

02-011 – Predictive model for cost overruns and delays in public supply water and sewage projects in Peru – Modelo de predicción de sobrecostos y retrasos en obras de suministro de agua potable y saneamiento en Perú

León-González, Mariugenia¹; Julca-Varas, Carlos Antonio¹; García-Segura, Tatiana¹; Montalbán-Domingo, Laura¹; Pellicer, Eugenio¹

(1) Universitat Politècnica de València

 Spanish  Spanish

The construction industry is crucial for the social and economic development of Peru, particularly public works related to public water supply and sewage, which aim to improve the quality of life and meet the basic needs of the population. However, this sector faces constant issues of delays and cost overruns that directly impact the quality of these services. This study analyzes 318 procurement files for public works with the goal of developing a predictive model to anticipate delays and cost overruns in supply water and sewage projects in Peru. Through exploratory factor analysis, the most relevant risks were identified and grouped into latent factors. For delays, four latent factors were identified: "administrative and governmental issues," "problems with technical documentation," "inaccurate technical studies," and "land and contract management." For cost overruns, the risk factors identified were: "administrative issues," "external factors," and "errors and deviations during the design phase." Based on the identified factors, a predictive model was developed using multiple linear regression to anticipate delays and cost overruns in public supply water and sewage projects in Peru.

Keywords: *Water supply; Peru; Forecast; Delay; Sewage; Cost overrun*

El sector de la construcción es fundamental para el desarrollo social y económico de Perú, en especial las obras de agua potable y saneamiento, las cuales buscan mejorar la calidad de vida y satisfacer las necesidades básicas de la población. No obstante, este sector enfrenta constantes problemas de retrasos y sobrecostos que impactan directamente en la calidad de estos servicios. El presente estudio analiza 318 expedientes de contratos de obras con el objetivo de desarrollar un modelo predictivo que permita anticipar el retraso y sobrecoste en obras de suministro de agua potable y saneamiento en Perú. A través del análisis factorial exploratorio, se identificaron los riesgos con mayor relevancia, los cuales se agruparon en factores latentes. Para el retraso se identificaron cuatro factores latentes: "problemas administrativos y gubernamentales", "problemas con documentación técnica", "estudios técnicos inexactos" y "gestión de terrenos y contratos". Mientras que para el sobrecoste se identificaron como factores de riesgo: "problemas administrativos", "factores externos" y "errores y desviaciones en fase de diseño". Con base a los factores hallados, se desarrolló un modelo predictivo mediante la regresión lineal múltiple para anticipar retrasos y sobrecostos en obras de suministro de agua potable y saneamiento en Perú.

Palabras claves: *Agua potable; Perú; Predicción; Retraso; Saneamiento; Sobrecoste*

Acknowledgments:

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Generalitat Valenciana a través de la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo (Proyecto CIAICO/2023/216).



©2025 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En todo el mundo, los sobrecostos y retrasos son un motivo de gran inquietud en el sector de la construcción, especialmente en los contratos de obras públicas (Julca-Varas et al., 2025). Aunque se han logrado avances tecnológicos y existen modernas técnicas de gestión de proyectos, los retrasos siguen siendo comunes y, en gran parte de los casos, conllevan sobrecostos en los proyectos (Aydin & Mihlayanlar, 2018).

El desarrollo económico y social de cualquier país, depende en gran medida del sector de la construcción (Hussain et al., 2018). En Perú, este sector se destaca como uno de los pilares de su economía, representando un 6,89% del Producto Interno Bruto (PIB) del país (INEI, 2024). No obstante, en la última década se ha incrementado el número de obras paralizadas, especialmente en el sector de saneamiento (La Contraloría General de la República del Perú, 2024). Las obras en esta área son esenciales para el desarrollo del país, dado que el acceso a servicios de agua potable y saneamiento no solo mejora el bienestar de la población, sino que también influye positivamente en la economía (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021).

Por lo antes expuesto, resulta de gran importancia estudiar los riesgos que contribuyen con el sobrecoste y el retraso en las obras públicas, con el objetivo de desarrollar estrategias y métodos para mejorar la gestión de estos riesgos. Este trabajo no solo se centra en identificar y clasificar tales riesgos, sino también en analizar cómo estos influyen en los retrasos y sobrecostos experimentados en las obras. Las conclusiones de este estudio son esenciales para proponer herramientas que permitan anticiparse a las causas de retraso y sobrecoste, mejorando así la gestión de las obras de agua potable y saneamiento en Perú.

2. Metodología

El presente estudio está centrado en el análisis de 318 contratos de obra pública de suministro de agua potable y saneamiento finalizados en Perú, registrados en el portal InfObras durante el período 2010-2021. Se incluyen exclusivamente contratos que tienen la modalidad de contratación Proyecto-Licitación-Obra, ejecutados mediante contratistas y promovidos por las administraciones a nivel nacional, regional o provincial.

Los documentos asociados a cada expediente fueron analizados mediante un análisis de contenido con el objetivo de identificar las principales causas de retraso y sobrecoste. Posteriormente, una vez recopilada la información a analizar, se realizó un análisis descriptivo con el objetivo de caracterizar la muestra.

Con el fin de dar respuesta a los objetivos de investigación, en primer lugar, se llevó a cabo un análisis de correlación para analizar la relación entre los riesgos de retraso y de sobrecoste. Seguidamente, se implementó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) para examinar los riesgos de sobrecoste y retraso. Esta metodología estadística permite identificar y comprender las estructuras subyacentes en conjunto de variables. El AFE se ejecutó mediante el análisis de componentes principales (PCA), una técnica que permite transformar un conjunto de variables potencialmente interrelacionadas a un conjunto más reducido de nuevas variables, llamadas componentes principales. Lo cual permite explicar la mayor parte de la varianza presente en los datos originales con una cantidad menor de variables. Esta técnica facilita una exploración detallada de las dimensiones subyacentes o constructos latentes, permitiendo así una interpretación más clara y concisa de la estructura de los datos y reduciendo la complejidad del conjunto de datos original manteniendo la mayor parte de la información relevante (González, 2015). Dado que se asume que las variables están interrelacionadas, se empleó la rotación oblicua mediante el método Promax (Field, 2013), lo que permite que los factores resultantes puedan correlacionarse, reflejando con mejor precisión las posibles

relaciones entre los riesgos analizados. Se estableció un criterio mínimo de carga factorial con un valor absoluto superior a 0,4. Por lo tanto, las variables con cargas factoriales inferiores a este umbral fueron excluidas del análisis, dado que no aportan suficiente contribución a la explicación de la varianza.

La evaluación de la idoneidad de los datos para el análisis factorial se realizó mediante el estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Posteriormente, se analizó la Prueba de Esfericidad de Barlett. Este análisis examinó la hipótesis nula de que la matriz de correlación es una matriz identidad. Si esta fuera verdadera, indicaría una ausencia de correlación entre las variables. Esto sugeriría que los datos no son adecuados para el análisis factorial. La interpretación de los resultados de la prueba de Bartlett se basa en el valor p, un valor $p < 0.05$ se considera estadísticamente significativo, indicando que existen correlaciones suficientes entre las variables y por consiguiente la idoneidad de los datos para la aplicación del análisis factorial (González, 2015). Seguidamente, a partir de la matriz de correlaciones anti-imagen se estudió si los elementos diagonales eran mayores o iguales a 0,5 para todas las variables, lo cual garantiza que cada variable tiene una correlación suficiente entre sí para formar parte del análisis factorial. Por último, a partir de la comunalidad, se evaluó la proporción de la varianza de cada variable individual que es explicada por los factores extraídos del análisis. Se considera que los valores inferiores a 0,5 indican que la capacidad explicativa del modelo sobre la variable en cuestión no es suficiente. Esto sugiere que podría ser adecuado eliminar dicha variable si resulta de poca relevancia para los objetivos de la investigación (Field, 2013).

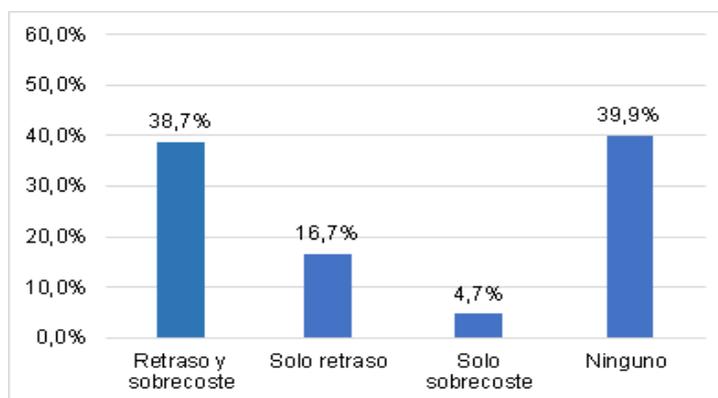
Finalmente, teniendo en cuenta los factores obtenidos en los análisis factoriales, se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple para predecir, por un lado, el retraso y, por otro lado, el sobrecoste.

3. Resultados

3.1 Caracterización de la muestra

La muestra recoge 318 contratos de obras de suministro de agua potable y saneamiento en Perú, con ejecución finalizada. La Figura 1 recoge la incidencia de sobrecostes y retrasos en los contratos analizados. Como se observa, el 39,9% de los contratos no presentaron ningún tipo de desvío. Sin embargo, el 16,7% de los contratos se vieron afectados únicamente por desvíos en el plazo, y solo el 4,7% presentan solo desvíos presupuestarios. Finalmente, 38,7% presentan tanto sobrecoste, como retraso.

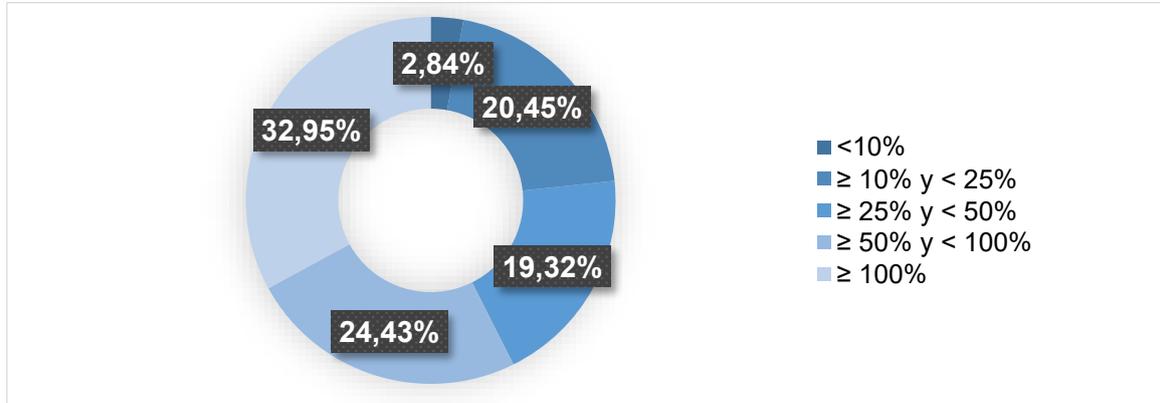
Figura 1: Incidencia de sobrecostes y retrasos.



Asimismo, se analizó el porcentaje de incidencia en contratos con sobrecostes y retrasos. En la Figura 2 se muestra la incidencia del retraso, distribuida en cinco categorías según el porcentaje de retraso acumulado respecto al plazo original del contrato. La mayor proporción,

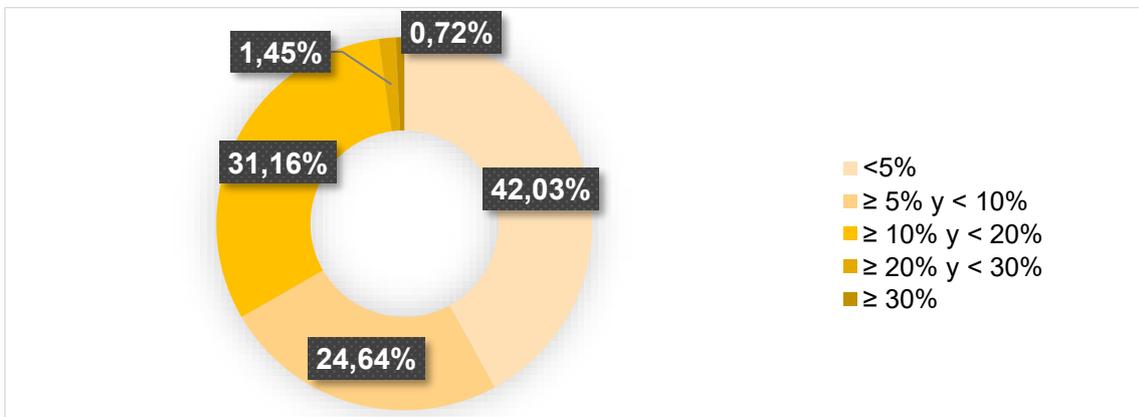
un 32,95%, corresponde a contratos con retrasos superiores al 100% del tiempo previsto inicialmente, seguido por un 24,43% de los contratos que presentan un retraso entre el 50% y el 100%.

Figura 2: Clasificación de los contratos según su porcentaje de retraso.



La Figura 3 muestra que el 42,03% de los contratos presentan un sobrecoste inferior al 5% respecto al presupuesto inicial. Un 24,64% de los contratos tiene un sobrecoste que oscila entre el 5% y el 10%. Por otro lado, el 31,16% de los contratos han sido afectados por un sobrecoste más significativo, entre el 10% y el 20%. Mientras que el 1,45% de los casos presenta sobrecostos comprendidos entre el 20% y el 30%. Finalmente, solo un 0,72% de los contratos muestra un sobrecoste superior al 30%.

Figura 3: Clasificación de los contratos según su porcentaje de sobrecoste.



La caracterización de la muestra según el presupuesto base de licitación muestra que el 55,35% de estos tienen un presupuesto entre 100.000 y 500.000 euros. Un 25,16% de los contratos entre 500.000 y 1.000.000 de euros. Por otro lado, el 17% de los contratos superan el millón de euros, mientras que solo el 2,52% corresponde a contratos con un presupuesto inferior a 100.000 euros. Respecto al tipo de promotor, el mayor porcentaje de contratos fueron promovidos por la Administración Provincial (68,24%), mientras que el 16,67% de los contratos estuvieron a cargo de la Administración Regional, y el 15,09% son de la Administración Nacional. Por otro lado, se analizó la distribución de los contratos según el entorno en el que fueron ejecutados, ya sea urbano o rural. Los resultados indican que el 62,26% de los contratos se llevaron a cabo en zonas urbanas, mientras que el 37,74% restante corresponde a obras ejecutadas en zonas rurales. Finalmente, se analizan los

contratos según su tipo de intervención, que puede ser una obra nueva o una ampliación o modificación de obras existentes. Un 77,04%, de los contratos correspondieron a ampliaciones o modificaciones de obras existentes. Por el contrario, el 22,96% de los contratos fueron obras nuevas.

3.2 Principales riesgos de retraso y sobrecoste

Las Tablas 1 y 2 recogen los principales riesgos de retraso y sobrecoste recogidos en la muestra analizada. Para cada riesgo se presenta su probabilidad de ocurrencia y el impacto que cada riesgo ha presentado.

Es importante resaltar que a pesar de que algunos riesgos presentan una probabilidad baja de ocurrencia, su impacto es considerablemente alto. Esto se puede observar en el caso del “Falta de consultas adecuadas ante organismos gubernamentales en fase de diseño (RR14)”, el cual presenta una probabilidad relativamente baja del 2,20%, pero un impacto muy alto, con un promedio de retraso de 566,67%, siendo uno de los riesgos con mayor impacto en el retraso. Lo mismo ocurre con el “Retraso en permisos gubernamentales (RR19)” aunque su probabilidad es baja (2,52%), presenta un impacto máximo de 466,67%. De manera similar, en las variables de sobrecoste, se observa que “Silencio administrativo ante solicitudes del constructor (RS6)”, presenta una probabilidad de solo 1,57%, pero un impacto máximo de 18,85% de sobrecoste sobre el presupuesto. Asimismo, “Reclamos por usuarios directos del proyecto (RS15)” tiene una probabilidad de 1,26%, y un impacto de 13,15%. Esto indica que, aunque no es frecuente su ocurrencia, sus efectos en los sobrecostes son significativos.

Tabla 1: Estadísticos para riesgos de retraso.

Cod.	Riesgo	Prob. de ocurrencia	Impacto		m	M	Desv. Típica
			Min	Máx			
RR1	Retraso en el pago al contratista	0,6%	2,8	16,6	9,7	9,7	9,8
RR2	Problemas de disponibilidad de terrenos	10,7%	7,2	108,3	42,1	32,4	28,8
RR3	Modificaciones contractuales	6,0%	2,1	54,6	18,3	16,7	11,4
RR4	Retraso en aprobación de documentos de obra	20,8%	1,1	200,0	46,4	34,2	40,0
RR5	Retraso en resolución de consultas de obra	4,7%	6,7	250,0	57,5	37,2	64,3
RR6	Silencio administrativo ante solicitudes del constructor	5,4%	2,5	120,0	33,0	21,7	30,2
RR7	Retraso en designación de dirección facultativa	0,3%	15,6	15,6	15,6	15,6	0,0
RR8	Rediseño debido a cambios en el diseño técnico original	7,2%	6,7	60,0	26,1	20,0	15,8
RR9	Estimación inexacta del costo de obra en fase de diseño	2,2%	4,7	20,0	13,8	15,0	5,8
RR10	Estudio de suelos defectuoso	4,4%	4,8	50,0	22,9	19,3	13,6
RR11	Errores y discrepancias en los documentos de diseño	6,0%	3,6	50,0	25,1	22,8	13,4
RR12	Propuesta de métodos de control de calidad inadecuado en obra	0,3%	54,0	54,0	54,0	54,0	0,0

Cod.	Riesgo	Prob. de ocurrenci a	Impacto		m	M	Desv. Típica
			Min	Máx			
RR13	Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra	8,5%	5,3	55,0	19,8	16,7	12,0
RR14	Falta de consultas adecuadas ante organismos gubernamentales en fase de diseño	2,2%	6,1	566,7	106,5	22,2	205,6
RR15	Reclamos por usuarios directos del proyecto	3,1%	8,3	86,0	32,0	31,5	22,8
RR16	Retraso en otorgar permiso para realizar trabajos en obras existentes	2,5%	2,2	50,0	21,9	15,3	18,2
RR17	Retraso de disponibilidad/autorización de servicios públicos en el lugar	0,9%	11,7	48,3	25,1	15,3	20,2
RR18	Interrupción de obras externas debidos a organismos públicos	1,9%	4,4	55,6	26,8	24,6	16,6
RR19	Retraso en permisos gubernamentales	2,5%	10,0	466,7	92,5	19,6	159,1
RR20	Cambios en normativa	0,3%	2,8	2,8	2,8	2,8	0,0
RR21	Conflictos legales entre las partes	0,3%	263,3	263,3	263,3	263,3	0,0
RR22	Escasez de materiales y equipos en el mercado	1,3%	8,8	50,0	22,0	14,6	18,9
RR23	Malas condiciones meteorológicas	15,7%	1,1	150,6	26,9	14,2	29,9
RR24	Manifestaciones/huelgas en vías de acceso	0,9%	0,6	8,3	5,0	6,1	4,0
RR25	Inaccesibilidad al lugar de obra	0,3%	12,5	12,5	12,5	12,5	0,0
RR26	Condiciones imprevistas del lugar de la obra	2,2%	8,7	69,3	33,6	25,0	22,6
RR27	Estado de emergencia COVID	3,8%	49,7	193,3	107,7	89,3	48,3

Nota: m:media; M:mediana

Tabla 2: Estadísticos para riesgos de sobrecoste.

Cod.	Riesgo	Prob. de ocurrencia	Impacto		m	M	Desv. Típica
			Min	Máx			
RS1	Retraso en el pago al contratista	0,3%	1,1	1,1	1,1	1,1	0,0
RS2	Problemas de disponibilidad de terrenos	3,8%	0,1	14,8	4,7	3,6	4,3
RS3	Modificaciones contractuales	7,6%	0,2	15,0	4,7	4,2	4,0
RS4	Retraso en aprobación de documentos de obra	3,1%	0,2	9,0	3,1	2,0	3,1
RS5	Retraso en resolución de consultas de obra	1,6%	0,6	4,0	1,6	1,2	1,4
RS6	Silencio administrativo ante solicitudes del constructor	1,6%	0,3	18,9	7,5	8,8	7,7
RS7	Retraso en designación de dirección facultativa	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS8	Rediseño debido a cambios en el diseño técnico original	7,9%	0,2	14,9	5,9	4,5	4,4
RS9	Estimación inexacta del costo de obra en fase de diseño	10,1%	0,0	16,8	4,4	3,1	4,3
RS10	Estudio de suelos defectuoso	5,0%	0,0	14,7	5,5	3,9	4,8
RS11	Errores y discrepancias en los documentos de diseño	8,2%	0,0	15,0	6,2	4,7	5,0
RS12	Propuesta de métodos de control de calidad inadecuado en obra	0,3%	2,5	2,5	2,5	2,5	0,0
RS13	Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra	11,3%	0,0	16,4	4,2	2,6	4,4
RS14	Falta de consultas adecuadas ante organismos gubernamentales en fase de diseño	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS15	Reclamos por usuarios directos del proyecto	1,3%	1,7	13,2	6,8	6,1	5,5
RS16	Retraso en otorgar permiso para realizar trabajos en obras existentes	0,6%	0,2	1,6	0,9	0,9	1,0
RS17	Retraso de disponibilidad/autorización de servicios públicos en el lugar	0,3%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0
RS18	Interrupción de obras externas debidos a organismos públicos	0,6%	2,0	2,1	2,1	2,1	0,1
RS19	Retraso en permisos gubernamentales	0,9%	0,7	2,3	1,3	1,0	0,9
RS20	Cambios en normativa	0,9%	0,0	0,4	0,1	0,1	0,2
RS21	Conflictos legales entre las partes	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS22	Escasez de materiales y equipos en el mercado	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS23	Malas condiciones meteorológicas	2,5%	0,1	4,6	1,5	1,0	1,5
RS24	Manifestaciones/huelgas en vías de acceso	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS25	Inaccesibilidad al lugar de obra	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RS26	Condiciones imprevistas del lugar de la obra	2,2%	0,0	8,3	3,1	2,5	3,1
RS27	Estado de emergencia COVID	3,1%	0,8	6,1	3,1	3,0	2,0

Nota: m:media; M:mediana

3.3 Análisis Factorial Exploratorio

Riesgos de retraso

El análisis factorial exploratorio se realizó utilizando el programa SPSS V29.0.2.0. Durante este proceso, se eliminaron las variables que no cumplían con los valores mínimos requeridos. Para la prueba estadística de Kaiser-Meyer-Olkin el resultado fue de 0,559. Respecto a los resultados de la Prueba de esfericidad de Barlett, resultó altamente significativa ($p < 0,001$). Esto indica que las correlaciones entre las variables son diferentes a cero y que existen suficientes relaciones entre ellas para justificar el uso del análisis factorial exploratorio. En la matriz de correlación Anti-Imagen, todos los coeficientes correspondientes a la medida de adecuación muestral (MSA), situados en la diagonal principal de la matriz cumplieron con el valor mínimo recomendado ($>0,5$). Además, las correlaciones parciales fuera de la diagonal no indicaron multicolinealidad entre las variables.

El análisis de la comunalidad mostros que todas las variables tienen una buena adecuación al modelo factorial, confirmando la calidad del ajuste y la validez de la escala propuesta; ya que los valores de las comunalidades se situaron en valores superiores a 0,5, oscilando entre 0,500 y 0,933.

Los primeros cuatro componentes obtenidos en el análisis explican el 66,239% del total de la varianza de los datos. Esto significa que el modelo obtenido es adecuado y captura la mayor parte de la información relevante en los datos (Tabla 3).

Tabla 3: Varianza total explicada – Retraso.

Comp.	Autovalores iniciales		Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación	
	Total	% de varianza	Total	Total	% de varianza	% acumulado	Total
1	2,220	24,670	24,670	2,220	24,670	24,670	2,204
2	1,418	15,750	40,420	1,418	15,750	40,420	1,433
3	1,234	13,713	54,133	1,234	13,713	54,133	1,301
4	1,090	12,106	66,239	1,090	12,106	66,239	1,159
5	0,925	10,277	76,517				
6	0,803	8,922	85,439				
7	0,719	7,985	93,424				
8	0,519	5,765	99,189				
9	0,073	0,811	100,000				

En el análisis factorial exploratorio con rotación oblicua, la matriz factorial se divide en la matriz de patrón y la de estructura. La matriz de patrón contiene las cargas factoriales que muestran la contribución única de las variables al componente identificado después de la rotación. De igual forma, la matriz de estructura también muestra las cargas factoriales, pero considera además las relaciones entre variables dentro de cada componente. Esta última matriz se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4: Matriz de Estructura - Retraso.

Cod.	Riesgos	1	2	3	4
RR14	Falta de consultas adecuadas ante organismos gubernamentales en fase de diseño.	0,957			
RR19	Retraso en permisos gubernamentales.	0,947			
RR4	Retraso en aprobación de documentos de obra.	0,619			
RR5	Retraso en resolución de consultas de obra.		0,794		
RR11	Errores y discrepancias en los documentos de diseño.		0,757		
RR13	Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra.			0,707	
RR10	Estudio de suelos defectuoso.			0,694	
RR2	Problemas de disponibilidad de terrenos.				0,798
RR3	Modificaciones contractuales.				0,587

Los componentes extraídos durante el análisis, se detallan a continuación:

Factor R1 - Problemas administrativos y gubernamentales: Este factor incluye los riesgos RR14 (Falta de consultas adecuadas ante organismos gubernamentales en fase de diseño), RR19 (Retraso en permisos gubernamentales), y RR4 (Retraso en aprobación de documentos de obra). Los riesgos R14 y RR19 están claramente relacionados con permisos y coordinación con organismos gubernamentales, mientras que el riesgo RR4 también implica un retraso administrativo. Por lo tanto, se puede confirmar que la agrupación de estas variables es coherente, ya que todas las variables implican interacciones con organismos gubernamentales y retrasos administrativos.

Factor R2. Problemas con documentación técnica: El factor 2 incluye los riesgos RR5 (Retraso en absolución de consultas de obra) y RR11 (Errores y discrepancias en los documentos de diseño). Al analizar los resultados obtenidos para este componente, se observa que ambas variables implican problemas administrativos y técnicos relacionados con la documentación de diseño, por lo que es lógico que se encuentren relacionadas.

Factor R3. Estudios técnicos inexactos: El factor 3 incluye a las variables RR13 (Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra) y RR10 (Estudio de suelos defectuoso), los cuales se refieren a los errores en la obtención de información y estudios técnicos.

Factor R4. Gestión de Terrenos y Contratos: El factor 4 agrupa las variables RR2 (Problemas de disponibilidad de terrenos) y RR3 (Modificaciones contractuales). Aunque la relación de RR3 puede parecer menos directa, las modificaciones contractuales a menudo influyen en la disponibilidad de terrenos debido a cambios y a la falta de especificaciones legales adecuadas.

Riesgos de sobrecoste

De igual forma que el AFE realizado para las variables de riesgos de retraso, se realizó para las variables de riesgos de sobrecoste, excluyendo aquellas que no cumplieron con los criterios mínimos planteados. El resultado para la medida KMO, presentó un valor de 0,566, el cual cumple con el valor mínimo recomendado. Al igual que para las variables de riesgos de retraso, se considera que existe una adecuación moderada para el análisis factorial en los datos. Asimismo, la prueba de esfericidad de Barlett, presenta alta significancia estadística (p

< 0,001), lo cual sugiere que las correlaciones presentes entre las variables son suficientes para justificar la aplicación del AFE.

Los resultados de la medida de adecuación muestral (MSA), fueron todos mayores al criterio de 0,5. Además, se observó que no existía multicolinealidad entre las variables. Respecto a las comunalidades, que oscilan entre 0,543 y 0,790. Estos valores superaron el mínimo establecido (> 0,5), lo que confirmó que las variables presentaban una buena adecuación al modelo factorial.

En esta ocasión, los tres primeros componentes explican el 64,068% de la varianza (ver Tabla 5). Por lo tanto, se considera que una proporción importante de la varianza total es explicada por los datos analizados.

Tabla 5: Varianza total explicada – Sobrecoste.

Comp.	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total
1	1,686	28,106	28,106	1,686	28,106	28,106	1,604
2	1,126	18,765	46,872	1,126	18,765	46,872	1,217
3	1,032	17,196	64,068	1,032	17,196	64,068	1,126
4	0,875	14,583	78,651				
5	0,767	12,786	91,437				
6	0,514	8,563	100,000				

La matriz de estructuras obtenidas en el análisis factorial exploratorio, se presenta a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6: Matriz de estructura – Sobrecoste.

Cod.	Riesgos	1	2	3
RS5	Retraso en absolución de consultas de obra.	0,839		
RS4	Retraso en aprobación de documentos de obra.	0,806		
RS23	Malas condiciones meteorológicas.		0,871	
RS27	Estado de emergencia COVID.		0,752	
RS13	Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra.			0,628
RS9	Estimación inexacta del costo de obra en fase de diseño.			0,746

Estos tres factores pueden ser interpretados de la siguiente manera:

Factor S1 - Problemas administrativos: Las variables RS5 (Retraso en absolución de consultas de obra) y RS4 (Retraso en aprobación de documentos de obra). Al analizar estos riesgos, se observa que están relacionados con retrasos causados por cuestiones burocráticas y administrativas.

Factor S2. Factores externos: El factor 2 engloba los riesgos RS23 (Malas condiciones meteorológicas) y RS27 (Estado de emergencia COVID). Esto indica que este componente

está relacionado con factores externos, como un estado de emergencia o clima adverso, que pueden afectar una obra y producir sobrecostos.

Factor S3. Errores y desviaciones en el diseño: Este factor incluye los riesgos RS13 (Levantamiento de información inexacta de la situación actual de obra) y RS9 (Estimación inexacta del costo de obra en fase de diseño) lo que sugiere que este factor está relacionado con los errores que surgen en la fase inicial del proyecto.

3.4 Modelos de predicción

Retraso

Se realizó un modelo de regresión lineal en el que la variable dependiente fue el retraso y las variables independientes los tres factores latentes obtenidos en el análisis factorial. El resultado arrojó un R^2 de 0,612, lo que significa que los predictores explican el 61,2% de la varianza en el retraso en las obras. Por otro lado, el R^2 ajustado resultó ser 0,607. La Tabla 7 recoge los resultados de la regresión, en la que se ve que los problemas administrativos y gubernamentales es el factor más importante, seguido de dificultades con documentación técnica y la gestión de terrenos y contratos.

Tabla 7: Regresión lineal – Retraso.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Desv. Error	Beta		
(Constante)	53,078	3,808		13,940	0,000
Problemas administrativos y gubernamentales	70,668	3,873	0,652	18,247	0,000
Dificultades con documentación técnica	28,678	3,915	0,265	7,325	0,000
Gestión de Terrenos y Contratos	16,982	3,870	0,157	4,388	0,000

Sobrecoste

De igual manera que para el retraso, se realizó un modelo de regresión lineal en el que la variable dependiente fue el sobrecoste y las variables independientes los tres factores latentes obtenidos en el análisis factorial. El resultado arrojó un R^2 de 0,324, lo que significa que los predictores explican el 32,4% de la varianza en el retraso en las obras. Por otro lado, el R^2 ajustado resultó ser 0,317. La Tabla 8 recoge los resultados de la regresión, en la que se ve que los errores y desviaciones relativos al diseño es el factor más importante, seguido de problemas administrativos y factores externos.

Tabla 8: Regresión lineal – Sobrecoste.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Desv. Error	Beta		
(Constante)	3,301	0,249		13,237	0,000
Problemas administrativos	1,626	0,255	0,302	6,381	0,000
Factores externos	1,065	0,255	0,198	4,179	0,000
Errores y desviaciones de diseño	2,232	0,250	0,415	8,935	0,000

4. Discusión

Según los resultados obtenidos los factores determinantes para los retrasos son problemas administrativos y gubernamentales, problemas con documentación técnica, estudios técnicos inexactos y gestión de terrenos y contratos. Sin embargo, a nivel de sobrecoste, los factores determinantes son problemas administrativos, factores externos y errores y desviaciones en fase de diseño. Estos resultados están en línea con los resultados alcanzados en otras investigaciones. En este sentido, autores como Fernández et al. (2024) o Chan y Kumaraswamy (1997) llevaron a cabo investigaciones en República Dominicana y Hong Kong, respectivamente, y destacaron que los errores en el diseño, estudios técnicos inexactos y los problemas con la documentación técnica conllevan una gestión de riesgos inadecuada, escenarios imprevistos y demora en la toma de decisiones. Del mismo modo, Doloi et al. (2012) destacaba que la coordinación ineficiente, falta de comunicación y una mala definición y gestión de los contratos conllevan importantes retrasos en los contratos de obra en India. Larsen et al. (2015) destacaba la importancia de los problemas financieros y administrativos en los desvíos en los plazos de ejecución, así como el impacto de los errores u omisiones en los documentos del proyectos por su impacto en los sobrecostes.

Por otro lado, autores como Kazaz et al., (2012) destacaba que el nivel de desarrollo y la cultura organizacional del país en el que se ejecutan las obras influye en las causas de retraso y sobrecoste. En este sentido, el análisis de la literatura destaca que, en naciones en vías de desarrollo como Perú, los riesgos suelen estar más asociados a factores externos y administrativos, relacionados con permisos, regulaciones y limitaciones en la mano de obra calificada (Fernández et al., 2024). En contraste, en países con mayor desarrollo, se presentan menos problemas relacionados con factores financieros, y tienden a ser más prominentes riesgos asociados a la gestión de calidad y la planificación avanzada (Wyke et al., 2024).

5. Conclusiones

En la actualidad, tanto a nivel global como en Perú, existe una notable escasez de estudios relacionados con los riesgos de sobrecostes y retrasos en obras relacionadas con el suministro de agua potable y saneamiento. Por ello, el presente estudio desarrolla un modelo que permita identificar los riesgos que tienen mayor influencia sobre los desvíos de plazo y coste, y analiza cómo estos riesgos de retraso y sobrecoste pueden agruparse en factores latentes, de manera que permitan simplificar su manejo y facilitar su gestión. Para ello, el estudio recopiló información sobre riesgos de retraso y sobrecoste en 318 contratos de obra pública de suministro de agua potable y saneamiento finalizados en Perú. Estos riesgos han sido analizados mediante estadística descriptiva y análisis factorial exploratorio (AFE), con el objetivo de identificar los riesgos más importantes que contribuyen con el retraso y sobrecoste

en las obras. El resultado destaca que para el retraso se identificaron cuatro factores latentes: problemas administrativos y gubernamentales, problemas con documentación técnica, estudios técnicos inexactos y gestión de terrenos y contratos. Mientras que para el sobrecoste se identificaron como factores de riesgo principales: problemas administrativos, factores externos y errores y desviaciones en fase de diseño. Dado que los problemas administrativos y gubernamentales son el factor de riesgo que contribuye de mayor forma con los sobrecostes y retrasos en las obras, es recomendable simplificar y optimizar los trámites, así como mejorar la coordinación entre las administraciones públicas y las empresas contratistas. De esta forma, implementar protocolos simplificados y claros para la aprobación de permisos, y planes de comunicación entre las partes interesadas puede ser de gran utilidad. Las dificultades con la documentación técnica también tienen un gran impacto en la desviación de los plazos de los proyectos, por ello se recomienda invertir en la mejora de los documentos técnicos y la capacitación continua de los especialistas involucrados. De este modo, asegurar la calidad y precisión de estos antes de iniciar con la ejecución, lo cual podría prevenir en la finalización de las obras. Una de las principales limitaciones de esta investigación fue que los riesgos estudiados se limitaban a aquellos que no eran atribuibles al contratista. Además, la investigación estuvo limitada a obras públicas, por lo cual no se estudió los riesgos que afectan las obras de promotores privados. Con el desarrollo de esta investigación se han logrado avances significativos en el campo de la gestión de riesgos, sin embargo, existen diversas áreas que aún necesitan mayor análisis, logrando ampliar el alcance del presente estudio. En este sentido, sería interesante analizar otros enfoques para predecir los sobrecostes y retrasos en las obras, como modelos no lineales o técnicas de machine learning, los cuales podrían ofrecer un mejor resultado.

6. Referencias

- Aydın, D., & Mihlayanlar, E. (2018). Causes and Effects of Construction Project Delays: A Local Case Study in Edirne City Centre. In 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC 2018). Cyprus: Cyprus International University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department.
- Chan, D. W., & Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*, 15(1), 55-63. doi:10.1016/S0263-7863(96)00039-7
- Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479-489. doi:10.1016/j.ijproman.2011.10.004
- Fernández, P., Ureña, C., Moyano, J., & Bienvenido, D. (2024). Cost and time risk factors in construction projects in the Dominican Republic. *Frontiers in Built Environment*, 10. doi:10.3389/fbuil.2024.1307572
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. SAGE Publications, Los Angeles.
- González, P. (2015). Influencia del valor percibido y de la satisfacción en la lealtad: una aplicación al turismo náutico. Tesis doctoral, Universidad de Vigo, Departamento de Organización de Empresas y Marketing, Vigo.
- Julca-Varas, C., García-Segura, T., Torres-Machi, C., & Montalbán-Domingo, L. (2025). Primary Risks for Delays and Cost Overruns in the Construction of Drinking Water Supply and Sanitation Projects in Peru. *Journal of Management in Engineering*, 41(3), 04025008-01 04025008-13. <https://doi.org/10.1061/JMENEAM.EEENG-6496>
- Kazaz, A., Ulubeyli, S., & Tuncbilekli, N. (2012). Causes of delays in construction projects in

Turkey. Journal of Civil Engineering and Management, 18(3), 426-435.
doi:<https://doi.org/10.3846/13923730.2012.698913>

Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2015). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. Journal of Management in Engineering, 32(1). doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000391

La Contraloría General de la República del Perú. (2024). Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/5826870-informe-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-junio-2024>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2021). Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2586305-plan-nacional-de-saneamiento-2022-2026>

Wyke, S., Lindhard, S. M., & Larsen, J. K. (2024). Using Principal component analysis to identify latent factors affecting cost- and time overrun in public construction projects. Engineering, Construction and Architectural Management, 31(6), 2415-2436. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2022-0189>

Utilización de inteligencia artificial generativa

Para la elaboración de este trabajo no ha sido utilizada la inteligencia artificial generativa

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

