

Diferencias entre presupuestos referenciales y ejecutados en licitación de obra

Differences between reference and executed budget in public bidding processes

Autores

José Miguel Ponce Zambrano. <https://orcid.org/0000-0003-1434-1546>
Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Ecuador.
jm.ponce@icloud.com

Ignacio Wilhem Loor Colamarco. <https://orcid.org/0000-0003-4806-1032>
Universidad San Gregorio de Portoviejo. Manabí. Ecuador.
iwloor@sangregorio.edu.ec

Fecha de recibido: 2020-08-28

Fecha de aceptado para publicación: 2020-10-14

Fecha de publicación: 2020-12-31



Resumen

La diferencia entre los presupuestos de contrato y ejecución en licitación de obra pública es un problema global. La literatura sugiere como causas prevalentes a la subestimación de precios referenciales de las entidades contratantes, la presentación de ofertas desequilibradas de las empresas contratistas, y la gestión de fiscalización y administración de contratos. Sin embargo, la mayoría de los estudios que abordan este problema se enfocan en la presentación de ofertas desequilibradas. El objetivo de esta investigación es identificar las obras de licitación con mayor probabilidad de que su precio ejecutado aumente en 15% o más respecto del monto contratado. Se analiza una muestra de contratos de licitación de obra publicados en el portal de compras públicas del Ecuador en el período 2008-2019. Utilizando el lenguaje de programación R, se desarrolló un modelo predictivo basado en *Naïve Bayes* para identificar combinaciones de parámetros de las variables región, sector, monto, plazo y entidad contratante, con probabilidad de 70% o más de que el precio ejecutado supere al contratado en 15%. El estudio identificó 15 combinaciones posibles que se circunscriben en este criterio. Este estudio puede ayudar a contratistas y a entidades



contratantes para anticipar conflictos inherentes a la contratación pública.

Palabras clave: Contratación pública; licitación de obra; ofertas desequilibradas; presupuesto ejecutado; presupuesto referencial; subestimación de precios.

Abstract

Differences between the estimated and final prices of government bidding processes is a global phenomenon. The literature suggests as prevalent causes the project costs underestimation by contracting entities, unbalanced offers by contractors, and the process of inspection and contract management. However, studies addressing this issue have focused primarily on the identification of unbalanced offers. This study uses a well-established machine learning approach to predict whether the reference budget of a government project will differ from the final project cost in 15% or more. A sample of contracts available on the public procurement portal of the Ecuadorian government in the period 2008-2019 is analyzed. With the help of R Core Team, the study uses *Naïve Bayes* predictive modeling to identify combinations of parameters for the variables region, sector, amount, term and contracting entity, with 70% or more probability that the final cost exceeds the contracted one by 15 % or more. The study identifies 15 possible combinations that can fall within this criterion. This study can help contractors identify risks that are typical of public procurement, and controlling entities to support the ability of government organizations to achieve the objectives set out in their operational and investment plans.

Keywords: Cost underestimation; government procurement; public bidding; price increase; reference budget; unbalanced offers.

Introducción

Este artículo investiga cómo anticipar la diferencia entre el precio referencial y el final de un contrato de licitación de obra pública en Ecuador. Se propone combinar los parámetros de las variables tangibles y típicamente manifiestas en un contrato de licitación como la región donde se ejecuta, el sector económico, el monto referencial, el plazo establecido y la entidad contratante, para identificar en qué circunstancias es más probable experimentar incremento de precios. Si bien es admisible que los precios referenciales, contratados y ejecutados difieran, puesto que a menudo es necesario ampliar, modificar o complementar las obras por causas imprevistas, cuando las diferencias son cuantiosas, la rentabilidad del contratista y eficiencia económica del contratante



pueden cambiar desfavorablemente. Según la última modificación en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCOP) (SERCOP, 2017), el incremento de precios en Ecuador no deberá superar el 15% del monto inicialmente contratado.

Anticipar oportunamente un posible incremento de precios y analizar las posibles causas que conducen a ello es importante porque aborda desafíos de uso eficiente de presupuestos y herramientas de planificación en entidades contratantes y empresas contratistas. Asimismo, la capacidad de identificar posibles fuentes de problemas en la ejecución de obras públicas puede ser útil para las prácticas de control gubernamental y de gestión de riesgo empresarial. Cabe indicar que el problema que se aborda en este estudio no es reciente ni exclusivo del Ecuador; más bien, es de escala global, pese a que se cree que ocurre con más frecuencia en países en desarrollo. Por ejemplo, Flyvbjerg *et al.* (2002), en su estudio de 258 proyectos de infraestructura de transporte en Estados Unidos y Europa, identificaron que 9 de cada 10 proyectos presentan diferencias de precios cuantiosas, concluyendo que se trata de un problema de subestimación de costos referenciales por partes de las entidades contratantes.

Este estudio aplica una metodología cuantitativa. Se examina una muestra de contratos de licitación en el portal de compras públicas del Ecuador y se aplica un modelo de predicción basado en *Naïve Bayes*, que identifica la probabilidad de que el precio final de la obra supere al monto contratado en 15%. El resto del artículo incluye una breve descripción de los antecedentes contextuales de la contratación pública en Ecuador, una revisión de estudios previos sobre la problemática que se aborda en este documento, la metodología empleada, los resultados del estudio, una breve discusión, y, finalmente, algunas conclusiones e implicaciones para trabajos futuros.

Antecedentes contextuales

La LOSNCOP surgió el 2008 con el fin de articular las instituciones públicas, incluyendo las del gobierno central, gobiernos autónomos y sistema judicial, en sus tareas de planificar, programar, administrar y ejecutar las adquisiciones y contrataciones de bienes, servicios y obras (Asamblea Constituyente, 2008). Durante el primer año de vigencia, el Instituto Nacional de Contratación Pública (INCOP), que posteriormente se llamaría Servicio de Contratación Pública (SERCOP), reportó que el número de proveedores habilitados y entidades contratantes registradas en el país se había duplicado. En parte, esto se debe a la adopción de criterios de preferencia a la producción



nacional e incentivos para que participen las micro, pequeñas y medianas empresas en los procesos de contratación pública. Para este propósito se implementaron instrumentos como disposiciones normativas, modelos de pliegos específicos y herramientas tecnológicas (González, 2009).

Los instrumentos creados para este fin fueron: catálogo electrónico, subasta inversa electrónica, menor cuantía bienes y servicios, cotizaciones bienes y servicios, licitación bienes y servicios, menor cuantía obras, cotización obras, licitación obras, contratación directa, lista corta y concurso público. El procedimiento de licitación de obras, que es el relevante en este estudio, se aplica para las contrataciones de obras cuyo presupuesto referencial es mayor al 0.00003 del Presupuesto Inicial del Estado del ejercicio económico en curso al momento de la publicación (Servicio Nacional de Contratación Pública, 2020).

Los contratos públicos de licitación de obras se adjudican en función de las cantidades estimadas por la entidad contratante. No obstante, al finalizar la etapa contractual, el pago al contratista se lo realiza de acuerdo con las cantidades ejecutadas y aprobadas por la fiscalización. Cuando estas cantidades difieren cuantiosamente, se atenta directamente contra la rentabilidad del contratista, y asimismo plantea riesgos para las entidades contratantes (Hyari *et al.*, 2017). En los proyectos se presentan reiteradamente órdenes de cambio, variaciones en las cantidades contratadas, errores u omisiones en los estudios e inconsistencias en los dibujos y especificaciones (Assaf *et al.*, 2019). Son justamente estos riesgos para entidades contratantes y empresas contratistas lo que da relevancia al presente estudio.

La LOSNCP contempla varias modalidades que permiten incrementar el precio final de los contratos públicos como son contrato complementario, diferencia de cantidades de obra y rubros nuevos hasta en un 15% actualmente. Sin embargo, antes del 2017, los montos contractuales podían incrementarse hasta un 70% tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Modalidades contempladas por la legislación ecuatoriana

Modalidad	Antes del 20 de marzo del 2017	Después del 20 de marzo del 2017
Contrato Complementario	35%	8%
Diferencia en Cantidades de Obra	25%	5%
Rubros Nuevos	10%	2%
Total	70%	15%

Fuente: LOSNCP (2020)



Fernández Ruiz (2015) critica que la LOSNCP y su reglamento proveen una regulación y control deficiente de estos procesos, y que más bien, estas modalidades han facilitado prácticas de corrupción. Asimismo, se han pasado por alto errores en la estimación de presupuestos referenciales, insuficiencia en los estudios, y la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y otros eventos inesperados. Estos hipotéticos errores de estimación, con la expedición de la Ley

Orgánica para la Eficiencia en la Contratación Pública en marzo del 2017, son sancionados con severidad. Específicamente, su artículo 100 advierte con suspensión del registro de proveedores por cinco años a los consultores que elaboren estudios con precios subvalorados en 35% o más respecto del valor ejecutado. En el caso de que los estudios hayan sido elaborados por personal de la misma institución, «serán sancionados con la destitución sin derecho a indemnización, previo el sumario administrativo respectivo, sin perjuicio de su responsabilidad civil» (Asamblea Nacional, 2017).

La capacidad para anticipar si el precio final incrementará por encima de los límites establecidos en las normas permite administrar la incertidumbre del contratista mediante una gestión activa del contrato, con lo que se podría prevenir conflictos en lo posterior.

Estudios previos

El problema del incremento de precio en los contratos adjudicados por licitación de obra ha sido analizado de manera prevalente desde las siguientes tres perspectivas: 1) la posibilidad de que los precios se subestimen en la etapa de estudios y diseños, cuya responsabilidad recae en las entidades contratantes; 2) la práctica de presentar ofertas desequilibradas para ganar concursos, lo que responsabiliza exclusivamente a las empresas contratistas; y 3) desacuerdos en procesos de fiscalización y administración de contratos.

En lo que concierne a la subestimación de precios, Flyvbjerg *et al.* (2002) realizaron un estudio comparativo en contratos en Europa y Estados Unidos. El estudio examina la creencia de que, así como hay subestimación de precios, también deben existir errores de sobrestimación en similar proporción. Sin embargo, el estudio concluyó que más del 90% de los casos de diferencia de precios se dieron por subestimación, con un promedio del 28%. Chou *et al.* (2006) obtuvo



conclusiones similares en varios contratos de infraestructura vial en Estados Unidos, los que en promedio costaron 20% más de lo estimado en el presupuesto referencial. Ello pone en duda la creencia de que la diferencia de precios se da por insuficiencia de pericia a la hora de realizar los estudios. Al igual que Azman *et al.* (2013), estos autores critican que la subestimación de precios puede deberse a una práctica para ajustarse a los presupuestos públicos establecidos y lograr aprobación para sus proyectos, los que generalmente se basan en principios de rentabilidad sobre inversión y rentabilidad social. Es decir, si un proyecto se encarece, la relación de rentabilidad, tanto financiera como social, también varía, con lo que el proyecto podría perder competitividad frente a otros con mejores retornos.

Esto es problemático porque, durante el proceso constructivo, es común que se presente una mayor cantidad de obra de la prevista. Entre las posibles causas del problema de subestimación, la literatura identifica la destreza para anticipar la disponibilidad de materiales y mano de obra en el lugar donde se ejecuta el proyecto (Shrestha *et al.* 2012), la calidad de datos disponibles sobre el proyecto (Odusami y Onukwube, 2008), y el nivel de aversión al riesgo de quienes estiman los costos y cantidades (Bradley *et al.*, 1990). Estas causas sugieren que la subestimación de costos y cantidades de obra es, en gran medida, un problema de predicción. Es decir, de la habilidad de quienes realizan los estudios para anticipar. Una pobre estimación de costos y cantidades puede conducir a conflictos como retrasos en la entrega del proyecto, cambios de órdenes de trabajo, y hasta la quiebra financiera del proyecto (Elfaki *et al.*, 2014). Por último, una pobre estimación de precios ocasiona que la obligación recíproca entre contratante y contratista pierda su equidad y justicia, ya que recae sobre el contratista la responsabilidad de entregar una obra que funcione, sacrificando muchas veces recursos inicialmente destinados a otros rubros (Arce- Rojas, 2003).

Respecto de las ofertas desequilibradas, se refieren a aquellas ofertas en la que el oferente presenta un precio por debajo de lo razonable. Esta perspectiva es quizás la que más estudios sobre diferencia de precios en contratos de valor unitario ha ocasionado, por lo que se han producido innumerables métodos para propender a corregir estas desviaciones. Según Cattell *et al.* (2007), presentar ofertas desequilibradas es una práctica utilizada por los contratistas para manipular los precios unitarios sin que esto varíe su oferta final. En su estudio, realizaron una evaluación crítica de varias contribuciones científicas en este campo, comenzando por Gates (1959), y deteniéndose



en Bell (1989), quien desarrolló un método de factor de porcentaje único, que excluye ofertas desequilibradas material y matemáticamente en contratos de precio unitario. Por su parte Wang (2004) formuló un procedimiento para manejar el desequilibrio en los contratos de suma global. Este método se concentra principalmente en el ajuste de los costos en las cantidades estimadas enviadas por el mejor postor y los costos presentados por todos los oferentes calificados.

Arditi y Chotibhongs (2009) desarrollaron dos modelos para detectar ofertas desequilibradas creadas por la carga frontal y la explotación de errores de cantidad. La idea principal detrás de estos modelos es la comparación de precios unitarios de cada rubro en la oferta con las estimaciones de la entidad contratante y los precios promedio ofrecidos por todos los oferentes. Shrestha *et al.* (2010) plantearon un método de análisis de correlación lineal para averiguar si las ofertas están matemáticamente desequilibradas o no. Hyari (2016) propuso un modelo de identificación de ofertas desequilibradas, que utiliza el precio unitario promedio de todos los oferentes para ajustar el precio unitario de cada rubro de oferta presentado por los oferentes. Con ello, proporcionó un modelo de detección de ofertas desequilibradas funcional para entidades contratantes. Este modelo considera la incertidumbre en cantidades estimadas de rubros y utiliza la simulación de Monte Carlo (Peña Sánchez de Rivera, 2001) para anticipar el impacto probable de diferencias entre las cantidades contratadas y ejecutadas por cada rubro.

Por otro lado, Nikpour *et al.* (2017) plantearon una herramienta de detección de ofertas desequilibradas, que consiste en un gráfico del índice de distribución de mercado de ofertas (BMDI) por sus siglas en inglés. Esta herramienta también utiliza la simulación de Monte Carlo para considerar los impactos de las incertidumbres de costos y riesgos. An *et al.* (2018) desarrollaron un modelo que utiliza el precio referencial estimado por la entidad contratante como criterio de evaluación para identificar las ofertas desequilibradas. Polat *et al.* (2019) y Polat *et al.* (2020) formularon un modelo de detección de ofertas no balanceadas, que permite calcular las calificaciones individuales de cada licitante asignando diferentes pesos a estos sistemas de calificación de acuerdo con las características del proyecto o sus propias necesidades.

En fin, el problema de ofertas desequilibradas ha estimulado el desarrollo de una gran cantidad de métodos funcionales para que las entidades contratantes las puedan detectar, y, por consiguiente,



desechar. Ello sugiere que, los investigadores de este fenómeno han favorecido el desarrollo de modelos que son funcionales para las entidades contratantes con más énfasis que para las empresas contratistas. De este modo, surge la necesidad de que las empresas contratistas también cuenten con herramientas que les permita anticipar o predecir posibles conflictos de subestimación de precios. Estudios enfocados en este problema son menos frecuentes en la literatura, por lo que en este artículo lo pretendemos abordar.

En cuanto al proceso de fiscalización y administración de contratos, la gestión de las entidades contratantes exige la definición de un cronograma de trabajo, una planeación adecuada y la supervisión de todo el proceso constructivo; es decir, ir más allá de la intención de ejecutar una obra de infraestructura. El estudio de Guzmán *et al.* (2019) revela algunas deficiencias típicas en la planeación de la ejecución de obra al interior de las entidades contratantes. Los autores concluyeron que, en Ecuador, muchos procesos contractuales debieron suspenderse en el periodo 2013-2016 por cuanto no existían diseños definitivos o porque faltó claridad en el contenido de los pliegos y las especificaciones técnicas correspondientes; o, porque los oferentes, aun sabiendo los requisitos, presentan sus ofertas sin cumplirlos a cabalidad. Al momento de producirse situaciones adversas, muchas veces no imputables al contratista, suelen acarrear consigo suspensión de obra, prórrogas de plazo, aumento de cantidades de obra, creación de rubros nuevos, contratos complementarios, multas, entre otros.

Existen herramientas que facilitan la interacción durante la ejecución de un contrato de obra, entre la administración del contrato, fiscalización y contratista. Por ejemplo, Sánchez y Jaramillo (2017) desarrollaron un sistema informático para optimizar el llenado del libro de obra y de esta manera mejorar la transparencia y el control de la construcción a través del registro diario de actividades.

Esta aplicación ha permitido dar seguimiento en tiempo real al cronograma de avance de obra y detectar cualquier variación de cantidades con respecto a la tabla de cantidades o precios del contrato. La aplicación considera las Normas de Control Interno de Contraloría¹, las cuales norman la actividad de los administradores de contrato, fiscalizadores y contratistas. Este tipo de

¹ Normas de control interno son directrices administrativas y financieras emitidas por la Contraloría General del Estado para instituciones públicas



herramientas ayuda a identificar problemas oportunamente y evitar desacuerdos entre las partes a la hora de anunciar los incrementos de obra, autorizar su ejecución y cancelar los costos que traen consigo. Sin embargo, el problema se identifica en el momento en que ocurre, mientras que su probabilidad de ocurrencia no es posible de anticipar en etapas más tempranas.

Metodología

Este estudio responde a la pregunta de investigación: ¿cuál es la probabilidad de que el pago final por un contrato de licitación de obra supere en 15% al precio contratado? La metodología es cuantitativa y sus resultados se contrastarán con los argumentos de los estudios previos. Entre el 2008 y 2019 se llevaron a cabo 1'244.830 procesos de contratación pública. Dentro de ese universo, la presente investigación aborda los 1209 procesos de licitación de obras que ya han sido finalizados. Usando Ecuación 1 y Ecuación 2 (Lind, 2012), se extrajo una muestra aleatoria de 234 contratos adjudicados por proceso de licitación de obras en el portal de compras públicas entre los años 2008 y 2019.

	$n = \frac{\frac{N}{N-1} pq}{\frac{e^2}{Z_{\alpha/2}^2} + \frac{pq}{N-1}}$	Ecuación 1
--	--	------------

Donde n es la muestra, N la población, p la proporción de éxito, q la proporción de fracaso (1-p), e el nivel de error y z el nivel de confianza.

$$n_{tr} = \frac{n}{TR} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde n_{tr} es la muestra ajustada, n la muestra y TR la tasa de respuesta.

De los datos extraídos de la página del SOCE² se observó una tasa de respuesta del 80% de procesos que contaban con toda la información cargada en la página de compras públicas y un 20% que no la tenía. La información obtenida de los procesos analizados se realizó en base a los contratos y las actas de recepción definitiva organizando cada proceso tal como se muestra en la Tabla 2. Con la finalidad de mostrar la disposición de los datos, se visualizan a continuación los dos primeros procesos y los dos últimos procesos de la muestra.

² www.compraspublicas.gob.ec



Tabla 2: Datos obtenidos del portal comprapublicas.gob.ec SOCE

Ítem	Objeto del Proceso	Provincia	Monto Referencial	Monto Contractual	Monto Ejecutado	Plazo Contractual y Plazo Ejecutado		Contrato Complementario Diferencia en Cantidades de Obra Rubros Nuevos		
1	Regeneración urbana del barrio Los Vergeles II etapa	El Oro	1'780.274	1'671.769	1'743.531	180	180	NO	NO	SI
2	Construcción edificio agencia Tena EEASA	Tungurahua	713.823	613.890	799.673	300	342	SI	NO	NO
233	Construcción de redes de distribución y planta de tratamiento de agua potable	Azuay	1'107.454	896.682	1'567.082	300	482	SI	SI	SI
234	Construcción del edificio anexo municipal	Guayas	809.792	789.853	1'066.612	150	320	SI	SI	SI

Fuente: Sistema Oficial de Contratación del Estado SOCE (2020)

El diseño de investigación aborda la pregunta como un problema de clasificación. Así, se desarrolla un sistema de aprendizaje capaz de predecir si el precio final de un contrato será $> 15\%$ del precio contratado.

Para el efecto, los datos fueron transformados en variables categóricas. La variable de salida o resultado es la diferencia entre el precio final y el contratado, a la cual se asigna «0» cuando la diferencia es $<15\%$ y «1» si no lo es. Las variables de entrada o predictores son: Región, Sector, Monto, Plazo y Entidad Contratante, en la Tabla 3 se indica cómo se transformó la base de datos en variables categóricas. Asimismo, para fines ilustrativos, se presentan los primeros dos procesos y los dos últimos de la muestra.



Tabla 3. Conversión de base de datos en variables categóricas

Ítem	Región	Sector	Monto	Plazo	Entidad Contratante	Contrato Complementario		Variación	
						Diferencia en Cantidades de Obra	Rubros Nuevos		
	Costa=0 Sierra=1 Oriente=2 Insular=3	Eléctrico=0 Agua=1 Vial=2 Edificio=3 Esparcimiento=4	$\leq 500.000=0$ $\leq 1'000.000=1$ $\leq 3'000.000=2$ De otro modo=3	$\leq 180=0$ $\leq 360=1$ De otro modo=2	Gobierno Autónomo Descentralizado=0 Función Ejecutiva=1	NO=0 SI=1	$> 0.15=1$ $< 0.15=0$		
1	0	2	2	0	0	0	0	1	0
2	1	3	1	1	1	1	0	0	1
233	1	1	1	1	0	1	1	1	1
234	0	3	1	0	0	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia a partir de observación (2020)

Los datos presentados en la Tabla 3 son comunes en todos los contratos. La idea es desarrollar la habilidad de anticipar qué contratos son más probables de experimentar un aumento de precio $> 15\%$. Para el análisis se aplica un modelo de predicción basado en *Naïve Bayes*, utilizando el paquete de R Core Team (2013) «e1071» (Meyer *et al.*, 2017). *Naïve Bayes* es uno de los algoritmos más utilizados en problemas de clasificación por su simplicidad, efectividad y robustez (Arar y Ayan, 2017).

La base de datos original que contiene 234 registros fue dividida de manera aleatoria usando R, en 70% para entrenamiento (177 registros) y 30% para prueba (57 registros). Para estimar la efectividad del algoritmo clasificador se utilizó el error de clasificación (MCE). Esta métrica indica la proporción total de observaciones que se clasifican incorrectamente. El error de clasificación es recomendable cuando se trabaja con modelos de muestras equilibradas (Lu *et al.*, 2019), como en este caso. Para calcular esta métrica es necesario obtener los falsos positivos (FP) y falsos negativos (FN). Es decir, la proporción de instancias clasificadas incorrectamente para las clases consideradas como positivas y negativas respectivamente. Los verdaderos positivos (TP) y



verdaderos negativos (TN), al contrario, son las instancias correctamente clasificadas. Para el cálculo del error se utilizó la Ecuación 3:

$$MCE = \frac{FP + FN}{TP + FN + FP + TN} \quad \text{Ecuación 3}$$

Resultados

Se realizaron dos niveles de análisis. Primero, un análisis descriptivo de la muestra; y segundo, se aplicó el modelo de predicción basado en *Naïve Bayes* para calcular la probabilidad de que el monto ejecutado o precio final del contrato supere en 15% al precio contratado. Seguidamente, se identifican aquellos casos en que la probabilidad de ocurrencia supera el 70%. Es decir, nos concentramos en las características de contratos con más del 70% de probabilidad de que su precio final supere en 15% el precio contratado.

En promedio, la diferencia entre el precio final y el precio contratado de la muestra es 17,80%. Ello sugiere que por cada millón de dólares que se contrató durante el período de estudio, se necesitó contar, en términos nominales, con \$ 178.000 adicionales para la liquidación al final del contrato. El 81,27% de los contratos terminó con un precio mayor al contratado. El 88,46% de los contratos se adjudicó por un precio menor al referencial, mientras el 14,96% de los contratos se adjudicó por un valor menor en 15% o más respecto del precio referencial. Ello supuso un ahorro del 5,97% respecto del valor presupuestado. Es decir, por cada millón de dólares presupuestados para contratos de licitación de obra, se contrató \$ 940.300, suponiendo un ahorro de \$ 59.700. Otro dato interesante es que el 58,12% de los contratos se adjudicó por monto menor al valor referencial, pero su ejecución superó el valor referencial. Y, el 41,45% de los contratos, además de adjudicarse por monto menor al valor referencial, se ejecutó por un valor mayor en 15% o más del valor contratado.

El monto promedio contratado en la muestra fue de \$3,6 millones; no obstante, la media fue de \$1,4 millones. De la muestra, el 44,87% de los procesos se dieron en la costa, 43,16% en la sierra, 11,54% en el oriente, y el 0,4% en la región insular. En cuanto a la entidad contratante, el 73,08% de la muestra son gobiernos autónomos descentralizados (GAD), y el 26,92% son entidades de la administración pública central. Además, el 47,44% de la muestra superó el 15% del precio contratado. Por último, el 55,98% de los contratos presentaron diferencia en cantidades de obra, el



72,22% presentaron rubros nuevos, y el 74,79% de los casos acordaron reajuste de precios. En cuanto a las probabilidades de que el precio final de un contrato supere al precio contratado en 15% o más, la Tabla 4 presenta los detalles correspondientes. La distribución de la muestra es equilibrada en cuanto a que el 47,4% de los contratos supera el umbral del 15%, mientras el 52,6% no lo supera. En la Tabla 4 se presentan las probabilidades calculadas con el algoritmo clasificador que se desarrolló con el modelo basado en *Naïve Bayes*. Para probar el rendimiento del algoritmo, hemos utilizado el error de clasificación (MCE) usando la Ecuación 3. El error de clasificación de la base de datos de entrenamiento fue de 0.4463277, mientras que con la base de datos de prueba fue del 0.4035088. Se presume que estos errores pueden disminuir con el incremento de datos. Precisamente, una de las limitaciones de trabajar con *Naïve Bayes*, y por consiguiente de este estudio, es que requiere de un número elevado de datos en su proceso de aprendizaje.

Tabla 4. Predicción de la probabilidad

Región	Sector	Monto	Plazo	Entidad Contratante	Probabilidad de superar el 15%
Costa=0 Sierra=1 Oriente=2 Insular=3	Eléctrico=0 Agua=1 Vial=2 Edificio=3 Esparcimiento=4	≤ 500.000=0 ≤ 1'000.000=1 ≤ 3'000.000=2 De otro modo=3	≤ 180=0 ≤ 360=1 De otro modo=2	Gobierno Autónomo Descentralizado=0 Función Ejecutiva=1	Probabilidad de superar el 15%
1	3	3	1	1	99.70%
0	3	1	0	1	99.54%
1	3	3	2	1	88.65%
1	2	3	2	1	86.95%
1	3	2	2	1	85.26%
0	2	3	2	1	85.20%
1	1	3	2	1	84.23%
1	2	2	2	1	83.16%
1	2	3	1	1	73.87%
1	2	3	0	1	72.64%
1	3	1	1	1	72.27%
1	4	2	0	1	71.71%
1	3	2	1	1	71.05%
1	3	1	0	1	70.98%
0	2	3	1	1	70.96%

Fuente: Elaboración propia a partir de observación (2020)

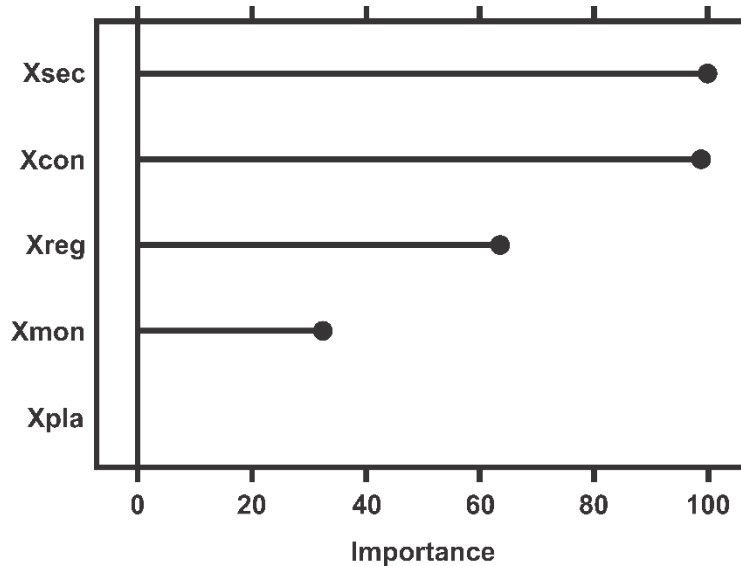


En la Tabla 4 se han considerado únicamente las combinaciones de variables con las que la probabilidad de que el precio final supere al contratado en 15% o más es de al menos 70%. Por ejemplo, si un proceso de licitación de obra para la construcción de infraestructura vial ocurre en la región sierra, el monto supera los 3 millones de dólares, el plazo es mayor a 360 días calendario y es contratado por una entidad del gobierno central, tiene el 86,95% de probabilidad de superar el 15% del monto contractual al momento de su liquidación.

Otro ejemplo, si un proceso de licitación de obra para la construcción de una edificación ocurre en la región sierra, el monto es menor a 1 millón de dólares, pero mayor a 500 mil dólares, el plazo es menor a 180 días calendario y es contratado por una entidad de la administración pública central, tiene el 70,98% de probabilidad de superar el 15%.

Finalmente, la jerarquía o influencia que cada variable tiene sobre la probabilidad de que el precio supere en 15% al monto contratado se representa en la Figura 1. El sector es el predictor más importante del modelo, seguido por la entidad contratante.

Figura 1. Influencia de cada variable sobre el resultado



Fuente: Elaboración propia a partir de observación (2020)

Discusión

La dicotomía subestimación de precios/ofertas desequilibradas como causa de la diferencia entre los precios ejecutados versus los precios contratados, supone que la raíz del problema está en las



entidades contratantes o en las empresas contratistas. Este estudio ayuda a dilucidar que ninguna de los dos actores es 100% responsable de este problema, sino que se trata de una responsabilidad compartida, aunque en diferentes grados de influencia. Si hacemos una evaluación comparativa con el estudio de Flyvbjerg *et al.* (2002), en que la diferencia de precios ejecutado versus contratado en casos de Europa y Estados Unidos está por alrededor del 28%, se puede argumentar que Ecuador no presenta una situación tan desperdigada. Sin embargo, nuestro estudio confirma el argumento de que en la mayoría de los procesos de licitación de obra se subestima el precio. Así lo sugieren el 81,27% de los contratos, en que lo ejecutado superó a lo contratado, mientras apenas el 18,37% en que se sobrestimó el precio, es decir, en que lo ejecutado estuvo por debajo de lo contratado. En definitiva, ambos casos, subestimación y sobrestimación de precios, sugieren que el manejo de recursos para procesos de licitación de obras es ineficiente. Cuando se subestima, se hace necesario reprogramar presupuesto para finalizar una obra en proceso. Este mecanismo puede dejar sin presupuesto a otras inversiones incluidas en los planes anuales de las instituciones. Por el contrario, cuando se sobrestima, se excluye otras posibles inversiones de los planes institucionales.

Desde la perspectiva de ofertas desequilibradas, el promedio de la diferencia entre precio referencial y contratado de 5,97% no parece sugerir la existencia de un problema de esta naturaleza. Sin embargo, tomando como referencia el umbral del 15% utilizado en este estudio, el 14,96% de los contratos se adjudicó a una posible oferta desequilibrada, las que fluctuaron en un rango entre el 15% y el 38,69%. Ahora, si definimos como oferta desequilibrada a aquellas por debajo del valor referencial en 15% o más y cuyo valor ejecutado haya superado en 15% o más el monto contratado, esto ocurrió en el 5,98% de los casos. En el caso más sobresaliente, se ofertó por un precio 19,03% por debajo del referencial, mientras la diferencia entre lo ejecutado y lo contratado fue del 74,76%. Este fue un contrato en la región sierra, en el sector agua, con un presupuesto referencial apenas superior a 1 millón, un plazo menor a 360 días, contratado por un GAD. Según el modelo basado en *Naïve Bayes*, la probabilidad de una diferencia mayor al 15% entre lo ejecutado y lo contratado, en este escenario, sería menor al 70%.

Los resultados sugieren que la raíz de la diferencia de precios en 15% o más, entre el monto ejecutado y el contratado, es más un problema de subestimación de precios que de oferta desequilibrada. Ello aparentemente significaría que la raíz del problema está más en las entidades contratantes que en los contratistas. Según el análisis probabilístico de escenarios, una substancial



subestimación de precios, definido en este estudio como una diferencia igual o mayor al 15% entre el valor contratado y el ejecutado, es más frecuente en obras de edificios e infraestructura vial, contratados por entidades dependientes de la función ejecutiva, a ser ejecutados en la región sierra, por monto superior a los 3 millones de dólares. Este resultado guarda similitud con el estudio de Flyvbjerg *et al.* (2002), el cual se concentró en las obras de infraestructura de transporte.

Por último, durante la etapa de levantamiento de datos, se pudo observar en los antecedentes de las actas de entrega recepción definitiva, la existencia de un número inusual de cambio de responsables de la fiscalización o de la administración de contratos durante la etapa de ejecución. Esta situación tiende a generar un ambiente de incertidumbre en las empresas contratistas. En ese sentido, Silva y Sangurima (2017) han propuesto un sistema interconectado en tiempo real que ayudaría a controlar el seguimiento de cantidades presupuestadas a través del cronograma de avance de obra. Esto último sugiere que la raíz de las diferencias de precios podría también estar en los sistemas y prácticas de fiscalización y administración de contratos. Para ello, se debería plantear nuevas investigaciones que se concentren en cómo estas prácticas afectan las diferencias entre los precios de contratación y ejecución en licitación de obras.

Conclusiones

Este estudio ha investigado cómo se puede anticipar si un contrato de licitación de obra pública en Ecuador experimentará un incremento de precio superior al 15% del valor contratado. El estudio constata que la causa de las diferencias significativas entre precios contratados y ejecutados es compartida entre contratantes y contratistas. Es decir, existe tanto subestimación de costos como ofertas desequilibradas, por lo que cualquier intento de abordar esta problemática debe incorporar a todos los actores que participan en su ejecución. El modelo ha identificado 15 combinaciones de parámetros correspondientes a las variables región, sector, monto, plazo y entidad contratante, con una probabilidad de 70% o más de que el valor ejecutado supere al contratado en no menos del 15%.

Los resultados presentados en este estudio constituyen una contribución empírica y práctica. Por el lado empírico, se ha explorado la capacidad del modelo de predicción *Naïve Bayes* para identificar escenarios conflictivos en el dominio de la contratación pública. Por el lado práctico, este estudio ayuda a que las empresas contratistas puedan anticipar posibles conflictos y



administren los riesgos inherentes de manera activa. También, el estudio es útil para que entidades de control identifiquen oportunamente algunas causas que impiden a las entidades contratantes lograr sus objetivos incluidos en planes operativos y planes de inversión.

Por último, en lo que concierne a investigaciones futuras, este estudio ha identificado una agenda para profundizar el análisis de los escenarios propensos a terminar en conflictos por diferencias entre los precios de contratación y ejecución de obra. Así mismo, abre una nueva interrogante sobre el papel de las prácticas de fiscalización y de administración de contratos en estos conflictos. Finalmente, se hace necesario también analizar los tipos de contratos con menor probabilidad de presentar diferencias significativas de precios, así como las causas que lo permiten.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés

Referencias

- An, X., Li, H., Zuo, J., Ojuri, O., Wang, Z., & Ding, J. (2018). Identification and prevention of unbalanced bids using the unascertained model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(11), 1943-7862. <https://doi.org/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001563>
- Arar, Ö., & Ayan, K. (2017). A feature dependent Naive Bayes approach and its application to the software defect prediction problem. *Applied Soft Computing* (59), 197-209. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.05.043>
- Arce Rojas, D. (Junio de 2003). El contrato de obra, razones de las órdenes de cambio o reclamaciones de los contratistas. *Vniversitas*(105), 281-296. <https://bit.ly/311Bq2i>
- Arditi, D., & Chotibhongs, R. (2009). Detection and prevention of unbalanced bids. *Construction Management and Economics*, 8, 721-732. <https://doi.org/10.1080/01446190903117785>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 395. <https://bit.ly/3gAPqLQ>
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico Administrativo*. Quito: Registro Oficial Suplemento 31. <https://bit.ly/3ifO4XA>
- Asamblea Nacional. (2017). *Ley Orgánica para la Eficiencia en la Contratación Pública*. Quito:



- Registro Oficial Suplemento 966. <https://bit.ly/3fBKjtH>
- Assaf, S., Hassanain, M. A., & Abdallah, A. (2019). Significant causes of claims and disputes in construction projects in Saudi Arabia. *Built Environment Project and Asset Management*, 597-615. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2018-0113>
- Azman, M. A., Abdul-Samad, Z., & Ismail, S. (2013). The accuracy of preliminary cost estimates in Public Works Department (PWD) of Peninsular Malaysia. *International Journal of Project Management*, 31(7), 994-1005. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.008>
- Bell, M. (1989). *Unbalanced Bidding in Government Contracts* (PhD thesis ed.). Washington, DC.: George Washington University. <https://bit.ly/3fxBl0v>
- Bradley, R. M., Powell, M. G., & Soulsby, M. R. (1990). Quantifying variations in project-cost estimates. *Journal of Management in Engineering*, 6(2), 99-106. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1990\)6:1\(99\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)9742-597X(1990)6:1(99))
- Cattell, D. W., Bowen, P. A., & Kaka, A. P. (2007). Review of unbalanced bidding models in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(8), 562-573. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2007\)133:8\(562\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:8(562))
- Chou, J. S., Peng, M., Persad, K. R., & O'Connor, J. T. (2006). Quantity-based approach to preliminary cost estimates for highway projects. *Transportation Research Record*, 1946(1), 22-30. <https://doi.org/10.3141/1946-03>
- Contraloría General del Estado. (2009). *Normas de Control Interno para las Entidades, Organismos del Sector Público y de las Personas Jurídicas de Derecho Privado que dispongan de recursos públicos*. Quito: Registro Oficial Suplemento 87. <https://bit.ly/3ic7tZi>
- El Proyecto R para computación estadística: *A language and environment for statistical computing*, 1.0.136. (2013). <https://bit.ly/3gyUZL3>
- Elfaki, A. O., Alatawi, S., & Abushandi, E. (2014). Using intelligent techniques in construction project cost estimation: 10-year survey. *Advances in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2014/107926>
- Fernández Ruiz, J. (2015). El Contrato Administrativo y la Licitación Pública. *Derecho & Sociedad*, 75-83. <https://bit.ly/3klUDJK>
- Flyvbjerg, B., Hom, M. S., & Buhl, S. (2002). Underestimating costs in public works projects:



- Error or lie? *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279-295.
<https://doi.org/10.1080/01944360208976273>
- Gates, M. (1959). *Aspects of competitive bidding*. Connecticut Society of Civil Engineers. Annual Report.
- González, J. L. (2009). Informe Anual 2009. Quito: Instituto Nacional de Contratación Pública.
<https://bit.ly/3a63Y3J>
- Hyari, K. H. (2016). Handling unbalanced bidding in construction projects: Prevention rather than detection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2, 1943-7862.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001045](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001045)
- Hyari, K. H., Shatarat, N., & Khalafallah, A. (2017). Handling Risks of Quantity Variations in Unit-Price Contracts. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001393](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001393)
- Lind, D. (2012). Estadística aplicada a los negocios y la economía. *Estadística aplicada a los negocios y la economía*, 15, 81-87.
- Lu, C., Ke, H., Zhang, G., Mei, Y., & Xu, H. (2019). An improved weighted extreme learning machine for imbalanced data classification. *Memetic Computing*, 11(1), 27-34.
<https://doi.org/10.1007/s12293-017-0236-3>
- Meyer, D., Dimitriadou, E., Hornik, K., Weingessel, A., & Leisch, F. (26 de 11 de 2019-11-26). *e1071: Misc Functions of the Department of Statistics, Probability Theory Group (Formerly: E1071), TU Wien*. <https://bit.ly/3a3xZRR>
- Nikpour, B., Senoucri, A., & Eldin, N. (2017). Detection tool for unbalanced bids. *Open Journal of Civil Engineering*, 7(3), 409-422. <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.73028>
- Odujami, K. T., & Onukwube, H. N. (2008). Factors affecting the accuracy of a pre-tender cost estimate in Nigeria. *COBRA 2008 - Construction and Building Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*, 50, pág. 32. <https://bit.ly/2XzqzAK>
- Peña Sánchez de Rivera, D. (2001). Deducción de distribuciones: el método de Monte Carlo. *Fundamentos de Estadística*. Alianza Editorial, Madrid. pp, 220-300.
- Polat, G., Turkoglu, H., & Damci, A. (2019). A Grading System-based Model for Detecting Unbalanced Bids during the Tendering Process. *Periodica Polytechnica Architecture*, 50(2), 139-147. <https://doi.org/10.3311/ppar.12669>
- Polat, G., Turkoglu, H., Damci, A., & Dogu Akin, F. (2020). Detecting unbalanced bids via an



improved grading-based model. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 2072–2082. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2020-0004>

Sánchez Silva, W. F., & Jaramillo Sangurima, W. E. (2017). Software «libro de obra» aplicado en la ejecución de proyectos de la empresa pública municipal de vivienda de Loja «VIVEM-EP». *INNOVA Research Journal*, 2(4), 77-87.
<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n4.2017.152>

Servicio Nacional de Contratación Pública. (2020). *Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador*. <https://bit.ly/3fDHoka>

Shrestha, P. P., & Pradhananga, N. (2010). Correlating bid price with the number of bidders and final construction cost of public street projects. *Transportation research record*, 2151(1), 3-10. <https://doi.org/10.3141/2151-01>

Shrestha, P., Shrestha, K., & Joshi, V. (2012). Investigation of unbalanced bidding for economic sustainability. *Proceedings of International Conference on Sustainable Design, Engineering, and Construction* (págs. 609-616). Fort Worth: ICSDEC.
<https://doi.org/10.1061/9780784412688.073>

Wang, W. (2004). Electronic-based procedure for managing unbalanced bids. *Journal of Construction Engineering and Management*, 3, 455-460.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:3\(455\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:3(455))