

LOS ESTIMADORES EN LA INGENIERÍA CIVIL

Por: Ing. Rafael Manzano

Director Técnico TYPESA

En estas líneas conoceremos la determinación de los estimadores de coste de infraestructuras y su utilidad, por lo que, consideraremos un estimador como una función matemática gráfica o analítica que permite, con los escasos datos que se dispone antes de realizar un diseño, desarrollar una estimación del coste de una infraestructura o de su diseño.

Es una emergencia que recurrentemente tenemos que abordar, la de un cliente agobiado que necesita en uno o dos días una oferta para un trabajo urgente.

Evidentemente, de acuerdo con nuestro sistema y con la pura racionalidad, lo que deberíamos hacer es rehusar, pero afortunadamente, no siempre actuamos siguiendo el camino fácil, la confianza en el cliente o la seguridad en nuestra capacidad de gestión de los riesgos que asumimos pueden llevarnos a ofertar basándonos en estimadores.

Cualquier estimación, por precisa que sea, requiere de una evaluación de contraste alternativa, que evidencie si estamos ofertando de forma competitiva o no. Y que, de paso, detecte si existen singularidades en la oferta que la hagan excepcionalmente cara o barata.

Mi experiencia me ha enseñado que conviene disponer de estimaciones rápidas del coste de las infraestructuras que proyectamos a lo largo del propio proceso de diseño. Los presupuestos suelen ser los últimos en cerrarse y, en muchas ocasiones, nos muestran cifras muy por encima de las expectativas del cliente. ¿Qué hacer entonces?, pues disponer de estimaciones tempranas que compartiremos con el cliente. Mucho mejor no proyectar elementos que acabarán siendo eliminados por falta de presupuesto. Más barato, más rápido, más satisfactorio.

El PMP (Project Management Professional) y la estimación de costes

Para dar un poco de contexto del estado del arte dentro del project management, conviene señalar que el propio PMP identifica distintos tipos de estimaciones. Entre ellas:

- La estimación analógica, top-down o descendiente: encontrando similitudes entre el caso a estimar con otros anteriores.
- La estimación paramétrica: aplicando ratios de otros proyectos. Es algo más refinada que la anterior y, desde el punto de vista matemático, supone establecer una relación lineal entre el coste y otro parámetro, normalmente dimensional (longitud, superficie, altura, volumen). Esta tipología, como la anterior, son estimaciones “de arriba abajo”

- La estimación directa ascendente, de abajo arriba. Es la que hacemos en todos nuestros proyectos: dividirlos en actividades (paquetes o unidades de obra) estimables o medibles. A través de costes básicos y rendimientos calculamos los costes de dichas actividades, que multiplicados por sus mediciones arrojan cantidades. Sumadas éstas obtenemos el coste del proyecto.
- La estimación por tres puntos, usada en el método PERT o de camino crítico. Arroja tres valores: el más probable, el pesimista y el optimista.

Problemas de los estimadores

Veamos algunas dificultades, que generalmente desalientan al que intenta abordar el cálculo de estimadores:

- No existe un estimador sencillo y fiable a la vez en ingeniería civil.
- La falta de datos antes de abordar la estimación. Esta dificultad viene siendo cada vez más superable porque, generalmente, existen estudios previos que nos dan alguna información.
- Los estimadores deben evolucionar con el tiempo, considerando la inflación. Los costes de experiencias pasadas deben ser actualizados necesariamente.
- Casi todas las experiencias han tenido singularidades que deben ser desagregadas o abordadas de una forma específica. Una geología inesperadamente difícil, un cliente desconfiado o exigente que ha forzado repeticiones o modificaciones de diseño, o una mala solución de partida son causas muy habituales de encarecimiento o retraso en nuestro trabajo. Otras veces los “distorsionadores” de coste derivan de las dificultades del país (inclusive de la obtención de visados), de su cultura, de su religión, de la falta de fondos, de problemas sociales o ambientales, etc.
- El contexto económico del país donde se desarrollará el proyecto también es determinante y puede corregir la oferta con cifras al alza o a la baja.

Superando dificultades: técnicas sugeridas

Seguramente, cada uno de nosotros puede tener enfoques diferentes para enfrentar las dificultades anteriores.

En mi caso, el enfoque empleado ha sido el de externalizar los elementos no estándares del proyecto a través de coeficientes multiplicadores. El usuario tiene que introducir un valor mínimo, otro esperado y un tercero máximo para cada multiplicador. Algunos de los multiplicadores aplicados (no necesariamente en todos los estimadores) son los siguientes:

- Inflación acumulada desde el año de la última actualización del estimador.
- Agresividad comercial del país.
- Entorno urbano (encarece) o campo abierto.

- Trazado rectilíneo o curvo (gran impacto en conducciones)
- Entidad del proyecto: los proyectos más importantes permiten el empleo de medios más potentes, consiguiendo rendimientos más elevados.
- Dificultades del país o del cliente.

Estos multiplicadores afectarán al cálculo del coste “teórico” de la infraestructura, creando una horquilla de valores asociada a diferentes niveles de garantía de la estimación. Esta dispersión no ha de desalentarnos, antes bien, refleja la realidad de la imposibilidad de conocer los costes exactos de una infraestructura no sólo antes de construirla, sino incluso antes de proyectarla.

Para abordar el coste teórico de la infraestructura caben distintas aproximaciones. Todas ellas son válidas y, en cada caso, habrá que utilizar la que sea más favorable. Obviamente, los niveles de precisión obtenidos serán diferentes.

Aproximación estadística

La primera de ellas es la puramente estadística. Eso es lo que hizo el CEDEX en 2010 con su Guía técnica para la caracterización de medidas estructurales. Gracias al apoyo de las distintas confederaciones recolectó el coste y las características representativas de un gran número de distintas infraestructuras, tales como presas, tanques de tormenta, conducciones, etc.

En ese momento hemos de decidir, con cierto tino, cuál es la variable o variables con las que el coste está correlacionado. En el caso de la presa se trató de la altura y en el de los tanques el volumen. A partir de allí se representan gráficamente (altura / coste, volumen / coste), se ajusta una función y se calcula el coeficiente de correlación R^2 . Si este resulta satisfactorio, hemos acabado el proceso.

Los propios ejemplos anteriores muestran las limitaciones inherentes al proceso. ¿De verdad no influye la distancia de transporte de los materiales o la dificultad del desvío del río en el coste de la presa?

El ajuste no tiene por qué ser necesariamente a una sola variable. De hecho, añadiendo un poco más de complejidad, podemos encontrar resultados mucho más ajustados.

Analizando, por ejemplo, una carretera, su coste C (sea su construcción o su diseño) variará linealmente con la longitud de trazado convencional LC , la longitud de túneles LT y la longitud de puentes LP . Es decir: $C = K_1 LC + K_2 LT + K_3 LP$

Ahora el problema se reduce a la obtención de los coeficientes K_i . Ahí es donde entra la estadística: necesitamos conocer el coste de al menos tres proyectos, planteando un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas. Si disponemos de más casos, tanto mejor: podemos ajustar la solución mediante el método de mínimos cuadrados o cualquier otro. Además, obtendremos rangos de variación de los coeficientes K_i , permitiendo obtener una horquilla de resultados.

Para el conocimiento de costes de otros proyectos resulta esencial disponer de una buena base de datos.

El método se puede ir mejorando, ajustando diferentes K_i según las características del terreno o de la infraestructura.

La bondad del método dependerá de la idoneidad de la ecuación planteada describiendo el coste y de la cantidad de datos que faciliten el ajuste.

Como ejemplo de este método, acabamos de poner a punto un estimador de costes de depósitos de retención enterrados. La racionalización del planteamiento de la ecuación pasa por asumir que el coste es la suma de los siguientes elementos:

- Muros o pantallas perimetrales, que dependen del producto del perímetro P multiplicado por el cuadrado de la altura H^2 .
- Excavación, que depende del volumen V del depósito.
- Forjado de cubierta y solera / losa de cimentación, que depende de la superficie S del depósito.
- Pilares, que depende de la superficie y altura del depósito, lo que equivale al volumen.

Es decir: $C = K_1 P H^2 + K_2 V + K_3 S$

En el caso frecuente de depósitos de planta rectangular, se puede demostrar que la ecuación anterior equivale a esta otra: $C = K_4 V^{0,5} H^{1,5} + K_5 V + K_6 V/H$

La expresión anterior resulta relevante, pues desmiente la creencia habitual de que el coste se puede ajustar conociendo solamente el volumen. En nuestro caso ha permitido optimizar el diseño, obteniendo la altura óptima para cada volumen, entendida como aquella que minimiza el coste. Como no podía ser de otra manera, la altura óptima crece con el volumen. El estimador ha permitido comparar soluciones compuestas por gran número de tanques y ha sido aplicado en nuestros proyectos de inundaciones pluviales. En la figura podemos visualizar los resultados obtenidos.

Método híbrido

En este método dividimos el problema en la suma de dos. El primer componente consta de un cálculo directo del coste de una parte de la infraestructura, que resulta abordable con unos pocos datos. Así, el coste del cuerpo de una presa depende básicamente del volumen de la misma, que puede ser obtenido, aún de forma aproximada, con unos pocos datos del terreno (ancho del cauce, ancho de la coronación, altura), fácilmente accesibles y de la definición geométrica del cuerpo de presa.

Otro ejemplo es el del coste de colectores o de conducciones en general: puede ser calculado con tal de conocer las características del conducto -material, diámetro, presión máxima de trabajo- y de asumir condiciones medias de instalación: taludes de excavación, altura de relleno sobre el conducto. De esta manera, podemos conocer con gran precisión la componente determinista del coste.

La segunda componente es la estadística. En el caso de la presa, comprende el coste de los elementos hidráulicos del proyecto: aliviadero, desagües y desvío del río. Es aquí donde tenemos que recurrir al análisis de bases de datos de proyectos conocidos. En nuestro caso se ha abordado diferenciando entre tipologías de presa -en las de materiales sueltos los elementos hidráulicos son mucho más caros- y horquillas de ratios según dificultad del elemento. Naturalmente, el trabajo de análisis y ajuste es importante y requiere experiencia, juicio ingenieril y tiempo.

En el caso de las conducciones la componente estadística recoge el coste de macizos de anclaje, arquetas, válvulas y elementos singulares.

Propuestas y conclusiones

Fruto del trabajo realizado, en TYPESA, ya disponemos de estimadores contrastados para presas, centrales hidroeléctricas, balsas, conducciones en presión y en lámina libre, estaciones de bombeo y tanques de retención. También se han iniciado algunos intentos para carreteras y se tiene en proyecto su desarrollo para puentes y para estudios de inundaciones. En algún caso se estudia la construcción y en otros el diseño. Todos ellos están a disposición de quien los necesite.

Si bien las distintas divisiones son responsables de la gestión del conocimiento de nuestros proyectos, creo que habría que redoblar esfuerzos en la sistematización del cálculo de estimadores. No sólo faltan muchos, sino que se pueden mejorar y calibrar mejor los que ya hay.

El lugar donde realizarlo podría ser el informe de retroalimentación de los proyectos, que considero indispensable en todos los de cierto importe.

Todos sabemos de la importancia de disponer de datos y de saber procesarlos y gestionarlos. Los datos los tenemos: están en Concost. El conocimiento y el talento humano para procesarlo, también. Sólo necesitamos la convicción de la importancia de invertir un poco de tiempo en extraer las lecciones aprendidas en términos de estimadores. Los resultados podrían ser almacenados, gestionados y transmitidos por las divisiones, sirviendo para la estimación de futuros proyectos y ofertas. A juicio del autor de estas líneas, se trataría de una información valiosa que requeriría de la máxima confidencialidad.

El objetivo, mezcla de un poco de utopía y otro poco de ambición: que cada proyecto empiece donde el anterior acabó y no desde cero. ¡No inventemos la rueda todos los días