

**SELECCION DE CONTRATISTAS BASADA EN LA PREDICCION DE SU
DESEMPEÑO**

CONTRACTOR SELECTION BASED ON PREDICTIVE PERFORMANCE

Luis Fernando Alarcón y Claudio Mourgues

Profesores del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Escuela de Ingeniería, Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile, Fax: 011-562-6864806

Professors of Civil Engineering, Department of Construction Engineering and Management, Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile, Fax: 011-562-6864806

RESUMEN

Este paper propone un sistema de selección de contratistas que incorpora la predicción del desempeño de los contratistas como uno de los criterios de selección. Esta investigación fue desarrollada junto con una organización mandante interesada en desarrollar una estructura de evaluación de contratistas para trabajos futuros. Se usó una estructura de modelación, desarrollada en investigaciones previas, para desarrollar un modelo conceptual del proyecto que describe la estructura causal de las variables, riesgos e interacciones que afectan al desempeño del contratista en un proyecto específico, desde el punto de vista del mandante. El modelo conceptual ayuda a identificar las necesidades de información para una completa evaluación. Cierta información está disponible de registros históricos mientras otra no lo está, por lo que debe ser reemplazada por estimaciones basadas en la experiencia. Idealmente, con el tiempo el mandante deberá coleccionar la mayoría de la información requerida para futuras evaluaciones. Un componente matemático del modelo puede generar predicciones de distintas variables de desempeño para cada contratista en evaluación. Esas predicciones, junto con las ofertas de los contratistas, son usadas para su posterior evaluación.

Palabras clave: Selección de contratistas, modelo predictivo, desempeño del proyecto, modelación del riesgo.

ABSTRACT

This paper proposes a contractor selection system that incorporates the contractor performance's prediction as one of the criteria for selection. This research was developed working with an owner organization that was interested in developing a framework for evaluating contractors for future works. A modeling framework, developed in previous research, was used to develop a conceptual model of a project that depicts a causal structure of the variables, risks and interactions that affect to contractor's performance for a specific project from the owner's point of view. The conceptual model helps to identify the needs of information for a comprehensive evaluation, some information can be readily available from historical records while other can be unavailable and can be replaced

by estimates based on experience. Ideally, over time the owner should collect most of the information required for future evaluations. A mathematical component of the model can generate predictions of multiple project performance outcomes for each contractor under evaluation; these predictions, joined with the contractors' bid prices, are then used for contractor evaluation purposes.

Keywords: Contractor selection, predictive model, project performance, risk modeling

INTRODUCCION

La selección de contratistas es un evento decisivo para el futuro éxito del proyecto. Este evento es la interfaz entre una variedad de clientes de la industria de la construcción y una igualmente multitudinaria cantidad de empresas constructoras (Holt et al, 1994a). Por eso es que el éxito o fracaso del proyecto depende de esta interfaz, ya que es el lente de aumento con el cual se busca el contratista que mejor satisface los objetivos del proyecto.

Seleccionar las propuestas de acuerdo al valor de la oferta corresponde básicamente a las prácticas actuales de selección de contratistas. En algunos casos (grandes proyectos) el valor de la oferta es combinado con un criterio técnico para disminuir el riesgo inherente a esta decisión. La figura 1 muestra un esquema de las prácticas actuales de selección de contratistas.

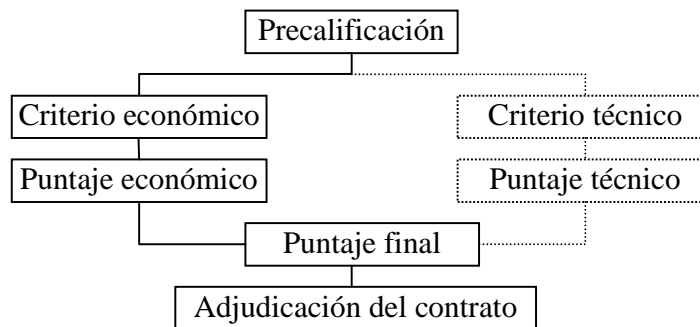


Figura 1. Esquema de las prácticas actuales de selección de contratistas

En primer lugar existe un proceso de precalificación donde los contratistas son clasificados en categorías de acuerdo a factores tales como experiencia, liquidez, patrimonio, etc. Luego, los contratistas precalificados presentan sus ofertas. Esas ofertas son evaluadas bajo un criterio económico y, en proyectos de tamaño considerable, un criterio técnico. Después de esa evaluación, los puntajes respectivos son calculados y combinados (en caso de que se considere un criterio técnico). De acuerdo al puntaje final, el contrato es adjudicado.

Las limitaciones y debilidades de las prácticas tradicionales de selección han sido analizadas por Holt et al (1995) y se han identificado cuatro áreas principales de deficiencias: (i) falta de un enfoque universal en la selección de contratistas, (ii) confianza a largo plazo atribuida a los resultados de la precalificación, (iii) dependencia en los valores de oferta de los métodos de selección final y (iv) una confianza excesiva en análisis subjetivos. El trabajo de Holt está enfocado en la industria de construcción de U.K. pero sus hallazgos son similares a las prácticas encontradas en otros países. Por ejemplo, el uso de los valores de oferta como base para la selección de contratistas, es la mayor crítica de las prácticas de selección actuales en muchos países (Hatush y Skitmore, 1998)

Revista Ingeniería de Construcción

Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Holt (1998) propone un procedimiento de selección de dos etapas: I. Precalificación y II. Evaluación de ofertas. La mayoría de la literatura en selección de contratistas está dedicada a la primera etapa, analizando cuidadosamente los criterios para los procesos de precalificación, sus factores de ponderación y describiendo casos concretos de aplicación de este proceso (Lo et al, 1998; Bubshait y Al-Gobali, 1996; Holt et al, 1994a y 1994b; Sanvido et al, 1992; Russell y Skibniewski, 1988; Hatush y Skitmore, 1998; Russell, 1990). Estos estudios usan varias metodologías para el proceso de precalificación. Holt (1998) presenta una buena revisión y análisis de las metodologías disponibles para ambas etapas del proceso de selección de contratistas. De acuerdo a la tabla 1, adaptada de Holt (1998), la técnica de análisis por grupos ofrece el mayor potencial para la primera etapa ya que reduce la probabilidad de rechazar un buen contratista en forma prematura y ofrece un enfoque para racionalizar el proceso de selección (segunda etapa) identificando el criterio controlador de la etapa de precalificación. Este estudio también concluye que aunque la segunda etapa ha sido previamente investigada usando la teoría de utilidad multiatributo, otras metodologías ofrecen alcances similares. El presente estudio provee un criterio adicional para la segunda etapa analizando el potencial del contratista para satisfacer los requerimientos del cliente. Una estructura predictiva llamada Modelo de Desempeño General (GPM) es usada para estimar el desempeño del contratista. El modelo predictivo desarrollado provee también una estructura de recolección de información para la primera y segunda etapa de futuros proyectos. El modelo puede combinar información subjetiva y empírica, de tal forma que a medida que más información empírica esté disponible la información subjetiva puede ser reemplazada por información más objetiva.

Tabla 1. Matriz de metodología de selección de contratistas (adaptada de Holt (1998))

Metodología	Características principales	
	Uso conocido	Grado de subjetividad
Métodos "ordenados"	Perfila entre los practicantes de la industria	Entradas y salidas muy subjetivas
Análisis multiatributos	Modelos de puntajes simple usados por la industria, algunos usos académicos	Entradas descansan sobre una evaluación subjetiva de los atributos
Teoría de utilidad multiatributo	Evidencia de uso académico	Entradas convierten los datos cualitativos a cuantitativos
Regresión múltiple	Evidencia de uso académico	Datos de intervalos propensos a la evaluación subjetiva
Análisis por grupos	Limitado (véase Holt, 1996)	Ninguno si se usa datos multivariados "crudos"
Teoría de conjuntos difusos	Evidencia de uso académico	Alcance para el desarrollo de perfiles del atributo
Análisis discriminante multivariado	Usos previos (Véase Tam y Harris, 1992)	Cuantitativo
General performance model	Evidencia de uso académico pero en otras áreas	Combina entradas subjetivas con información empírica

El enfoque de modelación GPM fue propuesto originalmente por Alarcón y Ashley (1996, 1998) para predecir el efecto de las estrategias de incentivos a equipos de proyecto en proyectos de construcción. Esta metodología aplica conceptos de análisis de impacto cruzado e inferencia estadística para capturar las incertidumbres e interacciones entre las variables del proyecto permitiendo la incorporación explícita de esos elementos en el proceso de análisis de decisiones. Esta metodología ha sido implementada en un ambiente computacional por Alarcón y Bastías (2000), extendiendo su uso a nuevas áreas de decisión. Algunos ejemplos de nuevas aplicaciones

Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

son: evaluación de impactos de políticas ambientales (O’Ryan et al, 1997), evaluación de relaciones mandante-contratista (Alarcón et al, 1997) y planificación estratégica en empresas constructoras (Venegas y Alarcón, 1997). Otra implementación computacional de esta metodología ha sido usada para modelar las decisiones fase 0 (decisiones muy tempranas) en proyectos (Akel et al, 1996).

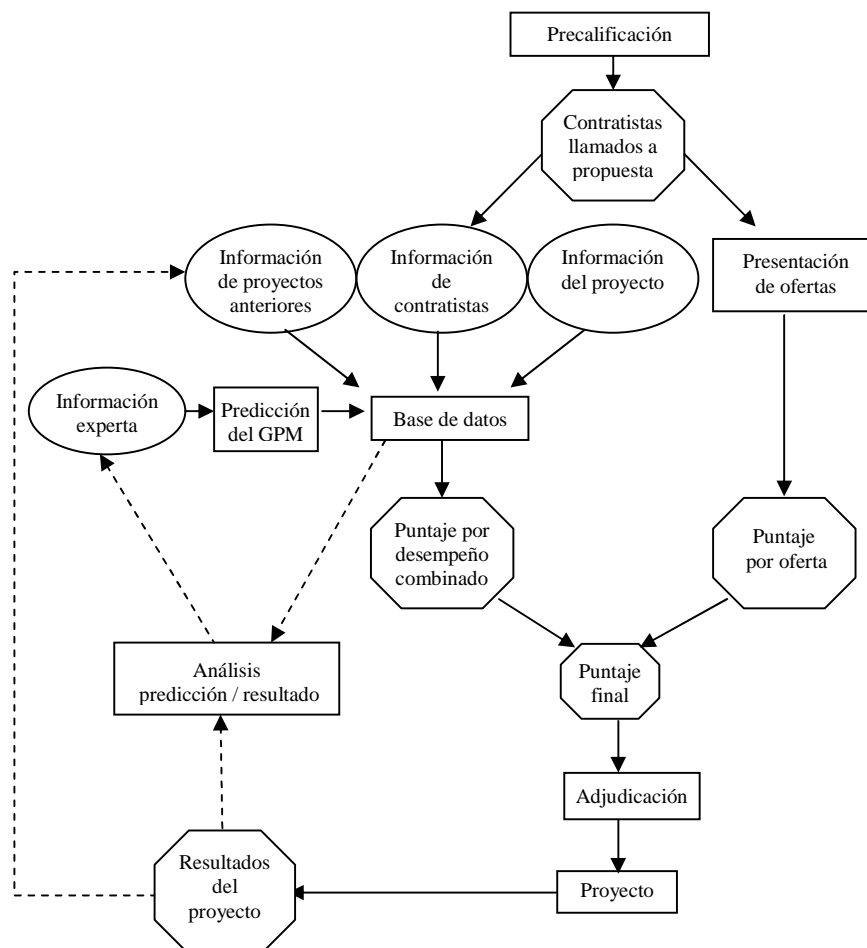
Este paper describe, en primer lugar, el sistema de selección de contratistas propuesto. Después de eso, describe un modelo conceptual y sus estructuras de información que apoyan la selección de contratistas. Este modelo fue desarrollado junto a una organización mandante que está actualmente en proceso de implementación de esta tecnología. Este paper provee detalles limitados respecto al modelo matemático pero entrega varias referencias para el lector interesado.

SISTEMA PROPUESTO DE SELECCION DE CONTRATISTAS

El sistema propuesto de selección de contratistas no reemplaza al sistema tradicional sino que lo complementa, agregando el criterio de predicción del desempeño. La implementación de este sistema considera una base de datos que almacena información de los contratistas y del proyecto. Esta base de datos está en Microsoft Access pero se accede a ella a través de una interfaz diseñada con Microsoft Visual Basic. Esto se debe a la intención de facilitar la interacción entre el usuario y la base de datos, escondiendo los cálculos y operaciones a los ojos del usuario.

La metodología predictiva llamada Modelo de Desempeño General (GPM) es usada para la predicción del desempeño de los contratistas. Las variables más importantes para la selección de contratistas son modeladas con esta metodología. El análisis de los resultados de la simulación del modelo (predicción del desempeño del contratista), permite ordenar a los contratistas de acuerdo a su desempeño potencial. El modelo y sus variables son explicadas en el próximo capítulo.

La figura 2 esquematiza el uso del sistema propuesto.



Revista Ingeniería de Construcción **Volumen 15 N° 2 diciembre 2000**

Figura 2. Esquema del sistema propuesto

De la misma forma que el sistema tradicional, el sistema propuesto comienza con un proceso de precalificación. Luego, los contratistas precalificados son llamados a la licitación de un proyecto particular y ellos presentan sus ofertas. Estas ofertas son evaluadas y un puntaje es calculado de acuerdo a esta evaluación, de la misma forma que sucede en el sistema tradicional. Sin embargo, en el sistema propuesto, paralelamente a esta evaluación tradicional se calcula un puntaje por desempeño combinado. Luego ambos puntajes son ponderados para la generación de un puntaje final, de acuerdo al cual el proyecto es adjudicado. En la evaluación tradicional pueden ser considerados aspectos técnicos y económicos, pero en el caso desarrollado en esta investigación sólo se consideraron los aspectos económicos debido a que los proyectos de la organización mandante son relativamente pequeños para considerar una evaluación técnica formal.

Pero, ¿cómo se calcula el puntaje por desempeño combinado?. Para este propósito el sistema utiliza la predicción GPM. Existe una base de datos que almacena información de tres fuentes distintas: del proyecto específico en licitación (información del proyecto), del proceso de precalificación (información de contratistas) e información de proyectos anteriores. Con esta información la base de datos determina un vector que identifica a cada contratista. La metodología GPM genera una predicción de desempeño para todos los posibles vectores. Luego, la base de datos asigna una predicción de desempeño a cada contratista de acuerdo a la predicción de GPM. Con este valor de desempeño se asigna un puntaje a cada contratista. Este puntaje es combinado con el puntaje por la oferta para la adjudicación del proyecto.

Una vez que el proyecto es ejecutado sus resultados son utilizados para la retroalimentación del sistema. Existen dos formas en que los resultados del proyecto alimentan al sistema. Una es alimentando a la base de datos a través de la información de proyectos anteriores. Esto es realizado usando un formulario de evaluación de las condiciones de interrelación en el proyecto. Este formulario actualiza y mejora la información acerca de los contratistas y planificadores que han trabajado con la organización mandante. La otra forma es a través de un análisis de predicción versus resultados para un mejoramiento continuo de la información experta usada en el modelo matemático. De esta forma las futuras predicciones GPM serán más exactas.

MODELO CONCEPTUAL (GPM)

El modelo fue construido junto a administradores de contratos de la organización mandante, con el objetivo de analizar el impacto de las características de los contratistas en los resultados del proyecto. La figura 3 muestra el modelo conceptual desarrollado para la selección de contratistas. Este tiene cinco niveles de variables (de izquierda a derecha): estrategias, propagadores, procesos, resultados y desempeño combinado.

Comenzando desde el lado izquierdo del modelo, las estrategias representan las características del contratista y del proyecto en licitación. Cada estrategia (capa) representa un conjunto de características que tienen un origen similar, se consideraron tres conjuntos: condiciones de interrelación, condiciones iniciales y precalificación. Estas estrategias son definidas en detalle más adelante en este paper. Note que cada una de estas estrategias está relacionada con una fuente de

Revista Ingeniería de Construcción
Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

información del sistema propuesto: condiciones de interrelación con información de proyectos previos, condiciones iniciales con información del proyecto y precalificación con información de los contratistas (ver figura 2).

A continuación de las estrategias hay un conjunto de variables que es directamente afectado por ellas; estas variables son llamadas propagadores. Cada alternativa de estrategia es evaluada en cuanto a su impacto en los propagadores, los cuales propagan estos efectos a través de las interacciones entre ellas mismas y con los procesos. El modelo es definido como un conjunto de variables cuyos efectos se propagan de izquierda a derecha, donde cada variable es modelada internamente como un conjunto de cinco eventos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos.

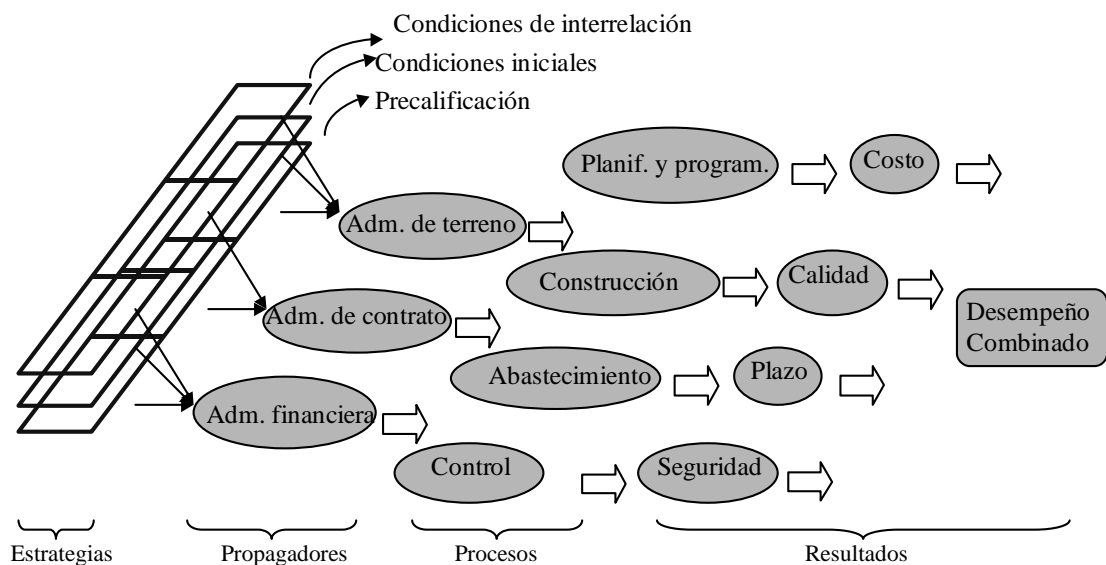


Figura 3. Modelo conceptual para la predicción del desempeño de los contratistas

Los propagadores son variables que propagan el efecto de las estrategias a través del resto del modelo. Los miembros de la organización mandante propusieron los propagadores considerados en este modelo. Estos fueron definidos de la siguiente forma:

- **Administración financiera:** forma en que el contratista administra los flujos de caja y estados de pago.
- **Administración de contrato:** forma en que el contratista maneja las relaciones contractuales.
- **Administración de terreno:** consiste en el manejo de los frentes de trabajo, las formas de selección del personal, el grado de planificación de terreno y el manejo de materiales y equipos en obra.

Los procesos describen las operaciones claves en la ejecución del proyecto. Ellos comprometen los aspectos principales que afectan a los resultados del proyecto. Los procesos incluidos en este modelo son:

Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

- **Planificación y programación:** es el proceso de determinar el ritmo de trabajo, asignar los recursos necesarios, establecer las secuencias constructivas, etc., de tal forma de maximizar la productividad del proyecto.
- **Construcción:** se refiere a la materialización física del proyecto.
- **Abastecimiento:** consiste en adquirir los recursos claves para alimentar a las operaciones constructivas
- **Control:** es el proceso de recopilación de información del proyecto y su comparación con lo planificado. De esta forma el administrador del proyecto puede y debe corregir las desviaciones antes de que sean muy grandes.

Los resultados son las medidas de desempeño que son de interés para el tomador de decisiones (en este caso, el mandante). Los resultados incluidos en este modelo son el costo, el plazo, la calidad y la seguridad. Una descripción detallada de estos resultados es provista más adelante.

Estrategias y sus características

Este modelo presenta tres estrategias que son definidas por conjuntos de características, de naturaleza similar. La figura 4 muestra la estructura de las variables que componen este nivel. Cada estrategia tiene características que pueden adoptar distintos estados dependiendo de las características del contratista y del proyecto. Estos estados son definidos por los atributos de cada característica. Luego, cada contratista bajo evaluación es representado por un cierto conjunto de estados característicos en cada una de las estrategias. Este conjunto es llamado vector de estados estratégicos y es el vector que fue nombrado en la explicación de la figura 2, como el que identifica a cada contratista.

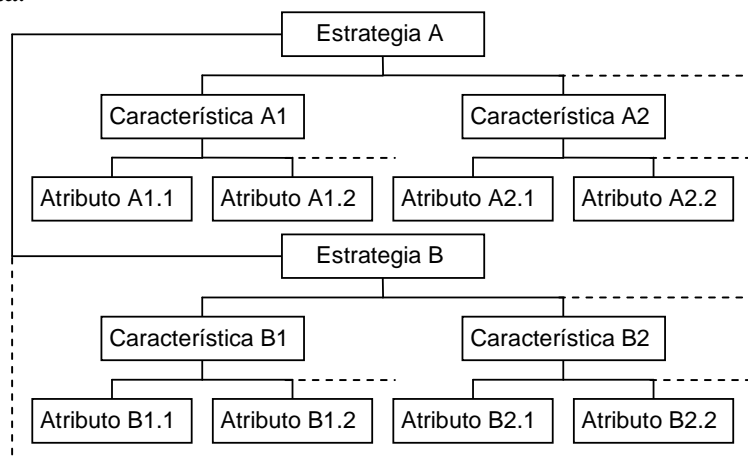


Figura 4. Estructura de nivel estratégico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1990) – un método de análisis multicriterio – es usado para calificar el estado de las características para cada contratista. Desde su proposición (Saaty, 1977) esta metodología ha sido criticada por varios investigadores tales como Dyer (1990). Su principal crítica es que cuando el principio de composición jerárquica es asumido, los resultados producidos son arbitrarios. Sin embargo, esta crítica no afecta la aplicación de este método en esta investigación ya que es utilizada en una estructura jerárquica de un solo nivel. Por tal razón el principio de composición jerárquica no es asumido en esta aplicación.

Revista Ingeniería de Construcción

Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

a) Condiciones de interrelación

Esta estrategia representa las características de la relación mandante-contratista que pueden afectar al desempeño del proyecto (Alarcón et al, 1997). Las características consideradas más importantes desde el punto de vista del mandante son:

- **Conocimiento del contrato y las bases generales:** Mide el manejo que tiene el contratista de aspectos contractuales en su relación con el mandante. Los estados que puede adoptar son: bueno, aceptable o malo.
- **Relación con la ITO:** Refleja cuán buena es esta relación. Sus estados son: colaboradora, normal o antagonista.
- **Participación de proyectistas:** Mide la presencia activa de arquitectos y proyectistas de especialidades durante la ejecución del proyecto. Sus estados son: alta, mediana o baja.

En el caso de que un contratista o proyectista no hubiera trabajado nunca con el mandante, las característica estratégica respectiva adoptará su estado medio. Debido a que estas características toman lugar durante la ejecución del proyecto, esta información puede ser recolectada usando un formulario completado al final del proyecto, de tal forma que sea útil para futuros proyectos. El apéndice I muestra el formulario propuesto. Los ítems usados en este formulario son los atributos para cada una de las características.

b) Condiciones iniciales

Esta estrategia describe las características del proyecto y del proceso de licitación, las cuales afectan la capacidad del contratista para satisfacer los requerimientos del mandante. Las características más importantes para esta estrategia son:

- **Calidad del proyecto:** Representa el grado de definición del proyecto. A mayor definición, menores serán los problemas y fallas para el contratista. Los atributos de esta característica son: claridad del proyecto (medida por la cantidad de preguntas de los contratistas durante el proceso de licitación), el grado de definición de planos y especificaciones de arquitectura y especialidades y la coordinación existente entre arquitectura y las especialidades. Sus estados son: buena, aceptable o mala.
- **Calidad de la licitación:** Se refiere a cuán bueno es el proceso de licitación. Los atributos son la razón entre el tiempo asignado y el tiempo apropiado para estudiar la propuesta, el porcentaje de consultas respondidas a tiempo y la estabilidad del proyecto (medida por el número de cambios en el proyecto durante el proceso de licitación). Sus estados son: buena, aceptable o mala.
- **Potencial de modificaciones:** Considera la posibilidad de que ocurran cambios durante la ejecución del proyecto. Para estimar esta posibilidad se identificaron los usuarios finales de los proyectos, para cada uno de los cuales los especialistas de la organización mandante estimaron el potencial de introducir modificaciones al proyecto, de acuerdo a experiencias anteriores. Este potencial puede ser alto, mediano o bajo.

c) Precalificación

Revista Ingeniería de Construcción

Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Esta estrategia considera los factores principales del proceso de precalificación. Cada uno de estos factores define las características de los contratistas. Los factores son los siguientes:

- **Experiencia general:** Se refiere a la experiencia del contratista medida en m² construidos y su valor en UF. Los atributos usados son los m² totales construidos por el contratista, los m² en proyectos similares al proyecto en licitación y el valor en UF para cada uno de los casos. Sus posibles estados son: buena, aceptable o mala. Sin embargo, este mandante no acepta contratistas con una mala experiencia general.
- **Experiencia con la organización mandante:** Esta característica es similar a la anterior pero sólo incluye proyectos realizados para la organización mandante. En este caso si se aceptan contratistas sin experiencia (se acepta el estado malo).
- **Situación financiera:** Evalúa la situación financiera del contratista. Los atributos considerados son la liquidez, la rentabilidad, el endeudamiento y el patrimonio. Estos índices son medidos con las ecuaciones 1, 2 y 3. Los posibles estados son: buena, aceptable o mala. Sin embargo, el mandante no acepta contratistas con una mala situación financiera.
- **Tamaño relativo:** Es la relación entre el tamaño del contratista (medido por su patrimonio) y el tamaño del proyecto (medido por su costo). Esta relación está dada por la ecuación 4. Los estados son: menor que y similar o mayor que.
- **Experiencia del personal de terreno:** Considera la experiencia del personal clave que trabajará en el proyecto. Los atributos considerados en este caso son los años de experiencia de los ingenieros, constructores, arquitectos y jefes de obra. Los estados son: buena, aceptable o mala.

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Pasivo circulante}} \quad (\text{ecuación 1})$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Patrimonio}} \quad (\text{ecuación 2})$$

$$\text{Endeudamiento} = \frac{\text{Patrimonio}}{\text{Pasivo circulante} + \text{Pasivo largo plazo}} \quad (\text{ecuación.3})$$

$$F = \frac{\text{Patrimonio del contratista}}{\text{Costo del proyecto}} \quad (\text{ecuación 4})$$

Una vez definidas todas las variables estratégicas, es posible generar un vector con el estado adoptado por cada una de las características para un contratista específico. Este vector identificará a cada contratista llamado a la licitación de un proyecto.

Variables de resultado

El modelo conceptual incluye cuatro variables de resultado. Estas medidas representan los aspectos más relevantes del desempeño del proyecto desde el punto de vista del mandante. Las variables consideradas son el costo, plazo, calidad y seguridad.

Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Con el objeto de ordenar los contratistas de acuerdo a su predicción de desempeño en el proyecto, un valor de desempeño combinado integra las otras cuatro variables de resultado a través de un análisis multicriterio. El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es usado para este propósito (Saaty, 1990). La descripción de las variables de resultado es la siguiente:

- **Costo:** Evalúa la desviación del costo del proyecto con respecto a lo presupuestado.
- **Calidad:** Es una medida del cumplimiento del contratista con los requerimientos del mandante. Se diseñó un formulario especialmente para medir esta variable al final del proyecto. El formulario se muestra en el apéndice II.
- **Plazo:** Evalúa la desviación de la duración del proyecto respecto al plazo presupuestado.
- **Seguridad:** Considera la seguridad en el trabajo del contratista usando el índice de la tasa de riesgo. Este índice es obligatorio y es usado por las organizaciones aseguradoras de salud. La tasa de riesgo es determinada por la ecuación 5.
- **Desempeño combinado:** Combina los cuatro resultados previos usando análisis multicriterios.

$$\text{Tasa de riesgo} = \frac{\text{Número de días perdidos}}{\text{Personal promedio anual}} * 100 \quad (\text{ecuación 5})$$

De acuerdo a la predicción de desempeño combinado se asigna un puntaje en una escala de 0 a 100. Luego, este puntaje será combinado con el puntaje económico, el cual estará en una escala normalizada de acuerdo a los valores máximo y mínimo que adoptaron los puntajes por desempeño combinado.

ESTRUCTURAS DE INFORMACION

Como se ve en la figura 2, la predicción GPM necesita un conjunto de información experta. Información experta es entendida como el conocimiento de personas que tienen un alto dominio práctico y/o teórico del tema en análisis. Esta información experta es almacenada en el modelo GPM en dos estructuras: panel de opciones y matriz de impactos. Ambas estructuras fueron completadas con la ayuda de miembros de la organización mandante.

Panel de opciones

Esta estructura define los impactos del nivel de estrategias sobre los propagadores. En este panel se analizan los comportamientos que los propagadores adoptan para cada escenario posible. Un escenario, en este contexto, es una combinación específica de los estados que pueden adoptar las diferentes características estratégicas. Por ejemplo, un escenario para las condiciones de interrelación podría ser:

- Conocimiento del contrato y bases generales : Aceptable
- Relación con la ITO : Colaboradora
- Participación de los proyectistas : Mediana

Note que una combinación de un escenario de las condiciones de interrelación, con un escenario de las condiciones iniciales y con un escenario de precalificación, genera un vector de estados estratégicos.

Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Los comportamientos que los propagadores pueden adoptar después de los impactos de las estrategias están en la escala mostrada en la tabla 2.

Tabla 2. Comportamientos posibles para las variables del modelo

Comportamiento	Significado
PP	Muy Positivo
P	Positivo
0	Nulo
N	Negativo
NN	Muy Negativo

Matriz de impactos

Esta estructura almacena la información experta que define cómo los impactos de las estrategias son propagados por el resto del modelo. Específicamente define cómo los propagadores impactan a los procesos y a sí mismos y cómo los procesos impactan a los resultados y a sí mismos. La codificación que la metodología usa para la representación de impactos se muestra en la tabla 3. Las palabras significativo, moderado y ligero representan la fuerza del impacto, siendo significativo el impacto más fuerte.

Tabla 3. Codificación de impactos

Impacto	Significado
SIG+	Significativo en la misma dirección
MOD+	Moderado en la misma dirección
LIG+	Ligero en la misma dirección
NO	No hay impacto
LIG-	Ligero en la dirección contraria
MOD-	Moderado en la dirección contraria
SIG-	Significativo en la dirección contraria

La figura 5 muestra la matriz de impactos para el modelo desarrollado con la organización mandante. Esta matriz representa cómo la variable que está en la columna impacta a la variable que está en la fila.

	Administración financiera	Administración de contrato	Administración de terreno	Planificación y programación	Construcción	Abastecimiento	Control
Administración financiera		LIG+	LIG+				
Administración de contrato	MOD+		LIG+				
Administración de terreno	SIG+	MOD+					
Planificación y programación	LIG+	SIG+	SIG+		LIG+	MOD+	SIG+
Construcción	SIG+	SIG+	SIG+	SIG+		SIG+	SIG+
Abastecimiento	SIG+	MOD+	MOD+	SIG+	LIG+		SIG+
Control	NO	MOD+	SIG+	SIG+	SIG+	LIG+	

Figura 5. Matriz de impactos

RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este paper ha descrito un sistema de selección de contratistas que agrega a los criterios tradicionales, el criterio de desempeño combinado. Para este propósito utiliza una metodología predictiva que estima el desempeño potencial de los contratistas bajo análisis. El paper describió el modelo conceptual usado por el sistema propuesto de selección de contratistas. El modelo toma en cuenta las características más importantes de los contratistas y del proyecto, las cuales tienen una influencia en el desempeño final del proyecto, de acuerdo a los administradores de contrato del mandante. Una descripción general del sistema de selección propuesto fue presentada.

La metodología predictiva usada provee una estructura de modelación flexible que permite incorporar todas las variables que el tomador de decisiones considera importantes. El sistema propuesto elimina la dependencia en el valor de las ofertas para la selección final, agregando el criterio de desempeño combinado. Por otra parte el sistema puede agregar información actualizada de los contratistas, de modo de resolver el problema de confianza a largo plazo atribuida a los resultados de la precalificación. También es importante señalar, que esta metodología provee una estructura racional para hacer un uso más riguroso de las evaluaciones subjetivas y las combina o reemplaza con datos reales recogidos en proyectos anteriores, mediante un proceso integrado y riguroso. Finalmente la retroalimentación del proceso otorga un potencial para mejorar continuamente la metodología de selección.

Paralelamente a su uso en el sistema de selección de contratistas, el modelo generado por la metodología predictiva (GPM) permite a la organización mandante analizar los factores más incidentes en el desempeño del proyecto.

Trabajos futuros en esta área deberán resolver la necesidad de incorporar una metodología más rigurosa para la evaluación técnica de las ofertas de modo de complementar el sistema propuesto.

Revista Ingeniería de Construcción

Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Otra importante área de futuros trabajos es el mejoramiento del proceso de retroalimentación, de tal forma que los modelos de predicción GPM puedan ser mejorados continuamente.

REFERENCIAS

- Akel, N., Ashley, D., Tsai, C. C. y Teicholz, P., (1996). "Computer Implementation of the Impact of Early-Planning Decisions on Project Performance". Working paper, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley.
- Alarcón, L. F. y Ashley, D. B. (1998) "Project Management Decision Making using Cross-Impact Analysis," *International Journal of Project Management*, Vol. 16, N° 3, pág. 145-152.
- Alarcón, L. F. y Ashley, D., (1996). "Modeling Project Performance for Decision Making". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 122, N° 3, pág. 265-273.
- Alarcón, L. F. y Bastías, A. (2000). "A Computer Environment to Support the Strategic Decision-Making Process in Construction Firms". *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 7, N° 1, pág. 63-75.
- Alarcón, L. F., Venegas, P., Bastías, A. y Campero, M., (1997) "Identification of Critical Factors in the Owner-Contractor Relationship," in *Lean Construction*, Alarcón, L. F. (ed.), A. A. Balkema, Rotterdam, pág. 127-142.
- Bubshait, A. A. y Al-Gobali, K. H., (1996). "Contractor prequalification in Saudi Arabia". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 12, N° 2, pág. 50-54.
- Dyer, J. S., (1990). "Remarks on the Analytical Hierarchy Process". *Management Science*, Vol. 36, N° 3, March, pág. 249-258.
- Hatush, Z. y Skitmore, M., (1998). "Contractor Selection Using Multicriteria Utility Theory: An Additive Model". *Building and Environment*, Vol. 33, N° 2-3, pág. 105-115.
- Holt, G. D., (1998). "Which Contractor Selection Methodology?". *International Journal of Project Management*, Vol. 16, N° 3, pág. 153-164.
- Holt, G. D., (1996). "Applying Cluster Analysis to the Classification of Construction Contractors". *Building and Environment*, Vol. 31, N° 6, pág. 557-568.
- Holt, G. D., Olomaiye, P. O. y Harris, F. C., (1995). "A Review of Contractor Selection Practice in the U.K. Construction Industry". *Building and Environment*, Vol. 30, N° 4, pág. 553-561.
- Holt, G. D., Olomaiye, P. O. y Harris, F. C., (1994a). "Evaluating Prequalification Criteria in Contractor Selection". *Building and Environment*, Vol. 29, N° 4, pág. 437-448.
- Holt, G. D., Olomaiye, P. O. y Harris, F. C., (1994b). "Factors Influencing U.K. Construction Clients' Choice of Contractor". *Building and Environment*, Vol. 29, N° 2, pág. 241-248.
- Lo, W., Chao C., Hadavi, A. y Krizek R. J., (1998). "Contractor Selection Process for Taipei Mass Rapid Transit System". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 14, N° 3, pág. 57-65.
- O'Ryan, R., Alarcón L. F., y Díaz, M. (1997) "Environmental Performance Model". *International Journal of Environmentally Conscious Design and Manufacturing*, ECDM Press, Vol. 2, N° 6, pág. 25-32.
- Russell, J. S., (1990). "Model for Owner Prequalification of Contractors". *Journal of Management in Engineering*, Vol. 6, N° 1, pág. 59-75.
- Russell, J. S. y Skibniewski, M. J., (1988). "Decision Criteria in Contractor Prequalification". *Journal of Management in Engineering*, Vol. 4, N° 2, pág. 148-164.
- Saaty, T.L., (1990). "Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process". AHP Series Vol. 1, RWS Publications, Pittsburgh, PA.

Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

- Saaty, T.L., (1977). "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures". Journal Math. Psychology, Vol. 15, pág. 234-281.
- Sanvido, V., Grobler, F., Parfitt, K., Guvenis, M. y Coyle, M., (1992). "Critical Success Factors for Construction Projects". Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 118, N° 1, pág. 94-111.
- Tam, C. M. y Harris, F. C., (1992). "Discriminant Analysis Model for Predicting Contractor Performance in Hong Kong". Conseil International du Batiment, 1992 World Building Congress.
- Venegas, P. y Alarcón, L. F., (1997). "Selecting Long-Term Strategies for Construction Firms". Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 123, N° 4, pág. 388-398.

Apéndice I. Formulario de evaluación de las condiciones de interrelación del proyecto

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE INTERRELACION EN EL PROYECTO				
Contratista				
Obra				
ITO				
Proyectistas				
Fecha				
Relación con la ITO				
Respuesta oportuna a requerimientos	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo
Buena disposición a incorporar modificaciones				
Cumplir con pautas y procedimientos de la ITO				
Información permanente de todos los eventos de la obra				
Subtotales				
Ponderación	5	3	2	0
Totales				
Puntaje	[]			
Estado de la característica	[]			
	Colaboradora: 16-20, Normal: 6-15, Perjudicial: 0-5			
Conocimiento del Contrato y Bases Generales				
Respeto de los procedimientos administrativos de la UC	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo
Entrega de garantías, seguros, etc.				
Estados de pago de acuerdo al estado de la obra				
Información oportuna de las obras extras y disminuciones de obras				
Entrega de planos As Built				
Uso del libro de obras				
Subtotales				
Ponderación	5	3	2	0
Totales				
Puntaje	[]			

Revista Ingeniería de Construcción
Volumen 15 N° 2 diciembre 2000

Apéndice II. Formulario de evaluación de la calidad del proyecto

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL PROYECTO																																																	
Contratista																																																	
Proyecto																																																	
Fecha																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 12.5%;">Alta</th> <th style="width: 12.5%;">Mediana</th> <th style="width: 12.5%;">Baja</th> <th style="width: 12.5%;">Nula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de problemas de calidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Costo de problemas de calidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lentitud para solucionar problemas de calidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Deterioro de relaciones por problemas de calidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Problemas legales ocasionados</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Subtotales</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ponderación</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>Totales</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Alta	Mediana	Baja	Nula	Cantidad de problemas de calidad					Costo de problemas de calidad					Lentitud para solucionar problemas de calidad					Deterioro de relaciones por problemas de calidad					Problemas legales ocasionados					Subtotales					Ponderación	0	8	14	20	Totales				
	Alta	Mediana	Baja	Nula																																													
Cantidad de problemas de calidad																																																	
Costo de problemas de calidad																																																	
Lentitud para solucionar problemas de calidad																																																	
Deterioro de relaciones por problemas de calidad																																																	
Problemas legales ocasionados																																																	
Subtotales																																																	
Ponderación	0	8	14	20																																													
Totales																																																	
Puntaje		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>																																															