

MODELOS PARA OFERTAR EN CONSTRUCCIÓN

(modelos/oferta/decisión/optimización/función de utilidad)

JUAN MANUEL MORÓN GARCÍA

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.

RESUMEN

Se comenta la evolución histórica de los modelos para ofertar (bidding models) surgidos desde la publicación de Friedman en 1956, casi todos ellos basados en la optimización de los beneficios esperados. Se hace una crítica de estos modelos y se comentan algunos otros basados en la consideración de otros factores intervinientes en el proceso de oferta, así como en la utilización de herramientas más sofisticadas (lógica difusa, análisis multivariable...), recomendándose, finalmente, un esquema basado en la definición de una función de utilidad.

SUMMARY

The historic evolution of a group of bidding models, arisen since the paper of Friedman (1956), is commented and evaluated; most of these models are based on the optimization of the expected benefits. The appearance of other family of models is also revised; these new models are based on some other factors intervening in the bidding process, or based on the use of more elaborated tools (fuzzy logic, multivariable analysis, and so on). Finally, a scheme using a Utility function is strongly recommended.

INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos de decisión más habituales y que ha merecido mayor atención, quizá por su repercusión económica, ha sido el de la fijación del precio a ofertar por una obra. En efecto, desde la publicación en 1956 del artículo de Friedman (11) proponiendo un modelo para la estimación racional del **margen deseado** a agregar al coste de un trabajo, se han sucedido numerosas publicaciones en el mundo de la construcción rebatiendo, defendiendo y complementando su propuesta. Curiosamente, Friedman dedicaba su trabajo a ofertas sobre la prestación de servicios, pero tuvo un especial eco en la industria de la construcción.

Sin embargo, todavía hoy no se puede señalar la publicación de un modelo generalmente admitido. No obstante, sí podemos señalar las bases racionales para desarrollar modelos fiables que puedan contribuir a apoyar el proceso de oferta. Este es el objeto de este trabajo.

PROCESO

El precio de una obra concreta se establece apoyándose en la información que facilita el proyecto que la define, las condiciones económicas, físicas y sociales de su entorno, los Pliegos de Bases del concurso y, desde luego, en la información acumulada por la ejecución de obras similares por la empresa (datos sobre las tecnologías aplicables, sus rendimientos, costes...).

La oferta económica se hace habitualmente en competencia con otras empresas y el valor de todas ellas se hace público simultáneamente; salvo condiciones señaladas en el Pliego de Bases, la construcción de la obra se adjudica a la oferta más ventajosa.

Aunque se han elaborado numerosas fórmulas para la selección de la oferta más ventajosa para el promotor de la obra, los trabajos teóricos mencionados se han concentrado en el estudio del caso más sencillo que es el de **subasta pura**: es decir, adjudicación a la oferta más baja sin eliminación de las temerarias y sin consideración de otros factores que no sean los estrictamente económicos.

En síntesis, el precio de una obra P se fija como suma de dos partes: el coste de ejecución material (E) y el margen deseado (M).

$$\text{Así, tendremos que } P = E + M = E * (1 + m) \quad (1)$$

Lógicamente, la diferencia que se produce entre las ofertas de las empresas concursantes proviene de las diferentes estimaciones de E que hace cada empresa y del valor que cada una agrega como M .

* A su vez, el E se compone de la suma de los costes directos de todas las unidades de obra, de los costes de las instalaciones específicas y de los gastos generales de obra necesarios para la ejecución de esa obra concreta.

La situación normal es que la obra a ofertar se componga de unidades iguales o similares a otras de las que se tiene experiencia anterior. Esta experiencia se concreta habitualmente en el conocimiento del número y tipo de recursos necesarios (materiales, máquinas y personal), así como del rendimiento obtenible (unidades producidas por unidad de tiempo).

Aplicando los costes actuales de materiales, equipos y mano de obra se puede deducir el coste directo de la unidad estudiada. Por otra parte, el dato de rendimiento no es un número simple, sino una distribución de probabilidad. En efecto, como consecuencia de observaciones de trabajos anteriores reales, se puede disponer de información sobre la frecuencia de los rendimientos observados (una cuestión adicional es el tipo de distribución que debe utilizarse para definir el resultado de las observaciones). En consecuencia, la suma de los costes de ejecución material presentará una distribución de probabilidad.

Cuando los trabajos que se ofertan suponen una novedad con relación a la experiencia anterior de la empresa, la estimación de los costes directos se puede abordar por la descomposición de las actividades a realizar en cadenas concatenadas y/o paralelas de actividades conocidas. La estimación del rendimiento de este tipo de operaciones se puede hacer mediante la aplicación de **programas de simulación** de operaciones (Halpin, 15) obteniendo igualmente una distribución de frecuencias de los rendimientos obtenibles con lo que estaríamos en el caso anterior.

* Por su parte, el margen M corresponde a la contribución esperada de la obra que se oferta a la absorción de los gastos generales fijos de la empresa. Este sumando se conoce en el argot anglosajón como **markup** y en el español como **margen previsto** o, más coloquialmente, **sombbrero**. Agregar un valor alto reducirá las probabilidades de conseguir la adjudicación, aunque, si se consigue, se obtendrán márgenes altos; agregar un valor bajo puede asegurar la adjudicación, pero ello sólo permitirá lograrla con menor margen.

En un período determinado, la diferencia entre los márgenes obtenidos por las obras en curso y los mencionados gastos generales fijos será el beneficio antes de impuestos de la empresa.

En la práctica, el margen M se fija teniendo en cuenta los objetivos de la empresa y en especial los relativos a su mercado, considerando factores como la necesidad de cartera, el volumen de obra ya contratado en relación con la capacidad de la empresa, la situación del mercado, el interés por trabajar con un cliente o en un mercado concreto. Otros factores considerados son el importe de la obra que se está ofertando en relación con los recursos financieros

de la propia empresa, las exigencias de financiación, así como otros aspectos económicos.

Las situaciones son muy variadas: desde ofertas poco trascendentes a los casos en que el tamaño del trabajo puede entrañar riesgos cuya magnitud económica podría acarrear serios daños a la empresa, o aquéllos de mercados deprimidos en los que la pérdida de un contrato puede suponer un revés económico para la empresa si no puede dar continuidad de empleo a sus recursos.

MODELOS BASADOS EN LA OPTIMIZACIÓN DEL BENEFICIO

En general, los primeros modelos presentados para fijar de un modo racional el margen m se desarrollaron atendiendo al objetivo de maximizar beneficios esperados, sin tener en cuenta otras consideraciones como la rentabilidad financiera, la tasa de penetración en un mercado, o el mantenimiento de recursos propios.

Se trataba de maximizar los beneficios esperados $BE(m)$ definidos por la expresión que sigue, en la que $p(m)$ es la probabilidad de adjudicación (decreciente con m) si se agrega un margen M (creciente con m):

$$BE(m) = M * p(m) \quad (2)$$

Los trabajos de Friedman (11), Park (19) y otros, definieron una estrategia para determinar la función $p(m)$ basada en la elaboración estadística de subastas anteriores cuyos resultados sean conocidos. De ellas proponían la obtención de curvas de frecuencia del margen que utiliza cada competidor específico obtenido como cociente de su oferta (P_i) referida al valor del coste de la ejecución material E de la empresa que hace el análisis. Como estas curvas sólo son utilizables si se conoce qué empresas son las únicas que van a ofertar y como el caso frecuente es que no se conozcan quiénes son las empresas ofertantes, proponían la obtención estadística de la curva de frecuencia para el margen que pondría un **competidor medio**. Otro problema surge al no conocer el número de competidores. Para resolver este problema proponían la obtención estadística de una curva de probabilidad del número de ofertantes; algunos autores (Park, Friedman) relacionaron este número con el importe de la oferta, otros (Gates, Morin) negaban esta relación, y otros proponían una curva del tipo Poisson. Así, la probabilidad $p(x)$ de ganar una oferta frente a k competidores con una oferta x

sería:

$$p(x) = \sum_{k=0}^{\infty} g(k) \left[\int_{x/E}^{\infty} f(r) dr \right]^k \quad (3)$$

donde $x = P/E$, $g(k)$ es la probabilidad de que haya k competidores, $f(r)$ es la curva de frecuencia de ofertas del competidor medio ofertando un valor de $r = P/E$. Normalmen-

te, se utiliza una distribución gamma para $f(r)$ y una distribución de Poisson para $g(k)$.

Un modelo alternativo al de Friedman lo presentó Gates (14) proponiendo la determinación de la probabilidad de obtener un contrato con la fórmula:

$$p = \frac{1}{1 + \sum_{t=1}^k \frac{1-p_t}{p_t}} \quad (4)$$

donde p es la probabilidad de ganar una oferta frente a k competidores y p_t es la probabilidad de ganar al competidor t .

Gates deducía también la probabilidad p_t de los resultados de subastas anteriores y recientes relacionando la estimación E propia con la oferta más competitiva (la más baja, si no hemos obtenido la adjudicación o la segunda si hemos sido los más baratos). De ello deducía la probabilidad de obtener la adjudicación como una función del factor m (lineal en el intervalo de interés) teniendo en cuenta el número de ofertas pero no sus cuantías.

La publicación de este trabajo de Gates ocasionó un considerable revuelo y polémica en los medios relacionados con estos temas produciendo una serie ininterrumpida de trabajos (Dixie, 8; Ioannou, 16; Rosenshine, 20; Stark, 22) hasta que quedó aclarado que ambos tenían razón si se tienen en cuenta adecuadamente sus hipótesis de partida: independencia (Friedman) o no (Gates) de las ofertas hechas por cada concursante; parece lógico pensar que las ofertas de las empresas están de algún modo condicionadas entre sí, habida cuenta del conocimiento que todas ellas tienen de su mercado y de los resultados de las subastas anteriores.

Simulaciones hechas por Benjamin (2) en situaciones reales con los dos modelos producen beneficios mayores con la utilización del modelo de Friedman, aunque necesitando unos volúmenes de contratación muy superiores a los de Gates. Ciertamente, la curva de beneficios esperados es muy plana en la zona del máximo y puede permitir el logro de beneficios próximos al máximo con márgenes más altos y, en consecuencia, con menor volumen de actividad y menores riesgos.

Entre tanto, otros autores han propuesto modelos alternativos más o menos elaborados desde los dos mencionados. Así, tenemos los de:

* Shaffer (21), que propuso una distribución normal de las frecuencias de los márgenes de los competidores. Dio una importancia especial a la diferencia entre la oferta más baja y la segunda.

* Morin y Clough (17), que elaboraron un modelo con una distribución discreta y con una ponderación de los datos que utilizaban para la elaboración estadística de los

datos; insistían, como es lógico, en ordenar los datos en orden cronológico y dar mayor credibilidad a los más recientes. Proponían un programa OPBID para la determinación automática del margen.

* Sugrue (23), Fuerst (12, 13), Wade (24), Carr (3, 4, 5, 6, 7), que elaboraron modelos utilizando un análisis de regresión multivariable.

Algunos modelos se presentan con consideraciones adicionales como el coste de oportunidad (Friedman, Carr), o el ajuste entre el coste previsto y el coste real de la obra. Algunos consideran incluidos en E los gastos generales de empresa y, por tanto, el valor de E corresponde sólo al beneficio. Otros hacen análisis adicionales de la influencia del número de competidores.

OBJECIONES A ESTOS MODELOS

Una primera objeción es que esta estrategia nos llevaría a emplear siempre (o en períodos relativamente largos) un factor m constante, lo que es peligroso y poco realista. Por otra parte, la obtención de la probabilidad de ganar frente a un competidor medio sólo tiene fiabilidad cuando los datos son muy recientes y relativos a un tipo muy homogéneo de obras; este caso se puede producir en empresas especializadas en un tipo de trabajos y que, por tanto, ofertan con gran frecuencia las mismas unidades de obra en competencia con un grupo conocido de empresas de su sector, aunque no sean siempre las mismas. No obstante, aun utilizando datos homogéneos, nuestra experiencia es que la validez de este tipo de curvas es muy corta.

Por su parte, también Benjamin (1) puso de manifiesto la precariedad de la situación a pesar de la bondad de las teorías. En efecto, utilizando los datos de las ofertas de una empresa a lo largo de un período de tres años, comprobó las dificultades prácticas de definir la curva particular de la mayor parte de sus competidores.

Además, una secuencia de ofertas no equivale a un experimento repetido muchas veces del que podamos definir sus parámetros estadísticos: cada oferta es única y sólo se podrían sacar consecuencias aplicando modificadores que tuvieran en cuenta sus circunstancias particulares. Algunos autores (Broemser, Carr y otros) han propuesto líneas de análisis en esta dirección a través de análisis estadístico multivariable.

La realidad es que cada oferta es un caso particular del que es arriesgado deducir conclusiones simples aplicables a otras ofertas. Cada obra reúne unas características determinadas: el cliente (con todas sus connotaciones), el entorno geográfico, económico, laboral y social, así como otras muchas circunstancias que condicionan su oferta y que no son extrapolables a otras obras.

Si a ello agregamos las dificultades mencionadas para disponer de un conjunto fiable y homogéneo de datos, ha-

bremos de concluir que el planteamiento teórico expuesto hasta aquí no deja de ser más que un punto de referencia pero no una herramienta definitiva, lo que explica su poco uso por las empresas.

MODELOS BASADOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA UTILIDAD

La teoría de la decisión, sin embargo, puede aportarnos planteamientos más pragmáticos y próximos a la forma real en que se toman este tipo de decisiones. Así, diversos autores ya han planteado modelos para la estimación del margen aplicable a una obra concreta, eludiendo las objeciones señaladas a los modelos anteriormente descritos.

Así, Neufville (18) propone la consideración especial del tamaño de las obras y las circunstancias del mercado para complementar los modelos de Friedman o Gates, pero optimizando la **Utilidad** en vez del beneficio esperado. Propone la utilización de una Función de Utilidad del tipo exponencial:

$$U(x) = 1 - e^{-c(a+x)} \quad (5)$$

dejando al criterio de cada empresa la fijación del parámetro c en función de su aversión al riesgo y del valor de a , que corresponde al valor de la máxima pérdida o mínimo beneficio admisible (la figura 1 corresponde a una Función de Utilidad en la que se admite hasta una pérdida de cincuenta millones).

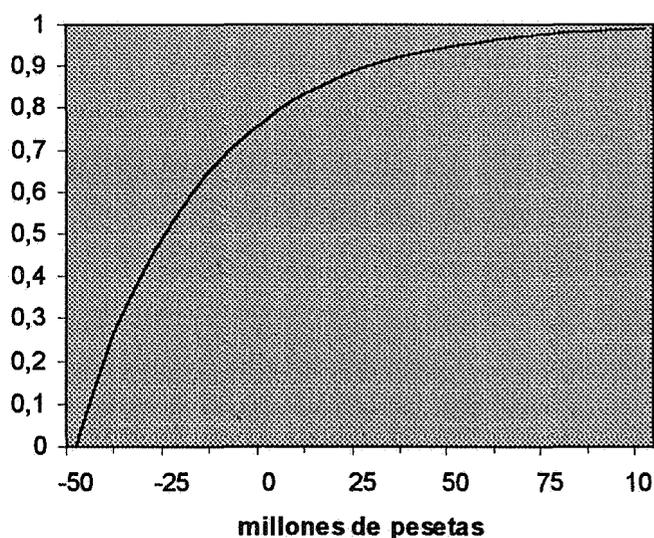


Figura I. Función de Utilidad.

Por su parte, Willenbrock (25) propone un procedimiento práctico para la obtención de la Función de Utilidad en cada caso, siguiendo las pautas de von Neumann y Morgenstern para localizar el **punto de indiferencia**. Estima que la Función de Utilidad es diferente según el volumen de la oferta: en casos de importes altos, las empresas presentan una mayor aversión al riesgo y, en

consecuencia, la función tiene una concavidad más acusada (mayor valor del coeficiente c de la fórmula anterior).

Dozzi (9) identifica diferentes factores que intervienen en la fijación de una oferta, los clasifica atendiendo a su naturaleza y propone la definición de una Función de Utilidad para cada uno de ellos y que, para simplificar, supone son rectas. Sugiere luego la valoración relativa de estos factores entre sí por pares, y propone la obtención de su ponderación global determinando los autovalores de las matrices de preferencia anteriormente establecidas. Para cada caso concreto, determina los valores de la Utilidad esperada, así como los de los casos pésimo y óptimo en que puede encontrarse la empresa; como consecuencia de todo ello, fija el margen m a utilizar.

Fayek (10) considera en su modelo tres posibles **objetivos** de la empresa, seis valores del **margen** m y un abanico de **factores** (hasta 93) que tienen influencia en el valor final de la oferta y que clasifica en once categorías. Estima que entre los objetivos definidos y los márgenes hay una relación que no puede establecerse con precisión, por lo que propone valorar esas relaciones utilizando la Lógica difusa a su elaboración y análisis posterior hasta obtener un valor del margen m . La profusión de factores considerados hace compleja y laboriosa la aplicación del modelo y, por ello, propone la utilización del software PRESTTO desarrollado por él mismo.

Actualmente, la tendencia por la que parecen orientarse los modelos actualmente podría resumirse en los siguientes términos que comentamos a continuación. De una parte, consideración de factores como los recogidos en la Tabla I que, de un modo general, pueden admitirse como determinantes del valor final de la oferta.

Para cada uno de los factores hemos señalado en la última columna de la citada Tabla I de qué modo pueden ser tenidos en cuenta:

- Los conceptos señalados con C deben valorarse en un capítulo de contingencias, es decir, como complemento previsible de la ejecución material E cuya probabilidad de ocurrencia es q .
- Los conceptos señalados con F deben intervenir en la definición de la Función de Utilidad $U(x)$, es decir, en la fijación de los parámetros de la expresión (5) o en una definición más rigurosa que no se ajuste a esa expresión.
- Los conceptos señalados con E se estimarán al valorar la ejecución material.
- La competitividad del sector se tendrá en cuenta al fijar las probabilidades p de adjudicación para cada valor de m que se podrán deducir de ofertas anteriores o de la experiencia del estimador.

De otra parte, el establecimiento de los objetivos de la empresa en relación con la obra que se oferta que, junto

con los conceptos señalados más arriba con F, deberán permitir la definición de la Función de Utilidad; pueden ser objetivos: el lograr un nivel de cuota en un mercado o cliente, el conseguir referencias en un nuevo tipo de obra, el incrementar el volumen contratado, el conseguir una determinada rentabilidad de los recursos propios, o el maximizar los beneficios.

La localización del valor más adecuado de m se hará calculando las Utilidades esperadas para varios niveles del margen siguiendo el esquema de la Tabla II (en la que se recogen tres valores de m_i a título de ejemplo). En la Tabla II,

R_i es el resultado previsto para el margen m_i

C son las contingencias con una probabilidad de ocurrencia q

S es la pérdida producida por la no adjudicación

Para cada valor de m_i se obtendrá:

$$U(m_i) = p_i(1-q) U(R_i) + p_iq U(R_i-C) + (1-p_i) U(-S) \quad (6)$$

El máximo valor de $U(m_i)$ permitirá determinar m .

Factores relacionados con el proyecto y sus circunstancias.	
Tipo de obra	C
Tamaño	F
Complejidad	C
Exigencias en el cumplimiento de los plazos (multas, ...)	C
Disponibilidad de suficiente información sobre la obra	C
Exigencias especiales de financiación	C
Riesgos implícitos	C
Circunstancias geográficas, de clima, .. E	E
Disponibilidad y calidad de la mano de obra	E
Grado de definición del proyecto	C
Exigencias de innovación	C
Factores relacionados con el entorno económico empresarial	
Situación del mercado (en expansión, en recesión)	F
Situación de la industria auxiliar	C
Situación de los competidores	p
Posibilidad de otras oportunidades	F
Experiencia anterior con ese cliente o en ese mercado	C
Factores relacionados con la empresa	
Grado de ocupación de los recursos	F
Experiencia en el tipo de obra que se considera	C
Volumen de cartera	F
Máximo riesgo asumible	F
Grado de aversión al riesgo	F

Tabla I. Factores a considerar en una oferta.

Hecho	Consecuencias posibles	Probabilidad	Resultados	Probabilidad	Resultado final	Probabilidad total	Utilidad
Margen aplicado m_1	Adjudicación	p_1	R_1	$1-q$	R_1	$p_1(1-q)$	$U(R_1)$
			R_1-C	q	R_1-C	p_1q	$U(R_1-C)$
	No adjudicación	$1-p_1$	$-S$	1	$-S$	$1-p_1$	$U(-S)$
Margen aplicado m_2	Adjudicación	p_2	R_2	$1-q$	R_2	$p_2(1-q)$	$U(R_2)$
			R_2-C	q	R_2-C	p_2q	$U(R_2-C)$
	No adjudicación	$1-p_2$	$-S$	1	$-S$	$1-p_2$	$U(-S)$
Margen aplicado m_3	Adjudicación	p_3	R_3	$1-q$	R_3	$p_3(1-q)$	$U(R_3)$
			R_3-C	q	R_3-C	p_3q	$U(R_3-C)$
	No adjudicación	$1-p_3$	$-S$	1	$-S$	$1-p_3$	$U(-S)$

Tabla II. Cálculo de la Utilidad para cada valor de m .

CONCLUSIÓN

El esquema descrito más arriba, basado en la aplicación de la Función de Utilidad, supone una aproximación más realista a los procesos seguidos habitualmente y sólo exige el esfuerzo racional de definir dicha función, ya que el resto de los datos suele estar disponible. No obstante, hay que señalar que estos modelos no son una panacea: sólo son una herramienta que, usada con criterio, puede mejorar la eficiencia de los responsables de estos procesos convirtiéndose en un complemento de su buen juicio, pero nunca llegarán a desplazarlo o sustituirlo. Por otra parte, como dijimos al principio, la mecánica de muchos concursos públicos es mucho más compleja que el caso considerado de la **subasta pura**, en lo que se refiere a la elección de la oferta más ventajosa (tanto por la diversidad de criterios aplicados por cada organismo como por su propia complejidad). Abordar estos casos exigiría un análisis específico y la disponibilidad de un número abundante de datos para poder establecer estrategias de oferta con una razonable esperanza de éxito. No obstante, los planteamientos descritos más arriba pueden permitirlo en cada caso particular.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Benjamin, Neal B.H.: Competitive Bidding: The probability of winning. *Journal of the Construction Division, ASCE*, No. CO2, Proc. Paper 9218, September 1972, 313-330.
- 2 Benjamin, Neal B. H., Meador, Richard C.: Comparison of Friedman and Gates Competitive Bidding Models. *Journal of the Construction Division, ASCE*, No. CO1, Proc. Paper 14408, March 1979, 25-40.
- 3 Carr, Robert I.: General Bidding Model, *Journal of the Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 1089, No. CO4, December 1982, 639-650.
- 4 Carr, Robert I., Sandahl, John W.: Bidding Strategy using Multiple Regression, *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 104, No. CO1, March 1978, 15-26.
- 5 Carr, Robert I.: Impact of Number of Bidders on Competition. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 109, No. 1, March 1983, 61-73.
- 6 Carr, Robert I.: Competitive Bidding and Opportunity Costs. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 113, No. 1, March 1987, 151-165.
- 7 Carr Robert I.: Optimum Markup by Direct Solution. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 113, No. 1, March 1987, 138-150.
- 8 Dixie, John M.: Bidding Models-The final of a controversy. *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 100, No. CO3, Proc. Paper 10790, September 1974, 265-271.
- 9 Dozzi, S.P.; AbouRizk, S.M.; Schroeder, S.L.: Utility-Theory Model for Bid Markup Decisions. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 122, No 2, June 1996, 119-124.
- 10 Fayek, Aminah: Competitive Bidding Strategy Model and Software System for Bid Preparation, *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 142, No 1, January 1998, 1-10.
- 11 Friedman, Lawrence: A competitive-bidding strategy. *Operations Research*, Vol. 4, No. 1, 104-112.
- 12 Fuerst, Michael: Bidding Models: Truths and Comments, *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 102, No. CO1, Proc. Paper 11991, March 1976, 169-177.
- 13 Fuerst, Michael: Theory for Competitive Bidding. *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 103, No. CO1, Proc. Paper 12819, March 1977, 139-152.
- 14 Gates, Marvin: Bidding Strategies and Probabilities. *Journal of Construction Division, ASCE*, Vol. 93, No. CO1, Proc. Paper 5159, March 1967, 75-107.
- 15 Halpin, D.W.; Riggs, L.S.: *Planning and analysis of construction operations*. John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y., 1992.
- 16 Ioannou, Photios G.: Bidding Models-Symetry and State of Information, *Journal of the Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 114, No. 2, Proc. Paper 22504, June 1988.
- 17 Morin, Thomas L.; Clough, Richard H.: «OPBID: Competitive Bidding Strategy Model», *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol 95, No. CO1, Proc. Paper 6690, July 1967, 85-106.
- 18 Neufville, Richard.; Hani, Elias N.; Lesage, Yves: Bidding Models: effects of Bidders Risk Aversion. *Journal of the Construction division, ASCE*, Vol. 103, No. CO1, Proc. Paper 12795, March 1977, 57-70.
- 19 Park, W.R.: The Strategy of Contracting for Profit. *Prentice Hall Book Co., Inc.*, New York, 1966.
- 20 Rosenshine, Matthew: Bidding Models: Resolution of a controversy. *Journal of the Construction Division, ASCE*, No. CO1, Proc. Paper 8753, March 1972, 143-148.
- 21 Shaffer, Louis R., Mischeau, Terry W.: Bidding with Competitive Strategy Models. *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 97, No. CO1, Proc. Paper 8008, March 1971, 113-126.
- 22 Stark, Robert M.; Rothkopf, Michael H.: Competitive Bidding: A comprehensive Bibliography, *Operations Research*, Vol. 27, No. 2, March-April 1979, 364-390.
- 23 Sugrue, Paul: An optimum Bid Approximation Model, *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 106, No. CO4, Proc. Paper 15885, December 1980, 499-505.
- 24 Wade, Richard Louis; Harris, Robert B.: LOMARK: A Bidding Strategy. *Journal of the Construction Division, ASCE*, Vol. 102, No. CO1, March 1976, 197-211.
- 25 Willenbrock, Jack H.: Utility Function Determination for Bidding Models. *Journal of the Construction Division, ASCE*, No. CO1, Proc. Paper 9843, July 1973, 133-153.