.

Si la postura presentada por los participantes en la subasta representa su estimación ex ante del precio del bien subastado, es probable que el agente ganador incurra en una pérdida al tratar de vender el bien adquirido. Este razonamiento sugiere que los postores participantes disminuyan sus posturas con respecto a sus estimaciones ex antes del precio para evitar de esta manera estar sujetos al "winner's curse". Esta disminución en el precio trata de asegurar que, en general, los postores ganadores puedan realizar ganancias al vender estos títulos condicionados a ganar en la subasta. Por esta razón se concluye que el mecanismo de subasta discriminatoria presenta incentivos a bajar el precio o aumentar la tasa de rendimiento del objeto a subastar,

¹⁷ Ver por ejemplo el trabajo de Steven R. Umlauf, "Uncertainty, Collusion and Returns in a Multiple-Bid, Multiple-Unit Auction with Resale", en el cual se explica el comportamiento de los participantes en las subastas realizadas por el Banco de México durante el periodo de 1986-1989

incrementando los costos de financiamiento de la Tesorería de la Federación recayendo estos finalmente en una carga adicional para los contribuyentes.

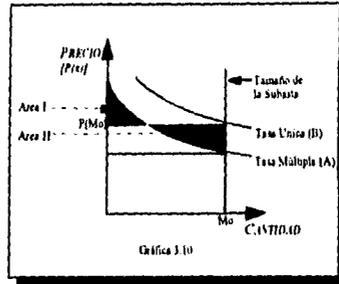
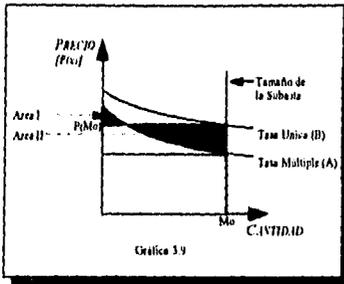
Es esta diferencia en el comportamiento racional de los postores que teóricamente justifica que la curva de demanda de los títulos gubernamentales bajo un mecanismo de subasta de tasa única se sitúe por encima de la curva de demanda que se obtiene en una subasta de tasa discriminatoria. En la gráfica 3.9 se presenta esta situación .

La curva (B) representa la demanda en caso de una subasta a tasa única y la curva (A) representa la demanda en caso de una subasta a tasa múltiple. En el diagrama también se muestran las diferencias en costos y beneficios de realizar una u otra subasta.

Por ejemplo, en caso de realizar una subasta a tasa única se perdería con respecto a la subasta a tasa múltiple el área I, pero en cambio se ganaría el triángulo inferior o área II por experimentar una mayor demanda. Cabe destacar que no necesariamente por enfrentar una mayor demanda como sucede en el caso de la subasta a tasa única, el beneficio es mayor que cuando se le compara con el que se obtendría en una subasta múltiple. Lo anterior se muestra en la gráfica 3.10, en donde se observa que a pesar de enfrentar una menor demanda, el mecanismo de subasta múltiple es superior.

Por consiguiente, para determinar la superioridad de un tipo de subasta sobre el otro, no basta en considerar el aumento en demanda, sino también su forma o su elasticidad¹⁸ a lo largo de ella.

¹⁸ *Elasticidad de la demanda*: cambio proporcional en la cantidad demandada entre el cambio proporcional en el precio.



Basándose en lo anteriormente mencionado, Manuel Galán¹⁹ realizó una análisis econométrico en el que se pretendía caracterizar analíticamente la estructura de las diferentes formas de las curvas de demanda observadas para los Cetes a 28 días, para ambos mecanismos de subasta.

Después de realizar una regresión de la ecuación plantada en su modelo, llegó a la conclusión de que el beneficio obtenido a través de una subasta a precio múltiple es ligeramente superior al beneficio que se obtiene al realizar una subasta a precio único.

¹⁹ Galán, Manuel "Análisis preliminar sobre las curvas de demanda para los títulos gubernamentales". Banco de México. (1994).

CAPITULO IV



En el presente capítulo se plantearán algunos modelos que sirvan para analizar el comportamiento de los participantes de una subasta de valores gubernamentales mexicanos, bajo los dos esquemas establecidos en las regulaciones de Banco de México. Además, se propondrá una forma de encontrar la estrategia que optimice las ganancias de los participantes, haciendo uso para ello de la teoría de juegos.

4.1 ANTECEDENTES

Como se mencionó en los capítulos anteriores, en los últimos años la colocación de títulos gubernamentales en los mercados financieros mexicano y estadounidense se ha llevado a cabo básicamente mediante dos diferentes tipos de subasta: a precio único y a precio múltiple.

La transición en el empleo de cada una de estas técnicas ha sido determinada principalmente por la necesidad de evitar el acaparamiento de títulos; así como por la obtención de algún resultado importante en las investigaciones que con respecto a estas subastas se realizan.

La mayor parte de los resultados que fueron mencionados en el Capítulo III son consecuencia de estudios que al respecto de las subastas de valores gubernamentales han realizado investigadores norteamericanos, teniendo como base la experiencia de los mercados financieros estadounidenses.

Aunque muchas de las conclusiones obtenidas en dichos análisis podrían ser aplicados a las subastas de valores gubernamentales mexicanos, existen algunas características particulares de nuestro sistema financiero que se considera deben ser tomadas en cuenta en el estudio de la colocación de los títulos de deuda emitidos por nuestro gobierno. Por ejemplo: el número de integrantes de cada mercado es muy diferente, mientras que en los Estados Unidos existe una gran cantidad y variedad de instituciones que conforman el sistema financiero, en México dicho sistema se limita a unos cuantos grupos financieros de muy distintas dimensiones. Esto hace, que de alguna manera, la competencia en los mercados mexicanos sea menos "justa" o perfecta de lo que puede ser en el estadounidense.

Por otro lado, la regulación que cada uno de estos países establece para llevar a cabo este tipo de subastas es distinta; por ejemplo: el Banco de México tiene el derecho de declarar desierta una subasta o en su caso modificar el monto de títulos a subastarse, siempre y cuando las posturas presentadas por los participantes, a criterio del propio banco, no sean consideradas adecuadas. En los Estados Unidos la Tesorería no podría ni siquiera intentar modificar el monto de valores a colocarse una vez que éste sea anunciado públicamente. Finalmente, otro de los factores que determina grandes diferencias entre estos países es el entorno económico de cada uno de ellos.

4.2 MODELOS DE SUBASTAS

Para el planteamiento y análisis de los modelos que se explicarán más adelante se hará uso de algunos conceptos de la teoría de juegos que se detallan a continuación.

4.2.1 Teoría de juegos

Se define como *juego* a cualquier situación social de competencia que involucre a dos o más participantes (jugadores), en la cual los intereses de los jugadores pueden ser independientes o estar interrelacionados.²⁰

Dos o más individuos se encuentran en una situación de competencia si el logro de los objetivos de uno de ellos implica la reducción de las probabilidades de los demás para alcanzar los suyos. El complemento de la competencia es la cooperación; la cual se define como una situación que envuelve a dos o más personas, tal que si una de ellas logra acercarse a sus objetivos, simultáneamente se incrementa la probabilidad de que los demás logren los suyos.

La teoría de juegos define estrategias que maximizan o minimizan una función objetivo, por lo general, una función de utilidad construida con la tabla de consecuencias²¹ (payoff matrix) de cada jugador.

²⁰ Zagare, Frank C., "Game Theory - Concepts and Applications", (1991).

²¹ *Tabla de consecuencias*.-Serie de consecuencias asociadas con una decisión i de un jugador y una j , de otro jugador. Estas consecuencias se expresan por lo general en valores monetarios.

Se considera la existencia de n jugadores, donde $n \geq 2$. Se supone que existen una serie de políticas (reglas del juego) *conocidas* por los jugadores, así como las consecuencias asociadas a cada una de ellas. Este tipo de suposiciones representan una limitante en la utilidad práctica de esta teoría, ya que por lo general, un tomador de decisiones puede intuir, más no necesariamente conocer con certeza lo que otro decisor hará bajo ciertas circunstancias. De ahí que la construcción de las matrices de consecuencias sean una tarea casi imposible de lograr.

La teoría de juegos se divide en cuanto a:

a) Jugadores.

- Juegos de 2 personas
- Juegos de n personas

b) Número de estrategias disponibles a cada decisor

- Juegos finitos
- Juegos infinitos

c) Objetivos del juego

- Juegos suma-cero
- Juegos suma diferentes de cero o *meta-juegos*

Los juegos que han sido más analizados y sobre los que existe un mayor número de resultados son los juegos suma-cero para dos jugadores (las características de estos juegos, así como algunos de los métodos más comunmente utilizados para resolverlos están explicados en el "anexo C", sin embargo, la mayor parte de las situaciones de la vida real no cumplen con las restricciones que plantean este tipo de juegos.

Los meta-juegos se caracterizan porque la ganancia de un jugador no necesariamente implica pérdida para otro; sino que puede significar también ganancia. Análogamente se tendría el caso para las pérdidas. Por ejemplo, a un grupo de empresarios les conviene ceder en su negociación con el sindicato, porque entienden que a una alza de sueldos, puede seguir un incremento en la motivación de los obreros y, en consecuencia, un aumento de productividad.

En el caso de las subastas de títulos gubernamentales se puede decir que, de existir una alianza entre los participantes, podría darse una manipulación de los precios de tal forma que todos adquieran valores. Algunos tendrían que incrementar su oferta, otros disminuirla, pero finalmente todos lograrían su objetivo, obtener los títulos, observándose así un meta-juego en estas subastas.

La solución matemática de un meta-juego generalmente representa un "dilema"²². En la teoría de juegos uno de los dilemas más conocido es el de Rapoport:

"Dos personas son arrestadas acusadas de haber cometido un delito. La policía no posee suficiente evidencia como para encarcelar a ninguno de los sospechosos, por lo tanto, requiere que alguno de ellos testifique en contra del otro. La policía interroga a ambos prisioneros individualmente ofreciéndoles que en caso de que alguno de ellos delate al otro, el traidor será liberado y se le pagará una recompensa, si ambos confiesan los dos recibirán su recompensa pero irán a la cárcel, en el caso de que ninguno de los dos confiese los dos saldrán en libertad por insuficiencia de pruebas; pero no recibirán ninguna

²² Dilema.- Argumento que presenta al adversario una alternativa de dos proposiciones tales que resulte confundido independientemente de la posición que elija.

recompensa. En este juego ambos jugadores tienen la oportunidad de elegir simultáneamente entre dos posibilidades. Si los dos jugadores no confiesan, cada uno gana dos puntos. Si los dos confiesan, ambos pierden dos puntos, si uno confiesa y el otro no, el que no confiesa gana tres puntos y el traidor pierde tres puntos.

La matriz de consecuencias en este caso es:

		<i>Prisionero</i>	
		<i>Confiesa</i> B_1	<i>No Confiesa</i> B_2
<i>Prisionero</i> A	<i>Confiesa</i> A_1	A pierde 2 puntos B pierde 2 puntos	A pierde 3 puntos B gana 3 puntos
	<i>No Confiesa</i> A_2	A gana 3 puntos B pierde 3 puntos	A gana 2 puntos B gana 2 puntos

Aparentemente lo más conveniente para ambos jugadores es jugar (A_2, B_2). Sin embargo, el dilema de los jugadores aparece en el momento en el que piensan en el beneficio que podría significar el confesar en contra del otro.

El dilema del prisionero²³ es muy similar al tipo de situaciones que se presentan en el caso de organizaciones de agricultores, comerciantes, industriales, subastador y postores. De existir un pacto entre ellos, sería ventajoso para cualquiera no cumplirlo, disminuyendo o aumentando los

²³ Tirole Jean. "The Theory of Industrial Organization", Cambridge Mass. London, England. (1988).

precios dependiendo de cual de estas estrategias le favorezca más. Sin embargo, esto supondría que los demás participantes mantuviesen el pacto, lo cual, sería muy poco probable puesto que traicionar mientras el opositor se mantiene leal al acuerdo resulta en el mejor resultado para el traidor; y en el peor para el traicionado. Por otra parte, si todos decidieran no respetar el acuerdo, todos perderían ... de ahí el dilema.

En las subastas de valores gubernamentales este tipo de situaciones son las que cotidianamente tienen que enfrentar y resolver los participantes. Es por esto que la confidencialidad de la información que cada uno de ellos posea se convierte en una pieza clave en el logro de sus objetivos.

4.2.2 Información imperfecta

Al respecto de la importancia de la información que se posea en una subasta, Elizabeth B. Cammack señala dos resultados empíricos que sugieren que la información en los mercados de T-Bills es imperfecta.

El primer resultado se refiere a que el comportamiento de los precios en el mercado secundario está de acuerdo con las predicciones de la "Teoría de las Subastas". Al hacer una comparación entre los precios de la subasta y los del mercado secundario para los T-Bills a 3 meses subastados entre 1973 y 1984 se descubrió que, en promedio, el precio al que se otorgaron los títulos en la subasta es 4 puntos más bajo que el correspondiente en el mercado secundario. Esto concuerda con lo dicho en la teoría de las subastas "cuando se tiene un número finito de participantes, sus posturas son un estimador sesgado

por debajo del valor real del objeto a subastar, lo cual implica la existencia de información imperfecta"²⁴.

En el segundo resultado se menciona que el mercado secundario y el primario proporcionan indistintamente información confidencial a los intermediarios. Se observa que los precios en el mercado secundario caen cuando la dispersión de los precios en la subasta es mayor de lo previsto, y se incrementan cuando el número de posturas competitivas en el mercado primario es mayor de lo esperado.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que las subastas de valores gubernamentales pueden ser consideradas como un meta-juego de n participantes con un número finito de estrategias para cada jugador en el cual, como en casi todos los juegos suma diferente de cero, la información que posea cada uno de los participantes definirá su postura.

Por lo complicado que representa el intentar medir variables tales como la cantidad y calidad de la información que cada uno de los participantes posea, en la teoría de juegos se ha preferido, con el propósito de encontrar algún resultado, el restringir el número de variables a aquéllas que puedan ser cuantificables.

En cada subasta de títulos de deuda realizadas por el Banco de México el número de variables que pueden influir en el comportamiento de los participantes es considerable. Entre ellas se encuentran: las necesidades propias de cada participante por obtener los títulos, la evaluación personal y objetiva de

²⁴ Cammack, Elizabeth B., "Evidence on Bidding Strategies and the Information in Treasury Bill Auctions", *Journal of Political Economy*, vol. 99 (1991).

cada uno de los postores al respecto del valor de los títulos, la información que se posea del precio "real" de los títulos, el posible conocimiento de las posturas de otros participantes, el entorno económico y político del momento en el que se realice la subasta, etc. Por ejemplo: después de la crisis económica de diciembre de 1996, el Banco de México decidió modificar el sistema de asignación de títulos gubernamentales que había estado utilizando hasta ese momento, dejando de utilizar las subastas a precio único, para asignar los títulos mediante una subasta a precio múltiple.

Como se puede apreciar al intentar plantear una función objetivo que involucre todas y cada una de las variables antes mencionadas y que a su vez maximice o minimice las ganancias o pérdidas de cada participante, se presenta un problema cuya solución no es trivial. A continuación se planteará una primera modelación de las subastas de títulos gubernamentales en México, haciendo uso para ello de un número considerable de supuestos.

4.2.3 Modelos

Una forma general de representar la problemática de las subastas de valores gubernamentales es la siguiente:

Sea P el conjunto integrado por el total de las posturas presentadas en una subasta. Si se define a cada postura como un vector de dos entradas (m_i, p_i) precio y monto propuestos respectivamente, entonces las entradas de P tendrían la siguiente forma:

$$P = \{ (m_1, p_1), (m_2, p_2), \dots, (m_k, p_k) \}$$

con $k = 1, \dots$, número total de posturas,

$$a_i \leq m_i \leq b_i \quad [a_i, b_i] \in \mathfrak{R}$$

$$u_i \leq p_i \leq v_i \quad [u_i, v_i] \in \mathfrak{R}$$

Sea F la función de asignación de los títulos definida de $\mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$ y
 G la función que determina la ganancia esperada de cada banco definida de
 $\mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}$.

$$F(m_i, p_i) = (m_{ij}^*, p_{ij}^*) \quad \text{con } m_i^* = \text{monto asignado}$$

$$p_i^* = \text{precio asignado}$$

$$G(F(m_{ij}^*, p_{ij}^*)) = g_i \quad \text{donde } g_i = \text{ganancia esperada}$$

Los valores de la función G pueden representarse como las entradas de una matriz de consecuencias G_{ikj} donde $i \times j = k$. Entonces el problema de las subastas se reduce a encontrar $(m_{ij}^{**}, p_{ij}^{**})$ tales que, cumplan con:

$$\text{Max}_{j=1, \dots, n} \text{Min}_{i=1, \dots, m} G(F(m_{ij}^*, p_{ij}^*)) = (m_i^{**}, p_i^{**})$$

Por las características de no linealidad y no continuidad que posee la función de ganancias, un análisis de ésta requeriría del empleo técnicas matemáticas muy complejas. Por lo anterior, se proponen un par de modelos discretos que simplifiquen el análisis; pero que a su vez ejemplifiquen claramente la complejidad del mismo.

Supóngase que el mercado financiero mexicano estuviese integrado por cuatro bancos. Dos de ellos tienen un gran capital y un considerable número de operaciones, las otras dos instituciones tienen una menor representatividad en el mercado.

Además, cada uno de estos bancos conoce exactamente la cantidad de títulos gubernamentales que necesita; pero tienen la opción de incrementar sus posturas en un cierto porcentaje sobre su demanda real, los incrementos posibles son los siguientes 20% y 40% por arriba de su demanda original. Si se considera que cada banco puede variar sus posturas solo en cuanto al monto de valores solicitados, entonces se puede concluir que cada uno de los participantes tiene tres posibles alternativas de elección:

Alternativa 1.- Solicitar únicamente los valores que necesita.

Alternativa 2.- Solicitar 20% más de lo que necesita.

Alternativa 3.- Solicitar 40% más.

Cabe mencionar que en este modelo se está suponiendo que no existe interrelación entre las decisiones de los participantes. Es decir, cada uno de los postores elige su estrategia, independientemente del comportamiento de sus oponentes.

En cuanto a lo que al subastador (Gobierno Federal) se refiere, se supondrá que él conoce con anterioridad a la subasta el valor "real" de los bienes a subastar; por lo cual, en caso de que ninguna de las posturas ofrecidas sea congruente con éste, el subastador tendrá la opción de declarar desierta la subasta. De lo contrario, una vez anunciado el monto a subastarse, éste no

podrá ser modificado; siendo siempre igual a la suma de las demandas reales de los cuatro bancos participantes.

En este primer caso se asumirá que los títulos son otorgados en una subasta a precio único.

Sea:

$D^* (d_1, \dots, d_4)$	el vector de las demandas reales de cada banco.
$A^* (1, 1.2, 1.4)$	el vector de los incrementos en posturas.
$P^* (p_1, \dots, p_4)$	el vector de los precios ofrecidos por el i -ésimo banco en la subasta.
$Q^* (q_1, \dots, q_4)$	el vector de los montos asignados a cada banco.
PE	precio de equilibrio de mercado de los títulos en el mercado secundario.
Pa_i	precio de asignación de los títulos en la subasta al i -ésimo postor. $i = 1, 2, \dots, 4$
Ps_i	precio de los títulos en el mercado secundario del i -ésimo banco.

El precio de los títulos en el mercado secundario P_{s_i} se calcula de acuerdo al monto excedente de valores que le hayan sido asignados a cada banco.

$$P_{s_i} = \begin{cases} PE (1.02) \text{ si } (q_i - d_i) \leq (0.05)D \\ PE (1.04) \text{ si } (0.1) D < (q_i - d_i) \leq (0.15) D \\ PE (1.06) \text{ si } q_i - d_i > (0.15) \end{cases} \quad \text{donde } D = \sum d_i \quad \text{con } i = 1 \dots 4$$

El precio de asignación P_{a_i} para cada conjunto de posturas se obtiene a partir de la curva de demanda que de las mismas se derive. Siendo igual al precio de la última postura competitiva que sea aceptada.

La ganancia de cada postor está dada por la siguiente expresión:

$$G_i = d_i (PE) - [q_i (P_{a_i}) - (q_i - d_i) P_{s_i}] \quad \text{con } i = 1 \dots 4$$

Es decir, la utilidad de cada participante es calculada a partir del monto real de títulos que dicho participante necesita adquirir, por el precio de equilibrio del mercado de los mismos, menos la cantidad de valores que le sean otorgados en la subasta por el precio de asignación, más el excedente de títulos que obtenga, multiplicado por el precio al que los coloque en el mercado secundario.

Con los supuestos anteriores se diseñó un programa de cómputo a partir del cual se pudiese obtener la matriz de consecuencias (payoff matrix) del juego. Dicha matriz se separa en cinco distintas matrices, cada una de las cuales representa la matriz de consecuencias de un juego suma cero para dos

jugadores en el que uno de los competidores es alguno de los cinco bancos y el adversario es el conjunto de los cuatro bancos restantes. Para encontrar la estrategia óptima de cada jugador se evalúan las matrices anteriores con el método del maxmin. El algoritmo en que está basado el programa, así como una explicación detallada de la forma en como funciona el mismo se presenta en el "anexo A".

Habiendo ejecutado el programa para un número considerable de casos prácticos, se determinó que tanto para una subasta a precio único como para una a precio múltiple los resultados del modelo coincidían de forma casi total, con todos los principios de la teoría de las subastas. Por lo anterior, y en un intento por lograr una mejor aproximación de lo que realmente sucede en las subastas de valores gubernamentales; se propuso una modificación al primer modelo, la cual consiste en permitir que los participantes puedan variar sus posturas no solo con respecto al monto de títulos solicitados sino también al precio propuesto.

En el siguiente caso se supondrá que se cumplen no solamente las condiciones del modelo anterior; sino además que cada participante tiene la posibilidad de elegir entre tres distintos precios por cada una de sus demandas de títulos.

Al ampliar de esta manera, aparentemente poco significativa, las posibilidades de elección de los participantes, se tiene como resultado un incremento considerable en el número de estrategias sujetas a análisis: si en el caso anterior el universo de estrategias estaba representado por una matriz de $3^4 \times 4$, ahora tenemos que el conjunto de posibles estrategias de los

participantes se representa en tantas matrices de la mismas dimensiones que la anterior, como las $OR_3^4 = 3^4$ (ordenaciones con repetición de 3 elementos tomados de 4 en 4). Esta pequeña variación en cuanto al número de posturas posibles significó el tener que usar un equipo de cómputo de una capacidad de memoria RAM de 8 Megas y un disco duro de un Gygabyte. Para poder incrementar en un dígito más ya sean el número de montos o posturas posibles se requeriría de un equipo que al menos tuviese el doble de capacidad de memoria RAM.

Dados los montos de títulos solicitados por cada participante y los tres distintos precios que cada uno está dispuesto a pagar por ellos, la generación y análisis de las matrices que a partir de estos datos se determinan, se realiza de la siguiente manera:

- a) Se obtienen las 9 distintas posturas (tres montos por tres precios) de cada banco. Estos datos representan las entradas de 4 matrices de 9×2 .
- b) A partir de las cuatro matrices anteriores se obtiene la matriz E cuyas entradas representan todos los posibles escenarios de posturas. El número de renglones de esta matriz es igual a las $OR_3^4 = 6561$ y las columnas son iguales al número de bancos.
- c) Cada uno de los renglones de la matriz anterior es evaluado mediante alguno de los dos sistemas de subasta (precio único o precio múltiple). Los montos y precios de asignación son almacenados en una matriz del mismo tamaño de la matriz E.

- d) Se calculan las ganancias de cada banco a partir de la fórmula explicada anteriormente, obteniéndose así la matriz de consecuencias del meta-juego.
- e) La matriz de consecuencias se transforma en cuatro matrices de 9×3^3 . Esta modificación de la matriz original sirve para reducir el problema de un meta-juego a un juego suma cero de dos jugadores. Es decir, cada uno de los renglones de la matriz de consecuencias original se transforma en una matriz cuyas entradas representan el valor del juego (pérdida o ganancia); suponiendo que cada jugador está compitiendo contra el conjunto de los otros tres participantes.
- f) Las cuatro matrices anteriores son analizadas mediante el método del minmáx para obtener la estrategia óptima de cada jugador. Estos valores del juego son almacenados en un vector P_0 de 4 entradas.
- g) Cada uno de los puntos óptimos del vector P_0 tiene asociado un vector $V_0(m,p)$ cuyas entradas son el monto y el precio solicitado por el participante en esa postura óptima. Estos valores se almacenan en una matriz M_{p_0} de posturas óptimas.
- h) A partir del vector P_0 y la matriz M_{p_0} se realiza el análisis de los resultados.

4.2.4 Resultados

Se ejecutó el programa con diversos casos prácticos cuyos resultados fueron los siguientes:

En un esquema de subasta a precio único la estrategia óptima a seguir para los bancos con una demanda pequeña es la de solicitar el monto máximo de títulos que les sea permitido, a un precio superior del que ellos supongan sea el valor real de estos; pero menor que la máxima valuación que ellos esperan que los títulos lleguen a tener en el mercado secundario. De esta forma se aseguran de que les sean asignados los valores que necesitan además de que tienen grandes probabilidades de que el precio que tengan que pagar por ellos sea menor al que ellos habían propuesto en su postura.

Los bancos con una mayor capacidad de demanda alcanzan su óptimo al solicitar la cantidad de títulos que cubriría su demanda real, a un precio lo más aproximado al que ellos mismos consideren que pudiese ser el precio de equilibrio de los valores. Bajo un esquema de subasta a precio único, el valor de mercado de los títulos lo determinan aquellos postores que se arriesgan a proponer precios más bajos compensados por un aumento en la cantidad de valores solicitados. Generalmente este tipo de posturas pueden ser presentadas por los bancos de mayor tamaño ya que estos pueden realizar estudios de mercado que les permitan tener una *buena* aproximación del valor real de los títulos.

En el caso de una subasta a precio múltiple se observa que la estrategia óptima para los bancos de mayores dimensiones involucra, por lo general, el solicitar la mayor cantidad de títulos que les es permitida; pero el precio al que se está dispuesto a pagarlos se ve disminuido hasta la mínima evaluación que cada banco tiene del precio *real* de los valores.

El fenómeno que se presenta para los bancos pequeños en un sistema de subasta a precio múltiple es la disminución tanto en los montos como en los

precios propuestos en las posturas. Finalmente, se puede decir que en la mayoría de los ejercicios que se propusieron, los precios a los que se otorgaron los valores en una subasta a precio único fueron más altos que los correspondientes a una subasta a precio múltiple. Esto podría ser consecuencia directa de lo que en la teoría de subastas se conoce como "the winner's curse".

Los óptimos que se obtuvieron para cada participante no fueron únicos; por lo que, no se puede decir que existe una estrategia óptima que simplifique el comportamiento de todos los participantes. Sin embargo, por simplicidad se decidió considerar como óptima la primer estrategia en la que se obtuviese un punto silla. Todos los resultados anteriormente mencionados tienen un carácter ilustrativo más no concluyente.

4.3 CONCLUSIONES

Después de haber planteado y analizado detalladamente las subastas de valores gubernamentales en México, se puede decir:

Se considera a las subastas como una técnica adecuada para la colocación de títulos gubernamentales; ya que en general se comprobó que resuelve favorablemente el problema de la determinación del precio al que se deben asignar los títulos en el mercado, además, de lograr una razonablemente buena distribución de los mismos.

Por lo que se refiere al tipo de subasta que sería más recomendable de emplearse para la colocación de los valores emitidos por el gobierno mexicano se determinó que esto está intrínsecamente relacionado con el entorno económico del momento en el que se realiza la subasta. Por lo cual, se cree

conveniente el evaluar periódicamente la conveniencia de mantener o modificar el tipo de subasta que se haya venido utilizando hasta ese momento.

De acuerdo con lo dicho en la teoría de subastas se cree que de lograrse un incremento en el número de participantes directos en las subastas se podría obtener una mejor evaluación de los títulos.

Por los resultados del programa se piensa que con las subastas a precio único se motiva la participación directa de los inversionistas en el mercado, mientras que con las subastas a precio múltiple se restringe.

ANEXO A



Basado en los supuestos presentados en el capítulo cuatro se diseñó el siguiente algoritmo para el cálculo y análisis de la matriz de consecuencias (payoff matrix) de cada ejercicio.

Como se mencionó, cada jugador tiene la posibilidad de elegir entre tres montos distintos, dado que tenemos cuatro participantes, el universo de posibles variaciones en cuanto a monto puede expresarse como la siguiente matriz M de 4×3 :

$$M = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.0 & 1.2 & 1.4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 & 1.2m_1 & 1.4m_1 \\ m_2 & 1.2m_2 & 1.4m_2 \\ m_3 & 1.2m_3 & 1.4m_3 \\ m_4 & 1.2m_4 & 1.4m_4 \end{bmatrix}$$

La matriz de los precios ofrecidos por los bancos es igual a la siguiente matriz P^* de 4×3 :

$$P^* = \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & P_{1,3} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & P_{2,3} \\ P_{3,1} & P_{3,2} & P_{3,3} \\ P_{4,1} & P_{4,2} & P_{4,3} \end{bmatrix}$$

A partir de las matrices M (montos) y P^* (precios) se obtiene para cada banco una matriz de posturas Mp_j de 9×2 , cuyas entradas representan las distintas posturas entre las que cada uno de los bancos puede elegir.

$$Mp_j = \begin{bmatrix} m_{1,j} & p_{1,j} \\ m_{1,j} & p_{2,j} \\ m_{1,j} & p_{3,j} \\ m_{2,j} & p_{1,j} \\ m_{2,j} & p_{2,j} \\ m_{2,j} & p_{3,j} \\ m_{3,j} & p_{1,j} \\ m_{3,j} & p_{2,j} \\ m_{3,j} & p_{3,j} \end{bmatrix} \quad \text{con } j = 1, \dots, 4$$

Los posibles escenarios considerando todas las variantes en cuanto a monto y precio son iguales a las $OR_9^4 = 9^4 = 6561$ y pueden representarse como las entradas de una matriz E de 6561×8 .

$$E = \begin{bmatrix} m_{1,1} & p_{1,1} & m_{1,2} & p_{1,2} & m_{1,3} & p_{1,3} & m_{1,4} & p_{1,4} \\ m_{1,1} & p_{1,1} & m_{1,2} & p_{1,2} & m_{1,3} & p_{1,3} & m_{1,4} & p_{2,4} \\ m_{1,1} & p_{1,1} & m_{1,2} & p_{1,2} & m_{1,3} & p_{1,3} & m_{1,4} & p_{3,4} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ m_{3,1} & p_{3,1} & m_{3,2} & p_{3,2} & m_{3,3} & p_{3,3} & m_{3,4} & p_{1,4} \\ m_{3,1} & p_{3,1} & m_{3,2} & p_{3,2} & m_{3,3} & p_{3,3} & m_{3,4} & p_{2,4} \\ m_{3,1} & p_{3,1} & m_{3,2} & p_{3,2} & m_{3,3} & p_{3,3} & m_{3,4} & p_{3,4} \end{bmatrix}$$

Cada uno de renglones de la matriz de E representa una curva de demanda distinta. Todas y cada una de ellas son evaluadas de acuerdo a un

esquema de subasta a tasa única, es decir, las posturas presentadas en el i -ésimo renglón son ordenadas en orden descendente de acuerdo al precio ofrecido; aquéllas en las que se proponga un precio más alto van siendo aceptadas, hasta que el monto total de valores a subastar sea cubierto; el precio de asignación para cada escenario es igual al propuesto en la última oferta que haya sido aceptada.

Los precios y montos a los que son asignados los valores en el i -ésimo escenario representan el i -ésimo renglón de una matriz Pa de 6561×8 .

$$Pa = \begin{bmatrix} ma_{1,1} & pa_{1,1} & ma_{1,2} & pa_{1,2} & ma_{1,3} & pa_{1,3} & ma_{1,4} & pa_{1,4} \\ ma_{2,1} & pa_{2,1} & ma_{2,2} & pa_{2,2} & ma_{2,3} & pa_{2,3} & ma_{2,4} & pa_{2,4} \\ ma_{3,1} & pa_{3,1} & ma_{3,2} & pa_{3,2} & ma_{3,3} & pa_{3,3} & ma_{3,4} & pa_{3,4} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ ma_{i-2,1} & pa_{i-2,1} & ma_{i-2,2} & pa_{i-2,2} & ma_{i-2,3} & pa_{i-2,3} & ma_{i-2,4} & pa_{i-2,4} \\ ma_{i-1,1} & pa_{i-1,1} & ma_{i-1,2} & pa_{i-1,2} & ma_{i-1,3} & pa_{i-1,3} & ma_{i-1,4} & pa_{i-1,4} \\ ma_{i,1} & pa_{i,1} & ma_{i,2} & pa_{i,2} & ma_{i,3} & pa_{i,3} & ma_{i,4} & pa_{i,4} \end{bmatrix}$$

con $i = 6561$

Una vez que los valores han sido asignados se procede al cálculo de los precios que en el mercado secundario cada participante podría obtener por el excedente de títulos obtenidos. El Ps_{ij} (precio de mercado secundario en la i -ésima estrategia del j -ésimo banco) representa la entrada ij de una matriz de 6561×4 y se determina de acuerdo a los siguientes parámetros:

$$PS_{ij} = \begin{cases} PE(1.02) & \text{si } qj-dj \leq (0.1)D \\ PE(1.04) & \text{si } (0.1)D < qj-dj \leq (0.2)D \\ PE(1.06) & \text{si } qj-dj > (0.2)D \end{cases} \quad \text{donde } D = \sum di \quad \text{con } i=1 \dots 4$$

$$PS = \begin{bmatrix} ps_{1,1} & ps_{1,2} & ps_{1,3} & ps_{1,4} \\ ps_{2,1} & ps_{2,2} & ps_{2,3} & ps_{2,4} \\ ps_{3,1} & ps_{3,2} & ps_{3,3} & ps_{3,4} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ ps_{i-2,1} & ps_{i-2,2} & ps_{i-2,3} & ps_{i-2,4} \\ ps_{i-1,1} & ps_{i-1,2} & ps_{i-1,3} & ps_{i-1,4} \\ ps_{i,1} & ps_{i,2} & ps_{i,3} & ps_{i,4} \end{bmatrix}$$

con $i = 6561$

El siguiente paso consiste en calcular las entradas de la matriz G de ganancias, de 6561×4 , a partir de la fórmula planteada en el capítulo IV.

$$G_{ij} = dij (PE) - [qj (PA) - (qj-dj) PS_{ij}] \quad \text{con} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, 4 \\ j = 1, \dots, 6561 \end{matrix}$$

Como se puede apreciar, para la obtención de cada una de las entradas de la matriz de ganancias se requiere de prácticamente todas las matrices obtenidas anteriormente; es por esto que, para que el programa pueda ejecutarse, se requiere de un equipo de cómputo con una capacidad de memoria RAM de al menos ocho Megs.

$$G = \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & g_{1,4} \\ g_{2,1} & g_{2,2} & g_{2,3} & g_{2,4} \\ g_{3,1} & g_{3,2} & g_{3,3} & g_{3,4} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ g_{i-2,1} & g_{i-2,2} & g_{i-2,3} & g_{i-2,4} \\ g_{i-1,1} & g_{i-1,2} & g_{i-1,3} & g_{i-1,4} \\ g_{i,1} & g_{i,2} & g_{i,3} & g_{i,4} \end{bmatrix} \quad \text{con } i = 6561$$

A partir de la matriz G se obtienen 4 matrices G_{t_j} de 9×729 cuyas entradas representan el valor del juego para el j -ésimo jugador compitiendo contra el conjunto de los otros tres bancos participantes.

$$G_{t_j} = \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & g_{1,3} & \cdot & \cdot & \cdot & g_{1,j-2} & g_{1,j-1} & g_{1,j} \\ g_{2,1} & g_{2,2} & g_{2,3} & \cdot & \cdot & \cdot & g_{2,j-2} & g_{2,j-1} & g_{2,j} \\ \cdot & & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & & \cdot \\ g_{8,1} & g_{8,2} & g_{8,3} & \cdot & \cdot & \cdot & g_{8,j-2} & g_{8,j-1} & g_{8,j} \\ g_{9,1} & g_{9,2} & g_{9,3} & \cdot & \cdot & \cdot & g_{9,j-2} & g_{9,j-1} & g_{9,j} \end{bmatrix}$$

con $j = 729$

Las cuatro matrices anteriores son analizadas mediante el método del maxmin y los resultados de dicha evaluación representan las entradas de un vector P_0 y una matriz M_{p_0} . La j -ésima entrada del vector P_0 representa el valor óptimo del juego para el j -ésimo competidor. Mientras que las entradas de la matriz M_{p_0} representan el monto y precio asociado a la ganancia óptima.

Cuando se analiza el caso de las subastas a precio múltiple el cambio principal radica en la determinación de los precios de asignación. Dado que en este tipo de subastas cada participante paga el precio ofrecido en su postura por los títulos que le son asignados, los precios de asignación son distintos para cada monto asignado y pueden ser representados como las entradas de una matriz de 6561×4 .

$$P_a^* = \begin{bmatrix} pa_{1,1} & pa_{1,2} & pa_{1,3} & pa_{1,4} \\ pa_{2,1} & pa_{2,2} & pa_{2,3} & pa_{2,4} \\ pa_{3,1} & pa_{3,2} & pa_{3,3} & pa_{3,4} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ pa_{i-2,1} & pa_{i-2,2} & pa_{i-2,3} & pa_{i-2,4} \\ pa_{i-1,1} & pa_{i-1,2} & pa_{i-1,3} & pa_{i-1,4} \\ pa_{i,1} & pa_{i,2} & pa_{i,3} & pa_{i,4} \end{bmatrix} \quad \text{con } i = 6561$$

En el siguiente ejemplo numérico se ejemplificará la forma en que funciona el programa bajo ambos esquemas de subasta. Supongamos que las posturas para los dos esquemas de subasta, a precio único y múltiple, son las siguientes:

<u>Nombre del Banco</u>	<u>Demanda Real (di)</u>	<u>Precios Ofrecidos (pi)</u>
Comermex	10	(97,98,99)
Serfin	15	(97,98,99)
Bancomer	40	(97,98,99)
Banamex	35	(97,98,99)

De acuerdo a lo anterior la matriz de posturas M que se determina es:

$$M = \begin{bmatrix} 10 \\ 15 \\ 40 \\ 35 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.0 & 1.2 & 1.4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 12 & 14 \\ 15 & 18 & 21 \\ 40 & 48 & 56 \\ 35 & 42 & 49 \end{bmatrix}$$

El vector P* de precios propuestos en este ejercicio tiene las siguientes entradas:

$$P^* = \begin{bmatrix} 97 & 98 & 99 \\ 97 & 98 & 99 \\ 97 & 98 & 99 \\ 97 & 98 & 99 \end{bmatrix}$$

A partir de las matrices M y P* anteriores se genera la siguiente matriz de E de estrategias:

$$E = \begin{bmatrix} 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 97 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 98 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 99 \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ 14 & 99 & 21 & 99 & 56 & 99 & 49 & 97 \\ 14 & 99 & 21 & 99 & 56 & 99 & 49 & 98 \\ 14 & 99 & 21 & 99 & 56 & 99 & 49 & 99 \end{bmatrix}$$

Cada renglón de la matriz anterior es evaluada primeramente de acuerdo a la metodología de las subastas a precio único y posteriormente

mediante una subasta a precio múltiple. Las matrices de montos asignados y precios de asignación, que se generan en cada caso, se detallan a continuación.

$$APU = \begin{bmatrix} 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 97 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 97 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 97 \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ 14 & 97 & 2 & 97 & 4 & 97 & 4 & 97 \\ 14 & 98 & 2 & 98 & 4 & 98 & 4 & 98 \\ 10 & 99 & 15 & 99 & 40 & 99 & 35 & 99 \end{bmatrix}$$

$$APM = \begin{bmatrix} 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 97 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 98 \\ 10 & 97 & 15 & 97 & 40 & 97 & 35 & 99 \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & & \cdot \\ 14 & 99 & 2 & 99 & 4 & 99 & 4 & 97 \\ 14 & 99 & 2 & 99 & 4 & 99 & 4 & 98 \\ 10 & 99 & 15 & 99 & 40 & 99 & 35 & 99 \end{bmatrix}$$

Una vez obtenidos estos datos y suponiendo que el precio de equilibrio del mercado de los valores es 98 se determina la matriz de precios secundarios. Finalmente, se determinan las entradas de la matriz de ganancias que en este ejercicio son las siguientes:

$$GU = \begin{bmatrix} 10.00 & 15.00 & 40.00 & 35.00 \\ 10.00 & 15.00 & 40.00 & 35.00 \\ 10.00 & 15.00 & 40.00 & 35.00 \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ 21.84 & -74.44 & -207.68 & -178.28 \\ 7.84 & -76.44 & -211.68 & -182.28 \\ -10.00 & -15.00 & -40.00 & -35.00 \end{bmatrix}$$

$$GM = \begin{bmatrix} 10.00 & 15.00 & 40.00 & 35.00 \\ 10.00 & 15.00 & 40.00 & 0 \\ 10.00 & 15.00 & 40.00 & -35.00 \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ -6.16 & -78.44 & -215.68 & -178.28 \\ -6.16 & -78.44 & -215.68 & -182.28 \\ -10.00 & -15.00 & -40.00 & -35 \end{bmatrix}$$

Las matrices M_{p_0} para ambos esquemas de subasta son:

Subasta a Precio Único

$$M_{p_0} = \begin{bmatrix} 14 & 99 \\ 18 & 97 \\ 40 & 98 \\ 49 & 98 \end{bmatrix}$$

Subasta a Precio Múltiple

$$M_{p_0} = \begin{bmatrix} 14 & 99 \\ 15 & 98 \\ 48 & 97 \\ 49 & 97 \end{bmatrix}$$

ANEXO B



```
#include "subasta.h"

// Se necesita en obten_mdp y se pasa a obten_cdp
int mdp[NUMBANCOS][PORCENTPOST];

// obten_cdp y se pasa a obten_estr
double mcp[COMBMONTPREC][NUMBANCOS][MP];

// obten_estr y se pasa a obten_asig , obten_ganan y analisis
//double matrizota[ESTRATEGIAS][NUMBANCOS][MP];
FILE *matrizota;

// obten_asig y se pasa a obten_ganan
//double asignacion[ESTRATEGIAS][NUMBANCOS][MP];
FILE *asignacion;

// obten_ganan y transformacion
//double ganancia[ESTRATEGIAS][NUMBANCOS];
FILE *ganancia;

//transformacion y analisis
float huge transfor[COMBMONTPREC][CTRANS][NUMBANCOS];

void obten_mdp(void) // mdp : Matriz de posturas
{
    int i,j;
    double porcentajes[PORCENTPOST]={1.0,1.2,1.4};

    for(i=0;i<NUMBANCOS;i++)
        for(j=0;j<PORCENTPOST;j++)
```

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

```

        mdp[i][j]=Dem[i]*porcentajes[j] + .5;
    }

void obten_cdp(void)
{
    int i,k,l,r;

    for(i=0;i<NUMBANCOS;i++) // Aqui generar archivos para cada
    banco
    {
        r=0;
        for(k=0;k<PORCENTPOST;k++)
            for(l=0;l<PRECPROP;l++)
            {
                mcp[r][i][0]=mdp[i][k];
                mcp[r++][i][l]=Pre[i][l];
            }
    }
}

void obten_estr(void)
{
    int k,r;
    int fors[NUMBANCOS];

    r=0; // inicializa R

    if ((matrizota = fopen("matrizot.dat","w"))!=NULL)
    {

        /* Debe haber tantos fors como bancos. En este caso son 3 */

        for (fors[0]=0;fors[0]<COMBMONTPREC;fors[0]++) // Recorre B1
        for (fors[1]=0;fors[1]<COMBMONTPREC;fors[1]++) // recorre B2
        for (fors[2]=0;fors[2]<COMBMONTPREC;fors[2]++) // recorre B3
        for (fors[3]=0;fors[3]<COMBMONTPREC;fors[3]++) // Recorre B4
        // for (fors[4]=0;fors[4]<COMBMONTPREC;fors[4]++) // recorre B5
        // for (fors[5]=0;fors[5]<COMBMONTPREC;fors[5]++) // recorre B6
    }
}

```

```

        for (k=0;k<NUMBANCOS;k++) // Esto es para no repetir
2*NUNBANCOS lineas de asignacion
    {
//      matrizota[r][k][0] = mcp[fors[k]][k][0]; // entrada M de B1,
//      entrada P B1 en el piso 0
//      matrizota[r][k][1] = mcp[fors[k]][k][1]; // entrada M de B2
//      entrada P de B2 en el piso 1. recorre
//      printf("%7.2f%7.2f", matrizota[r][k][0], matrizota[r][k][1]);
//      fprintf(matrizota,"%7.2f%7.2f", mcp[fors[k]][k][0],
mcp[fors[k]][k][1]);
    }
    fprintf(matrizota,"\n");
    r++;
}
}
fclose(matrizota);
}

void obten_monto(void)
{
int i;

for (i=0;i<NUMBANCOS;i++)
    monto=Dem[i]+monto;
}

void obten_asig(void)
{
long r;
int ps, b, max[NUMBANCOS], suma, m;
double raux[NUMBANCOS][MP], resto;
int aux[NUMBANCOS];
char num[11];

if ( ((matrizota = fopen("matrizot.dat","r"))!=NULL) &&
      ((asignacion = fopen("asigna.dat" ,"w"))!=NULL) )
{
for (r=0;r<ESTRATEGIAS;r++)
{
    resto = monto;
    for (ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++) // saca copia del renglon
para obtener maximos

```

```

    {
//      raux[ps][0]=matrizota[r][ps][0];
//      raux[ps][1]=matrizota[r][ps][1];
      fscanf(matrizota,"%s",num);
      raux[ps][0]=atof(num);
      fscanf(matrizota,"%s",num);
      raux[ps][1]=atof(num);
      aux[ps]=0;
      max[ps]=-1;
    }
    for (b=0;b<NUMBANCOS;b++)
        // recorre para obtener el maximo
    {
      ps=0;
      while (aux[ps]==1 && ps<NUMBANCOS) ps++;
      if (ps==NUMBANCOS)
          break;
      max[m=0]=ps;
      for (ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
          if ((raux[ps][1] > raux[max[0]][1]) && (aux[ps] !=
1))
          {
              max[0] = ps;
              for(m=1;max[m]!=-1 && m<NUMBANCOS;m++)
                  max[m]=-1;
          }
          else
              if ((raux[ps][1] == raux[max[0]][1]) && (aux[ps]
!= 1))
                  max[m++]=ps;
      suma=0;
      for(m=0;max[m]!=-1 && m<NUMBANCOS;m++)
          {
              aux[max[m]]=1; // checarlo ie colocarle 1 a aux[p]
              suma+=raux[max[m]][0];
          }
      if (suma<=resto)
          // asigna monto
          for(m=0;max[m]!=-1 && m<NUMBANCOS;m++)
              resto = resto - raux[max[m]][0]; // restar a la oferta
      el monto asignado o el resto
      else

```

```

        {
            for(m=0;max[m]!=-1 && m<NUMBANCOS;m++)
                raux[max[m]][0]=(raux[max[m]][0]/suma)*resto;
            break; // si ya no hay oferta ent salirse
        }
    }
    for(ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
    {
        if (aux[ps]!=1)
            raux[ps][0]=0; // si se salio, asignar cero a los
restantes y
asignacion a todos
            raux[ps][1]=raux[max[0]][1]; // colocar precio de
    }
    for(ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
    {
//      asignacion[r][ps][0] = raux[ps][0];
//      asignacion[r][ps][1] = raux[ps][1];
//      printf("%7.2f%7.2f",raux[ps][0], raux[ps][1]);
        fprintf(asignacion,"%7i%7.2f",raux[ps][0]+.5, raux[ps][1]);
    }
    fprintf(asignacion,"\n");
}
fclose(matrizota);
fclose(asignacion);
}

void obten_ganan(void)
{
    long r;
    int ps, b;
    double pms;
    char numm[11], numa0[11], numal[11], basura[11];

    if ( ((matrizota = fopen("matrizot.dat", "r"))!=NULL) &&
        ((asignacion = fopen("asigna.dat", "r"))!=NULL)
&&
        ((ganancia = fopen("ganan.dat", "w"))!=NULL) )
    {

        for (r=0;r<ESTRATEGIAS;r++)

```

```

{
for(ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
{
    fscanf(matrizota,"%s",numm);
    fscanf(matrizota,"%s",basura);
    fscanf(asignacion,"%s",numa0);
    fscanf(asignacion,"%s",numa1);

//          if (labs(matrizota[r][ps][0]-asignacion[r][ps][0]) <=
.05*monto)
                if (labs(atof(numm)-atof(numa0)) <= .05*monto)
                    pms=Preq*1.02;
                else
//          if (labs(matrizota[r][ps][0]-asignacion[r][ps][0]) <=
.15*monto)
                if (labs(atof(numm)-atof(numa0)) <= .15*monto)
                    pms=Preq*1.04;
                else
                    pms=Preq*1.06;
ganancia[r][ps]= - asignacion[r][ps][0] *
// asignacion[r][ps][1] +
//
                (asignacion[r][ps][0] - Dem[ps]) * pms +
//
                Dem[ps]*Preq;
                fprintf(ganancia,"%7.2f", - atof(numa0) *
atof(numa1) +
                (atof(numa0) - Dem[ps]) * pms +
                Dem[ps]*Preq);
            }
            fprintf(ganancia,"\n");
        }
    }
fclose(ganancia);
fclose(asignacion);
fclose(matrizota);
}

long eleva(int base, int exp)
{

```

```

int i;
long r=1;

for (i=0;i<exp;i++)
    r=r*base;
return r;
}

void transformacion(void)
{
    long ro=0;
    int ps, r, c, b;
    int tamBloque, NumBloques, longBloque;
    char num[11];

    FILE *ftransfor;

    if ( (ganancia = fopen("ganan.dat" ,"r"))!=NULL )
    {
        for(ro=0;ro<ESTRATEGIAS;ro++) // recorrer banco desde 0
        hasta COMBMONTPREC
        {
            for (ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
            {
                tamBloque=ESTRATEGIAS/eleva(COMBMONTPREC,ps);
                NumBloques=ESTRATEGIAS/tamBloque;

                longBloque=ESTRATEGIAS/(COMBMONTPREC*NumBloques);
                b= ro / tamBloque;
                r= (ro - b*tamBloque) / longBloque;
                c= ro%longBloque + b*longBloque;
                fscanf(ganancia,"%s",num);
                transfor[r][c][ps]=ganancia[ro][ps];
                transfor[r][c][ps]=atof(num);
            }
        }

        if ( (ftransfor = fopen("trans.dat","w"))!=NULL )
        {
            for (ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)

```

```
{
    printf("\n Banco %d \n", ps);
    for(r=0;r<COMBMONTPREC;r++)
    {
        for(c=0;c<CTrans;c++)
        {
            fprintf(ftransfor,"%7.2f",transfor[r][c][ps]);
        }
        fprintf(ftransfor,"\n");
    }
}
fclose(ftransfor);
}
}
```

```
void analisis(void)
{
    int ps,r,c, po,ro,co, p,k;
    double min,max;
    int tamBloque, NumBloques, longBloque, elRenglon;
    char num[11],num0[11],num1[11];

    for (ps=0;ps<NUMBANCOS;ps++)
    {
        for (r=0;r<COMBMONTPREC;r++)
        {
            for (c=0;c<ESTRATEGIAS/COMBMONTPREC;c++)
            {
                if (c==0)
                {
                    min=transfor[r][c][ps];
                    co=c;
                }
                else
                if (transfor[r][c][ps] < min)
                {
                    min=transfor[r][c][ps];
                    co=c;
                }
            }
            if (r==0)

```

```

    {
        max = min;
        ro=r;
    }
    else
        if (min > max)
            {
                max = min;
                ro=r;
            }
        }
    tamBloque=ESTRATEGIAS/eleva(COMBMONTPREC,ps);
    NumBloques=ESTRATEGIAS/tamBloque;
    longBloque=ESTRATEGIAS/(COMBMONTPREC*NumBloques);
    elRenglon=COMBMONTPREC*longBloque * (co/longBloque) +
        longBloque*ro +
co%longBloque;

    if ( (matrizota = fopen("matrizot.dat", "r"))!=NULL )
    {
        for(r=0;r<elRenglon;r++)
            for(p=0;p<2*NUMBANCOS;p++)
                fscanf(matrizota,"%s",num);
        //    fscanf(matrizota,"%s",num);
        for(k=0;k<2*ps;k++)
            fscanf(matrizota,"%s",num);
        fscanf(matrizota,"%s",num0);
        fscanf(matrizota,"%s",num1);
    }
    fclose(matrizota);
    //    printf("Estrategia optima para el banco %d:\n Monto: %5.2f Precio:
    %5.2f\n",
    //                                ps+1,matrizota[elRenglon][ps][0],
matrizota[elRenglon][ps][1]);
    printf("Estrategia optima para el banco %d:\n Monto: %5.2f Precio:
    %5.2f\n",
    //                                ps+1,atof(num0), atof(num1));
    }
}

```

```
main()
{
// clrscr(); // conversion a archivos: listo
obten_mdp(); // conversion a archivos: listo
obten_cdp(); // conversion a archivos: listo
obten_estr(); // conversion a archivos: listo
obten_monto(); // conversion a archivos: listo
obten_asig(); // conversion a archivos: listo
obten_ganan(); // conversion a archivos: listo
transformacion();
 analisis();
 return 0;
}
```

ANEXO C



En un juego suma-cero de 2 oponentes , el interés de cada jugador es opuesto, en el sentido de que la suma de ganancias de uno es igual a la suma de la pérdida del otro.

Suponga el caso de 2 competidores X y Y, ambos con las mismas capacidades y conocedores de la matriz de consecuencias que se muestra a continuación:

		Estrategias del Jugador Y		Mín. del Renglón
		3	4	
Estrategias del Jugador X	1	+5	+7	5
	2	+4	+6	4
Máx. de la Columna		5	7	

Suponga que el jugador X gana, mientras que el otro pierde. El jugador X puede utilizar las estrategias 1 y 2, mientras que Y las estrategias 3 y 4 . Obviamente el jugador X utilizará la estrategia 1, que es la que le maximiza sus ganancias. Como Y conoce la matriz de consecuencias e infiere que X

jugará 1, por las razones anteriores, entonces él querrá minimizar sus pérdidas y, por lo tanto, elegirá la estrategia 3. El valor del juego es 5 porque X gana 5 y Y pierde 5. Este juego ilustra la idea de suma cero.

Se entiende por valor del juego el promedio de ganancias (o pérdidas) a lo largo de múltiples jugadas. Los juegos anteriores se llaman finitos porque para un jugador existen n estrategias y para el otro m , pero tanto m como n son enteros finitos. Para cada combinación de estrategias de uno y otro jugador se tiene una consecuencia. El arreglo de todas las consecuencias es la matriz de consecuencias.

Por ejemplo:

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 4 \\ 1 & -3 & 2 \end{bmatrix}$$

Significa

		Jugador Y		
		Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5
Jugador X	Estrategia 1	X gana 2 Y pierde 2	Nadie gana ni pierde	X gana 4 Y pierde 4
	Estrategia 2	X gana 1 Y pierde 1	X pierde 3 Y gana 3	X gana 2 Y pierde 2

Como puede observarse la matriz de consecuencias no necesariamente debe ser cuadrada, o sea, el número de estrategias disponibles para cada jugador es, por lo general, diferente.

Matemáticamente esto se expresa de la siguiente manera. El jugador A debe escoger una estrategia entre m que tiene disponibles $(1, 2, \dots, m)$ mientras que B debe escoger una entre n $(1, 2, \dots, n)$. Existe una matriz de consecuencias conocida por ambos jugadores; sin embargo, las decisiones se realizan *independientemente* una de la otra. Si A escoge i y B escoge j , se genera una consecuencia α_{ij} , donde A gana α_{ij} y B pierde α_{ij} (gana $-\alpha_{ij}$).

Sea p_i la probabilidad de que A escoja i y q_j la probabilidad de que B seleccione j . La consecuencia esperada, denotada por E , es:

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_i q_j \alpha_{ij}$$

La teoría de juegos supone que A seleccionará p_1, p_2, \dots, p_m tales que:

- a) Independientemente de que B escoja q_1, q_2, \dots, q_n , la ganancia para A será por lo menos V .
- b) La cantidad V será la máxima posible.

Lo anterior implica

$$\begin{aligned} E &= \sum_{j=1}^n q_j \sum_{i=1}^m p_i \alpha_{ij} \\ &= \sum_{j=1}^n q_j V_j \end{aligned}$$

Se divide a $V_j = \sum_{i=1}^n p_i \alpha_{ij}$ en los subconjuntos S y S', en el conjunto S se

colocan todos los valores V_j tales que:

- Todos los $V_j \in S$ son iguales.
- Todos los $V_j \in S$ son menores a cualquier $V_j \in S'$.
- Cualquier V_j está en S o en S'.

Como B desea minimizar las ganancias de A, es obvio que la probabilidad $q_j=0$ siempre que $V_j \in S'$, por lo tanto, A debe seleccionar sus probabilidades p_1, p_2, \dots, p_m tales que:

$$V_j = \sum_{i=1}^m p_i \alpha_{ij} \geq V$$

y V es el máximo posible. Las probabilidades p_1, p_2, \dots, p_m cumplen con:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

$$p_i \geq 0 \quad \text{para toda } i.$$

El problema de A se formula como encontrar los valores de $p_1, p_2, \dots, p_{m-1}, p_m$ tales que:

Máx V

sujeto a

$$V - \sum_{i=1}^m p_i \alpha_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1$$

$$p_i \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

Se nota que el problema anterior es un problema lineal. Siguiendo una deducción análoga, se formula para B el problema de encontrar probabilidades q_1, q_2, \dots, q_n tales que

Mín U

sujeto a

$$U - \sum_{j=1}^n q_j a_{ij} \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1$$

$$q_j \geq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

El problema anterior representa lo que en programación lineal se conoce como el dual del problema de A, y que por lo tanto,

$$\text{Mín } U = \text{Máx } V$$

razón por la que este tipo de juegos se denominan de suma-cero. La expresión anterior se conoce como el teorema del maxmin de la teoría de juegos formulada por Von Neumann (1928) muchos años antes que Dantzig y otros estructuran la programación lineal. Utilizando la teoría de dualidad, se puede inferir que si

$$\sum_{i=1}^m p_i a_{ij} > V$$

entonces

$$q_j = 0$$

para cualquier $j, j = 1, \dots, n$, mientras que si

$$\sum_{j=1}^n q_j a_{ij} > V$$

entonces

$$p_i = 0$$

para cualquier $i, i = 1, \dots, m$. A los conjuntos $\{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ y $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ se les llama estrategias mixtas. A las estrategias originales de cada jugador se les denomina estrategias puras. Los juegos por lo general son procesos repetitivos, lo cual implica que, por lo general, se tienen varias jugadas. En cada una de ellas, cada jugador selecciona una estrategia.

Existen distintas técnicas para resolver un juego "suma-cero de dos personas" a continuación analizaremos una de las mayormente conocidas, la del "punto silla".

Se define como punto silla un elemento α_{ij} de la matriz de consecuencias tal que

- a) α_{ij} sea el mínimo de la fila i y
- b) el máximo de la columna j .

Si un juego tiene un punto silla, por ejemplo la entrada (h,k) , entonces el jugador A debe seleccionar la estrategia h y el B, la k . El valor del juego será α_{hk} . Si existen dos o más puntos silla, estos deben ser idénticos.

Por ejemplo, considere el juego 'suma cero de dos participantes', en que A cuenta con 3 estrategias (a_1, a_2, a_3) y B con 4 (b_1, b_2, b_3, b_4) , cuya matriz de consecuencias se muestra a continuación:

		B			
A		40	34	30	33
		38	35	36	37
		28	33	37	38

Cada jugador hará su elección independientemente del otro y la matriz es conocida para ambos, estos definirán las estrategias que garanticen mayor seguridad, es decir, maximicen su utilidad.

Si A selecciona la estrategia:

a_1 , lo mínimo que puede obtener es 30

a_2 , lo mínimo que puede obtener es 35

a_3 , lo mínimo que puede obtener es 28

Por lo tanto A, que quiere maximizar las mínimas ganancias, se decidirá por la estrategia a_2 . En contrapartida, si B selecciona la estrategia:

b_1 , lo máximo que puede perder es 40

b_2 , lo máximo que puede perder es 35

B_1 , lo máximo que puede perder es 37

b_3 , lo máximo que puede perder es 38

por lo que B, que quiere minimizar la máxima pérdida seleccionará la estrategia b_2 . Como la entrada $\alpha_{ij} = \alpha_{22} = \{a_2, b_2\} = 35$ es al mismo tiempo el mínimo de la fila 2 y el máximo de la columna 2, se dice que es un punto silla, y el valor del juego es 35. Como se puede apreciar se trata de un juego suma cero ya que la ganancia de A es idéntica a la pérdida de B.

BIBLIOGRAFIA



Banco de México, "*Reglas para la Colocación de Valores Gubernamentales*" (1989).

Boatler, Robert W. "*The Treasury Bill Auction Procedures: An empirical investigation*", *Journal of Finance* vol. 28 (June, 1973).

Cammack, Elizabeth B "*Evidence and Bidding Strategies and the Information in Treasury Bills Auctions*", *Journal of Political Economy* vol. 99 (1991).

Cassady, Ralph Jr. "*Auctions and Auctioneering*", Berkeley U. de Calif. Press. (1967).

Claud, Annie "*¿Cómo funciona la Bolsa?*", Paraninfo, S.A. Madrid, (1989).

De Groot, Morris H. "*Probabilidad y Estadística*", Addison Wesley.

Friedman, J.W. "*Oligopoly and the Theory of Game*", Amsterdam: North Hollan.

Friedman, Milton "*Price Determination in the United States Treasury Bill Market, A comment*", *Rev. Econ. Stat.* vol. 45.

Galán, Manuel "*Análisis Preliminar sobre las Curvas de Demanda para los Títulos Gubernamentales*", Banco de México. (1994).

Goldstain, Henry "*The Friedman Proposal for Auctioning Treasury Bills*", *Journal of Political Economy*, vol. 70, no 4 (August 1962).

Hamdy, A. Taha "*Investigación de Operaciones*", Editorial Alfaomega (1992).

Heyman, Timothy "*Inversión contra Inflación*", México, Editorial Milenio, (1988).

Instituto Mexicano del Mercado de Capitales, A.C. "*Inducción al Mercado de Capitales*", Material de Apoyo (1991).

Kaufman, G. and Goldstein, Henry "*Treasury Bill Auction Procedures: A comment*", *Journal of Finance* vol. 30.

Mansell, Catherine "*Las Nuevas Finanzas en México*", Editorial Milenio, IMEF e ITAM. (1993).

Mc Closkey, Donald N. "*The Applied Theory of Price*", Mac Millan (1982).

Milgrom, Paul R. and Mc Millan, John "*Auctions and Biddings*", *Journal of Economic Literature* vol. 25 (June 1987).

Miller, Roger Le Roy, "*Macroeconomía Moderna*" Editorial Mexicana (1986).

Prawda, J. "*Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*" Editorial Limusa (1981).

Quintero, Angel "*El Mercado de Valores*", Ed. Universitaria, Universidad de Puerto Rico (1963).

Reiber, M. "*Collusion in the Auction Market for Treasury Bills*." *Journal of Political Economy*, vol. 72.

Reinhart, Vincent "*An Analysis of Potential Treasury Auctions Techniques*", The Board's Division of Monetary Affairs.

Ruthkopf, Michael H., Teisberg, Thomas J., Kahn, Edward P., "*Why are Vickrey Auctions Rare?*", *Journal of Political Economy*, 1990, vol. 98 no. 1.

Smith, Vernon L. "*Bidding Theory and the Treasury Bill Auction: Does price discrimination increase bill prices?*", (August 1964).

Tirole, Jean "*The Theory of Industrial Organization*" Cambridge Mass. London, England (1988).

Vickrey, William "*Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders*", *Journal of Finance* (March 1961).

Zagare, Frank C. "*Game Theory: Concepts and Applications*", A. Sage (1991).