



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
VALENCIA**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RETRASO Y SOBRECOSTE EN LAS OBRAS DE ECUADOR

AUTOR / AUTHOR: MATEO MANZANO ALVARADO	FECHA / DATE: DICIEMBRE 2019	CURSO / COURSE: 2019-2020
DIRECTOR / SUPERVISOR: TATIANA GARCÍA SEGURA LAURA MONTALBÁN DOMINGO	N° PÁGINAS / N° PAGES: 139	
UNIVERSIDAD / UNIVERSITY: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		
PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Retrasos, Sobrecostes, Construcción, Gestión del Proyecto		

DEDICATORIA

A mis padres, por ser un pilar fundamental para mi desarrollo personal y profesional. Que lo vean como una manera de recompensar todo el esfuerzo realizado para mi superación.

AGRADECIMIENTOS

A las doctoras, Laura Montalbán Domingo y Tatiana García Segura, por compartir sus conocimientos y llevar un seguimiento pleno del desarrollo de la investigación, aportando siempre para la mejora de la misma.

RESUMEN

Los retrasos y sobrecostes en las obras son un fenómeno de carácter global, es tan común su aparición en las obras de construcción que se ha llegado a aseverar que son ya una parte integral de los proyectos. A pesar de la gran variedad de esfuerzos realizados por mitigar este tipo de fenómenos, los mismos siguen siendo constantes en los proyectos de construcción en todo el mundo, pero sobre todo se presentan en mayor magnitud en los países que se encuentran en desarrollo. Es muy común que los proyectos de construcción en Ecuador, sobrepasen los niveles de plazo y presupuesto dispuestos inicialmente. Debido a esto, la presente investigación busca caracterizar la situación actual en la que se encuentra el país en relación a los factores de retraso y sobrecoste en las obras, así como la influencia de las características tanto de las empresas como de los proyectos en la aparición de estos fenómenos. En base a una revisión literaria se recopilieron más de 70 causas de retrasos y sobrecostes, las cuales fueron clasificadas en función de su distinción en los artículos en los que fueron encontradas. En base a esto se encuestó a expertos del sector en Ecuador para que validarán las causas más importantes que se dan en este país. Así, se obtuvieron 21 causas divididas en 5 categorías para su participación en el estudio. El estudio pretende encontrar, por un lado, las causas más influyentes en los retrasos y sobrecostes de las obras, y, por otro lado, las variables tanto de la empresa como del proyecto que influyen el retraso y el sobrecoste. Una vez encontradas estas variables, se estudia la relación que existe entre ellas y las causas de retraso y sobrecoste. Posteriormente se analiza la relación entre las categorías de cada una de estas causas de retraso y sobrecoste con las categorías de las variables de la empresa y del proyecto. Además de ello se analiza la clasificación de las causas de retraso y sobrecoste y se obtiene la relación que existe entre ellas. Se han estudiado 53 proyectos ejecutados en Ecuador que han sido afectados por diferentes causas ocasionando retrasos y/o sobrecostes en los mismos. A través de un cuestionario se recopiló la información necesaria para realizar distintos análisis estadísticos que permitan encontrar las respuestas a lo planteado. Los resultados obtenidos reflejan la necesidad de mejorar en primer lugar la colaboración y el compromiso por parte de todas las partes intervinientes en el desarrollo de un proyecto de construcción, mejorar su comunicación y la optimización del tiempo, además de implementar por parte las empresas una mejor gestión de riesgos de imprevistos y realizar un seguimiento continuo de los procesos y los recursos tanto materiales como humanos que intervienen en la ejecución de las obras.

ABSTRACT

Delays and cost overruns in the construction works are a global phenomenon, their appearance is so common that it has come to assert that they are an integral part of the projects. Despite of the numerous efforts realized to mitigate this type of issues, the same ones that remain constant in construction projects throughout the world, but especially they are presented in greater magnitude in developing countries. It is very common that construction projects in Ecuador exceed the levels of time and budget established specifically. Due to this, the present investigation seeks to characterize the current situation of the country in relation to the delay and cost overruns in the works, as well as the influence of the characteristics of both, the companies and the projects in the appearance of these phenomena. Based on a literary review, more than 70 causes of delays and cost overruns were collected, which were classified according to their distinction in the articles in which they were found. Based on this, experts from the sector in Ecuador are locked in to validate the most important causes that occur in this country. Thus, 21 cases were divided into 5 categories for their participation in the study. The study aims to find, on the one hand, the most influential causes in the delays and cost overruns of the works, and, on the other hand, the variables of both the company and the project that influence the delay and the extra cost. Once these variables are found, the relationship between them and the causes of delay and cost overrun is studied. Subsequently, the relationship between the categories of each of these causes of delay and cost overrun with the categories of the company and project variables is analyzed. In addition, the classification of the causes of delay and cost overrun is analyzed and the relationship between them is obtained. 53 projects executed in Ecuador that have been affected by different causes causing delays and / or cost overruns have been studied. Through a questionnaire, the necessary information was collected to carry out different statistical analyzes that allow us to find the answers to the above. The results obtained reflect the need to improve in the first place the collaboration and commitment on the part of all the parties involved in the development of a construction project, improve their communication and time optimization, in addition to implementing on the part of the companies a better contingency risk management and continuously monitor the processes and resources both material and human involved in the execution of the works.

RESUM

Els retards i sobre costos en les obres són un fenomen de caràcter global, és tan comú la seua aparició en les obres de construcció que s'ha arribat a asseverar que són ja una part integral dels projectes. Malgrat la gran varietat d'esforços realitzats per mitigar aquest tipus de fenòmens, els mateixos continuen sent constants en els projectes de construcció a tot el món, però sobretot es presenten en major magnitud als països que es troben en desenvolupament. És molt comú que els projectes de construcció a l'Equador, sobrepassen els nivells de termini i pressupost disposats inicialment. A causa d'això, la present investigació busca caracteritzar la situació actual en la qual es troba el país en relació als factors de retard i sobre cost en les obres, així com la influència de les característiques tant de les empreses com dels projectes en l'aparició d'aquests fenòmens. Sobre la base d'una revisió literària es van recopilar més de 70 causes de retards i sobre costos, les quals van ser classificades en funció de la seua distinció en els articles en els quals van ser trobades. Sobre la base d'això s'enquesta a experts del sector a l'Equador perquè validaran les causes més importants que es donen en aquest país. Així, es van obtenir 21 causes dividides en 5 categories per a la seua participació en l'estudi. L'estudi pretén trobar, d'una banda, les causes més influents en els retards i sobre costos de les obres, i, d'altra banda, les variables tant de l'empresa com del projecte que influeixen el retard i el sobre cost. Una vegada trobades aquestes variables, s'estudia la relació que existeix entre elles i les causes de retard i sobre cost. Posteriorment s'analitza la relació entre les categories de cadascuna d'aquestes causes de retard i sobre cost amb les categories de les variables de l'empresa i del projecte. A més d'això s'analitza la classificació de les causes de retard i sobre cost i s'obté la relació que existeix entre elles. S'han estudiat 53 projectes executats a l'Equador que han sigut afectats per diferents causes ocasionant retards i/o sobre costos en aquests. A través d'un qüestionari es va recopilar la informació necessària per a realitzar diferents anàlisis estadístiques que permeten trobar les respostes al plantejat. Els resultats obtinguts reflecteixen la necessitat de millorar en primer lloc la col·laboració i el compromís per part de totes les parts intervinents en el desenvolupament d'un projecte de construcció, millorar la seua comunicació i l'optimització del temps, a més d'implementar per part les empreses una millor gestió de riscos d'imprevistos i realitzar un seguiment continu dels processos i els recursos tant materials com humans que intervenen en l'execució de les obres

RESUMEN EJECUTIVO

Título: ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RETRASO Y SOBRECOSTE EN LAS OBRAS DE ECUADOR	
Autor: Manzano Alvarado, Mateo Xavier	
Planteamiento del Problema	<p>Los retrasos y sobrecostes en las obras, son un problema global en el sector de la construcción. Varios han sido los estudios por encontrar el origen de estos fenómenos y el impacto que generan en las obras. Ecuador no es la excepción, la ejecución de obras en su gran mayoría se ve afectada por diversas causas que generan estos impactos negativos en las mismas. Por lo que resulta necesario, establecer una caracterización de la situación en la que se encuentra el país, con el motivo de conocer los principales factores de retraso y sobrecoste que se dan para tratar de minimizarlos al máximo y mejorar la productividad del sector.</p>
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Identificar las causas de retraso y sobrecoste más influyentes existentes en la literatura. 2) Determinar las causas de retraso y sobrecoste más comunes en Ecuador. 3) Identificar las variables más influyentes en los proyectos con niveles de retraso y sobrecoste en las obras de Ecuador. 4) Analizar y evaluar el impacto de las causas de retraso y sobrecoste en los proyectos de las empresas de construcción en Ecuador. 5) Analizar y evaluar el impacto de las diferentes características de una obra en la aparición de retraso y sobrecoste en los proyectos de las empresas de construcción en Ecuador. 6) Establecer conclusiones y proponer recomendaciones para mitigar la existencia de fenómenos causantes de retrasos y sobrecoste.

<p style="text-align: center;">Estructura Organizativa</p>	<p>Capítulo 1. Introducción: Se recoge en este capítulo la introducción al tema de estudio, el planteamiento del problema, justificación de la investigación, alcance y objetivos del estudio.</p> <p>Capítulo 2. Contexto: Este capítulo contiene un análisis global del país, la situación del sector de la construcción de Ecuador sobre la cual se enfoca el documento, procesos y normativa sobre el sector en cuestión.</p> <p>Capítulo 3. Marco Teórico y Estado del arte: Se describen conceptos básicos para la comprensión del estudio, se añade información base para el desarrollo del estudio, y un resumen de los descubrimientos y métodos empleados por investigadores en estudios similares.</p> <p>Capítulo 4. Metodología: Se detallan los procesos que se han seguido para el desarrollo del estudio, la elaboración de un cuestionario recolector de la información necesaria para la ejecución de la investigación y los conceptos de los análisis utilizados para la obtención de resultados.</p> <p>Capítulo 5. Resultados y Discusión: Se detallan los resultados obtenidos en la ejecución del estudio a través de diversos análisis estadísticos y su discusión en base a la literatura revisada.</p> <p>Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones: Se fijan una serie de conclusiones obtenidas en base a los resultados. Por otro lado, se proponen algunas recomendaciones y se sugieren futuras líneas de investigación.</p> <p>Capítulo 7. Bibliografía: Contiene las referencias utilizadas como base para la realización del estudio.</p> <p>Capítulo 8. Anexos: Este capítulo contiene figuras y el cuestionario difundido para recopilar información.</p>
<p style="text-align: center;">Método</p>	<p>Mediante la recopilación de información por medio de un cuestionario que recoja las principales características de los proyectos y las empresas que los ejecutaron, se realizaron diversos análisis estadísticos para obtener resultados en cuanto a la aparición de retrasos y sobrecostes en las obras de Ecuador.</p>

Cumplimiento de objetivos	A través de la revisión literaria, recopilación de información y análisis de los datos obtenidos mediante técnicas estadísticas se obtuvieron resultados que permitieron alcanzar los objetivos y responder las diferentes preguntas de investigación planteadas.
Contribuciones	El estudio contribuye principalmente a una caracterización de la situación actual a la que se enfrentan los proyectos de construcción de obras, dejando en evidencia las diferentes variables que se deben tomar en cuenta para la mitigación de los retrasos y sobrecostos en este tipo de proyectos.
Recomendaciones	El estudio realizado, sirve como punto de partida para la profundización del tema en un ámbito mucho más amplio, con un panorama general del país.
Limitaciones	La presente investigación está limitada a los proyectos ejecutados por empresas constructoras de la zona austral del Ecuador, por lo que se obtuvo una muestra pequeña que no permite realizar una generalización.

Índice de Contenidos

1. Introducción	15
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Justificación de la investigación	17
1.3. Objeto	17
1.4. Preguntas de investigación	18
1.5. Objetivos Específicos	18
1.6. Alcance	18
2. Contexto	19
2.1. El sector de la construcción en Ecuador	19
2.2. Situación de las empresas en el país	27
2.3. Procesos de Contratación	31
2.3.1. Generalidades	31
2.3.2. Marco Normativo	31
2.3.3. Tipos de Contratación	32
2.4. Multas, Garantías y Contratos Complementarios	35
3. Marco Teórico y Estado del Arte	36
3.1. Conceptos Generales	37
3.1.1. Proyectos de Construcción	37
3.1.2. Fase de Construcción	37
3.1.3. Planificación de obra	37
3.1.4. Países en vías de desarrollo	38
3.1.5. Agentes intervinientes	38
3.1.5.1. Promotor	39
3.1.5.2. Consultor	39
3.1.5.3. Contratista	39
3.2. Factores causantes de retraso y sobrecostos y sus consecuencias	40
4. Metodología de investigación	50
4.1. Fase Teórica	51
4.2. Fase de Validación y Análisis de Datos	53

4.2.1.	Difusión del Cuestionario	58
4.2.2.	Análisis de Datos	58
5.	Resultados y Discusiones	67
5.1.	Selección de causas de retraso y sobrecoste para ser analizadas en el contexto de Ecuador	67
5.2.	Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en proyectos de Ecuador	75
5.2.1.	Caracterización de la muestra	75
5.2.2.	Fiabilidad de la Muestra	84
5.2.3.	Pruebas de Normalidad	84
5.2.4.	Principales Causas de retraso y sobrecoste	86
5.2.5.	¿Cuáles son las causas que influyen significativamente en el retraso y sobrecoste de las obras?	87
5.2.6.	¿Cómo influyen las características de la empresa y del proyecto en el retraso y sobrecoste de las obras?	90
5.2.7.	¿Qué relación existe entre las causas que producen retrasos y sobrecostes en las obras y las características de la empresa y del proyecto?	98
5.2.8.	¿Cuál es la relación que existe entre las categorías de las variables y causas significativas en el retraso y sobrecoste de las obras?	101
5.2.9.	¿Cómo se encuentran relacionadas entre sí las causas de retraso y sobrecoste en las obras?	110
6.	Conclusiones, Recomendaciones, Limitaciones y Futuras líneas de investigación	119
6.1.	Conclusiones	119
6.2.	Recomendaciones	120
6.3.	Limitaciones	121
6.4.	Futuras líneas de investigación	121
7.	Referencias	122
8.	Anexos	127

Índice de Figuras

Figura 1. Previsión PBI en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).	20
Figura 2. Previsión PBI per cápita en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).....	20
Figura 3. Valor porcentual de la influencia del sector respecto al PIB. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019). Elaboración propia.....	22
Figura 4. Tendencias del empleo global en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).....	23
Figura 5. Empleo de calidad por ramas. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).....	23
Figura 6. Consumo de cemento en toneladas período 2006-2016. Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón.....	25
Figura 7. Inversión extranjera directa año 2018. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019).....	26
Figura 8. Inversión extranjera directa año 2019. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019)	26
Figura 9. Ingreso por ventas en empresas del sector de la construcción período 2013-2017. Fuente : (Superintendencia de Compañías, 2018).....	28
Figura 10. Ingresos de empresas anuales por tamaño en el período 2013-2017. Fuente : (Superintendencia de Compañías, 2018).....	29
Figura 11. Relación consumo de cemento – Ingresos y Utilidades de las empresas del sector. Fuente : (Superintendencia de Compañías, 2018).....	30
Figura 12. Historia del índice de confianza empresarial en la última década. Fuente : (Banco Central del Ecuador, 2019).....	30
Figura 13. Triángulo de Hierro. Fuente: Elaboración Propia	40
Figura 14. Retrasos y sobrecoste promedio en meses y porcentaje sobre el presupuesto. Fuente: (Ernst, J ; Young, 2016)	41
Figura 15. Metodología de la Investigación. Elaboración Propia.	51
Figura 16. Fase Teórica de la Investigación. Elaboración Propia.....	52
Figura 17. Fase de Validación y Análisis de Datos. Elaboración Propia.	53
Figura 18. Caracterización de la Empresa.....	55
Figura 19. Caracterización del Proyecto	56
Figura 20. Causas de retraso y sobrecoste.	57
Figura 21 a. Histograma distribución normal. Fuente: Internet Figura 21 b. Histograma distribución no normal. Fuente: Internet	60
Figura 22. Caracterización por tamaño de empresa. Elaboración Propia.	75
Figura 23. Caracterización por tipo de empresa. Elaboración Propia.	76
Figura 24. Caracterización por tipo de infraestructura que construye la empresa. Elaboración Propia. ..	76
Figura 25. Caracterización por nivel de gestión de riesgos de imprevistos. Elaboración Propia	77
Figura 26. Caracterización por tipo de Proyecto. Elaboración Propia	77
Figura 27. Caracterización final por tipo de Proyecto. Elaboración Propia	78
Figura 28. Caracterización por ubicación del Proyecto. Elaboración Propia.....	78
Figura 29. Caracterización por diferencia de días entre fecha de realización de estudio y ejecución de la obra. Elaboración Propia.....	79
Figura 30. Caracterización por tipo de contrato. Elaboración Propia.	80

Figura 31. Caracterización del nivel de aparición de las causas de retraso y sobrecoste. Elaboración Propia.....	82
Figura 32. Comparación por pares de categorías de Tipo de proyecto, test de Bonferroni. Fuente: IBM SPSS 25.....	92
Figura 33. Comparación por pares categorías Tamaño de empresa, test de Bonferroni.	94
Figura 34. Comparación por pares categorías Gestión de riesgos de imprevistos, test de Bonferroni. Fuente: IBM SPSS 25.....	95
Figura 35. Comparación por pares categorías Tipo de proyecto, test de Bonferroni.	97
Figura 36. Gráfico análisis de correspondencias variable Gestión de riesgo de imprevistos. Fuente: IBM SPSS 25.....	103
Figura 37. Gráfico análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa. Fuente: IBM SPSS 25 ...	106
Figura 38. Gráfico análisis de correspondencias variable Tipo de Proyecto.	109
Figura 39. Histograma C1: Demora en pago de certificaciones.	132
Figura 40. Histograma C2: Problemas de financiamiento del promotor.....	132
Figura 41. Histograma C3: Obtención de permisos demorada	132
Figura 42. Histograma C4: Tiempo entre diseño y ejecución.....	133
Figura 43. Histograma C5: Excesiva burocracia del promotor.....	133
Figura 44. Histograma C6: Cambios en diseño por parte del promotor.....	133
Figura 45. Histograma C7: Mal financiamiento del contratista.....	134
Figura 46. Histograma C8: Bajo rendimiento de equipos/daños.....	134
Figura 47. Histograma C9: Errores por falta de experiencia.....	134
Figura 48. Histograma C10: Repetir trabajo por desaprobación.....	135
Figura 49. Histograma C11: Bajo rendimiento de mano de obra.....	135
Figura 50. Histograma C12: Subcontratistas incumplidos.....	135
Figura 51. Histograma C13: Mala gestión de compras.....	136
Figura 52. Histograma C14: Errores en diseño/diseño incompleto.....	136
Figura 53. Histograma C15: Planos incompletos de todas las partes intervinientes.....	136
Figura 54. Histograma C16: Mal cálculo del costo del proyecto por parte del diseñador	137
Figura 55. Histograma C17: Cambios de precios inesperados.....	137
Figura 56. Histograma C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra.....	137
Figura 57. Histograma C19: Clima.....	138
Figura 58. Histograma C20: Project management escaso	138
Figura 59. Histograma C21: Falta de comunicación entre partes	138
Figura 60. Histograma de datos de retraso en porcentaje (%) después de la ejecución	139
Figura 61. Histograma de datos de sobrecoste en porcentaje (%) después de la ejecución	139

Índice de Tablas

Tabla 1. Crecimiento sectorial (contribución al PIB) en Ecuador.	21
Tabla 2. Empleo general por rama de actividad en Ecuador.	24
Tabla 3. Clasificación de empresas por tamaño.	27
Tabla 4. Cantidad de empresas del sector de la construcción período 2013-2017.	27
Tabla 5. Tipos de Contratación en Ecuador.	33
Tabla 6. Tipologías de contratación pública de Ecuador y sus diferencias.	35
Tabla 7. Factores de retraso y sobrecoste en la literatura.	43
Tabla 8. Características de expertos en el sector de la construcción.	54
Tabla 9. Resumen de análisis estadísticos utilizados para resolver preguntas de investigación.	61
Tabla 10. Valores de interpretación del coeficiente de correlación.	64
Tabla 11. Clasificación de causas de retraso y sobrecoste según su mención en la literatura.	67
Tabla 12. Clasificación de las causas de retraso y sobrecoste según expertos de Ecuador.	70
Tabla 13. Causas seleccionadas.	73
Tabla 14. Clasificación por índice de Importancia Relativo RII (Indicador del nivel de aparición de las causas de retraso y sobrecoste en las obras).	83
Tabla 15. Resumen Fiabilidad por grupo de causas y total.	84
Tabla 16. Tests de normalidad Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk.	85
Tabla 17. Análisis de Kruskal Wallis para causas influyentes en el retraso de las obras.	88
Tabla 18. Análisis de Kruskal Wallis para causas influyentes en el sobrecoste de las obras.	89
Tabla 19. Análisis de Mann Whitney para variables relacionadas con la empresa influyentes en el retraso de las obras.	90
Tabla 20. Análisis de Kruskal Wallis para variables relacionadas con la empresa influyentes en el retraso de las obras.	90
Tabla 21. Análisis de Mann Whitney para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.	91
Tabla 22. Análisis de Kuskal Wallis para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.	91
Tabla 23. Análisis de Mann Whitney para variables relacionadas con la empresa influyentes en el sobrecoste de las obras.	93
Tabla 24. Análisis de Kruskal Wallis para variables relacionadas con la empresa influyentes en el sobrecoste de las obras.	93
Tabla 25. Análisis de Mann Whitney para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el sobrecoste de las obras.	96
Tabla 26. Análisis de Kuskal Wallis para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.	96
Tabla 27. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.	99
Tabla 28. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.	99
Tabla 29. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.	100
Tabla 30. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos.	101
Tabla 31. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos (Filas).	102

Tabla 32. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos (Columnas).	103
Tabla 33. Análisis de correspondencias variable Tamaño de Empresa.	104
Tabla 34. Análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa (Filas).....	105
Tabla 35. Análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa (Columnas).....	105
Tabla 36. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto.....	107
Tabla 37. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto (Filas).	108
Tabla 38. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto (Columnas).	109
Tabla 39. Análisis de correlación, coeficiente rho de Spearman.....	111
Tabla 40. Indicadores de factibilidad del análisis factorial.	113
Tabla 41. Matriz de correlaciones anti imagen.	113
Tabla 42. Comunalidades.....	114
Tabla 43. Varianza total explicada	115
Tabla 44. Matriz de componentes rotados.....	116
Tabla 45. Clasificación de Factores según RII.	118

1. Introducción

Los retrasos y sobrecostos en obras civiles son muy comunes, suponen uno de los mayores problemas a los cuales se enfrentan las empresas a lo largo de la ejecución de proyectos en este campo de la ingeniería. En la gran mayoría de los proyectos de construcción se dan este tipo de adversidades debido a diferentes causas que las generan, las mismas que, pueden ser de diferentes tipos y, a su vez, causadas por diferentes agentes que intervienen en la ejecución de los proyectos de obras civiles (Cheng, 2014). A esto, se suman los altos costos y la poca calidad con la que se ejecutan los proyectos desde hace mucho tiempo, lo que ha provocado que los efectos negativos de retraso y sobrecoste se conviertan en un problema global para el sector de la construcción (Larsen, Shen, Lindhard, & Brunoe, 2016).

Los retrasos y sobrecostos en los proyectos de construcción se han convertido ya en una parte más de los mismos, es tan constante la aparición de estos fenómenos, que según un estudio publicado por Rosenfeld (2014), se menciona que a futuro ya no será un problema que existan reclamos o contrariedades por la existencia de estos fenómenos, por lo que, lo importante será determinar su gravedad y el nivel de impacto que llegarán a tener en el proceso, para que, de esta manera se puedan tomar las debidas precauciones con el fin de llevar a cabo un mejor desarrollo de las obras.

Los proyectos de construcción son únicos, se posee una gran cantidad de incertidumbre antes de su ejecución, además, por lo general tienen una duración muy variable, lo que genera un problema a la hora de estimar tiempos, costos y calidad de los mismos (Lu, Hua, & Zhang, 2017). Estos proyectos son considerados exitosos cuando se finalizan en el tiempo propuesto, con un presupuesto acordado en primera instancia y con la calidad requerida. Sin embargo, este éxito del que se habla no suele ser común, especialmente cuando se trata de proyectos largos, ya que por diversas razones el rendimiento de producción se ve afectado, sobre todo cuando se trata de países en vías de desarrollo (Long, Ogunlana, Quang, & Lam, 2004).

Las demoras en la ejecución de obras, la mayoría de veces y como fruto de ello, generan graves problemas de sobrecoste, por lo que es necesario estudiar a estos dos efectos negativos de los proyectos de manera conjunta, ya que la existencia de uno tiene como consecuencia la aparición del otro y viceversa (Heravi & Mohammadian, 2019).

Para combatir estos problemas, como en todo proceso, es necesario encontrar en primera instancia, el origen de los mismos, es decir, las causas que los generan. Para los agentes que intervienen en la ejecución de obras, es muy importante detectar el impacto que tienen la aparición de retrasos y sobrecostos, pero también es relevante detectar las causas que los generan, para gestionar de mejor manera el proceso y mitigar los efectos que puedan causar (González, González, Molenaar, & Orozco, 2014).

1.1. Planteamiento del problema

Durante las dos últimas décadas, varios investigadores se han propuesto analizar los efectos de retraso y sobrecoste en sus diferentes campos, algunos de ellos se han dedicado a cuantificarlos, otros a proponer alternativas para evitarlos y algunos otros en cómo manejarlos una vez que se ha dado su aparición (Rosenfeld, 2014). Estos efectos que tanto impactan a las obras han de ser mitigados desde su origen, es por esto, que se ha hecho énfasis en estudiar los factores causantes de la aparición de estos fenómenos.

A lo largo de los años, se han venido realizando varios estudios que apuntan a la identificación de dichos causantes, en los cuales, cada vez se descubren diferentes motivos que generan los problemas en las obras, en donde los distintos agentes que intervienen en la ejecución de un proyecto de construcción, a través de encuestas, entrevistas y diversos tipos de herramientas que se usan para elaborar estudios exploratorios (Abd El-Razek, Bassioni, & Mobarak, 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Cheng, 2014), han compartido su punto de vista, basados en su experiencia y el día a día vivido en cada una de las obras ejecutadas, nombrando una serie de causas que generan retrasos y sobrecostes.

Las causas de retraso y sobrecoste son diversas y variables, dependen mucho del entorno en el que se está ejecutando la obra, como por ejemplo: ubicación, tamaño, complejidad, temperatura, etc. (Emuze, Smallwood, & Han, 2014), así como también de las partes integrales de un proyecto: promotores, consultores, contratistas, etc. (Santoso & Soeng, 2016). Con lo cual, se torna muy difícil poder saber a ciencia cierta cuáles son los problemas a tomar en cuenta en el desarrollo de la misma para prevenir estos fenómenos, los cuales una vez aparecen es casi imposible remediarlos.

Al clasificar las causas de retraso y sobrecoste ya sea por su entorno o por responsabilidad de los diferentes agentes que intervienen, los estudios apuntan a darles un cierto nivel de importancia a las causas con el fin de detectar cuál es su impacto y que tan grave puede llegar a ser en las obras (Aziz & Abdel-Hakam, 2016), mientras que otros se han propuesto darle más valor a la periodicidad con la que se presentan (Islam & Suhariadi, 2018).

En Ecuador, no se encuentran registros de estudios de este tipo, las empresas de todo tamaño, desde micro hasta grandes empresas, en la gran mayoría de los casos no son capaces de culminar las obras a tiempo y con el presupuesto planificado a pesar de que se desarrolla cierta planificación tomando en cuenta imprevistos. Claramente estos resultados sin éxito dependerán de diferentes causas que se presentan a lo largo de la ejecución de los proyectos. Motivo por el cual, se pretende encontrar una relación entre diversas variables que intervienen en los proyectos y las causas que hayan afectado a los mismos causándoles retrasos y sobrecostes, a través de herramientas estadísticas que nos permitan obtener una visión un poco más clara de la situación a la que nos estamos enfrentado y poder establecer parámetros y directrices para que en un futuro se pueda desarrollar una planificación y ejecución de las obras mucho más eficiente, teniendo en cuenta las variables existentes.

En los países en vías de desarrollo, el sector de la construcción es un pilar fundamental para el crecimiento de los mismos, ya que en este sector se generan muchísimos empleos, dado que intervienen diversos

agentes en la ejecución de obras (Boateng, Pillay, & Davis, 2020). Como parte fundamental del proceso de desarrollo, la inversión pública y privada en procesos de construcción juegan un papel muy importante, el cual, se ve afectado al momento de presentarse retrasos y sobrecostes en las obras, ya que evidentemente al exceder los presupuestos y tiempos planificados se disminuye la capacidad y disponibilidad para invertir recursos en una mayor cantidad de proyectos, causando así un estancamiento en el desarrollo del país y el bienestar de sus habitantes.

En Ecuador, la aparición de factores causantes de retrasos y sobrecostes en las obras son muy comunes en la mayoría de los casos, las obras fácilmente llegan a culminarse en el doble del plazo establecido y con un sobrecoste importante, en otros casos es necesario el acuerdo de contratos complementarios y en algunas ocasiones se ha llegado también a dar la rescisión del contrato.

Visto de esta manera, el análisis de los factores de retraso y sobrecoste en las obras no solamente afectan a las empresas y promotores que intervienen en la ejecución de las mismas, sino que también afectan de manera significativa su entorno, por lo que resulta necesario profundizar en el tema para poder caracterizar la situación, de modo que, en un futuro próximo se pueda disponer de una visión clara de los problemas que se pueden presentar a la hora de ejecutar proyectos de construcción en función de las variables que presentan los mismos y efectuar medidas de mitigación que nos ayuden a estar preparados de mejor manera para combatir la aparición de estos factores que causan un impacto negativo en el desarrollo de las obras.

1.2. Justificación de la investigación

Realizar una planificación adecuada y concreta de la ejecución de un trabajo, su programación y evitar circunstancias desfavorables puede disminuir significativamente la posibilidad de que se produzca un retraso (Anysz & Buczkowski, 2018). Esta planificación se torna casi imposible cumplirla a cabalidad debido a las variables que presenta un proyecto de construcción, a pesar de que existen diversas técnicas que han ayudado significativamente a mejorar este tema en las obras (Anysz & Buczkowski, 2018).

Por esta razón es necesario analizar los factores de retraso en los proyectos de construcción en Ecuador, en función de las características de cada una de las obras y las causas que han generado sus retrasos y sobrecostes. De esta manera se logrará caracterizar la situación y establecer un punto de partida, con el fin de buscar soluciones a estos problemas que son muy comunes en las obras.

1.3. Objeto

El presente Trabajo Final de Máster, pretende identificar los factores causantes de retrasos y sobrecostes en las obras de construcción en Ecuador.

1.4. Preguntas de investigación

Detectado el problema global que representan los retrasos y sobrecostes en las obras de Ecuador y de todo el mundo, surge una incertidumbre por identificar el origen de la aparición de estos fenómenos y como afectan las diversas características y variables que tienen los proyectos de ejecución de obras de ingeniería civil. Para ello, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son las causas de retraso y sobrecoste que influyen en el retraso y sobrecoste de las obras?
- ¿Cómo influyen las características de la empresa y el proyecto en los retrasos y sobrecostes de las obras?
- ¿Qué relación existe entre las características de la empresa y del proyecto con las causas que producen retrasos y sobrecostes en las obras?
- ¿Cuál es la relación entre las categorías de las causas significativas de retraso y sobrecoste con las variables de la empresa y del proyecto?
- ¿Cómo se encuentran relacionadas entre sí las causas de retraso y sobrecoste en las obras?

1.5. Objetivos Específicos

Se busca a través de la realización de este estudio, obtener una serie de pautas que nos entreguen una guía para poder afrontar de mejor manera estos problemas y en lo posible tratar de minimizarlos al máximo. Con el objeto de dar respuesta a las preguntas de investigación, se proponen los siguientes objetivos específicos.

- Identificar las causas de retraso y sobrecoste más influyentes existentes en la literatura.
- Determinar las causas de retraso y sobrecoste más comunes en Ecuador.
- Identificar las variables de la empresa y del proyecto más influyentes en los proyectos con retraso y sobrecoste en las obras de Ecuador.
- Analizar y evaluar el impacto de las causas de retraso y sobrecoste en los proyectos de las empresas de construcción en Ecuador.
- Analizar y evaluar el impacto de las diferentes características de una obra en la aparición de retraso y sobrecoste en los proyectos de las empresas de construcción en Ecuador.
- Establecer conclusiones y proponer recomendaciones para mitigar la existencia de fenómenos causantes de retrasos y sobrecoste.

1.6. Alcance

La presente investigación se llevará a cabo en Ecuador, evaluando las causas de retraso y sobrecoste en distintas obras realizadas en el mencionado país. El estudio analizará distintos proyectos ejecutados por empresas constructoras desde micro (unipersonales) hasta grandes de la zona austral sur del mencionado país. En base a diferentes características tanto de las empresas como de los proyectos, y las consecuencias

que han surgido debido a la presencia de factores causantes de retrasos y sobrecostos, se caracterizará la muestra a ser analizada.

2. Contexto

Ecuador es un país que se encuentra en desarrollo, en donde uno de los principales motores para ello es el sector de la construcción. Este sector representa una buena cantidad del PIB del país, así como también es una de las principales fuentes de empleo para las personas. La construcción en el Ecuador está muy ligada al desenvolvimiento de su economía, con lo cual el crecimiento o decrecimiento del sector depende de la situación en la que se encuentre el país a nivel de recursos, ya sean estos propios o provengan de inversiones extranjeras.

Las empresas constructoras en el Ecuador son en su gran mayoría de tamaño micro hasta mediano, están catalogadas como MIPYMES, dejando un mínimo porcentaje para las empresas grandes que suelen ser extranjeras, a lo largo del tiempo han venido disminuyendo en cantidad, sin embargo, sus índices de solvencia son relativamente buenos.

En cuanto a los procesos de contratación son diversos, generalmente se dan en función del tamaño del monto del contrato y cumplen con algunos requisitos en cuanto a capacidades técnicas, existen 3 tipos de contratación pública en el Ecuador: Bienes y servicios, consultoría y ejecución de obras.

2.1. El sector de la construcción en Ecuador

El Banco Central del Ecuador, es la entidad encargada de realizar las estimaciones y presentar las cifras económicas del país, en el último año ha publicado que el crecimiento de la economía en el Ecuador será de un 0,2% (Banco Central del Ecuador, 2019). Mientras que el Fondo Monetario Internacional afirma la estimación de una contracción de $-0,5\%$ del PIB para el año 2019 (Weisbrot & Arauz, 2019). La Federación Nacional de Cámaras de Comercio del Ecuador, en un estudio realizado indica que el PIB del país crecerá menos del 2% en los próximos 5 años, el PIB per cápita permanecerá estancado, lo que significa que la población crece más rápido que la economía del país (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019). En la **Figura 1**, se puede apreciar la variación del PIB de Ecuador desde el año 2015 y su previsión hasta el año 2023 realizado por diferentes entidades. La línea azul continua muestra el crecimiento del PIB desde el 2015 hasta 2018 y en línea entrecortada se muestra la previsión para el año 2023 realizado por el Banco Central del Ecuador. La línea gris muestra los datos expresados por el organismo internacional *Credit Suisse*, en amarillo datos del departamento CEPAL de la Organización de Naciones Unidas, en rojo los expuestos por el Fondo Monetario Internacional y en verde los referentes al Banco Mundial (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

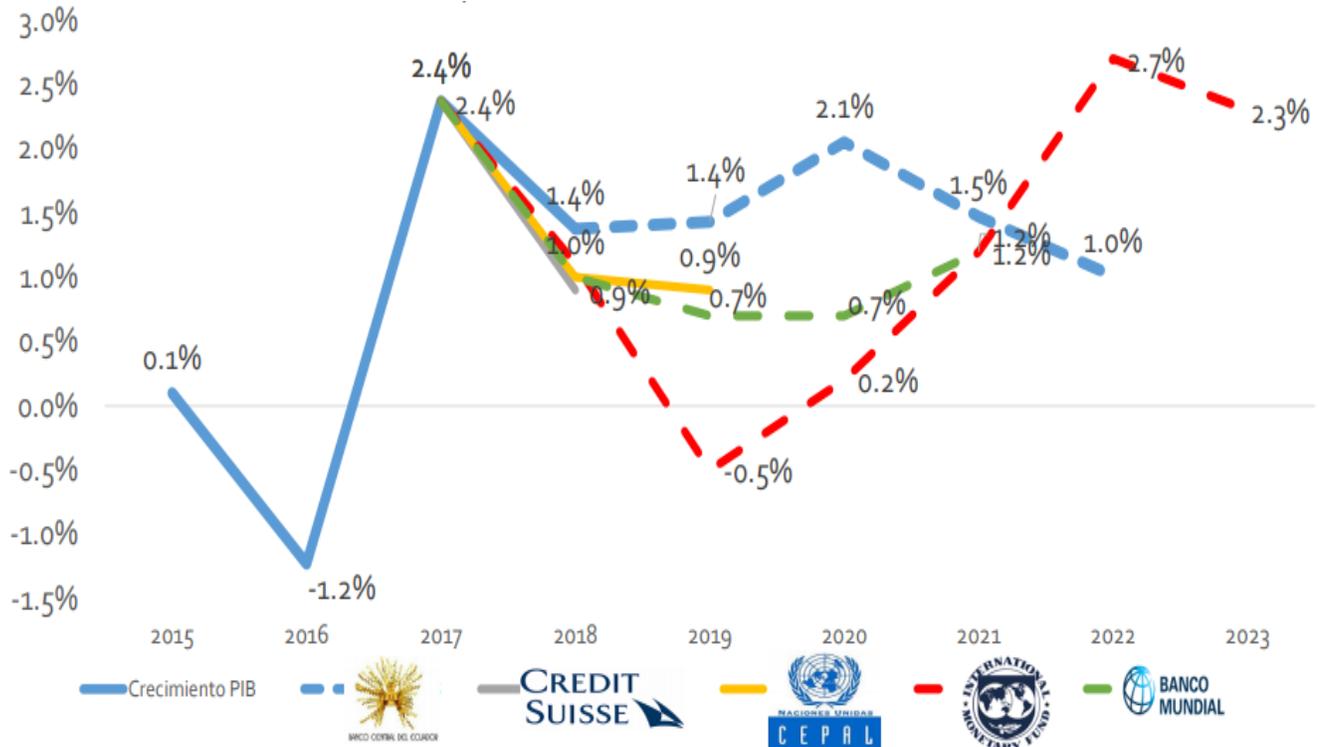


Figura 1. Previsión PBI en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

Por otra parte, en la **Figura 2**, se observa la evolución del PIB per cápita en el Ecuador desde el año 2011 y su previsión hasta el año 2023. Según los datos del Banco Central del Ecuador, este se reducirá hasta el año 2020 y volverá a tener un crecimiento hasta el año 2023 (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

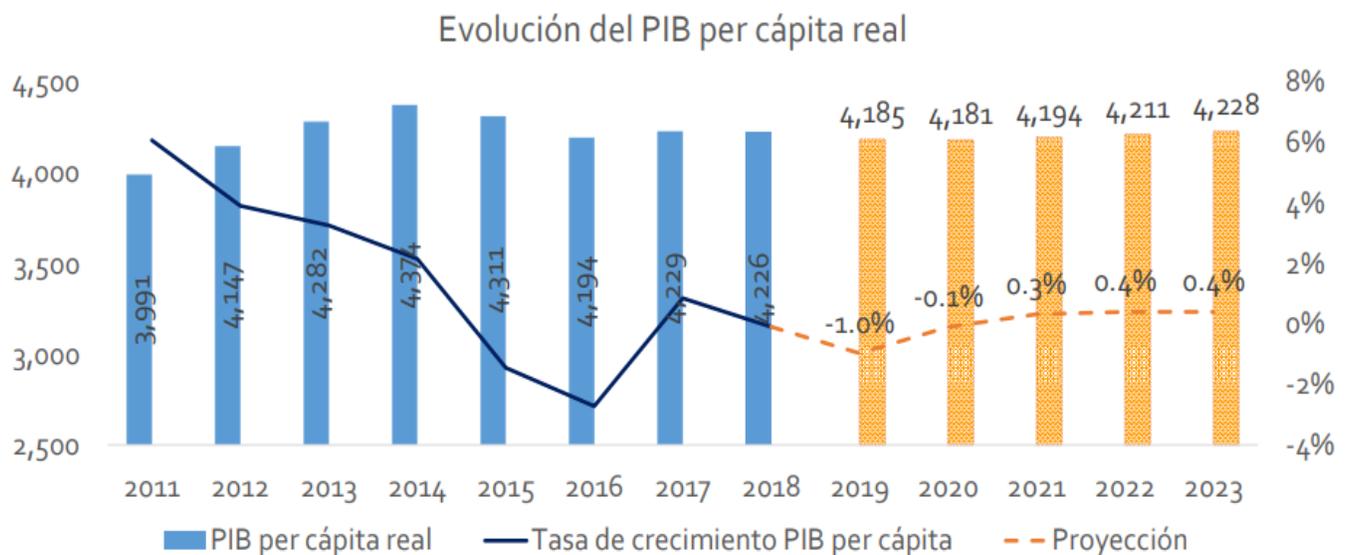


Figura 2. Previsión PBI per cápita en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

Ecuador, en el período comprendido entre los años 2010-2014, vivió una época de gran apogeo para el sector de la construcción, el porcentaje del sector de la construcción en el PBI del país llegó a la cifra de 9,6%. Debido al boom petrolero, los ingresos en el país se aumentaron significativamente lo que pudo ocultar problemas existentes como un sector público deficiente, desbalances macroeconómicos, carencia de mecanismos de estabilización y una baja inversión privada (Banco Mundial, 2019). Sin embargo, este apogeo llegó a su fin a inicios del año 2014. Cuando los precios del petróleo cayeron, los problemas salieron a flote, llevando consigo al sector de la construcción a un déficit del cual aún intenta recuperarse.

En la **Tabla 1**, se puede apreciar el crecimiento de los sectores entre los años 2007-2015, período sobre el cual se encuentran los años del boom petrolero, en el cuál la construcción alcanza un crecimiento de hasta el 14.4% en la contribución al crecimiento del PIB.

Tabla 1. Crecimiento sectorial (contribución al PIB) en Ecuador.

Contribuciones sectoriales al crecimiento del PIB 2007-2015		
Sector	Crecimiento Total	Porcentaje del crecimiento total
Construcción	5.9	14.4%
Enseñanza y Servicios sociales y de salud	4.7	11.3%
Manufactura (sin refinación de petróleo)	4.6	11.2%
Administración pública y defensa; Seguridad social	3.8	9.2%
Comercio	3.6	8.7%
Transporte	3.1	7.5%
Agricultura	2.7	6.5%
Petróleo y minas	0.6	1.4%
Refinación de petróleo	-0.8	-2.0%
Total	41.2	

Fuente: (Weisbrot & Johnston, 2017).

Años después se trataron de realizar algunos esfuerzos para impulsar al sector. A finales del año 2017, el Banco Central del Ecuador (BCE), lanzó un comunicado en el cual se hacía de conocimiento público la inversión por parte del mismo de 185 millones de dólares, destinados a proyectos de vivienda de interés público, con el objetivo de reactivar al sector de la construcción (Banco Central del Ecuador, 2019). Esta iniciativa que impulsa el BCE invita a las entidades financieras, inmobiliarias y de construcción a la creación de este tipo de proyectos, los cuales podrán ser financiados por créditos otorgados por el banco a tasas de interés anual del 5%, con un plazo de 20 años y de monto máximo de 70.000 dólares. La principal razón por la que surge la inversión hace referencia al déficit en vivienda que presenta el país, según datos de la Vicepresidencia de la República, existen alrededor de 2,8 millones de personas localizadas en

asentamientos y que alrededor de 37.064 hogares se encuentran en zonas no mitigables, protegidas y/o declaradas no habitables.

El sector de la construcción, al ser uno de los motores principales de la economía mundial, está relacionado directamente con el crecimiento económico de cada país. En vista de las cifras de estancamiento económico para Ecuador en el 2019, el sector de la construcción como es de esperarse mantiene un crecimiento bajo, similar al del año 2018. Pese a la reducción en la inversión pública en temas de infraestructura, el Banco Central del Ecuador estima un desarrollo para el sector en cuestión.

Para evidenciar el estancamiento en el crecimiento económico del sector y del país, en la **Figura 3**, se puede apreciar el crecimiento de la influencia del sector en el PIB total del Ecuador, el aumento es mínimo, pasa de representar el 8.6% en 2018 a ser el 8.7% en el 2019.

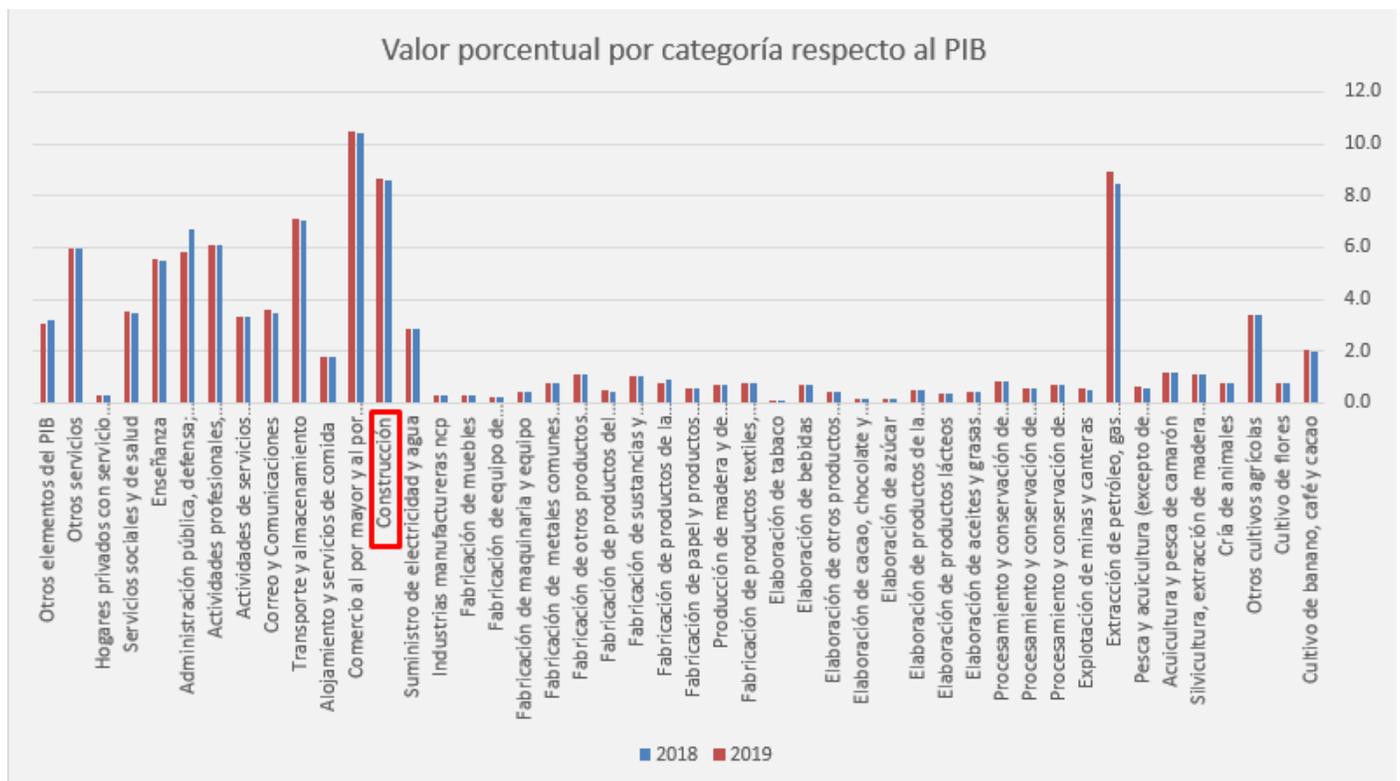


Figura 3. Valor porcentual de la influencia del sector respecto al PIB. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019). Elaboración propia.

Las Cámaras de la Construcción, afirman que la calidad del empleo se ha venido deteriorando desde el año 2014. Mientras que el subempleo se ha duplicado desde el año 2012, esto como consecuencia del estancamiento de la economía en el país y el aumento del empleo inadecuado por parte de las empresas debido a la ola de migración que sufre el país. La **Figura 4**, nos indica que el empleo inadecuado representa un incremento en el último año, mientras que el empleo en condiciones adecuadas se deteriora.

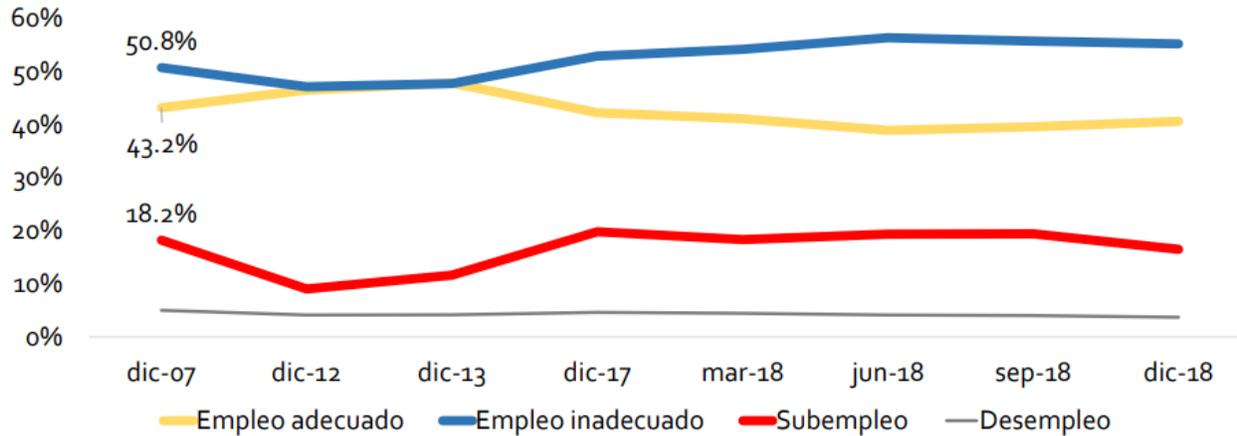


Figura 4. Tendencias del empleo global en el Ecuador. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

En la siguiente gráfica (Figura 5), se puede evidenciar la poca cantidad de **empleos de calidad**, que son aquellos que se encuentran bajo la definición de empleo adecuado, es decir que cuentan con un contrato formal en el cual se establece que sus ingresos son iguales o mayores al mínimo establecido por actividad y trabajan por lo menos 40 horas semanales. En el sector de la construcción solamente un 9.8% de los trabajadores cuentan con un empleo considerado como adecuado.

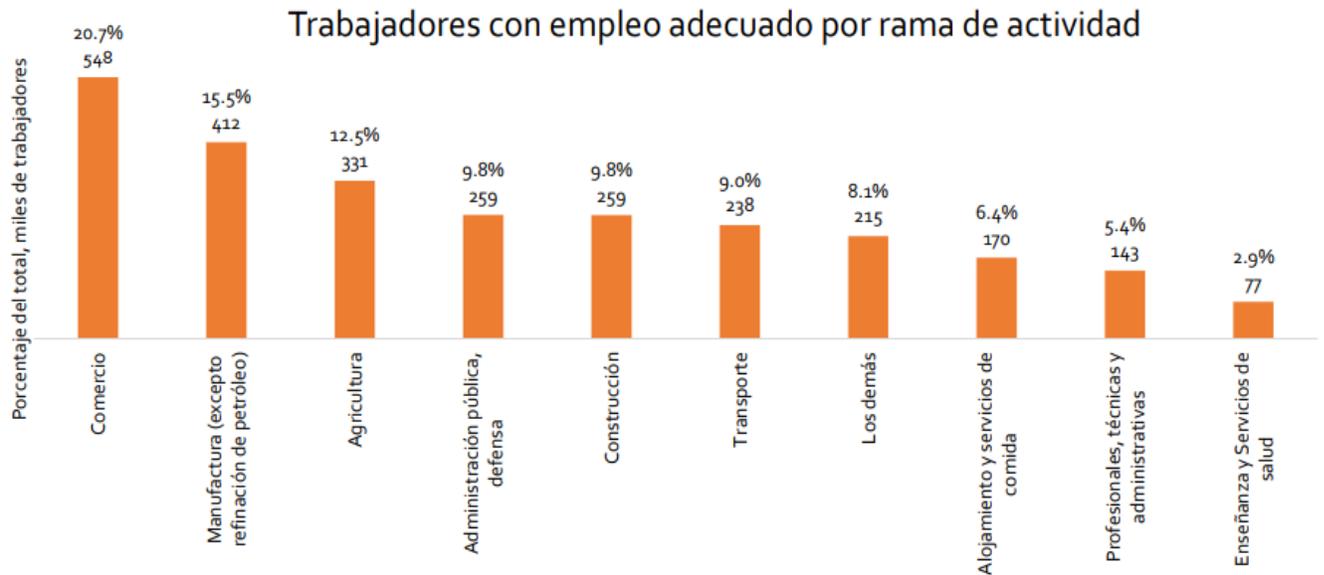


Figura 5. Empleo de calidad por ramas. Fuente: (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2019).

El sector de la construcción tiene un rol indispensable en la sociedad ecuatoriana, puesto que genera una gran cantidad de empleos, sin embargo, en muchos de ellos a pesar de haber generado reformas para implementar mayores controles en este ámbito, la construcción tiene un porcentaje de 49.2% de empleos informales, es decir la mitad de personas que trabajan en la construcción no poseen contratos formales ni definidos según datos recogidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2019).

A pesar del mínimo aumento en el desarrollo del sector de la construcción, las estadísticas referentes al empleo en el sector son negativas. Las mismas muestran niveles muy bajos, similares a los de 2016, año en el cual el país experimentó la contracción más importante de los últimos 10 años. En comparación con el año 2018, se generan un 10% menos de empleos, con lo cual, en el cuadro general de empleo del país, el resultante del sector de la construcción cae al 5.80% del total (Banco Central del Ecuador, 2019).

La **Tabla 2**, muestra la variación en porcentaje del empleo por ramas en el Ecuador, dejando en evidencia lo comentado anteriormente en cuanto al sector de la construcción.

Tabla 2. Empleo general por rama de actividad en Ecuador.

Empleo por rama de actividad		
Ramas de Actividad	Junio 2018	Junio 2019
Agricultura, ganadería caza y silvicultura y pesca	29.37 %	29.77 %
Industrias manufactureras	11.06 %	10.26 %
Construcción	6.50 %	5.80 %
Comercio, reparación vehículos	18.04 %	18.30 %
Transporte y almacenamiento	5.69 %	5.61 %
Actividades de alojamiento y servicios de comida	6.28 %	6.52 %
Actividades y servicios administrativos de apoyo	2.67 %	2.82 %
Administración pública, defensa y seguridad social	3.58 %	3.57 %
Enseñanza	3.73 %	3.75 %
Actividades, servicios sociales y de salud	2.47 %	2.70 %
Otras actividades de servicio	2.81 %	2.79 %
Actividades en hogares privados con servicio doméstico	2.64 %	2.62 %
Otros	5.10 %	5.51 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019).

Un indicador más sobre el sector de la construcción, es el consumo de cemento anual expresado en toneladas. Según estadísticas publicadas por el Instituto Ecuatoriano del Cemento y Hormigón en la década del 2006 – 2016 este indicador fue aumentando paulatinamente hasta llegar a su nivel más alto en el año 2013, posteriormente vuelve a caer y mantiene esa tendencia tal y como se observa en la **Figura 6** (INECYC, 2016). Su aumento viene relacionado con el buen momento del sector en los años 2012-2013, cuando la inversión pública y privada en el sector jugaba a su favor, debido a la buena cantidad de ingresos que entraban al país debido a un alza en el precio del barril de petróleo. Como se menciona

anteriormente, con el fin del apogeo, la economía vuelve a caer hasta estancarse finalmente, llevando consigo a los diferentes sectores que generan ingresos para el país.

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	TOTAL
2006	348,260	267,712	331,856	303,996	343,993	345,066	350,554	388,884	363,590	379,919	367,757	349,423	4,141,009
2007	362,378	313,640	358,637	318,443	349,176	348,233	377,755	404,011	382,037	436,845	405,120	390,795	4,447,070
2008	382,261	332,025	357,431	397,984	387,899	404,872	461,675	449,958	452,312	474,090	433,620	457,121	4,991,248
2009	433,498	377,309	454,029	454,029	434,096	443,789	484,561	444,122	457,155	472,813	436,111	463,208	5,354,720
2010	398,499	356,564	452,696	393,811	404,920	444,975	452,407	482,974	472,466	492,080	455,378	480,356	5,287,126
2011	433,558	415,083	454,205	412,935	455,818	476,055	495,125	531,617	498,844	522,916	505,344	503,190	5,704,687
2012	451,300	402,054	496,079	433,777	487,767	491,993	523,633	557,315	519,920	586,426	561,535	520,556	6,032,356
2013	537,391	447,929	499,743	545,440	553,278	523,525	584,767	579,080	565,779	611,987	594,814	556,588	6,600,321
2014	556,787	511,795	497,601	524,903	526,641	502,055	565,689	562,641	574,968	602,748	532,009	557,786	6,515,624
2015	486,503	436,287	504,682	486,432	477,111	488,777	504,435	498,845	524,126	536,875	444,586	459,579	5,848,238
2016	377,308	363,479	399,954	389,643	418,661	403,001	434,364	484,511					3,270,920

Figura 6. Consumo de cemento en toneladas período 2006-2016. Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón.

En el Ecuador predomina la estrategia tradicional de contratación es la de Diseño – Licitación – Contratación (DBB), por sus siglas en inglés dando oportunidad a cualquier empresa con capacidad para contratar para que participe en la oferta de ejecución de las obras. Algunos datos nos indican que, países extranjeros han realizado inversiones en distintos sectores de la economía de Ecuador. En el sector de la construcción se puede destacar la inversión hecha por Holanda en el año 2018, en la **Figura 7**, se puede apreciar que la cantidad de inversión rodea los 80,5 millones de dólares por parte del país europeo, mientras que otro de los países que aportaron en este año fue China muy por debajo con una cantidad de 3,1 millones de dólares (Banco Central del Ecuador, 2019).

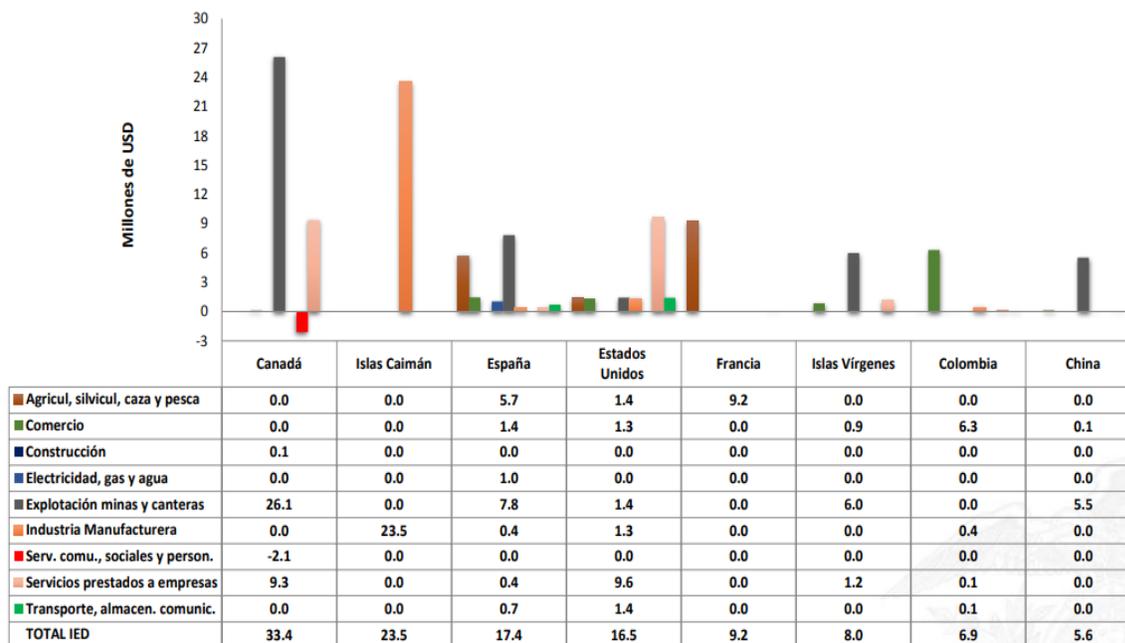


Figura 7. Inversión extranjera directa año 2018. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019)

Sin embargo, para el año 2019 (Figura 8), ningún país realiza inversiones para el sector de la construcción ecuatoriano.

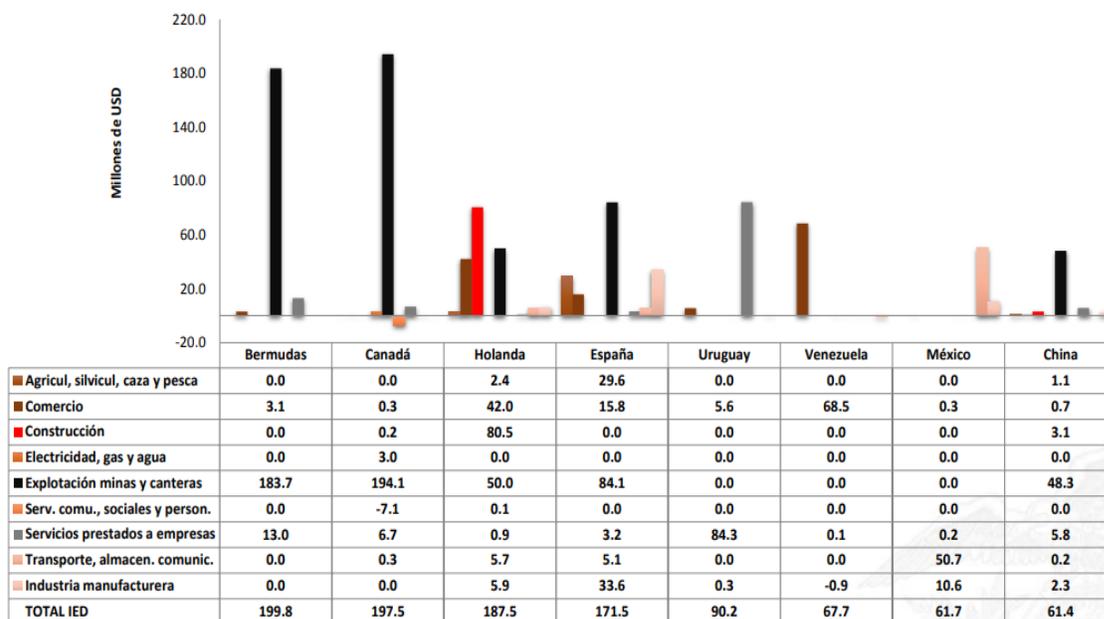


Figura 8. Inversión extranjera directa año 2019. Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2019)

2.2. Situación de las empresas en el país

En Ecuador las empresas constructoras están clasificadas por su tamaño, en función del número de colaboradores que posee y la cantidad de ventas o ingresos brutos anuales expresadas en dólares norteamericanos. En base a estos parámetros las empresas pueden ser de tamaño micro, pequeña, mediana A, mediana B y grandes tal y como se expresa en la **Tabla 3** (INEC, 2014).

Tabla 3. Clasificación de empresas por tamaño.

EMPRESA	Nº TRABAJADORES	VENTAS ANUALES (\$)
Microempresa	1 a 9	<= 100.000
Pequeña	10 a 49	>100.00 <= 1.000.000
Mediana A	50 a 99	>1.000.000 <= 2.000.000
Mediana B	100 a 199	>2.000.000 <=5.000.000
Grande	200 en adelante	>5.000.000

Fuente: (INEC, 2014).

La cantidad de empresas distribuidas por tamaños según los datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros en los años comprendidos entre 2013 y 2017 se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Cantidad de empresas del sector de la construcción período 2013-2017.

Cantidad de empresas en el sector de la construcción período 2013-2017					
Tamaño	2013	2014	2015	2016	2017
Grandes	158	143	139	146	122
Medianas	496	454	451	410	378
Microempresas	3877	4328	4187	4232	3557
Pequeñas	1669	1602	1605	1539	1441
TOTAL	6200	6527	6382	6327	5498

Fuente: (Superintendencia de Compañías, 2018).

En el período de 2013 – 2017, se registra un ingreso promedio por ventas en el sector que rodeaba los 5393 millones de dólares americanos, lo cual representaba el 5% de los ingresos de todo el sector empresarial (Superintendencia de Compañías, 2018). Se evidencian dos escenarios durante este período, el primero comprendido en los años 2013 y 2014 en donde los ingresos generados incluso representan un

mayor crecimiento que el PIB. Por otro lado, a partir de este año el crecimiento en el porcentaje de ingresos por ventas del sector se situó por debajo del crecimiento del PIB. La **Figura 9** indica lo expuesto sobre los ingresos por ventas de las empresas constructoras.

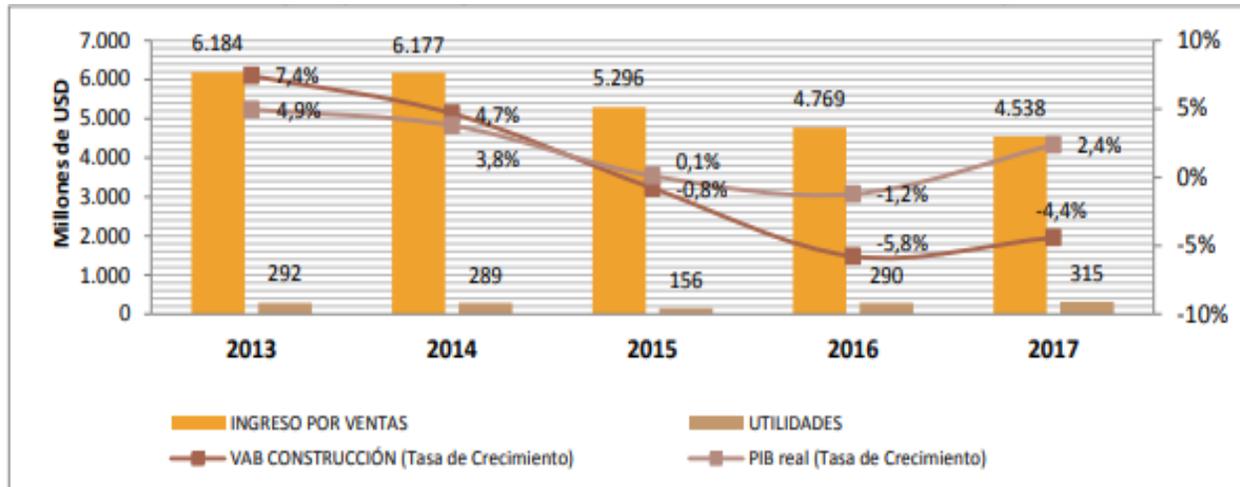


Figura 9. Ingreso por ventas en empresas del sector de la construcción período 2013-2017. Fuente : (Superintendencia de Compañías, 2018).

En el mismo período la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros publicó datos relacionados con los ingresos anuales clasificados por tamaño de empresa, en el cual se destaca que las grandes empresas ocupan el 70% de los ingresos del sector (Superintendencia de Compañías, 2018). Sin embargo, se indica que el 98% de las empresas del sector de la construcción en Ecuador son MIPYMES, las cuales aportan nada más entre el 28% y 30% de los ingresos. Otro punto a tomar en cuenta es la empleabilidad generada según el tamaño de las empresas. El 97% de la empleabilidad del sector es generada por las MIPYMES, mientras que las grandes generan nada más el 3% restante (Superintendencia de Compañías, 2018).

Con lo cual se concluye que, si bien las empresas grandes atraen mayor cantidad de ingresos siendo un mínimo porcentaje, estas generan poco empleo formal en el sector. Al contrario de las MIPYMES, que son la mayoría de empresas del sector, las mismas que generan la mayor cantidad de empleo, pero atraen menos ingresos. La **Figura 10** nos indica el porcentaje del total de ingresos por ventas por cada año del período 2013 – 2017 según el tamaño de empresa.

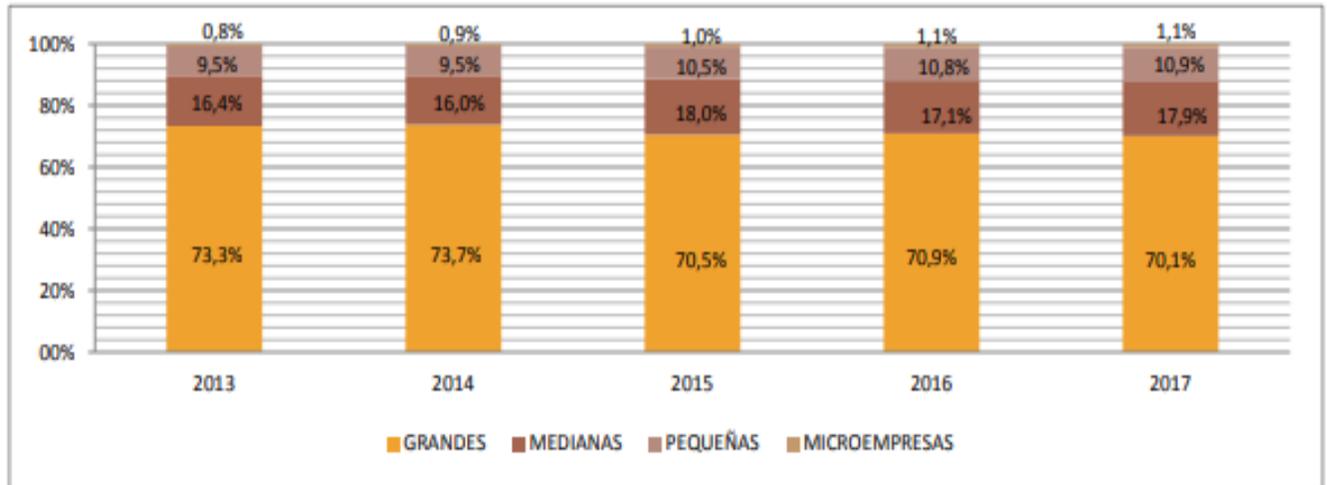


Figura 10. Ingresos de empresas anuales por tamaño en el período 2013-2017. **Fuente :** (Superintendencia de Compañías, 2018)

Un fenómeno para destacar en este período es, como se mencionó anteriormente, el volumen de consumo de cemento presentó una variación anual de -11.6% según el INECYC (2016), también afirma que en 2016 se comercializó un 44.1% menos cemento que el año anterior, resultado dado por la disminución de la inversión pública para con el sector (Superintendencia de Compañías, 2018).

Sin embargo, en cuanto a crecimiento empresarial en el año 2016 en la **Figura 11**, observando las utilidades de las mismas, se aprecia un crecimiento muy alto con respecto al año anterior. La Superintendencia de Compañías explica este aumento exponiendo que las empresas posiblemente tenían ya adjudicados los contratos mediante inversiones públicas y privadas, además de un efecto precio que jugó a favor, debido a la inflación positiva ocasionado por las salvaguardas impuestas por el Estado (Superintendencia de Compañías, 2018).

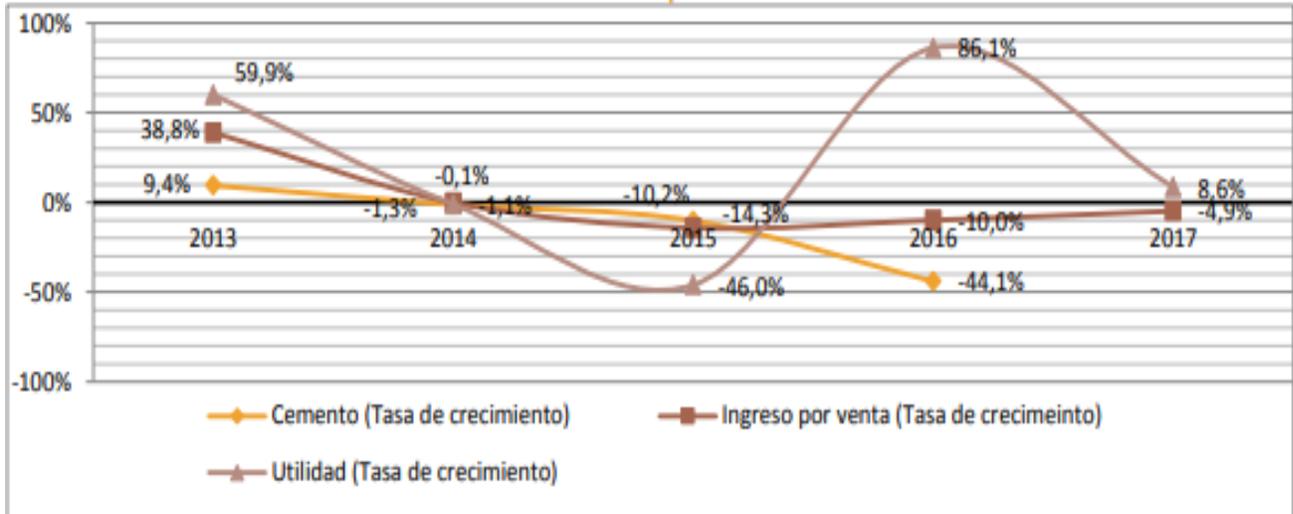


Figura 11. Relación consumo de cemento – Ingresos y Utilidades de las empresas del sector. **Fuente :** (Superintendencia de Compañías, 2018)

El índice de confianza empresarial, representa la solvencia que poseen las empresas en su economía, según el Banco Central del Ecuador, las empresas del sector de la construcción incrementaron su índice promedio en un 0,8%. Esto nos da una referencia de que las empresas a pesar de que el sector no se está desarrollando en gran magnitud en los últimos años, mantienen un buen nivel de ingresos y estabilidad económica (Banco Central del Ecuador, 2019).

Como se observará en la siguiente **Figura (12)**, durante el período de tiempo comprendido en la última década, viene siendo bastante variable debido a la inestabilidad económica evidente del país, en el caso del sector de la construcción muy ligado a ella. Por lo que, claramente los mejores años son el 2013 y 2014, años de gran capacidad para inversión pública en la construcción. Pasado esos años en lo más alto, vuelve a caer de manera significativa, para luego ir recuperándose y en la actualidad obtener ese crecimiento que es mínimo pero que da una buena señal para el futuro (Banco Central del Ecuador, 2019).

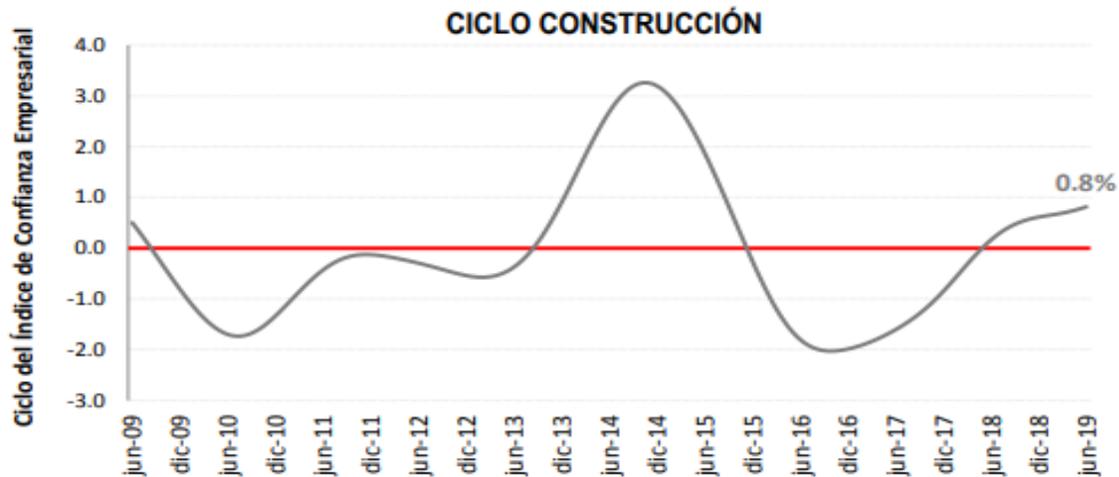


Figura 12. Historia del índice de confianza empresarial en la última década. **Fuente :** (Banco Central del Ecuador, 2019).

En resumen, se evidencia claramente que las empresas del sector de la construcción dependen en su gran mayoría de la inversión pública por parte del gobierno en este sector ya que la mayoría de obras que se realizan en el Ecuador son de contratación pública. Los datos nos indican la variación de la situación de las empresas en la última década, en donde sus mejores versiones se muestran en los años de gran inversión pública y estabilidad económica del país y decayendo de forma directamente proporcional a estas inversiones. Otro de los aspectos que se pueden evidenciar de las empresas del sector de la construcción ecuatoriano es el predominio de empresas micro y pequeñas por sobre las grandes, lo que nos indica también la poca intervención de las empresas internacionales multinacionales en el sector y la poca inversión en grandes infraestructuras. Sin embargo, en los últimos 2 años se observa una ligera mejora para las empresas lo cual se espera pueda mantenerse en el futuro.

2.3. Procesos de Contratación

2.3.1. Generalidades

La contratación pública en el Ecuador, desde el año 2008 es manejada por el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), a través de un portal online cuya página web se denomina www.compraspublicas.gob.ec, en el cual se dan a conocer los procedimientos de contratación para adquisición o arrendamiento de bienes, ejecución de obras y prestación de servicios, incluidos los de consultoría. Este modus operandi busca, principalmente, transparentar por completo los procesos de contratación, con el fin de administrar de mejor manera los fondos públicos estatales y optimizar los procesos de ejecución de obras y prestación de servicios (LONSCP, 2018).

El portal de compras públicas en el Ecuador, maneja una interfaz amigable en la cual se encuentran, entre otras, los denominados proveedores (personas naturales y jurídicas), que deberán antes, registrarse en el RUP (Registro Único de Proveedores), el catálogo electrónico para consultar los procesos disponibles en la aplicación, el listado de instituciones y contratistas del Servicio Nacional de Contratación Pública, informes de las entidades contratantes, estadísticas, contratistas incumplidos y toda la información necesaria en cuanto a los procesos de contratación pública. Cabe recalcar, que este será el único medio por el cual se realizará todo proceso electrónico relacionado con un proceso de contratación pública (LONSCP, 2018).

2.3.2. Marco Normativo

La publicación de los procesos está a cargo de las entidades contratantes, las cuales al inicio de cada año presentan un PAC (Plan Anual de Contratación), en base al presupuesto que se ha estipulado para el período anual en curso, la presentación de este plan será obligatoriamente dentro de los 15 días del mes de enero (LONSCP, 2018).

La entidad contratante, antes de iniciar un proceso precontractual deberá contar con los estudios realizados y puestos a punto para iniciar el proceso. Es decir, diseños completos y definitivos, planos y cálculos actualizados, especificaciones técnicas. Todas las anteriores debidamente aprobadas por las instancias correspondientes, además deberán certificar la disponibilidad presupuestaria y la existencia de recursos suficientes para cubrir las obligaciones derivadas de la contratación (LONSCP, 2018).

En la contratación pública de Ecuador, se toman también en cuenta aspectos que incentivan la participación local y nacional. En los procesos contractuales se da cierta preferencia a los proveedores de obras, bienes y servicios de origen local, de acuerdo a los parámetros definidos por las entidades contratantes correspondientes (LONSCP, 2018). Los oferentes podrán presentar sus ofertas individualmente, asociados, o con compromiso de asociación o consorcio (LONSCP, 2018).

Los formatos que se deben seguir son los establecidos por el Servicio Nacional de Contratación Pública para la realización de los procedimientos precontractuales, las entidades pueden contar con el asesoramiento de la Contraloría General del Estado. Además, es indispensable que los procedimientos se publiquen mediante el portal de compras públicas, cualquier otro método está por fuera del cumplimiento de la Ley Orgánica de Contratación Pública (LONSCP, 2018).

Una vez publicados los procedimientos en el portal online, los oferentes poseen un determinado tiempo, establecido por la entidad contratante para presentar sus ofertas en base a las directrices solicitadas. El funcionamiento de este procedimiento depende del tipo de contratación que se esté dando. Cabe recalcar que, en la publicación del proceso, la entidad contratante proporciona a los oferentes todos los documentos necesarios para la preparación de ofertas: planos, especificaciones técnicas, presupuesto, requisitos de los oferentes, etc. (LONSCP, 2018). Durante este período se abre un plazo para que los oferentes cuestionen a la entidad contratante, sobre aquellos parámetros que no estén claros en los documentos del proceso. Una vez concluido el plazo, los oferentes presentan sus propuestas tanto de forma telemática mediante el portal de compras públicas como de forma física en sobres sellados en los lugares determinados por cada entidad (LONSCP, 2018).

Acto seguido, se procede a la apertura de los sobres, anunciando al postor con el precio más bajo, lo cual **no** quiere decir que el oferente se convierte directamente en adjudicatario, se debe superar un proceso de calificación y verificación de los requisitos que cada oferente debe cumplir técnica y económicamente, una vez realizado este análisis se comunica la adjudicación del contrato.

2.3.3. Tipos de Contratación

La contratación pública en el Ecuador, se caracteriza por tener tres diferentes frentes de contratación: bienes y servicios normalizados y no normalizados, consultoría y ejecución de obras. Cada uno de estos objetos de contratación, tiene sus diferentes subtipos de contratación en función del presupuesto referencial del proyecto (PR), y el producto entre un coeficiente determinado y el presupuesto inicial del Estado (PIE). La tabla 5 nos indica los diferentes objetos de contratación, con sus diferentes tipos y las características que cumplen cada uno de ellos según la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2018).

Tabla 5. Tipos de Contratación en Ecuador

OBJETO	DENOMINACIÓN	OBSERVACIONES
BIENES Y SERVICIOS	Catálogo Electrónico	SIN MONTO DEFINIDO
	Subasta Inversa	SIN MONTO DEFINIDO
	Ínfima Cuantía	$PR < 2E-7*PIE$
	Menor Cuantía	$PR < 2E-6*PIE$
	Cotización	$2E-6*PIE > PR < 1,5E-5*PIE$
	Licitación	$PR > 1,5E-5*PIE$
CONSULTORÍA	Contratación Directa	$PR < 2E-6*PIE$
	Lista Corta	$2E-6*PIE > PR < 1,5E-5*PIE$
	Concurso Público	$PR > 1,5E-5*PIE$
CONTRATACIÓN DE OBRAS	Ínfima Cuantía	$PR < 2E-7*PIE$
	Menor Cuantía	$PR < 7E-6*PIE$
	Cotización	$7E-6*PIE > PR < 3E-5*PIE$
	Licitación	$PR > 3E-5*PIE$
	Precio Fijo	$PR > 7E-6$

Nota: PR: Presupuesto referencial; PIE: Presupuesto inicial del Estado

Fuente: (LONSCP, 2018). Elaboración Propia.

El **Catálogo Electrónico** es un medio por el cual se dan procesos de contratación mediante convenios marco, los mismos que están definidos anteriormente por el Servicio Nacional de Contratación Pública con ciertos proveedores en base a parámetros específicos con el fin de que se efectúe una contratación directa entre partes.

Se trata de **Subasta Inversa**, cuando se requiere de un bien o servicio que no se encuentra dentro del catálogo electrónico, las entidades contratantes realizan una subasta en la cual los oferentes pujan hacia la baja para conseguir la adjudicación del contrato, siempre y cuando cumpla con las especificaciones requeridas.

Ínfima cuantía, se dará solo para casos de contratación de adquisición de bienes y servicios no normalizados, excepto los de consultoría, siempre y cuando se cumplan los valores de presupuesto

referencial (PR) menor al producto de 2E-6 por el presupuesto inicial del Estado (PIE). Si se tratase de servicios normalizados, estos podrán ser aquellos que no consten en el catálogo electrónico. En el caso de ejecución de obras, el objeto del proyecto deberá ser exclusivamente obras de reparación, refacción, remodelación, adecuación, mantenimiento y mejoras, cumpliendo con los requisitos de presupuesto referencial (PR) menor al producto entre 2E-7 por el presupuesto inicial del Estado (PIE).

El proceso de contratación denominado **Menor Cuantía**, en el caso de bienes y servicios deberá cumplir el requisito del presupuesto referencial (PR) menor a 2E-6 por el presupuesto inicial del Estado (PIE), y en el caso de la ejecución de obras deberán cumplir el requisito de presupuesto referencial (PR) menor al producto entre 7E-6 por el presupuesto inicial del Estado (PIE).

La **Cotización**, se efectúa cuando ha resultado imposible realizar cualquiera de los procedimientos anteriormente citados, además de cumplir con los requisitos de presupuesto, invitando a participar a todos los proveedores registrados en el Registro Único de Proveedores (RUP).

En el caso de que ninguno de los anteriores casos proceda, se dará paso a un proceso de **Licitación**, en el cual se deberá tomar en cuenta los mismos matices que en el proceso de cotización, pero con los requisitos presupuestarios correspondientes.

El contrato por **Precio Integral Fijo**, es un procedimiento especial, que solo se podrá dar cuando se cumplan los siguientes requisitos: 1) en el caso de que según análisis de la entidad contratante y con responsabilidad de su máxima autoridad se determine la conveniencia de este tipo de contratación sobre los diferentes procesos dinámicos mencionados anteriormente. 2) Si se tratase de la ejecución de infraestructuras en las cuales resulte evidente el beneficio de contratar a un solo responsable para la provisión de equipo, construcción y puesta en marcha del proyecto. 3) Si se cumplen los requisitos presupuestarios correspondientes. 4) Los estudios deben ser los definitivos y estarán completos por parte de la entidad contratante.

Cuando se trata de **consultoría**, las personas naturales o jurídicas a deberán estar registradas en el RUP y para las personas jurídicas deberán estar constituidas según la Ley de Compañías. Para ejercer la consultoría tanto las personas naturales como jurídicas deberán verificar según la Ley de Educación Superior su aptitud para ejercer dicho servicio y para el caso de personas jurídicas estarán dedicadas exclusivamente a esta actividad.

En la **Tabla 6**, se resumen las tipologías de contratación que existen en el Ecuador, destacando las principales diferencias que existen entre ellas.

Tabla 6. Tipologías de contratación pública de Ecuador y sus diferencias.

Tipos de Contratación Pública			
	Tipo	Forma de Contratación	Monto
BIENES Y SERVICIOS	Catálogo Electrónico	Convenio Marco	No definido
	Subasta Inversa	Puja hacia la baja	No definido
	Ínfima Cuantía	Sorteo (Aceptación de PR)	Pequeño
	Menor Cuantía	Sorteo (Aceptación de PR)	Pequeño
	Cotización	Recepción de ofertas	Mediano
	Licitación	Recepción de ofertas	Grande
CONSULTORÍA	Contratación Directa	Convenio Marco	Pequeño
	Lista Corta	Invitación y posterior recepción de ofertas	Mediano
	Concurso Público	Recepción de ofertas	Grande
EJECUCIÓN DE OBRAS	Ínfima Cuantía	Sorteo (Aceptación de PR)	Pequeño
	Menor Cuantía	Sorteo (Aceptación de PR)	Pequeño
	Cotización	Recepción de ofertas	Mediano
	Licitación	Recepción de ofertas	Grande
	Precio Fijo	Contratación Directa	Grande

Fuente: (LONSCP, 2018).

2.4. Multas, Garantías y Contratos Complementarios.

Los contratos de ejecución de obra, tienen una serie de cláusulas que se deben cumplimentar según lo estipulado en la Ley Orgánica de Contratación Pública, al darse un incumplimiento del contrato sin justificación permitida, las empresas pasan a formar parte de la lista de contratistas incumplidos que se muestra en el portal de compras públicas que maneja el sistema de contratación pública (LONSCP, 2018), dejándolas en evidencia y siendo incapaces de contratar con entidades públicas por un determinado período de tiempo que según sea la razón establecida ronda entre 3 y 5 años (LONSCP, 2018). La mayoría de veces, esta causa de incumplimiento es el retraso injustificado de la ejecución del proyecto. El agente responsable de la verificación de cumplimientos, garantías e imposición de multas será el Fiscalizador (Dirección Facultativa) (LONSCP, 2018). En todo contrato público se establecerá una garantía de fiel

cumplimiento equivalente al 5% del valor total de la obra, con el fin de asegurar que se cumpla el objeto de contratación y beneficio de terceros (LONSCP, 2018).

La Ley menciona claramente que, al momento de celebrar el contrato, se comprobará la capacidad legal y técnica del contratista para realizarlo, así como la presupuestaria de la entidad contratante. También añade que, obligatoriamente, el contrato constará de cláusulas en las cuales se establezcan las multas y la garantía de un pago de anticipo por parte de la entidad contratante. Las multas se impondrán por retraso e incumplimiento del cronograma valorado, se determinarán por día de retardo y sobre el porcentaje de las obligaciones pendientes. Éstas, serán impuestas por el fiscalizador o por el administrador de la obra según sea el caso y podrán ser impugnadas en las sedes administrativas (LONSCP, 2018).

Cuando se da la necesidad de ampliación de un contrato por diferentes causas que pueden ser técnicas o imprevistas, se puede celebrar un contrato complementario con el mismo contratista sin necesidad de ejecutar un proceso dinámico, siempre y cuando se mantengan los precios de los rubros establecidos en el contrato original con su respectivo reajuste. Este contrato complementario no podrá ser de un valor superior al 8% del monto del contrato inicial. En caso de ser mayor, se realizarán nuevos contratos complementarios, sin que la suma de los mismos exceda el 15% del valor inicial (LONSCP, 2018). Cabe recalcar, que para cada uno de ellos se deberán presentar nuevas garantías por parte del contratista. En casos muy particulares y previo informe de la Contraloría General del Estado, un contrato complementario podrá alcanzar un valor del 35% del valor del contrato inicial. (LONSCP, 2018)

En el caso que, a pesar de realizar las obras a detalle y con las cantidades previstas en las especificaciones técnicas y planos, existan diferencias de cantidades de obra, no será necesario realizar contratos complementarios, sino que se realizará el pago del saldo de manera directa, previa comprobación (LONSCP, 2018).

3. Marco Teórico y Estado del Arte

Se exponen conceptos básicos para entender el contexto de la investigación, explicando cuales son las partes intervinientes en el proceso de ejecución de un proyecto de construcción desde su diseño hasta su materialización y posterior explotación. En el medio de todo esto, a lo largo del tiempo y de forma muy frecuente se han dado distintos problemas que interfieren con el desarrollo normal de este proceso de ejecución de un proyecto, debido a distintas razones y bajo responsabilidad de diferentes agentes, estos imprevistos atentan contra el éxito de los proyectos, provocando graves incidencias en cuanto al tiempo y presupuesto planificado para la culminación de los proyectos. Es por esta razón, que surge la incertidumbre de cómo afrontar estos imprevistos para lograr optimizar al máximo la productividad en el desarrollo de las obras y así poder cumplir con los objetivos establecidos en cuanto a tiempo y presupuesto, para lo cual en los últimos años varios investigadores han realizado distintos estudios con el afán de conocer cuáles son las principales causas de la aparición de estos imprevistos que afectan tanto a las obras y una vez detectados tratar de minimizarlos o eliminarlos por completo, para evitar las graves consecuencias que ellos generan.

3.1. Conceptos Generales

3.1.1. Proyectos de Construcción

Un proyecto de construcción es parte de un proceso que consta de tres grandes fases o etapas: 1) diseño, 2) construcción y 3) uso y explotación (Boquera, 2015). Los proyectos de construcción tienen un comienzo y un fin determinado. EL PMBOK (2013), establece que un proyecto a llegado a su fin cuando se logran los objetivos del mismo, cuando se finaliza por que los objetivos no se van a poder concretar o por la desaparición de la necesidad que dio origen a su elaboración.

Los proyectos de construcción pueden ser de dos diferentes tipos: obra civil y edificación. Se refiere a obra civil a los proyectos de carreteras, aeropuertos, obras lineales, obras hidráulicas, urbanismo, reparaciones, etc. Mientras que edificaciones como su nombre lo indica a las estructuras que crecen en altura como suelen ser edificios para oficinas o residenciales, hospitales, escuelas, centros deportivos, etc. (Ministerio de Educación y Cultura, 1997).

3.1.2. Fase de Construcción

Se trata de la etapa en la cual se materializa el proyecto, es decir, se le da vida al conjunto de gráficos, esquemas y cálculos realizados durante la etapa de diseño. Es llevar a la realidad el diseño proyectado (Cuellar, 2011). La transición que existe entre el diseño y la construcción se da por medio de la utilización de maquinaria, materiales y mano de obra, por lo que, todas las actividades físicas que se den a cabo después de la fase de diseño hasta la explotación del producto se refieren a la fase de construcción (Alshubbak, 2010).

Sin duda, esta fase es en la que más problemas existen de retrasos y sobrecoste, es por ello que ha sido estudiada a profundidad a lo largo del tiempo. Razón por la cuál es necesario llevar a cabo un control exhaustivo de la misma. Este control implica varios tipos como, por ejemplo: económicos, de calidad, de personal, etc. Todo esto para tratar de completar el proyecto con éxito (Alshubbak, 2010).

3.1.3. Planificación de obra

Se entiende por planificación de una obra al análisis de las actividades a ejecutarse en un proyecto y las relaciones lógicas que existen entre ellas (Pellicer, 2014). Es un proceso en el que se definen los objetivos que se pretenden alcanzar y cómo se van a conseguir (Boquera, 2015). Se establece un orden cronológico de las tareas, estimando su duración y los recursos necesarios para su ejecución. En la planificación de obra se toman en cuenta factores que pueden afectar al desarrollo normal de la ejecución de una obra como son los climatológicos, laborales, festivos, etc. (Pellicer, 2014).

A partir de este análisis se llega a obtener a breves rasgos una idea de lo que será la ejecución del proyecto de construcción, las actividades a las que se deberá poner especial énfasis al momento de ejecutarlas ya que el sistema arroja resultados jerarquizando a las actividades por prioridades.

Existen varias técnicas para la planificación de obras, entre las más conocidas y utilizadas se encuentran: diagramas de barras o de Gantt, método CPM (Critical path method) o método de la ruta crítica, el método PERT (Project Evaluation and Review Techniques), redes de precedencia, entre otras (Boquera, 2015; Daniel Castro Fresno, 2005).

3.1.4. Países en vías de desarrollo

Los países en vías de desarrollo son denominados así principalmente porque su desarrollo económico, aunque también se pueden incluir aspectos que pueden ser políticos, sociales, salud, etc. (Organización de Naciones Unidas, 2013). Se encuentran en un período de transición entre el subdesarrollo y las economías plenamente desarrolladas.

Las Naciones Unidas, ubican a 159 países bajo la definición de países en vías de desarrollo, aunque no ofrecen una definición clara de esta categoría (Organización de Naciones Unidas, 2013). La Organización Mundial de la Salud, clasifica a los países por su nivel de ingresos en: bajos, medios y altos. Otros indicadores para referenciar a estos países también es el índice de desarrollo humano, publicado por la Organización de Naciones Unidas cada año, el cuál analiza por cada país su renta per cápita, su expectativa de vida y la educación. Por otro lado, el Banco Mundial en el año (2016), decidió eliminar el término “países en vías de desarrollo” debido a que consideraban que el término era caduco, ya que los países debido al incremento de la población y el incremento económico global, concluyeron que sería más conveniente denominar a los países por bloques regionales.

En resumen, los países antiguamente denominados como “países en vías de desarrollo” son aquellos que han surgido o están surgiendo económicamente a lo largo del tiempo y han dado un paso adelante en diferentes aspectos para obtener una mejor calidad de vida.

3.1.5. Agentes intervinientes

En los proyectos de construcción están involucrados varios agentes que tienen distintas responsabilidades en las diferentes actividades que se llevan a cabo a lo largo del desarrollo de la obra. Desde cargos importantes en cuanto a la toma de decisiones sobre el rumbo del proyecto, métodos constructivos, y demás, hasta los ejecutantes directos de las tareas son agentes que intervienen en las obras de construcción y de una u otra forma algunos factores externos como los climatológicos, políticos y naturales también forman parte del entorno de un proyecto.

En la tesis doctoral de Alshubbak del año 2010, se considera principalmente como agentes intervinientes principales en un proyecto de construcción al promotor, el consultor y el contratista. Cabe recalcar, que también existen otros como son: proveedores, subcontratistas, proyectistas, externos de control, etc.

3.1.5.1. Promotor

Se conoce como promotor a aquella persona natural o jurídica que impulsa la realización de un proyecto de construcción según el Real Decreto español RD 1627/1997. La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, 2000), completa la definición anteriormente mencionada añadiendo que un promotor no solamente es la persona que impulsa la realización de un proyecto, sino que también lo decide, programa y financia al mismo.

El promotor es el agente principal de un proyecto de construcción, ya que debido a su necesidad detectada se inicia la ejecución de los mismos y cuando esta necesidad ha sido solventada, el proyecto culmina con éxito (Alshubbak, 2010). Por su parte, Turner (1999), define al promotor como la persona o el grupo que va a poseer y operar el producto, esta persona establece unas necesidades de un producto terminado y dispondrá de los recursos necesarios para desarrollarlo hasta su entrega final.

El promotor juega el papel más importante en una obra debido a que es el que decide las características finales que necesita para su producto final. Las exigencias de estas características generan un grupo de variables a lo largo del proceso, por lo que es de suma importancia definir las de manera clara antes de iniciar las actividades (Alshubbak, 2010).

3.1.5.2. Consultor

Los consultores son los encargados de solucionar problemas que se presentan a lo largo del desarrollo de las obras, generalmente son personas experimentadas en un campo específico de la ingeniería, las cuales emiten su opinión, realizan un diagnóstico y dan un dictamen con alguna propuesta de solución al problema que se ha planteado (De Heredia, 1999).

El consultor es contratado por el promotor para prestar sus servicios profesionales y específicos en el proyecto. Está obligado a presentar los diferentes estudios básicos y específicos de la obra en la fase de diseño de un proyecto, mediante una serie de documentos en los cuales se reflejen las diferentes especificaciones técnicas y de calidad con las que se debe cumplir, planos detallados, métodos constructivos, etc. Además, en algunas ocasiones figura como una asistencia técnica para resolver problemas constructivos los cuales requieran cambios en los diseños establecidos en primer lugar en las obras (Alshubbak, 2010).

3.1.5.3. Contratista

La Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública del Ecuador (LONSCP, 2018) define a un contratista como la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, o una asociación de las mismas, contratadas por un promotor o entidad contratante para proveer bienes, ejecutar obras y prestar servicios, incluidos los de consultoría.

(Alshubbak, 2010), menciona que es el agente que asume, contractualmente ante el promotor un compromiso con el mismo de materializar el diseño del proyecto, cumpliendo con sus especificaciones técnicas, con recursos propios o ajenos con sujeción al proyecto y al contrato y de esta manera obtener el producto final deseado. Al ser el responsable de los recursos con los cuales se va a ejecutar la obra, se responsabilizará también de los agentes que intervienen bajo su tutela como es el caso de subcontratistas, proveedores, responsables de maquinaria, mano de obra, etc. El constructor estará obligado a cumplir con las cláusulas establecidas en el contrato y ejecutarlo de la manera correspondiente.

3.2. Factores causantes de retraso y sobrecostes y sus consecuencias

Un proyecto de construcción se considera exitoso cuando cumple con sus exigencias en 3 principales ejes: tiempo, costo y calidad. Estos tres ejes interrelacionados denominan el llamado “triángulo de hierro” (Larsen et al., 2016). Si en uno de ellos existe una deficiencia, los otros dos ejes se verán claramente afectados.



Figura 13. Triángulo de Hierro. Fuente: Elaboración Propia

El problema que existe en las obras sobre el tema de retrasos y sobrecostes es mundial. Existen una gran variedad de estudios que nos muestran la presencia de estos fenómenos en diferentes proyectos de construcción tanto en países desarrollados como en los que se encuentran en vías de desarrollo (Aziz, 2013). Los investigadores se han enfocado en detectar las causas que generan estos defectos en las obras, encontrando diferentes motivos y variables que hacen más frecuente la existencia de estos problemas.

Al ser una industria diferente y poco normalizada, con proyectos de carácter único, la construcción posee una cierta complejidad en sus documentos contractuales, especificaciones, requerimientos, etc. Los mismos que con el paso del tiempo y durante el desarrollo del proyecto, pueden crear conflictos debido a las diferentes interpretaciones que se les puede dar por parte de cada una de las partes del contrato (Rosenfeld, 2014).

Los proyectos de construcción presentan en promedio un 28% de aumento en su costo total en función de lo planificado (Flyvbjerg, 2010). Además, de una muestra aleatoria de proyectos se pudo observar la existencia de sobrecostes y retrasos en 9 de cada 10 proyectos, esta tendencia se ha mantenido en los proyectos de 70 años para los cuales se tomaron datos (Flyvbjerg, 2010). La tendencia en los sobrecostes

es de mucho mayor impacto en los países en desarrollo, en los cuales algunas veces este impacto excede el 100% de su coste inicial (Aziz, 2013).

Realizar ofertas muy optimistas en cuanto a tiempo y coste, es otro de los motivos por los cuáles se generan retrasos en las obras, debido a que las empresas, cuando se presentan imprevistos y se ven comprometidos con el cumplimiento de las ofertas realizadas, reducen el nivel de calidad tanto en la productividad durante la ejecución de la obra como en el producto final (Larsen et al., 2016). Este bajo nivel de calidad es rechazado por los agentes encargados de la aprobación de los trabajos, generando una doble utilización de recursos tanto humanos como económicos (Larsen et al., 2016).

Un ejemplo del problema mundial existente sobre los sobrecostes y retrasos en las obras se puede apreciar en la **Figura 14**, en donde se muestra el retraso en meses y el porcentaje de aumento de presupuesto promedio por cada continente para megaproyectos de construcción de infraestructuras para generación de energías. En la figura se puede destacar que en Sudamérica existe un mayor porcentaje de sobrecostes en las obras y el menor se encuentra en Europa. En cuanto al retraso en el plazo de entrega lidera Norteamérica y Europa vuelve a ser el de menor escala.

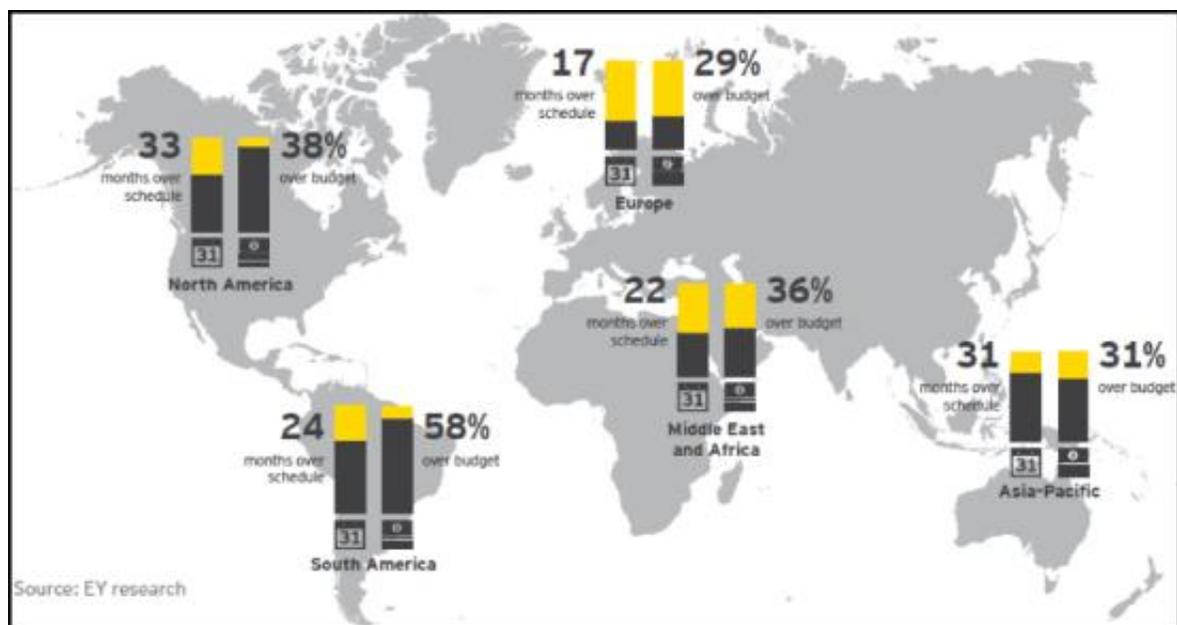


Figura 14. Retrasos y sobrecoste promedio en meses y porcentaje sobre el presupuesto. Fuente:(Ernst, J ; Young, 2016)

En la industria de la construcción a pesar de que ha quedado claro que los problemas de sobrecoste y retrasos son un fenómeno mundial, algunos autores mediante sus propias investigaciones o basados en literatura que ha sido revisada, afirman que para los países de economías en desarrollo suelen ser más comunes los retrasos y sobrecostes en las obras (Aziz, 2013; Flyvbjerg, 2010). Esto debido a tres grandes factores: 1) problemas o deficiencias de infraestructura de la industria, 2) problemas causados por consultores y clientes, y 3) los problemas causados por la ineficiencia del contratista (Long et al., 2004).

Evidentemente el problema de retrasos y sobrecostes no recae solo en obras de magnitud moderada, las obras de gran envergadura y con un alto nivel de planificación previo debido a su importancia también han sufrido el impacto de estos fenómenos. Según la revista Forbes (2018), se dio a conocer algunos de los proyectos más grandes del mundo que sufrieron sobrecostes catastróficos, entre ellos, muchos de los proyectos de infraestructura para Juegos Olímpicos en Atenas y Londres, con sobrecostes que llegan hasta los 40 billones de dólares o también obras de gran tamaño como represas y túneles en diferentes partes del mundo con sobrecostes de entre 14 y 22 billones de dólares.

El retraso en las obras se define como la fecha de finalización que sobrepasa a la fecha acordada por las partes en el contrato en primera instancia. También se puede definir como una actividad que extiende el tiempo requerido para completar un trabajo y se manifiesta como días adicionales de trabajo (Abd El-Razek et al., 2008).

Los retrasos en las obras de construcción mayoritariamente se dan por la existencia de actividades que no agregan valor (Emuze et al., 2014). Las mismas pueden estar relacionadas con diferentes problemas como por ejemplo con el caso del diseño. La repetición del trabajo y el tiempo de espera entre actividades, resultan un gran impulso para la aparición de retrasos en las obras (Emuze et al., 2014).

Para Anysz & Buczkowski (2018), como mencionan en su estudio, comentan que el problema mundial de los retrasos en los proyectos de construcción se da debido al interés de mantener a la perfección el cronograma presentado.

Por su parte el sobrecoste, se refiere al exceso de valor en unidades monetarias de la estimación original del proyecto, cuando se da la existencia de esta variación en el presupuesto del proyecto de construcción, este tiene consecuencias inevitables en la productividad laboral. Ha quedado evidenciado, que el costo es el factor principal para que un proyecto tenga éxito (Aziz, 2013). El rendimiento que se obtenga de los costos es una de las preocupaciones más importantes para los participantes en la industria de la construcción, debido a este motivo, se considera como un criterio clave para el éxito de un proyecto (Lu et al., 2017).

A nivel empresarial Larsen et al. (2016), reflejan que la causas que más afectan a las empresas cuando sus proyectos sufren de retrasos y sobrecostes son principalmente la falta de financiación por parte de la entidad contratante, los errores u omisiones en el tipo de material sin especificar por parte de la consultoría y la calidad de los trabajos consecuencia de una mano de obra deficiente o falta de experiencia en cierto método constructivo. Los gerentes de los proyectos no pueden enfocarse nada más en cubrir deficiencias en el cronograma y el presupuesto de las obras debido a que el tiempo, costo, calidad están afectados de maneras muy diferentes (Larsen et al., 2016).

Otro punto muy importante a tomar en cuenta, es el tipo de contrato al cual está sujeto la construcción de una obra. Lu et al. (2017), nos demuestran que para diferentes tipos de licitaciones, las causas de retrasos y sobrecostes en los proyectos son de carácter distinto. Para los proyectos de tipo diseño – licitación – construcción son muy importantes las causas relacionadas con la responsabilidad del promotor. Cuando se trata de proyectos de diseño-construcción por parte de un solo contratista, las causas se relacionan claramente hacia sus responsabilidades. Estas responsabilidades tienen que ver

principalmente con recursos de financiamiento, experiencia laboral, capacidad de los equipos de trabajo y las habilidades que puedan tener tanto el contratista como el cliente (Abd El-Razek et al., 2008).

Generalmente, los estudios de este tema son basados en la experiencia de las personas que han estado en el día a día de esta profesión durante muchos años y son conscientes de los efectos que se generan los retrasos y sobrecostos, ya sea para las empresas a las que representan o en caso contrario si forman parte de la entidad contratante que espera obtener el producto final (Abd El-Razek et al., 2008). Los investigadores se apoyan en la opinión de los expertos en materia, basándose en métodos que les permitan validar los criterios expuestos por sus colaboradores. De esta manera, cada estudio realizado aporta un granito de arena más hacia el objetivo de encontrar los motivos por los cuales se generan retrasos y sobrecostos en las obras, con el fin de reducir los impactos que ellos generan.

Existe una gran diversidad de causas de retrasos y sobrecostos en la literatura, varios estudios demuestran que las causas de retraso y sobrecoste provienen diferentes circunstancias que se dan durante los proyectos de construcción, en la **Tabla 7**, se recogen una gran cantidad de causas de retraso y sobrecoste que aparecen en los diversos estudios de varios investigadores sobre el tema.

Tabla 7. Factores de retraso y sobrecoste en la literatura.

Factores de retraso y sobrecoste en las obras	
Causa	Referencias
Mal financiamiento del contratista	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam, Josephson, & Lindahl, 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Feyzbakhsh, Telvari, & Lork, 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Demora en el pago de certificaciones	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016; Shah, Dixit, Kumar, Jain, & Anand, 2019)
Cambios en el diseño por el promotor	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Islam & Suhariadi, 2018; Long et al., 2004; Mahamid, 2014; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Pagos parciales	(Abd El-Razek et al., 2008)
Project management escaso	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Mahamid, 2014; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)

Entrega de materiales lenta	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Mala coordinación entre partes	(Abd El-Razek et al., 2008; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Rosenfeld, 2014)
Decisiones postergadas por el promotor	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Emuze et al., 2014)
Subcontratistas con trabajo solapado	(Abd El-Razek et al., 2008; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Long et al., 2004)
Mala gestión de compras	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Shah et al., 2019)
Mala estimación de duración y recursos	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Santoso & Soeng, 2016)
Escasez de materiales	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Pobre organización de contratista o consultor	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Long et al., 2004; Santoso & Soeng, 2016)
Pobre control a subcontratistas	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Santoso & Soeng, 2016)
Cambios en especificaciones técnicas	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Rosenfeld, 2014)
Obtención de permisos demorada	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Long et al., 2004; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Espera por aprobación de materiales	(Abd El-Razek et al., 2008; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Emuze et al., 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Bajo rendimiento mano de obra	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Emuze et al., 2014; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Errores por falta de experiencia	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Errores en diseño/ diseño incompleto	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Emuze et al., 2014; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Procesos de inspección	(Abd El-Razek et al., 2008; Larsen et al., 2016)

Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	(Abd El-Razek et al., 2008; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Rosenfeld, 2014)
Escasez de equipos	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Escasez de mano de obra	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Excesiva burocracia por parte del promotor	(Abd El-Razek et al., 2008; Aziz, 2013; Emuze et al., 2014; Long et al., 2004; Mahamid, 2014)
Errores en estudios de suelo	(Abd El-Razek et al., 2008; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Larsen et al., 2016; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Operadores inexperimentados	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016)
Diferencias de criterio entre consultor y constructor	(Abd El-Razek et al., 2008; Cheng, 2014; Feyzbakhsh et al., 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016)
Bajo rendimiento de equipos/Daños	(Abd El-Razek et al., 2008; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Long et al., 2004; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Clima	(Abd El-Razek et al., 2008; Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Cheng, 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Accidentes durante la construcción	(Abd El-Razek et al., 2008; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Adjudicación tardía del contrato	(Aibinu & Odeyinka, 2006)
Evaluación tardía de cambios	(Aibinu & Odeyinka, 2006; Cheng, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Dirección Facultativa mala supervisión	(Aibinu & Odeyinka, 2006; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Aprobación tardía de trabajo realizado	(Aibinu & Odeyinka, 2006; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016)
Planos incompletos de todas las partes correspondientes	(Aibinu & Odeyinka, 2006; Cheng, 2014; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Rosenfeld, 2014; Santoso & Soeng, 2016)

Subcontratistas incumplidos	(Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Islam & Suhariadi, 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Cambios de precios inesperados	(Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Cheng, 2014; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Shah et al., 2019)
Desastre natural/ Fuerza mayor	(Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Cheng, 2014)
Problemas financiamiento promotor	(Adam et al., 2017; Aibinu & Odeyinka, 2006; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Errores proceso constructivo	(Adam et al., 2017; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016)
Repetir trabajo por desaprobación(acabados, materiales, MO)	(Adam et al., 2017; Aziz, 2013; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Santoso & Soeng, 2016)
Problemas entre manos de obra y contratista (falta de pago, discusiones)	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Feyzbakhsh et al., 2018; Larsen et al., 2016; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016)
Falta de comunicación entre partes	(Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016; Shah et al., 2019)
Área de construcción limitada	(Adam et al., 2017; Santoso & Soeng, 2016)
Problemas de acceso a la obra	(Santoso & Soeng, 2016)
Expropiaciones	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Feyzbakhsh et al., 2018; Santoso & Soeng, 2016)
Tiempo entre diseño y ejecución	(Aziz, 2013; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Mahamid, 2014)
Falta de mano de obra calificada en procesos puntuales	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)
Huelgas, paros y reclamos de comunidad	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)
Gestiones del promotor retrasadas	(Adam et al., 2017; Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Rosenfeld, 2014; Shah et al., 2019)
Problemas con vecinos	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Islam & Suhariadi, 2018)
Falta de incentivos por pronta terminación	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999)
Cambios en políticas de bancos (garantías, financiamiento)	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)

Días Festivos	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)
Nacionalidad de trabajadores	(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)
Ubicación del proyecto	(Adam et al., 2017; Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Shah et al., 2019)
Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor	(Cheng, 2014; Larsen et al., 2016; Long et al., 2004; Mahamid, 2014; Rosenfeld, 2014; Shah et al., 2019)
Proceso de licitación poco transparente	(Aziz, 2013; Long et al., 2004; Rosenfeld, 2014; Shah et al., 2019)
Procesos constructivos no especificados	(Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Rosenfeld, 2014; Shah et al., 2019)
Gestión de riesgos, imprevistos inexistente	(Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Rosenfeld, 2014; Shah et al., 2019)
Definición del alcance poco clara	(Adam et al., 2017; Cheng, 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Shah et al., 2019)
Control escaso a trabajadores	(Adam et al., 2017; Feyzbakhsh et al., 2018; Shah et al., 2019)
Personal administrativo/técnico ineficiente	(Adam et al., 2017; Cheng, 2014; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Rosenfeld, 2014)
Bajas excesivas	(Aziz, 2013; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Rosenfeld, 2014)
Cambios de ámbito legal	(Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016; Lu et al., 2017; Rosenfeld, 2014)
Transporte excesivamente caro	(Islam & Suhariadi, 2018)
Inflación	(Aziz, 2013; Feyzbakhsh et al., 2018; Islam & Suhariadi, 2018; Lu et al., 2017; Mahamid, 2014; Shah et al., 2019)
Control de costes	(Cheng, 2014; Long et al., 2004; Rosenfeld, 2014)
Duración impuesta por el promotor inviable	(Islam & Suhariadi, 2018; Larsen et al., 2016)
Lenta intervención de consultores	(Islam & Suhariadi, 2018)
Poco control de procesos	(Aziz, 2013; Emuze et al., 2014; Islam & Suhariadi, 2018; Long et al., 2004)

Fuente: Elaboración Propia.

El objetivo de todo proyecto de construcción es obtener un resultado exitoso, cumpliendo con sus expectativas en cuanto a tiempo, costo y calidad (Larsen et al., 2016). A pesar de que el tiempo y el costo son piezas fundamentales para el éxito de un proyecto, es muy común que excedan los límites propuestos inicialmente (Aziz, 2013). Muy pocas veces se consiguen resultados exitosos en las obras debido a diversos factores que afectan el flujo normal del desarrollo de las mismas (Larsen et al., 2016). Varias investigaciones sobre los retrasos y sobrecostes en las obras se han venido presentando en los últimos años, debido a la aparición constante de estos factores en las obras de construcción (Aziz, 2013). Las investigaciones han sido enfocadas en estudiar la aparición de estos fenómenos en los proyectos de construcción en general (Aibinu & Odeyinka, 2006), así como también para cada tipo de infraestructura

en específico. Por ejemplo, Abd El-Razek et al. (2008), Islam & Suhariadi (2018) y Dissanayaka & Kumaraswamy (1999), han dirigido sus investigaciones a las obras de edificación, en los cuales se descubrió que uno de los mayores problemas en este tipo de construcciones es la falta de comunicación entre las partes intervinientes (promotor, consultor y contratista) para definir cambios que se suscitan en medio del desarrollo de las obras, así como los problemas de financiamiento. Por su parte, Aziz (2013) y Feyzbakhsh, Telvari, & Lork, (2018) hablan sobre productos hidráulicos cuyo principal motivo de retraso y sobrecoste resulta ser la demora en el pago de las certificaciones y una burocracia excesiva en el caso de proyectos de contratación pública. Otros como Santoso & Soeng (2016) y Aziz & Abdel-Hakam (2016) tratan el tema de las carreteras en donde aparecieron destacadamente los problemas de rendimiento de los equipos necesarios para la ejecución de este tipo de obras y también existen investigaciones referentes a proyectos de urbanismo y reconstrucción de áreas Shah, Dixit, Kumar, Jain, & Anand, (2019) y Long et al. (2004) en los cuales se observaron factores de retraso referentes a la planificación a lo largo del desarrollo de la obra. Además del tipo de proyecto, también se han realizado investigaciones sobre el retraso y sobrecoste en las obras según el tipo de contratación establecido (Lu et al., 2017) obteniendo diferencias entre el método tradicional (diseño, licitación, contratación) en donde los principales problemas se reflejan en la gestión establecida por el promotor y el método de (diseño y construcción) en donde los problemas se generan por la gestión del contratista. De esta manera, se puede evidenciar que el problema es general y afecta a cualquier tipo de obra y en cualquiera de las formas en las que ha sido contratada.

Los distintos autores han desarrollado sus investigaciones en base a proyectos de diferentes lugares a lo largo del tiempo, encontrando una serie de factores que causan estos retrasos y sobrecostes en las obras, partiendo de revisiones literarias y datos históricos sobre la aparición de estos fenómenos, se establecen unas bases para realizar encuestas a los distintos agentes intervinientes en la ejecución de las obras (Long et al., 2004) que les facilitan la recolección de datos para la realización de sus estudios. Los mismos han permitido ir profundizando cada vez más en el tema y descubriendo las causas de retraso y sobrecoste más comunes en los proyectos de construcción.

Las causas de retraso y sobrecoste en las obras pueden ser de dos diferentes maneras: 1) frecuentes causando consecuencias leves y 2) de gran impacto ocasionando graves consecuencias (Long et al., 2004). En base a los datos de cada estudio, varios autores Famiyeh, Amoatey, Adaku, & Agbenohevi, (2017), Aibinu & Odeyinka (2006) e Islam & Suhariadi (2018) clasifican a las causas de retraso y sobrecoste por su nivel de ocurrencia o índice de frecuencia (FI) y su nivel de severidad (SI), con cada uno de estos índices se establece uno final denominado Índice de Importancia Relativa (RII), otros calculan directamente este último (Aziz & Abdel-Hakam, 2016), generando mediante éste un ranking de causas de mayor peligro para las obras. La mayoría de autores que se han basado en esta clasificación por medio de este índice coinciden en que las causas más comunes en las obras con retrasos y sobrecostes están relacionadas con la gestión completa de la obra, problemas de financiamiento, burocracia y errores en los diseños, entre otras (Cheng, 2014; Dissanayaka & Kumaraswamy, 1999; Rosenfeld, 2014; Long et al., 2004).

Para establecer una clasificación de estas diversas causas de retrasos y sobrecostes en las obras los autores establecen diversos puntos de vista. Algunos autores clasifican a las causas en grupos homogéneos dependiendo de la culpabilidad del agente responsable. En el caso de Sha'ar, Assaf,

Bambang, Babsail, & Fattah (2017) se clasifico en 5 grupos de causas relacionadas con: promotor, consultor, constructor, propias del proyecto y externas. Por otro lado, autores como Aziz & Abdel-Hakam (2016) prefieren omitir las dos últimas categorías y trabajar solo con los agentes responsables principales: promotor, consultor y constructor. Otro punto de vista en la clasificación de estos factores, se da por parte de Shah et al. (2019), estudio en el cual, las causas son divididas en grupo según las etapas de la fase de construcción en las que iban apareciendo. El estudio dividió a las causas en 4 categorías: iniciación, planificación, ejecución y cierre. Algunos autores prefieren ampliar sus divisiones, creando categorías más específicas a la hora de estudiar estas causas, dividiéndolas en 8 grupos llamados: causas financieras, de comunicación, clima, gestión del proyecto, materiales, organización, propias del proyecto y psicológicas (Adam et al., 2017). Esta clasificación se lleva a cabo con el fin de encontrar fallos no solo en la producción en sí de la obra, sino también en el manejo de los recursos humanos y el entorno de trabajo en el que se desenvuelven los colaboradores de los proyectos (Adam et al., 2017).

Existen algunos estudios centrados también, en las actividades que no generan valor, buscándolas como origen para la aplicación de sistemas lean. Emuze et al. (2014) clasifican las causas de su estudio en 5 grupos que tienen que ver con: repetición del trabajo, esperas innecesarias, materiales, movimientos innecesarios y recursos humanos.

Los diferentes sistemas de clasificación de causas tienen como objetivo establecer un orden sobre el cual se pueda obtener una idea clara de la situación. Crear grupos homogéneos de causas permite realizar estudios que determinan el nivel de impacto y la periodicidad con la que aparecen estas causas de retraso y sobrecoste (Mahamid, 2014; Santoso & Soeng, 2016), además de permitirnos saber cuál es el eje principal sobre el que se generan estos factores.

Consecuentemente, ante la aparición de factores causantes de retraso y aumento del presupuesto establecido para un proyecto de construcción se generan algunos problemas que empeoran aún más la situación adversa en la que se encuentra la obra. Estos factores suelen ser una fuente de fricción entre los constructores, consultores y el cliente. En donde, generalmente el riesgo financiero más significativo lo corre el cliente (Molenaar, 2005). Es necesario mejorar en este ámbito de la construcción debido a que, al generarse un aumento en los presupuestos de un proyecto, al mismo tiempo otros se deben cancelar por la falta de recursos para su ejecución. Esto refleja una deficiencia en la industria de la construcción (Molenaar, 2005).

Estas fricciones ocasionadas por la aparición de retrasos y aumento de presupuesto podrían ser evitadas en su totalidad, mediante la comunicación entre cliente y constructor antes de la firma del contrato. El constructor tiene la obligación de solicitar cualquier tipo de aclaración que cree que sea necesaria antes de comprometerse a cumplir un proyecto. Mientras que el promotor deberá realizar las aclaraciones que sean necesarias para que no surjan este tipo de malentendidos (Cheng, 2014).

La presencia de retrasos y sobrecostes en las obras, dependiendo el nivel de gravedad en el que se den, generan una serie de efectos negativos en los proyectos de construcción. Todo tipo de planificación y programación de obra se ve obligado a sufrir cambios que atentan contra el desarrollo normal de la obra, los mismos que la gran mayoría de veces son irremediables (Molenaar, 2005).

Después de analizar proyectos de construcción de diferentes tipos y magnitud, (Abd El-Razek et al., 2008) concluyen que a consecuencia de la aparición de factores causantes de retraso y sobrecoste, las partes intervinientes, principalmente el promotor y la parte contratista suelen alegar que la responsabilidad de la existencia de retrasos y sobrecostos no corre por su cuenta, dejando la responsabilidad en manos del otro, tratando así de justificar el incumplimiento de plazo y presupuesto acordado, mientras que, al consultar con la parte de consultoría, este adopta una posición neutra y más realista. Al evidenciar este tipo de actitudes nos podemos dar cuenta que a pesar de los estudios e investigaciones para encontrar el origen de los problemas y propuestas para mitigar el impacto negativo que ellas generan, es necesario enfocarse también en una concientización de las partes que intervienen en el desarrollo de las obras.

Algunos proyectos de construcción desde su concepción en fase de diseño, cuentan con colchones de seguridad en cuanto a costos (Rosenfeld, 2014). Sin embargo, las consecuencias de la existencia de estos factores tienen un impacto negativo tan grande en las economías tanto de las empresas y de los clientes que, a pesar de estar en teoría preparados para enfrentar la existencia de los mismos, estos factores siguen apareciendo. Por lo mismo, surge la gran incertidumbre en cada proyecto de saber cuándo aparecerán estas causas, que nivel de gravedad van a tener y por qué razones se presentarán (Rosenfeld, 2014).

4. Metodología de investigación

Este Trabajo Final de Máster ha sido enfocado al estudio de las causas de retrasos y sobrecostos en las obras de Ecuador y su influencia en las mismas. La investigación toma una línea exploratoria, en donde, a partir de una serie de datos de diferente tipo, relacionados con las empresas, los proyectos y las causas anteriormente mencionadas, se busca obtener, una serie de respuestas sobre la relación que tienen estos datos con la aparición de retrasos y sobrecostos en las obras.

Se toma como punto de partida investigaciones anteriores sobre el tema en distintos tipos de proyectos y países realizados a lo largo del tiempo. Después de realizar una revisión de la literatura se obtienen diferentes causas de retrasos y sobrecostos más comunes en las diferentes obras de construcción, las cuales son clasificadas según su frecuencia de aparición en la búsqueda, así como en las distintas categorías de agentes responsables de las mismas. Una vez ordenadas y clasificadas, se consultó con expertos del país en el cuál se realizó el estudio para de esta manera obtener las causas más comunes que formaron parte de este análisis.

Revisada la literatura existente y con las causas definidas, se definió un cuestionario para recopilar información de diferentes proyectos a los cuáles el retraso y sobrecoste han afectado en su desarrollo. Los datos solicitados están relacionados con la empresa como tal, el proyecto en el cual se dieron estos fenómenos y el nivel de aparición de las causas seleccionadas medido en una escala Likert de cinco categorías.

Una vez obtenidas las respuestas de los ficheros, se realizan diversos análisis estadísticos que nos permitan dar una resolución a los cuestionamientos planteados al inicio de este estudio. A través de ellos,

se obtendrán conclusiones en cuánto a los fenómenos de retraso y sobrecoste que son tan comunes en las obras de construcción en Ecuador.

En la siguiente figura (**Figura 15**), se muestra un esquema sintetizado de la estructura de la investigación.



Figura 15. Metodología de la Investigación. *Elaboración Propia.*

4.1. Fase Teórica

Esta fase posee una recopilación de información para establecer un punto de partida que permita situarse en los problemas existentes y cuestionarse lo que se pretende investigar concretamente. La fase teórica sigue la estructura indicada en la **Figura 16**.

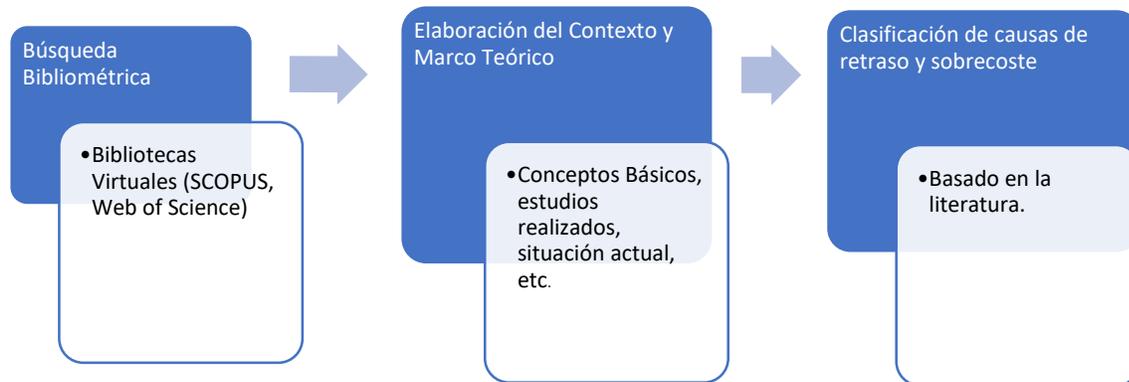


Figura 16. Fase Teórica de la Investigación. Elaboración Propia.

Búsqueda Bibliométrica

Se realizó una búsqueda en las bibliotecas digitales SCOPUS y Web of Science, en las cuales descansan una gran variedad de artículos científicos que describen estudios realizados por distintos investigadores en una diversidad de ámbitos profesionales. Debido a que la gran mayoría de artículos científicos están escritos en inglés, las estrategias de búsqueda fueron:

- “cost” AND “delay overruns” OR “cost” AND “delay causes”
- “civil engineering” OR “project management” OR “construction overbudget”

Seguido a esto, se fueron clasificando a los artículos encontrados en función de sus características. Se observó el tema en específico al que estaban enfocados, el tipo de proyecto investigado, metodología y si incluían o no un listado de las causas más importantes de retraso o sobrecoste, esto permitió tener una base teórica sólida para la realización del estudio.

Elaboración del Contexto y Marco Teórico

Se exponen los resultados de la información adquirida, aclarando conceptos básicos que se deben manejar para la elaboración del estudio definiendo el contexto en el cual se van a manejar los mismos, además se habla sobre resultados que se han obtenido anteriormente sobre el tema de estudio, caracterizando la situación actual y resaltando la importancia de seguir investigando sobre este tema.

En cuanto al contexto, se definen diferentes aspectos del país de estudio (Ecuador), la situación del sector en cuestión, las diferentes formas de contratación, la normativa que se sigue, etc. Los resultados de esta este apartado se detallan en los capítulos dos y tres.

Clasificación de los factores de retraso y sobrecoste

La revisión literaria nos arrojó una serie de factores causantes de retrasos y sobrecostes en las obras, encontrados de diferentes maneras de investigación de diversos autores interesados en el tema. El listado adquirido contiene **72** causas con sus respectivas referencias. Posteriormente, se tabulan las veces en las que fueron mencionadas en los diferentes documentos encontrados y las categorías en las que se las

ubicaron. Una vez tabulados los datos de las causas, se procedió a clasificar las causas por responsabilidad de los diferentes agentes, esta clasificación está basada en los estudios de Abd El-Razek et al. (2008) y Santoso & Soeng (2016) para una mejor caracterización de las causas. Finalmente se estableció una clasificación en 6 grupos diferentes de responsables: promotor, constructor, consultor, motivos externos, responsabilidad de varios, responsabilidad de todas las partes. Además, de cada una de las causas se contabiliza el número de veces que fue citada destacadamente como una de las causas más importantes de retraso y/o sobrecoste en los estudios encontrados en la revisión literaria.

4.2. Fase de Validación y Análisis de Datos

La fase de validación y análisis de datos es la base para la ejecución del estudio, en ella se recopila toda la información necesaria para su desarrollo. La estructura de esta fase se observa en la **Figura 17**.

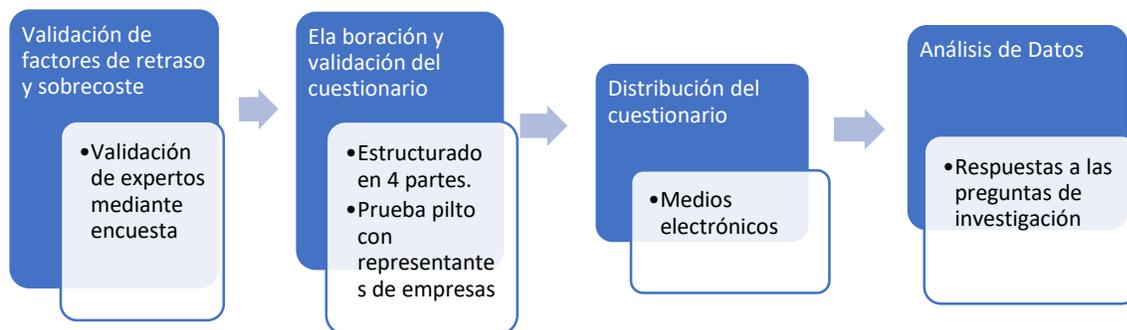


Figura 17. Fase de Validación y Análisis de Datos. Elaboración Propia.

En primer lugar, se validan los factores de retraso y sobrecoste recopilados en la literatura, mediante una encuesta a expertos de Ecuador, gente con experiencia en el sector, en la cual los mismos seleccionan las causas que más se dan en las obras del mencionado país. Con esto se establece un punto de partida para el desarrollo de la investigación.

Esta fase define la elaboración de un cuestionario recolector de información necesaria para la elaboración del estudio. El mismo consta de cuatro partes que recopilan distintos datos de proyectos que han concluido y que se han visto afectados por fenómenos de retraso y sobrecoste, la estructura de este cuestionario está definida en cuatro partes: recolección de datos relacionados con la caracterización de la empresa que ejecutó el proyecto, la caracterización del proyecto en sí, las causas de retraso y sobrecoste y el retraso y sobrecoste del proyecto. Una vez definida esta estructura, se difunde el mismo mediante medios electrónicos a empresas constructoras de la región austral de Ecuador, habilitadas como capaces para contratar en el portal de compras públicas de Ecuador con el fin de recopilar la mayor cantidad de proyectos afectados en este país, para obtener la muestra necesaria para realizar el estudio.

Con los datos obtenidos se realiza el tratamiento de los mismos mediante diversas técnicas estadísticas, se realizaron análisis no paramétricos, análisis de correlación, análisis factorial y análisis de correspondencias que nos permiten obtener resultados necesarios, los cuáles posteriormente serán analizados para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

Validación de factores de retraso y sobrecoste.

En primer lugar, para la selección de las causas intervinientes en el estudio, se realizó una validación de las mismas, para ello se recogió un grupo de expertos del país de estudio (Ecuador). Los expertos fueron ingenieros civiles con más de 5 años de experiencia en la construcción que ocupen cargos de dirección de empresas privadas o mandos intermedios de empresas públicas (Santoso & Soeng, 2016; Islam & Suhariadi, 2018). Un total de 7 personas seleccionaron las causas más comunes que aparecen en las obras de Ecuador del listado de opciones rescatado de la revisión literaria, el cuestionario enviado se puede observar en el apartado Anexos al final de este documento. Una vez obtenidas las respuestas de las encuestas se selecciona a las causas principales mencionadas por los expertos, para que junto con las causas destacadas en la literatura se pueda seleccionar aquellas que van a formar parte del estudio. Las características de los expertos que respondieron a la encuesta se muestran en la **Tabla 8**, en la cual se detallan las características de cada uno de los expertos que colaboraron con su respuesta a la encuesta planteada. Se muestra su titulación, el tipo de empresa en la que trabaja, el cargo que ocupa y sus años de experiencia en el sector de la construcción.

Tabla 8. Características de expertos en el sector de la construcción.

ID	Titulación	Tipo Empresa	Dedicación	Tamaño Empresa	Cargo	Experiencia (Años)
1	Ing. Civil	Privada	Obra Civil – Edificación	Pequeña	Gerente	12
2	Ing. Civil	Pública	Obra Civil – Edificación	Grande	Contratista	14
3	Ing. Civil - Arquitecto	Privada	Obra Civil – Edificación	Pequeña	Gerente	7
4	Ing. Civil	Privada	Obra Civil	Pequeña	Gerente	5
5	Ing. Civil	Privada	Obra Civil	Mediana	Director de Obras	30
6	Ing. Civil	Privada	Obra Civil	Microempresa	Propietario	25
7	Ing. Civil	Privada	Obra Civil	Mediana	Gerente	35

Fuente: Elaboración Propia.

Elaboración del Cuestionario

La información requerida para el estudio se agrupo en cuatro partes como se mencionó anteriormente, para cada proyecto, se solicitó información relacionada con lo siguiente:

1) Caracterización de la Empresa

En este grupo de información nos indica el tamaño de la empresa las cuáles pueden ser de 5 diferentes tamaños: 1) microempresas, 2) pequeñas, 3) mediana A, 4) mediana B y 5) grandes, en función del número de trabajadores y el valor de sus ingresos por ventas anuales (INEC, 2014). El tipo de empresa diferenciando entre las empresas: 1) pública y 2) privada. El ámbito de actuación de la empresa ya sea 1) edificación, 2) obra civil o en su caso ambas y por último si la empresa cuenta o no con una gestión de riesgos de imprevistos, clasificado en tres niveles: 1) bajo, 2) medio y 3) alto. Bajo para aquellas que no ofertan sus servicios tomando en cuenta los imprevistos, medio para las que toman en cuenta imprevistos en sus ofertas, pero no poseen un plan de gestión de riesgos estructurado y alto para aquellas empresas que tienen un plan de gestión de riesgos de imprevistos estructurado. (Firouzi & Vahdatmanesh, 2019; Francom, El Asmar, & Ariaratnam, 2016). La primera parte del cuestionario quedó estructurado de la siguiente manera, tal y como se muestra en la **Figura 18**.

Figura 18. Caracterización de la Empresa

Caracterización de la Empresa		Respuesta
Tamaño de Empresa	Microempresa (Ventas/año \leq U\$D 100.000; 1 a 9 trabajadores)	
	Pequeña (U\$D 100.000 < Ventas/año \leq U\$D 1'000.000; 10 a 49 trabajadores)	
	Mediana A (U\$D1'000.000 < Ventas/año \leq U\$D 2'000.000; 50 a 99 trabajadores)	
	Mediana B (U\$D 2'000.000 < Ventas/año \leq U\$D 5'000.000; 100 a 199 trabajadores)	
	Grande (Ventas/año > U\$D 5'000.000< ; > 200 trabajadores)	
Tipo de Empresa	Pública	
	Privada	
Ámbito de actuación	Edificación	
	Obra Civil	
	Ambas	
Nivel de gestión de riesgos de imprevistos	Alto (En sus ofertas toma en cuenta un porcentaje para imprevistos y tiene un plan de manejo para los mismos)	
	Medio (Tiene en cuenta un porcentaje para imprevistos en las ofertas pero no posee plan de manejo de los mismos)	
	Bajo (No oferta teniendo en cuenta los imprevistos)	

Fuente: Elaboración Propia

2) Caracterización del Proyecto

En cuanto al proyecto se obtuvo información sobre el tipo de proyecto del que se trata, basado en Xia, Skitmore, & Zuo (2012), Stanford, Molenaar, & Sheeran (2016) y Gransberg & Barton (2007), se utilizó una clasificación de 9 categorías: 1) Estructuras y Edificación, 2) Autopistas y Carreteras, 3) Obras Marítimas, 4) Obras Hidráulicas, 5) Aeropuertos, 6) Ferrocarriles, 7) Obras Lineales, 8) Reparaciones, 9) Urbanismo. Se identificó también la fecha en la cual se realizaron los estudios previos para la ejecución de la obra y la fecha en la cual se empezó a ejecutar. La ubicación del proyecto diferenciada entre: 1) zona urbana y 2) zona rural, el tipo de contrato al que se rige la obra: 1) público, 2) privado o 3) alianza entre estas dos categorías (alianza público-privada) y finalmente los plazos y montos referenciales, ofertados y con los que culminó la ejecución de la obra. La estructura de la caracterización del proyecto se muestra en la **Figura 19**.

Figura 19. Caracterización del Proyecto

Caracterización del Proyecto		Respuesta
Tipo de Proyecto	Estructuras y Edificación	
	Autopistas y Carreteras	
	Obras Marítimas	
	Obras Hidráulicas	
	Aeropuertos	
	Ferrocarriles	
	Obras Lineales	
	Reparaciones	
	Urbanismo	
Fecha de realización de los estudios del proyecto	dd/mm/aaa	
Fecha de ejecución del proyecto	dd/mm/aaa	
Ubicación	Zona Urbana	
	Zona Rural	
Tipo de Contrato	Público	
	Privado	
	Alianza Público – Privada	
Montos del Proyecto	Monto de Licitación (USD \$)	
	Plazo de Licitación (Días)	
	Monto Ofertado (USD \$)	
	Plazo Ofertado (Días)	
	Monto de Finalización (USD \$)	
	Plazo de Finalización (Días)	

Fuente: Elaboración Propia.

3) Causas de retraso y sobrecoste.

En esta parte del fichero se busca obtener respuesta sobre las causas más comunes que aparecen en los proyectos de obras de ingeniería civil. Se enlistan las 21 causas que fueron seleccionadas y clasificadas para su participación en este estudio y se solicita que se indique su nivel de importancia en cada proyecto en cuestión. Este nivel se encuentra medido por una escala Likert de 5 categorías propuestas de la siguiente manera. **(1)** Importancia nula, **(2)** Importancia baja, **(3)** Importancia media, **(4)** Importancia alta y **(5)** Importancia muy alta. La estructura de esta parte de la recopilación de datos se muestra en la **Figura 20**.

Figura 20. Causas de retraso y sobrecoste.

Causas de retraso y sobrecoste						
Agente Responsable	Causa	Nivel de Importancia				
		Nula (1)	Baja (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy alta (5)
Promotor	Demora en pago de certificaciones					
	Problemas de financiamiento del promotor					
	Obtención de permisos demorada					
	Tiempo entre diseño y ejecución					
	Excesiva burocracia del promotor					
	Cambios en el diseño por parte del promotor					
Constructor	Mal financiamiento del contratista					
	Bajo rendimiento de equipos/daños					
	Errores por falta de experiencia					
	Repetir trabajo por desaprobación					
	Bajo rendimiento de mano de obra					
	Subcontratistas incumplidos					
	Mala gestión de compras					
Consultor - Diseñador	Errores en el diseño/diseño incompleto					
	Planos incompletos					
	Mal cálculo del costo del proyecto por parte del diseñador					
Externas	Cambios de precios inesperados					
	Condiciones inesperadas en el lugar de la obra					
	Clima					
Todas las partes	Project management escaso					
	Falta de comunicación entre partes					

Fuente: Elaboración Propia

4) Retraso y sobrecoste del proyecto.

Finalmente, en base a la información solicitada de los montos y plazos tanto de la licitación (referenciales) como los ofertados por las empresas y los finales al concluir su ejecución, se pudo calcular las diferencias existentes entre estos datos, obteniendo así el valor de retraso (días) y sobrecoste (dólares estadounidenses) que sufrieron los diferentes proyectos que integraron la muestra para el estudio. Además, se añade una sección en el cuestionario en la cual los encuestados pueden realizar observaciones varias que crean correspondientes.

4.2.1. Difusión del Cuestionario

Antes de la difusión en sí del cuestionario, se realizó una validación del mismo, realizando una prueba piloto. Esta prueba se llevó a cabo con la colaboración de los expertos que brindaron su apoyo también para la obtención de las causas de retraso y sobrecoste participantes en el estudio, estas personas son profesionales de la construcción con años de experiencia en el sector. De esta manera, se pudo asegurar que el cuestionario se podía interpretar con claridad para que los encuestados brinden la información necesaria. Además de poder recibir sugerencias y observaciones para la mejora del cuestionario en caso de que algún punto no se encuentre lo suficientemente claro.

Una vez validado, el cuestionario fue enviado a distintas personas encargadas de empresas del sector, gerentes, directores de obra, jefes de obra, etc. Mediante medios electrónicos específicamente e-mails, para que los mismos en base a sus archivos de la empresa en la que laboran o son propietarios puedan rellenar dicho documento y reenviarlo para su respectivo almacenamiento, tabulación y posterior tratamiento de los datos obtenidos. Se obtuvieron en total una muestra de **53** proyectos ejecutados en Ecuador afectados por retrasos y sobrecostes.

4.2.2. Análisis de Datos

Los datos recolectados se analizaron mediante diversas técnicas estadísticas que nos permiten en primer lugar confirmar la fiabilidad de los datos y el tipo de datos al que nos estamos enfrentando para saber qué tipo de análisis estadísticos se puede utilizar, además, de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas. Las pruebas estadísticas para el estudio se realizaron utilizando el software IBM SPSS 25 y se explican a continuación.

Fiabilidad de los Datos

La fiabilidad de los datos es uno de los primeros pasos a tomar en cuenta para la realización de un estudio de investigación. Una muestra de datos confiable nos asegurará de que un estudio va a tener resultados significativos que no se deben a la casualidad (Field, 2009). Esta fiabilidad nos permite aseverar que el cuestionario al que vamos a tratar refleja de forma consistente el constructo que estamos estudiando (Field, 2009). En este caso, se utilizó como medida de fiabilidad a un índice denominado alfa de Cronbach.

El alfa de Cronbach (α), se refiere a la media de las correlaciones entre las variables de la prueba realizada, lo cual nos indica el nivel de consistencia interna que posee la misma. Para calcular el alfa de Cronbach, una de las maneras puede ser realizando una matriz de varianzas de todos los ítems cuestionados. Luego, usando la siguiente formula podemos obtener el valor del alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \times \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Ecuación 1. Alfa de Cronbach.

Donde:

- α : Alfa de Cronbach.
- k: Número de ítems
- V_i : Varianza de cada ítem
- V_t : Varianza total.

El valor del alfa de Cronbach varía entre 0 y 1. Un valor del alfa de Cronbach superior **0.7** se puede interpretar como un valor que indica que existe confiabilidad en los datos obtenidos (Field, 2009). La fiabilidad de la muestra se estudió para cada grupo de causas y para el total de las mismas.

Pruebas de Normalidad

La forma en la cual se van a tratar los datos para la elaboración de la investigación depende del tipo de datos que se están manejando, al tener una muestra relativamente pequeña de 53 observaciones en función de la población indefinida de proyectos, resulta necesario evaluar la normalidad de los datos, con el fin de poder realizar posteriormente las técnicas adecuadas para obtener resultados que sean apropiados y sacar conclusiones sobre los mismos. Las pruebas de normalidad pueden ser varias, en esta ocasión se han tomado en cuenta pruebas de normalidad gráficas como los histogramas y también analíticas como los índices de Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk.

Los histogramas son gráficos que nos indican la relación entre los valores que toma cada variable y la frecuencia con la que aparece. Si este gráfico posee una forma simétrica similar al de una campana llamada la campana de Gauss, se dice que la distribución de estos datos es normal, debido a que los datos siguen un patrón definido que se mantiene a pesar de la cantidad de datos que se obtengan (Field, 2009).

Un ejemplo de la forma que toman los datos cuando siguen o no una distribución normal se muestran en las **Figuras 21a y 21b**. En la primera de ellas se observa como la frecuencia de los datos se asemeja a una campana y posee una simetría, con lo cual se refiere a una distribución de datos normal. Mientras que por el otro lado se observa que los datos no poseen simetría y están sesgados hacia la izquierda del gráfico comprobando que no poseen una distribución normal.

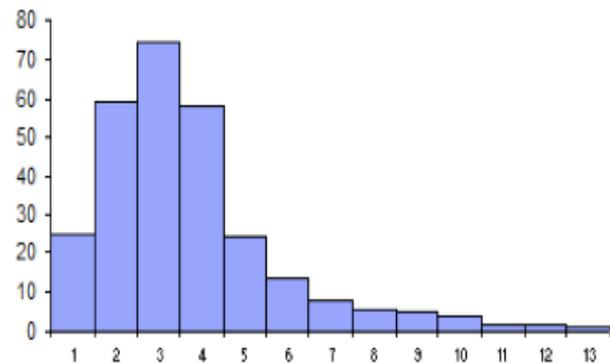
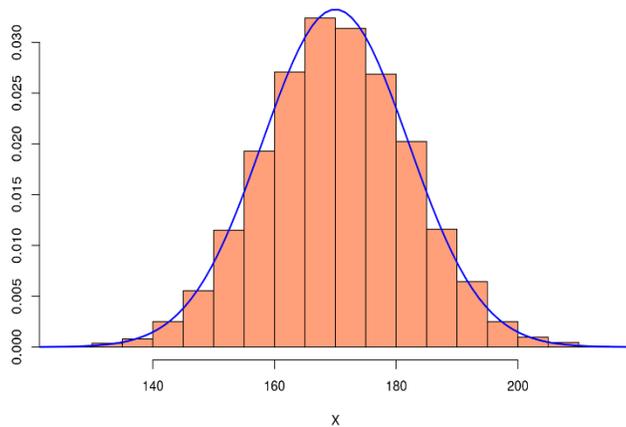


Figura 21 a. Histograma distribución normal. Fuente: Internet **Figura 21 b.** Histograma distribución no normal. Fuente: Internet

Sin embargo, las pruebas gráficas no son lo suficiente fuertes como para tomar una decisión sobre los datos basado solo en ellas, es por esto, que se realizaron los test de normalidad numéricos mencionados anteriormente.

Tanto el test de Kolmogorov – Smirnov como el de Shapiro – Wilk, comparan los puntajes obtenidos en las respuestas con un conjunto de puntajes distribuidos de forma normal con la misma media y desviación estándar (Field, 2009). La diferencia entre utilizar un método o el otro radica básicamente en el tamaño de la muestra, cuando se trata de muestras de menos de 50 observaciones se recomienda usar Shapiro – Wilk, caso contrario es mejor utilizar a Kolmogorov – Smirnov. Estas pruebas tienen como referencia la hipótesis nula H_0 de que los datos proceden de una distribución normal, siendo la hipótesis del investigador H_1 la que contrasta a H_0 . Si de la prueba resulta que el p valor o valor de significancia es mayor a 0.05, se acepta la H_0 concluyendo que la muestra no es significativamente diferente de una distribución normal. Al contrario, si el p valor resulta menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula H_0 y se puede aseverar que los datos son diferentes de una distribución normal (Field, 2009). Las pruebas de normalidad se realizaron para comprobar la distribución que seguían cada una de las respuestas de las causas de retraso y sobrecoste.

Índice de Importancia Relativo

El índice de importancia relativo, muestra el nivel de aparición de cada causa como factor de retraso y sobrecoste en las obras, para obtener una caracterización de la situación en la que nos vemos envueltos. Este índice nos muestra una proporción en función del total de observaciones, la frecuencia de aparición de un factor. Usando la expresión $RII = \frac{\sum Wi}{A*n}$ en donde:

- **Wi:** Se refiere a la sumatoria del puntaje obtenido por cada causa en el número de observaciones total.
- **A:** Es el puntaje máximo que puede obtener una causa, en este caso (5).
- **n:** El número de observaciones, 53 en este estudio.

Se calcula el índice de importancia para que de esta manera se pueda obtener un ranking de mayor a menor y obtener así una primera clasificación de las principales causas de retraso y sobrecoste en las obras.

Análisis Estadísticos

Una vez definida la fiabilidad de los datos y la distribución que estos siguen, se puede tomar una decisión sobre los análisis estadísticos que se utilizan para la elaboración del estudio, en función de las preguntas de investigación que se pretenden resolver. En la **Tabla 9**, se muestra un resumen de los diferentes análisis estadísticos utilizados en la elaboración del estudio, se usaron análisis no paramétricos como la técnica de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, además de análisis de correspondencias y también análisis de correlación y factorial, con el fin de obtener una respuesta para las preguntas de investigación planteadas. Los análisis se realizaron en base a cada pregunta de investigación de la siguiente manera:

Tabla 9. Resumen de análisis estadísticos utilizados para resolver preguntas de investigación.

Análisis Estadísticos Realizados	
Pregunta de investigación	Análisis Estadísticos
¿Cuáles son las causas que influyen significativamente en los retrasos y sobrecostes de las obras?	Análisis no paramétricos: H de Kruskal - Wallis
¿Cómo influyen las características de la empresa y el proyecto en los retrasos y sobrecostes de las obras?	Análisis no paramétricos: U de Mann – Whitney, H de Kruskal – Wallis. Test de Bonferroni
¿Qué relación existe entre las características de la empresa y el proyecto con las causas que producen retraso y sobrecoste en las obras?	Análisis no paramétricos: H de Kruskal – Wallis.
¿Cuál es la relación entre las categorías de las causas significativas de retraso y sobrecoste con las variables de la empresa y del proyecto?	Análisis de Correspondencias.
¿Cómo se encuentran relacionadas entre sí las causas de retraso y sobrecoste en las obras?	Análisis de Correlación. Análisis Factorial.

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis No Paramétricos

Cuando los datos obtenidos no siguen distribuciones normales o no cumplen con las suposiciones paramétricas es necesario utilizar unos tests estadísticos análogos, conocidos como **tests no paramétricos**. La mayoría de estas técnicas en lugar de trabajar con los datos iniciales trabajan con rangos de orden de datos (Field, 2009). Estos análisis nos permitirán obtener resultados en cuanto a variación de medianas entre categorías, mostrando la influencia y el nivel de significación que existe entre una y otra variable. En este estudio se utilizaron dos tipos de análisis no paramétricos: El test de Mann Whitney y el test de Kruskal Wallis. Estos análisis se realizaron con 3 diferentes objetivos.

En primer lugar, relacionar las variables de la empresa y las del proyecto con los niveles de retraso y sobrecoste, para que mediante estos análisis se pueda encontrar aquellas variables tanto de la empresa como del proyecto que influyen significativamente en el retraso y sobrecoste de las obras.

Después, relacionar a las causas seleccionadas con los niveles de retraso y sobrecoste, también con el fin de encontrar las causas más influyentes en estos fenómenos.

Finalmente, relacionar las causas seleccionadas con las variables que resultaron influyentes, para obtener aquellas causas que influyen significativamente en éstas variables.

La U de Mann – Whitney

La U de Mann – Whitney se usa cuando se tienen variables numéricas u ordinales y se quiere encontrar diferencias significativas entre dos variables de datos independientes (Field, 2009). Es decir, permite saber si existe una influencia de una variable sobre otra, al encontrar diferencias significativas entre las medianas de sus categorías. El hecho de que existan o no estas diferencias nos informará si una variable es influenciada o no por otra. Es un test no paramétrico análogo a la técnica del t – test que se usa cuando los datos siguen no distribuciones normales y no se cumplen los supuestos paramétricos.

Como todo análisis no paramétrico, este trabaja basado en el principio de rangos, por lo que, para su cálculo va definiendo a los datos con rangos de orden de menor a mayor y en caso de existir un empate en puntuación define un rango promedio. Con estos valores definidos, se calcula el valor experimental del estadístico (**U**), con el cual se realiza una aproximación por la normal que nos indicará es resultado final para concluir si se acepta o no la hipótesis nula. La hipótesis nula dice que no existen diferencias significativas entre las medianas de las variables. Por lo tanto, si el p valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula mientras que si el p valor es menor a 0.05 se rechaza (Cabero et. al, 2007). Este test se realizó para aquellas variables que tienen solamente dos categorías. En cuanto al grupo de datos referido a la empresa, se le aplicó este análisis a la variable tipo de empresa, la cual se distinguía entre pública y privada, así como también por parte de las variables relacionadas con el proyecto, a la ubicación, que se distingue entre rural y urbano. Las variables de respuesta sobre las que se buscó la influencia de las anteriores fueron el retraso y el sobrecoste totales del proyecto.

La H de Kruskal – Wallis

La H de Kruskal – Wallis se refiere a una extensión del test mencionado en el anterior apartado, con la diferencia de que permite comparar más de dos categorías. Este test es un análogo del denominado ANOVA de una vía (Field, 2009). Es utilizado de igual manera para encontrar diferencias entre las medianas de las categorías de una variable cuando los datos no son normales o no cumplen los supuestos paramétricos. Al igual que Mann – Whitney se basa en tomar los datos en forma de rangos propuestos de menor a mayor. Una vez determinados los rangos se calcula el valor del estadístico **H**, que al igual que en el caso anterior se realizará una aproximación por la normal, dándonos a conocer la capacidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula de igualdad de medianas. Es decir, una vez más, si el p valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula, caso contrario se rechaza. Este test fue aplicado a la mayoría de variables debido a que poseen más de dos categorías. Por parte de las variables referidas a la empresa se ejecutó a: tamaño de empresa, infraestructura a la que dedica su labor de construcción y su nivel de gestión de riesgos de imprevistos. Por parte de las variables relacionadas con el proyecto, al tipo de proyecto y tipo de contrato. Además, se realizó este test con todas las causas seleccionadas como factores de aparición de retraso y sobrecoste. Cabe recalcar que los análisis se realizaron para obtener la influencia de estas variables sobre las variables de respuesta que fueron dos: 1) retraso total del proyecto y 2) sobrecoste total del proyecto.

Test de Bonferroni

Se trata de un análisis post – hoc, que se realiza después de técnicas como el ANOVA en el caso de análisis paramétricos o de Kruskal – Wallis en el caso de haber realizado análisis no paramétricos. El test de Bonferroni realiza una comparación de las categorías de la variable de dos en dos, creando un umbral determinado como referencia para definir si existen o no diferencias significativas entre ese par de categorías. Se podría decir que es como realizar una prueba t-test para cada par de combinaciones posibles de la variable (Field, 2009). Esta técnica se destaca por reducir el nivel de significación de la prueba general (Kruskal – Wallis) en este caso, dividiendo el nivel de error por el número de combinaciones de pares posibles (Field, 2009). Es decir, si al realizar un análisis de comparación de medias o medianas entre dos variables y se encuentran diferencias significativas, la corrección del test de Bonferroni nos muestra las categorías de esas variables en las cuáles realmente existen las diferencias mencionadas.

Análisis de Correlación

Un análisis de correlación nos sirve para identificar aquellas variables que están influenciadas o representadas entre sí. Para los datos que siguen una relación lineal y provienen de variables cuantitativas se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson, mientras que cuando las variables son cualitativas o no existe una relación lineal entre las mismas se recomienda usar el coeficiente de correlación de Spearman. El coeficiente de correlación toma valores entre -1 y 1; mientras más cercano se encuentre el valor del coeficiente a los extremos, el nivel de correlación será mucho más fuerte. El signo nos indica la manera en la cual están correlacionadas las variables, en el lado positivo significa que están directamente correlacionados, mientras que en el lado negativo nos indica que están inversamente correlacionados.

Que dos variables estén correlacionadas no siempre quiere decir que existe causalidad o dependencia entre ellas (Field, 2009). Los niveles de correlación entre variables están definidos por rangos, los cuales se exponen en la **Tabla 10**. Cabe recalcar que para interpretar si la correlación entre variables es significativa el p valor tendrá que ser menor a 0.05, esto nos indica que la relación no se debe a una coincidencia (Sanz, 2015).

Tabla 10. Valores de interpretación del coeficiente de correlación.

Rango de Valores	Denominación
0.0	Relación Nula
0.0 – 0.2	Relación muy baja
0.2 – 0.4	Relación baja
0.4 – 0.6	Relación moderada
0.6 – 0.8	Relación alta
0.8 – 1.0	Relación muy alta
1.0	Relación perfecta

Fuente: Adaptado de(Sanz, 2015).

Se estudió la correlación entre las causas tomadas como factores de retraso y sobrecoste mediante el coeficiente rho de Spearman, debido a que los datos no presentan una relación lineal. El motivo por el cual se realizó este análisis fue encontrar relaciones muy altas entre variables (coeficientes entre 0.8 y 1), presentando multicolinealidad, es decir, que una variable esté representada por otra. El análisis de correlación actuó como paso previo para la realización de un análisis factorial por el método de componentes principales.

Análisis Factorial

El análisis factorial pretende reducir la información en una nueva serie de grupos denominados factores con una pérdida mínima de la información total. Este análisis tiene como objetivo simplificar el análisis de las diversas causas de retraso y sobrecoste en las obras y confirmar su clasificación inicial propuesta en cuanto a la relación que poseen entre ellas. Antes de realizar un análisis factorial se deben efectuar diferentes comprobaciones sobre la factibilidad de desarrollar este análisis y cumplir con una relación entre el número de variables y el tamaño de la muestra. Sanz (2015), en su tesis doctoral menciona que se recomienda tener entre 4 y 5 observaciones por cada variable que participe en el análisis factorial.

En primer lugar, para comprobar la conveniencia de la realización del análisis factorial se debe calcular la matriz de correlación entre las variables. Esta matriz, nos indicará si existen grados de correlación mayores a 0.30 y el determinante de esta matriz (indicador del grado de intercorrelaciones) es mayor que 10^{-5} . Si se cumplen con estos requisitos se puede aseverar que es conveniente realizar el análisis (Sanz, 2015).

Otro de estos indicadores de conveniencia se trata de la prueba de esfericidad de Barlett, esta prueba comprueba que la matriz de correlación difiere significativamente de la matriz de identidad. Si la matriz de correlaciones fuera una matriz similar a la de identidad, entonces todos los coeficientes de correlación tendrían un valor de 0. Por lo tanto, es necesario que la prueba de esfericidad de Barlett nos arroje un p valor de significación menor que 0.05 (Field, 2009).

Además de éstas, existe otra medida denominada el índice de Kaiser Meyer Olkin (KMO), que es una medida de adecuación muestral que indica el nivel de interrelación entre las variables, comparando las correlaciones observadas con las parciales. Este índice toma valores entre 0 y 1, los cuales se pueden tomar como aceptables cuando el valor es mayor a 0.5. Cuando el índice KMO es menor a 0.5 no se debe realizar el análisis factorial (Cabero et. al, 2007).

Finalmente, para determinar la conveniencia del análisis factorial se analiza la matriz de correlaciones anti – imagen, la cual contiene los valores negativos de la correlación parcial. Esta matriz compara a las variables por pares y nos indica la fuerza de la relación entre ellas. La diagonal de esta matriz es una medida de adecuación muestral para cada variable individualmente, a diferencia del índice KMO que era para todo el conjunto de variables. De igual manera si se encuentran valores por debajo de 0.5 en muchas de las variables no es aconsejable la realización del análisis, sin embargo, si se da en pocas de las variables es posible eliminarlas del análisis y continuar con el mismo (Sanz, 2015).

Después de comprobar la factibilidad para realizar el análisis, se procede a realizar el proceso necesario para la obtención de los factores. En primer lugar, se debe seleccionar el método de extracción de los factores, que en este caso se ha escogido el análisis de componentes principales (ACP), debido a que se plantea como objetivo reducir la cantidad de información y este método justamente realiza esta labor. El ACP reúne unas componentes principales a partir de la matriz de correlación y se toman en cuenta aquellas componentes con valor propio mayor a 1 (Field, 2009). Estos factores, explicarán un porcentaje acumulado de la varianza total, tomando como aceptable cuando se explique por lo menos el 60% (Sanz, 2015).

Otro resultado importante dentro de este análisis factorial, tiene que ver con la comunalidad, que es el porcentaje de la varianza común dentro de una variable. Antes de la extracción de los factores la comunalidad de todas las variables es igual a 1 (Field, 2009). Después de este proceso, las comunalidades representan la proporción de cada variable sobre la varianza común, si se obtienen comunalidades menores a 0.5 se entiende que la variable está pobremente representada en la solución factorial, con lo cual si la variable no se considera de mayor importancia para el análisis se la podría excluir del mismo (Sanz, 2015).

Para una mejor interpretación de los factores es necesario realizar una rotación de los ejes de las coordenadas que representan a los mismos. Esta rotación puede realizarse de varios métodos, el más conocido y utilizado en este caso es el método de rotación Varimax. Este método de rotación de ejes de coordenadas, consiste en representar a los factores con cargas altas en el factor al que más se aproximan. Los programas estadísticos facilitan aún más la interpretación de estos factores al permitirnos eliminar las cargas factoriales bajas y agrupar solamente a los que tienen cargas factoriales altas. Las cargas factoriales

con valores superiores a ± 0.5 se consideran significativas (Sanz, 2015). En este estudio se consideraron las variables con cargas superiores a ± 0.4 para facilitar la interpretación de los resultados.

Una vez obtenidos los factores y representados con cargas factoriales significativas, se puede analizar estos resultados y confirmar o no si existe una variación entre la clasificación propuesta inicialmente para las causas de retraso y sobrecoste y observar también como se relacionan entre sí.

Análisis de Correspondencias

El análisis de correspondencia nos ayuda a identificar como se relacionan las distintas categorías de un grupo de variables. Por ejemplo, si se tienen dos variables con distintas categorías cada una, el análisis de correspondencias nos mostrará de manera gráfica como se agrupan estas distintas categorías en diferentes dimensiones y así poder tener una visión clara de su relación (Perez, 2014). Se trata de una técnica estadística multivariante que nos permite explorar el comportamiento de las variables cuando las bases de comparación no están definidas (Montalbán-Domingo, 2019).

Este análisis sirve para representar de forma gráfica la mayor parte de la información de una tabla de contingencia bivariada, representando las categorías fila y columna en un mismo espacio. La cercanía en la gráfica de las categorías fila y columna de las dos variables representa una asociación en las mismas (Navarro et. al, 2004). La proporción de inercia que aporte cada variable será de un valor mínimo 70%, caso contrario la gráfica no estaría aportando la suficiente información. La inercia muestra las relaciones entre las categorías de las variables basándose en las estadísticas chi-cuadrado y sus valores en cada fila y columna (Montalbán-Domingo, 2019).

Esta técnica se utilizó en el estudio para averiguar cómo se agrupan las categorías de las variables relacionadas con la empresa y las variables del proyecto encontradas como las más influyentes en el sobrecoste y el retraso de las obras, con las categorías de las causas que resultaron influyentes significativamente en éstas variables, obteniendo una representación gráfica y de mejor interpretación.

Análisis de Resultados

Una vez tratados todos los datos mediante los métodos estadísticos correspondientes para la obtención de los resultados esperados, se procede a analizar los mismos y explicar de una manera más clara lo que nos arrojan los análisis anteriormente ejecutados. Los resultados del tratamiento de datos forman parte del capítulo 5, en el cual se exponen los mismos mediante tablas y gráficos que nos permiten visualizar de mejor manera lo obtenido.

5. Resultados y Discusiones

A lo largo de este capítulo se van mostrando diversos gráficos y tablas que explican los resultados obtenidos mediante los análisis estadísticos. En primer lugar, se muestra una caracterización de la muestra, estadísticas varias sobre las 53 respuestas obtenidas como base para la realización del estudio. Seguido a esto se puede observar, los resultados de cada uno de los análisis estadísticos realizados, empezando desde la fiabilidad de la muestra, pruebas de normalidad gráficas y numéricas, tablas de resultados de los análisis no paramétricos, matriz de correlación, factores extraídos del análisis factorial y las tablas y gráficos del análisis de correspondencias. Cada uno de estos atendiendo a las preguntas de investigación planteadas al inicio de este documento.

5.1. Selección de causas de retraso y sobrecoste para ser analizadas en el contexto de Ecuador

La clasificación de las causas en función de sus citaciones destacadas se expone en las **Tabla 11**. Esta tabla nos indica el nombre de cada una de las causas y su clasificación, en las siguientes columnas se puede observar, el número total de artículos en los que fue citada, seguido de las veces en la que fue citada destacadamente entre las 20 causas más importantes en los artículos revisados y su porcentaje de citación en función del total de los 19 artículos analizados.

Tabla 11. Clasificación de causas de retraso y sobrecoste según su mención en la literatura.

Responsable	Causa	Citaciones	Destacadas	Citación %
Promotor	Demora en el pago de certificaciones	11	9	47.37
	Obtención de permisos demorada	10	6	31.58
	Problemas financiamiento promotor	10	10	52.63
	Tiempo entre diseño y ejecución	9	7	36.84
	Gestiones del promotor retrasadas	8	5	26.32
	Excesiva burocracia por parte del promotor	7	4	21.05
	Proceso de licitación poco transparente	4	3	15.79
	Expropiaciones	3	2	10.53
	Duración impuesta por el promotor inviable	3	2	10.53
	Decisiones postergadas por el promotor	2	1	5.26
	Falta de incentivos por pronta terminación	2	1	5.26
	Pagos parciales	1	1	5.26
	Adjudicación tardía del contrato	1	0	0.00

	Mal financiamiento del contratista	13	12	63.16
	Bajo rendimiento de equipos/Daños	11	9	47.37
	Errores por falta de experiencia	10	7	36.84
	Repetir trabajo por desaprobación(acabados, materiales, MO)	9	8	42.11
	Escasez de materiales	8	4	21.05
	Bajo rendimiento mano de obra	8	6	31.58
	Escasez de equipos	8	5	26.32
	Entrega de materiales lenta	7	5	26.32
	Subcontratistas incumplidos	7	2	10.53
	Errores proceso constructivo	6	5	26.32
	Mala gestión de compras	5	2	10.53
	Pobre control a subcontratistas	5	1	5.26
Constructor	Escasez de mano de obra	5	1	5.26
	Operadores inexperimentados	5	2	10.53
	Problemas entre manos de obra y contratista (falta de pago, discusiones)	5	3	15.79
	Personal administrativo/técnico ineficiente	5	4	21.05
	Accidentes durante la construcción	4	2	10.53
	Control escaso a trabajadores	4	4	21.05
	Bajas excesivas	4	3	15.79
	Control de costes	4	1	5.26
	Poco control de procesos	4	4	21.05
	Mala estimación de duración y recursos	3	1	5.26
	Gestión de riesgos, imprevistos inexistente	3	3	15.79
	Falta de mano de obra calificada en procesos puntuales	1	1	5.26
	Nacionalidad de trabajadores	1	0	0.00

Consultor	Errores en diseño/ diseño incompleto	15	14	73.68
	Planos incompletos	8	5	26.32
	Errores en estudios de suelo	7	5	26.32
	Procesos constructivos no especificados	7	3	15.79
	Dirección Facultativa mala supervisión	6	1	5.26
	Aprobación tardía de trabajo	6	2	10.53
	Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor	6	5	26.32
	Espera por aprobación de materiales	5	2	10.53
	Cambios en especificaciones técnicas	4	2	10.53
	Procesos de inspección	2	0	0.00
	Lenta intervención de consultores	1	0	0.00
Varios	Diferencias de criterio entre consultor y constructor	7	2	10.53
	Pobre organización de contratista o consultor	4	1	5.26
	Cambios en el diseño por el promotor	15	15	78.95
	Definición del alcance poco clara	4	3	15.79
Externa	Cambios de precios inesperados	12	11	57.89
	Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	11	11	57.89
	Clima	9	6	31.58
	Inflación	9	6	31.58
	Ubicación del proyecto	6	5	26.32
	Cambios de ámbito legal	6	2	10.53
	Desastre natural/ Fuerza mayor	3	2	10.53
	Problemas con vecinos	2	1	5.26
	Transporte excesivamente caro	2	0	0.00
	Área de construcción limitada	1	0	0.00
	Problemas de acceso a la obra	1	0	0.00
	Huelgas, paros y reclamos	1	0	0.00
	Cambios en políticas de bancos	1	0	0.00
Días Festivos	1	0	0.00	

Todos	Project management escaso	16	16	84.21
	Falta de comunicación entre partes	10	8	42.11
	Mala coordinación entre partes	8	6	31.58
	Evaluación tardía de cambios	4	0	0.00
	Subcontratistas solapados en trabajos	3	2	10.53

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, en la **Tabla 12**, se muestra la cantidad de expertos que mencionan a la causa como una de las más importantes, e igualmente seguido de su porcentaje de mención en función del total de respuestas. El total de expertos encuestados fue de 7, los cuáles seleccionaron las causas más importantes y con mayor nivel de importancia en las obras de Ecuador.

Tabla 12. Clasificación de las causas de retraso y sobrecoste según expertos de Ecuador.

Responsable	Causa	Mención Expertos	Expertos %
Promotor	Demora en el pago de certificaciones	7	100.00
	Obtención de permisos demorada	2	28.57
	Problemas financiamiento promotor	6	85.71
	Tiempo entre diseño y ejecución	3	42.86
	Gestiones del promotor retrasadas	1	14.29
	Excesiva burocracia por parte del promotor	7	100.00
	Proceso de licitación poco transparente	1	14.29
	Expropiaciones	3	42.86
	Duración impuesta por el promotor inviable	1	14.29
	Decisiones postergadas por el promotor	0	0.00
	Falta de incentivos por pronta terminación	0	0.00
	Pagos parciales	0	0.00
Adjudicación tardía del contrato	2	28.57	

	Mal financiamiento del contratista	2	28.57
	Bajo rendimiento de equipos/Daños	2	28.57
	Errores por falta de experiencia	1	14.29
	Repetir trabajo por desaprobación(acabados, materiales, MO)	2	28.57
	Escasez de materiales	2	28.57
	Bajo rendimiento mano de obra	2	28.57
	Escasez de equipos	1	14.29
	Entrega de materiales lenta	1	14.29
	Subcontratistas incumplidos	4	57.14
	Errores proceso constructivo	0	0.00
	Mala gestión de compras	4	57.14
Constructor	Pobre control a subcontratistas	0	0.00
	Escasez de mano de obra	0	0.00
	Operadores inexperimentados	0	0.00
	Problemas entre manos de obra y contratista (falta de pago, discusiones)	2	28.57
	Personal administrativo/técnico ineficiente	0	0.00
	Accidentes durante la construcción	0	0.00
	Control escaso a trabajadores	0	0.00
	Bajas excesivas	0	0.00
	Control de costes	0	0.00
	Poco control de procesos	2	28.57
	Mala estimación de duración y recursos	1	14.29
	Gestión de riesgos, imprevistos inexistente	2	28.57
	Falta de mano de obra calificada en procesos puntuales	0	0.00
	Nacionalidad de trabajadores	0	0.00

Consultor	Errores en diseño/ diseño incompleto	7	100.00
	Planos incompletos	7	100.00
	Errores en estudios de suelo	1	14.29
	Procesos constructivos no especificados	2	28.57
	Dirección Facultativa mala supervisión	0	0.00
	Aprobación tardía de trabajo	2	28.57
	Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor	4	57.14
	Espera por aprobación de materiales	0	0.00
	Cambios en especificaciones técnicas	2	28.57
	Procesos de inspección	0	0.00
Lenta intervención de consultores	0	0.00	
Varios	Diferencias de criterio entre consultor y constructor	0	0.00
	Pobre organización de contratista o consultor	0	0.00
	Cambios en el diseño	5	71.43
	Definición del alcance poco clara	0	0.00
Externa	Cambios de precios inesperados	1	14.29
	Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	1	14.29
	Clima	5	71.43
	Inflación	0	0.00
	Ubicación del proyecto	1	14.29
	Cambios de ámbito legal	0	0.00
	Desastre natural/ Fuerza mayor	0	0.00
	Problemas con vecinos	1	14.29
	Transporte excesivamente caro	0	0.00
	Área de construcción limitada	0	0.00
	Problemas de acceso a la obra	3	42.86
	Huelgas, paros y reclamos	0	0.00
Cambios en políticas de bancos	0	0.00	
Días Festivos	0	0.00	

Todos	Project management escaso	4	57.14
	Falta de comunicación entre partes	3	42.86
	Mala coordinación entre partes	0	0.00
	Evaluación tardía de cambios	3	42.86
	Subcontratistas solapados en trabajos	0	0.00

En base a esto se seleccionaron las causas de retraso y sobrecoste que tengan un porcentaje alto de mención mediante la revisión literaria, así como por la validación de los expertos que posean un porcentaje mayor a 30%. Las tablas reflejan como resultado que las causas con mayor porcentaje de aparición son las relacionadas a los problemas de aspecto económico como el financiamiento y pagos de certificaciones, así como los cambios y errores en los diseños y la mala gestión del desarrollo de la obra. Estudios realizados, como por ejemplo Cheng (2014), afirman que los principales motivos por los que se dan sobrecostos en las obras son la falta de control de los costos, una pobre comunicación y definición del alcance del proyecto, generando múltiples cambios en el mismo y la brecha que surge entre la planificación inicial y lo verdaderamente ejecutado al final del proyecto. Por su parte, Larsen et al., (2016) destacan también a los errores en los documentos de diseño o la existencia de incongruencias en los mismos. Los problemas de financiamiento son nombrados también destacadamente por Rosenfeld (2014), que define como un problema común a las denominadas “ofertas temerarias” que son muy peligrosas para el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el inicio del proyecto, dando lugar a la existencia de graves niveles de retraso y sobrecoste.

Las causas seleccionadas para el estudio fueron **21** agrupadas en 5 grupos, debido a que, en la categoría varios, resultó seleccionada una sola causa, se decidió reagruparla y obtener una clasificación final en los grupos de responsabilidad tal y como se expone en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Causas seleccionadas

CAUSAS		
ID	Agente Responsable	Nombre
1	Promotor	Demora en pago de certificaciones
2		Problemas de financiamiento del promotor
3		Obtención de permisos demorada
4		Tiempo entre diseño y ejecución
5		Excesiva burocracia del promotor
6		Cambios en diseño por parte del promotor

7		Mal financiamiento del contratista
8		Bajo rendimiento de equipos/Daños
9		Errores por falta de experiencia
10	Constructor	Repetir trabajo por desaprobación(acabados, materiales, MO)
11		Bajo rendimiento mano de obra
12		Subcontratistas incumplidos
13		Mala gestión de compras
14		Errores en diseño/ diseño incompleto
15	Consultor	Planos incompletos de todas las partes correspondientes
16		Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor
17		Cambios de precios inesperados
18	Externas	Condiciones inesperadas en el lugar de la obra
19		Clima
20		Project management escaso
21	Todos	Falta de comunicación entre partes

Fuente: Elaboración Propia.

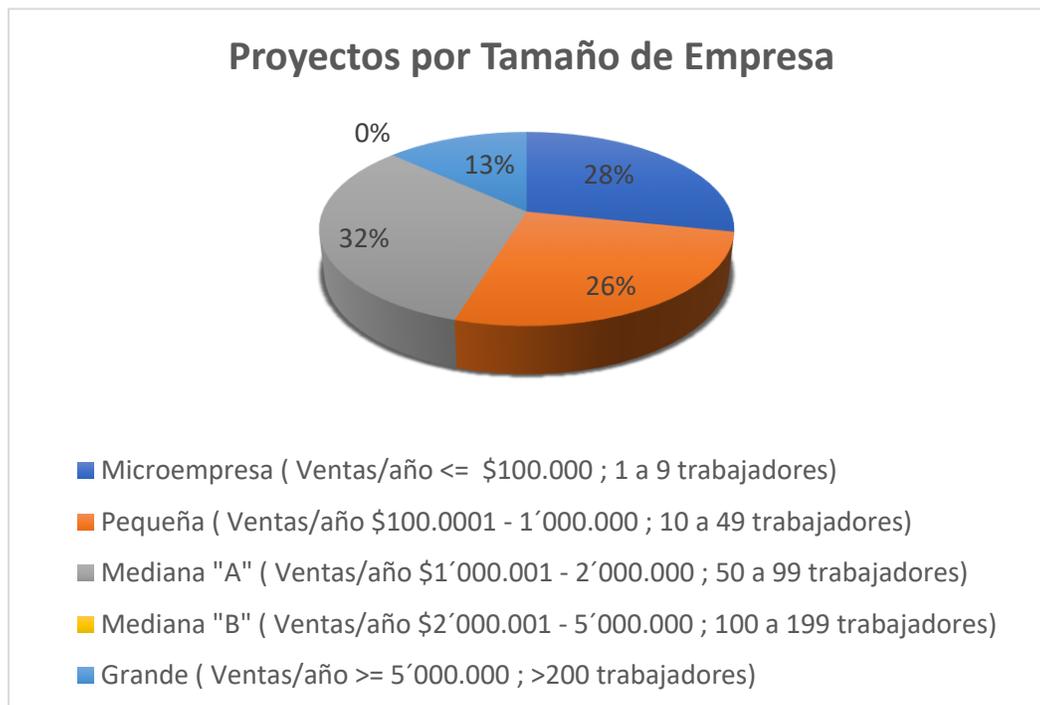
La mayoría de causas escogidas para la realización del estudio están bajo la responsabilidad del promotor y el constructor para estos agentes responsables se han seleccionado 6 y 7 causas respectivamente, seguidas por la responsabilidad del consultor en la que se encuentran seleccionadas 4 causas, en lo que respecta a los grupos de causas externas y responsabilidad de todas las partes se encuentran 3 y 2 causas.

Aziz (2013), expuso en su estudio que la mitad de causas de sobrecoste que resultaron más importantes en su investigación fueron causas asociadas con la responsabilidad del promotor, demostrando que la gestión de este agente interviniente en las obras es clave para su desarrollo y éxito. Long et al. (2004), obtuvo como resultado que si bien las causas de retraso y sobrecoste por responsabilidad del constructor son frecuentes, no son de mayor impacto en la obra. Así mismo, expuso que las causas de retraso y sobrecoste por responsabilidad del consultor/diseñador son las que mayor impacto generan en los retrasos y sobrecostes de los proyectos. Cheng (2014) y Long et al. (2004) destacan también a los factores externos a la obra como los ambientales y del entorno, así como la falta de coordinación entre los agentes intervinientes.

5.2. Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en proyectos de Ecuador

5.2.1. Caracterización de la muestra

Recibidas las respuestas al fichero el tamaño de la muestra queda establecido en **53** observaciones las cuales tienen las siguientes características. En cuanto a lo relacionado con las empresas constructoras participantes en el estudio se puede observar su distribución por tamaño en la **Figura 22**.



Nota: El valor de las ventas/año se expresan en dólares estadounidenses (\$)

Figura 22. Caracterización por tamaño de empresa. Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la **Figura 22**. La distribución de la muestra según el tamaño de las empresas participantes es bastante homogénea. La mayor cantidad de empresas fueron de tamaño Mediana A con un 32% seguidas por las empresas de tamaño micro y pequeño con un 28% y 26% respectivamente, dejando con un 13% a las empresas de tamaño grande. La categoría de tamaño Mediana B no tuvo empresas participantes por lo tanto se eliminó esta categoría en el desarrollo de la investigación.

En lo que se refiere al tipo de empresa, la **Figura 23**, nos muestra que evidentemente existe una gran mayoría de empresas privadas, las cuales representan el 87% del total. Mientras que las empresas públicas nada más se llevan un 13% de participación.

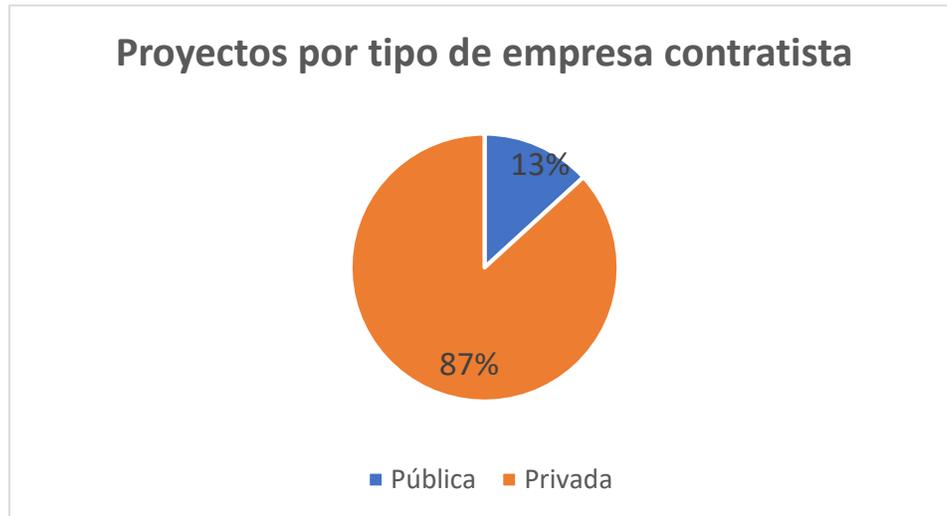


Figura 23. Caracterización por tipo de empresa. Elaboración Propia.

Con respecto al tipo de infraestructura que construyen las empresas, en la siguiente figura (**Figura 24**) se puede apreciar cómo se distribuye esta característica.

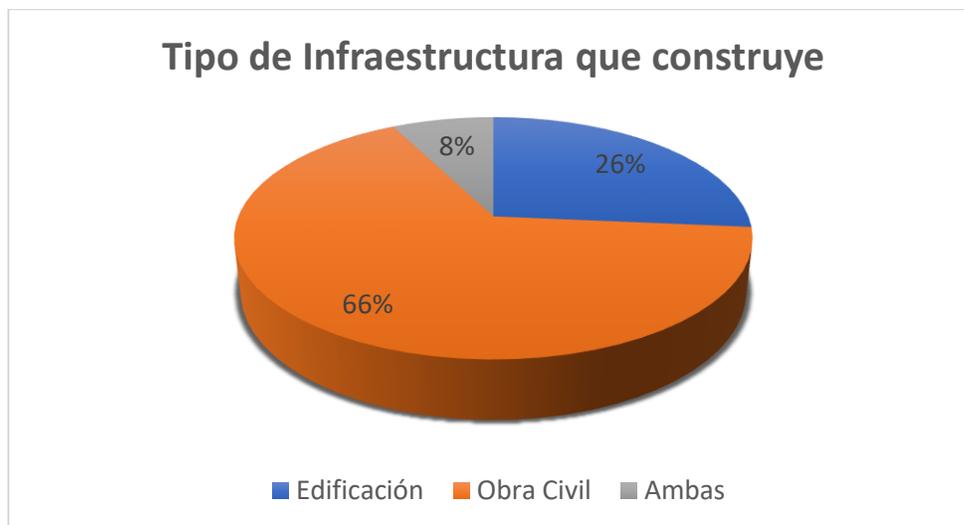


Figura 24. Caracterización por tipo de infraestructura que construye la empresa. Elaboración Propia.

Las empresas dedicadas a la construcción de obra civil predominan con un 66% de participación, mientras que las dedicadas a la edificación aportan un 26%. Finalmente, unas pocas empresas dedican su gestión a los dos campos y forman el 8% del total de la muestra.

Para cerrar la caracterización de las variables relacionadas a la empresa constructora, la **Figura 25** nos enseña la clasificación de las empresas que poseen o no una gestión de riesgos de imprevistos. Como se puede apreciar la mayoría de ellas poseen un nivel medio (Tiene en cuenta un porcentaje para imprevistos en las ofertas pero no posee plan de manejo de los mismos) en cuanto a este tema, representando al 66% de las empresas, seguidas por un 26% de aquellas que tienen un nivel alto (En sus ofertas toma en cuenta porcentaje de imprevistos y tiene un plan de manejo de los mismos) y por último con apenas el 8% las

que poseen un nivel bajo de gestión de imprevistos (No oferta teniendo en cuenta porcentaje de imprevistos).

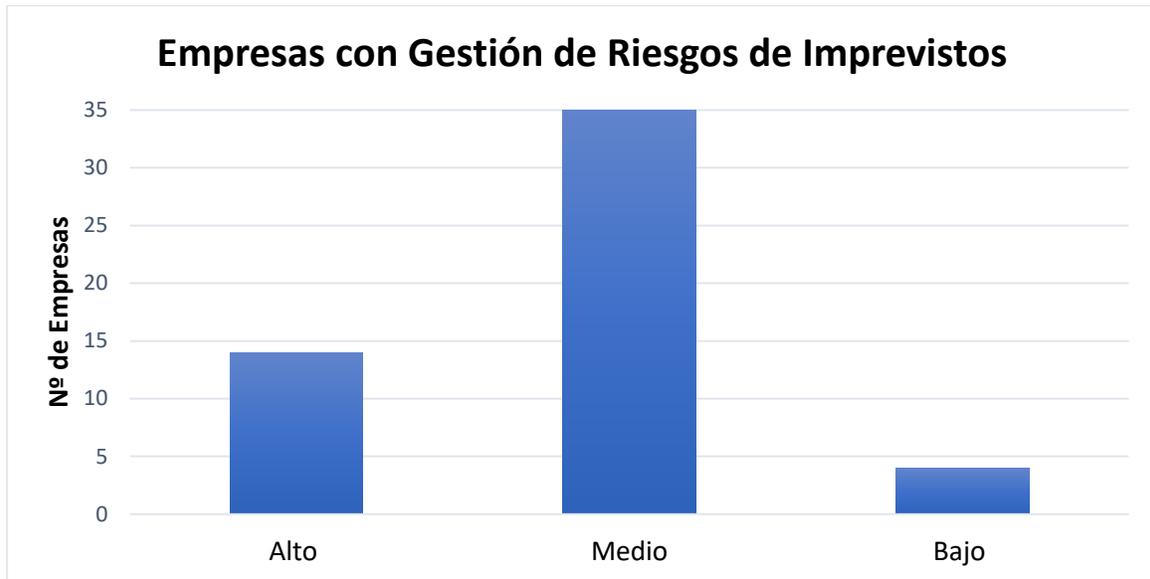


Figura 25. Caracterización por nivel de gestión de riesgos de imprevistos. Elaboración Propia

Para las variables relacionadas con las características del proyecto, la muestra se presentó de la siguiente manera. La variable tipo de proyecto cuya clasificación en un principio estaba constituida por 9 categorías, no presentó respuestas para las categorías de Aeropuertos, Obras Marítimas y Ferrocarriles, con lo cual estas categorías fueron eliminadas del estudio. Las respuestas arrojaron los siguientes resultados expresados en la **Figura 26**.

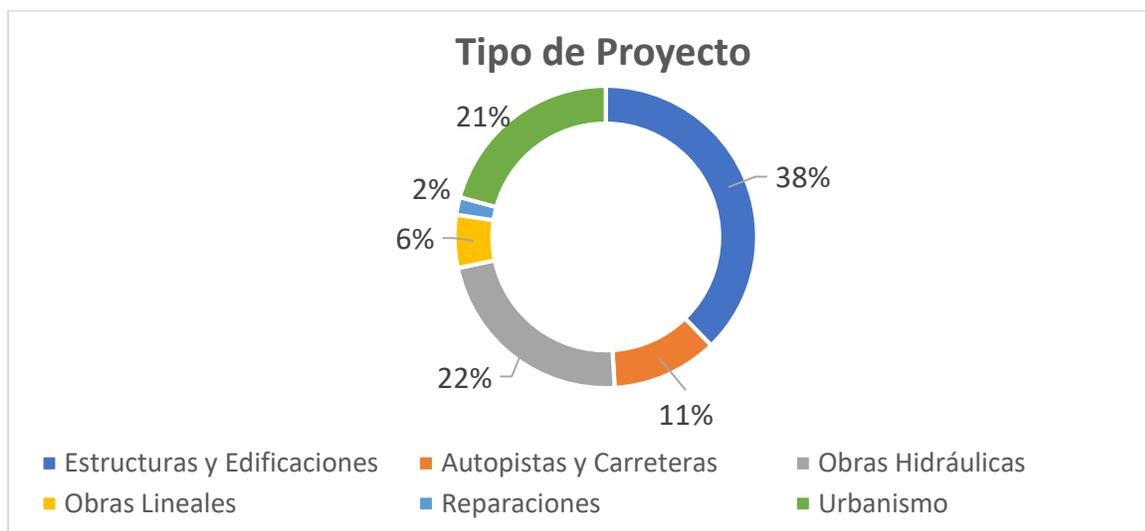


Figura 26. Caracterización por tipo de Proyecto. Elaboración Propia.

Debido al bajo nivel de participación de las categorías de Reparaciones, Obras Lineales y Autopistas y Carreteras, se tomó la decisión de reagrupar las categorías con el fin de generar una homogenización de

las mismas. Por lo tanto, el resultado final de esta variable para la realización del estudio quedó agrupado de la siguiente manera en 4 categorías: 1) Edificaciones, 2) Carreteras y Obras de Paso, 3) Obras Hidráulicas, 4) Urbanismo. Su porcentaje de participación en la muestra se puede observar en la **Figura 27**.

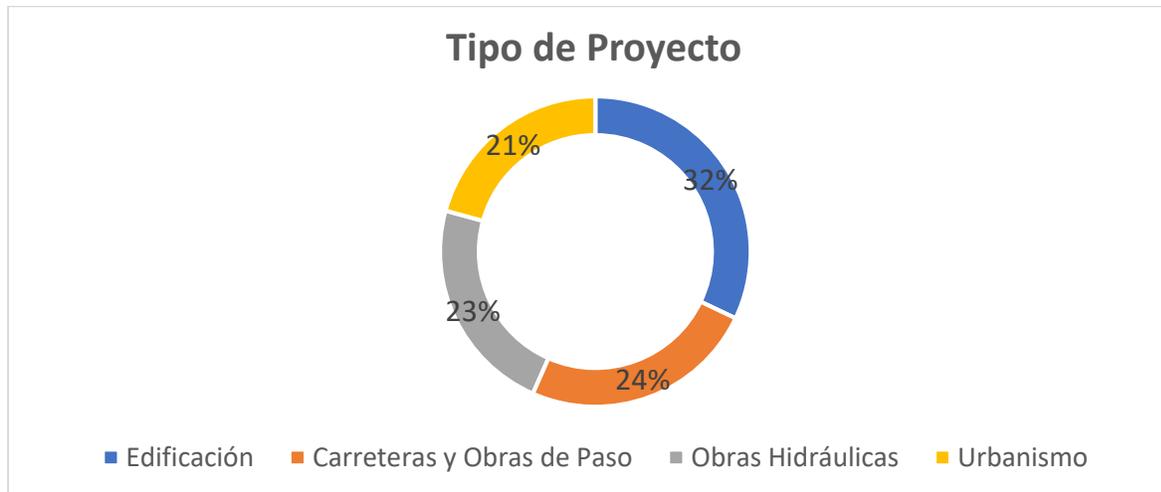


Figura 27. Caracterización final por tipo de Proyecto. Elaboración Propia

Tal y como se observa, la variable tipo de proyecto al reagrupar sus categorías tiene una estructura homogénea en donde predominan los proyectos de edificación con un 32%, seguidos de proyectos de Carreteras y Obras de Paso y Obras Hidráulicas con un 24% y 23% respectivamente, y finalmente los proyectos de Urbanismo con un 21% de participación.

La ubicación de los proyectos también se tomó en cuenta como una variable para este estudio. Los proyectos se distinguieron entre los de ubicación en el sector urbano y el sector rural. Las respuestas se estructuraron según la **Figura 28**.

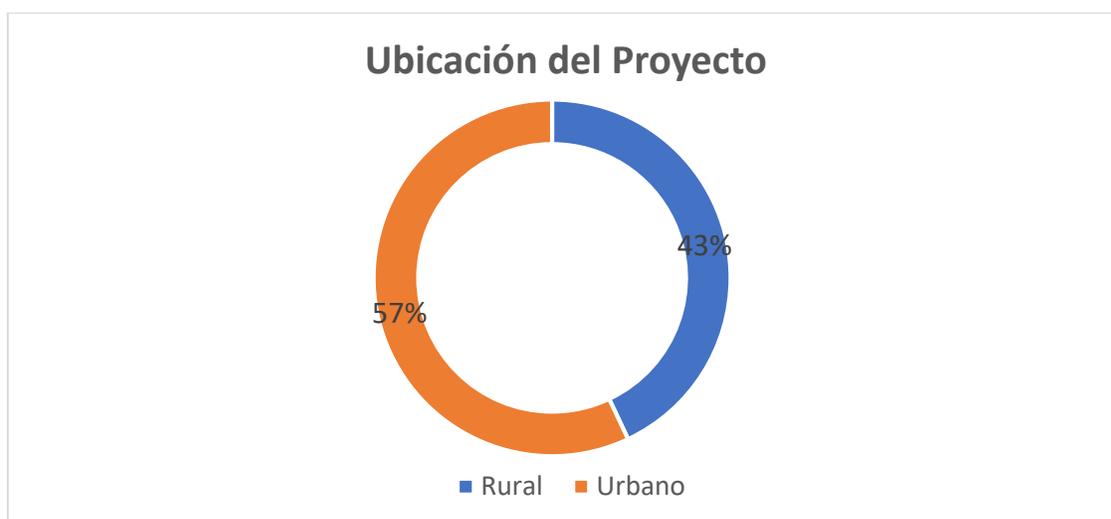


Figura 28. Caracterización por ubicación del Proyecto. Elaboración Propia.

Los proyectos con ubicación en suelo urbano se llevan un 57% de las observaciones, mientras que los proyectos en suelo rural toman el 43% restante.

La diferencia de días que existen entre la fecha de realización de los estudios y la ejecución real de la obra se clasificó en 3 categorías: menos de 365 días, entre 365 y 720 días y mayor a 720 días. Obteniendo los siguientes resultados tal y como se observa en la **Figura 29**.

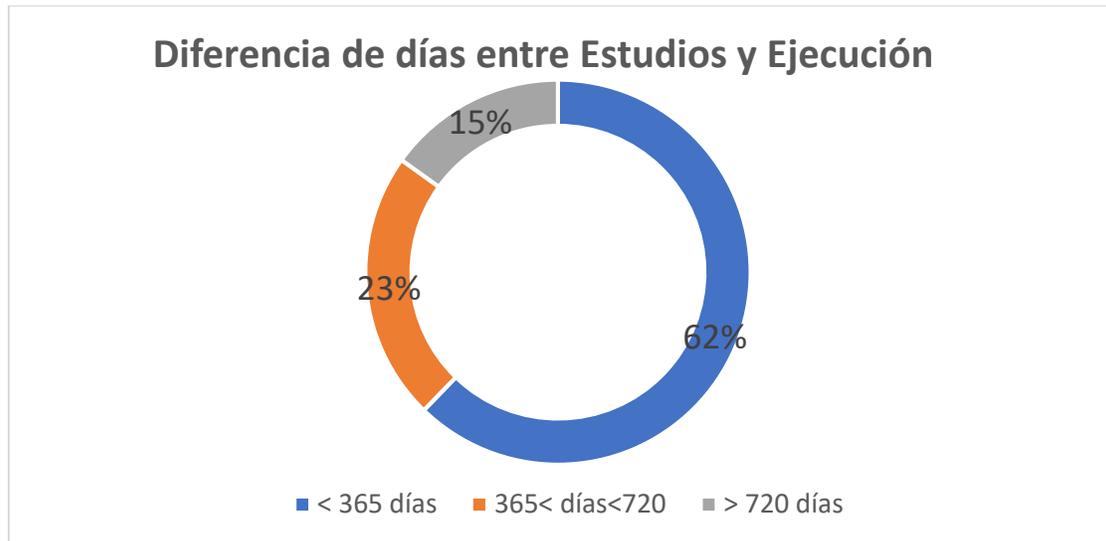


Figura 29. Caracterización por diferencia de días entre fecha de realización de estudio y ejecución de la obra. Elaboración Propia.

La mayor parte de proyectos se realiza en menos de un año desde la fecha de realización de los estudios, se observa un 62% de los casos. El 23% de los proyectos de la muestra se ejecutan entre un año y dos desde la fecha de realización de los estudios, mientras que un 15% se ejecuta después de dos años de haber realizado los estudios.

La variable del tipo de contrato muestra su participación en la muestra en la **Figura 30**, en la cual se observa que 36 de los proyectos estudiados provienen de un contrato público, 16 de contrataciones de modo privado y apenas un proyecto se realizó bajo la contratación de una alianza público-privada.

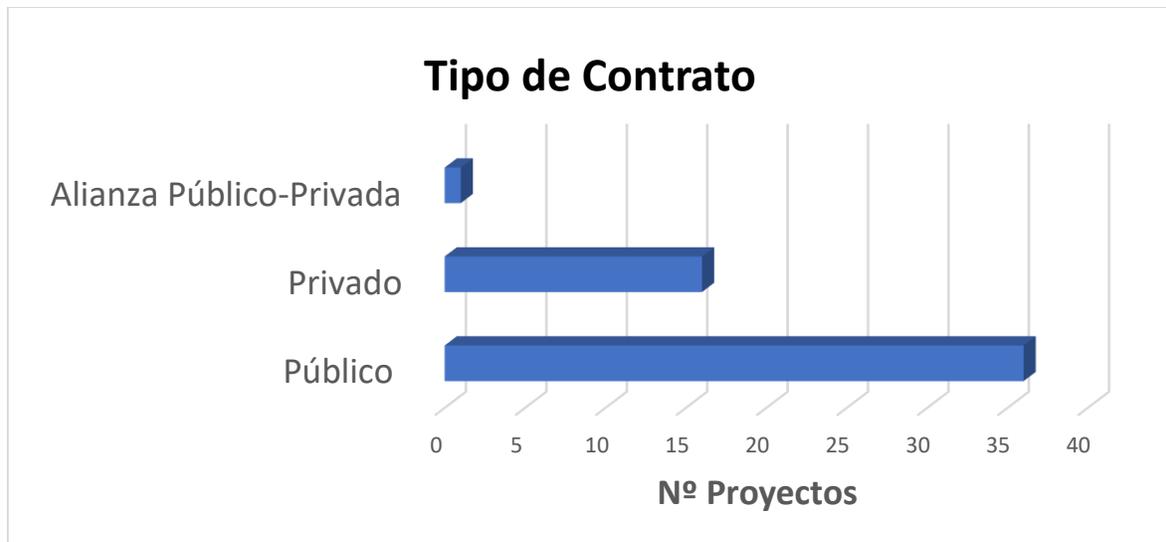
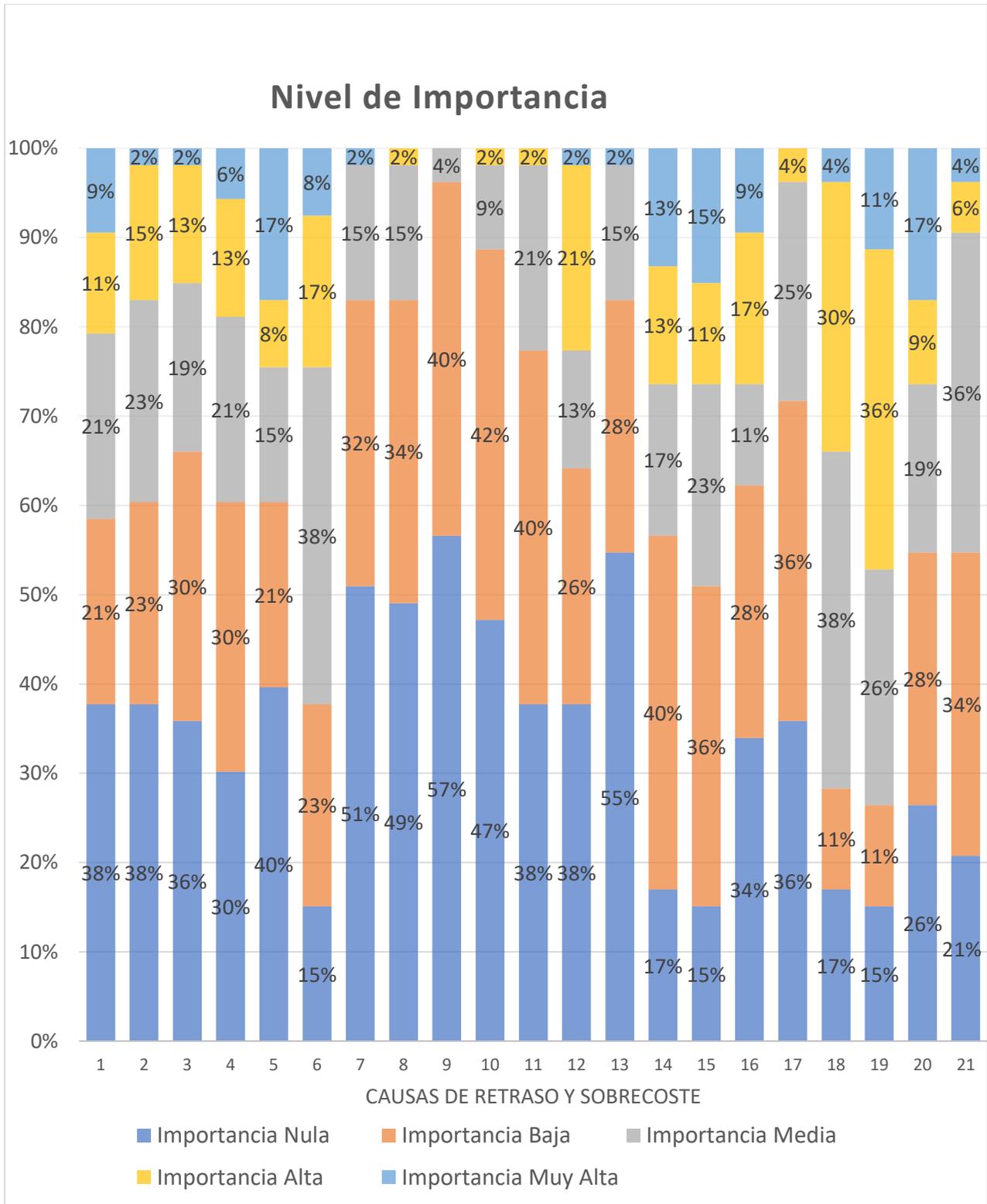


Figura 30. Caracterización por tipo de contrato. Elaboración Propia.

La parte referente a las causas y sus respuestas basadas en las 5 categorías de la escala Likert propuesta se muestran en la **Figura 31**. En la cual, se indica el porcentaje de cada nivel de aparición de cada una de las causas. Por ejemplo, para la causa 1, en el total de las observaciones se puede encontrar que el 38% de las veces se dijo que esta causa tuvo una aparición “nula” como factor de retraso y sobrecoste, se la calificó con un “muy bajo” el 21% de las veces, obtuvo un 21% para la categoría “medio”, un 11% dijo que apareció en un nivel “alto” y en un 9% de las respuestas apareció “muy alto” como factor de retraso y sobrecoste. La figura nos muestra estos resultados para cada una de las causas seleccionadas en el estudio.



Nota: La descripción de las causas en la Figura 31 es la siguiente:

- 1: Demora en pago de certificaciones
- 2: Problemas de financiamiento del promotor
- 3: Obtención de permisos demorada
- 4: Tiempo entre diseño y ejecución
- 5: Excesiva burocracia del promotor
- 6: Cambios en el diseño por parte del promotor
- 7: Mal financiamiento del contratista
- 8: Bajo rendimiento de equipos/daños
- 9: Errores por falta de experiencia
- 10: Repetir trabajo por desaprobación
- 11: Bajo rendimiento de mano de obra
- 12: Subcontratistas incumplidos
- 13: Mala gestión de compras
- 14: Errores de diseño/diseño incompleto
- 15: Planos incompletos
- 16: Mal cálculo del costo por parte del diseñador/consultor
- 17: Cambios de precios inesperados
- 18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra
- 19: Clima
- 20: Project management escaso
- 21: Falta de comunicación entre partes

Figura 31. Caracterización del nivel de aparición de las causas de retraso y sobrecoste. Elaboración Propia.

Además, de esta parte gráfica, se obtuvo el índice de importancia relativo, con el cual se pudieron observar las causas que más nivel de aparición tienen en la muestra y se ordenaron de mayor a menor según el valor de este índice, tal y como se puede ver en la siguiente tabla. (**Tabla 14**). El puntaje colocado a cada una de las causas es la suma de la calificación obtenida en cada uno de los proyectos en cuanto a su nivel de importancia, el RII se refiere al índice de importancia relativa, el cuál se calcula en base al número de observaciones y el puntaje obtenido, nos indica el nivel de importancia de cada causa, el rango es el asignado de mayor a menor según el RII, el peso relativo se refiere al porcentaje que representa cada causa en función de su RII.

Tabla 14. Clasificación por índice de Importancia Relativo RII (Indicador del nivel de aparición de las causas de retraso y sobrecoste en las obras).

Causa	Puntaje	RII	Rango	Peso Relativo	Peso Acumulado
C19: Clima	168	0.63	1	6.7%	6.7%
C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	155	0.58	2	6.2%	12.9%
C6: Cambios en el diseño por parte del promotor	148	0.56	3	5.9%	18.8%
C15: Planos incompletos	146	0.55	4	5.8%	24.6%
C14: Errores en el diseño/diseño incompleto	141	0.53	5	5.6%	30.2%
C20: Project management escaso	139	0.52	6	5.5%	35.7%
C5: Excesiva burocracia del promotor	128	0.48	7	5.1%	40.8%
C16: Mal cálculo del costo del proyecto por el diseñador	127	0.48	8	5.1%	45.9%
C21: Falta de comunicación entre partes	126	0.48	9	5.0%	50.9%
C1: Demora en pago de certificaciones	124	0.47	10	4.9%	55.8%
C4: Tiempo entre diseño y ejecución	124	0.47	11	4.9%	60.7%
C12: Subcontratistas incumplidos	118	0.45	12	4.7%	65.4%
C2: Problemas de financiamiento del promotor	117	0.44	13	4.7%	70.1%
C3: Obtención de permisos demorada	114	0.43	14	4.5%	74.6%
C17: Cambios de precios inesperado	104	0.39	15	4.1%	78.8%
C11: Bajo rendimiento de mano de obra	99	0.37	16	3.9%	82.7%
C7: Mal financiamiento del contratista	90	0.34	17	3.6%	86.3%
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	90	0.34	18	3.6%	89.9%
C10: Repetir trabajo por desaprobación	88	0.33	19	3.5%	93.4%
C13: Mala gestión de compras	88	0.33	20	3.5%	96.9%
C9: Errores por falta de experiencia	78	0.29	21	3.1%	100.0%

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede evidenciar tanto en la parte gráfica como en la tabla de clasificación por RII, las variables de **mayor aparición** como causantes de retraso y sobrecostes en las obras son: **(19)** Clima, **(18)** Condiciones inesperadas en el lugar de la obra, **(6)** Cambios en el diseño por parte del promotor, **(15)** Planos incompletos por parte de las partes encargadas.

Las variables que presentan **menor aparición**, resultan ser: **(9)** Errores por falta de experiencia, **(13)** Mala gestión de compras, **(10)** Repetir trabajos por desaprobación y **(7)** Mal financiamiento del contratista.

5.2.2. Fiabilidad de la Muestra

La fiabilidad de la muestra se calculó para cada grupo de la clasificación establecida para las causas de retraso y sobrecoste seleccionadas. Un valor del alfa de Cronbach superior a 0.7 indica una fiabilidad aceptable. Para el grupo de causas de responsabilidad del promotor se obtuvo un valor del alfa de Cronbach de **0.703** el cual indica que si existe una confiabilidad en ese grupo de causas. Para el grupo de causas con responsabilidad del constructor se obtuvo un valor de **0.769** siendo también confiable. El grupo de responsabilidad del consultor obtuvo un valor de **0.871**, el más alto de todos los grupos, indica también una alta confiabilidad. Las causas de responsabilidad externa obtuvieron un valor de **0.779**. El único grupo que obtuvo un valor bajo fue el de responsabilidad de todas las partes con un valor de **0.415**. Sin embargo, al efectuar un análisis de fiabilidad de todo el conjunto de causas de retraso y sobrecoste se obtuvo un valor de **0.835**, con lo cual se acepta a la muestra como una muestra de datos totalmente confiable. En la **Tabla 15**, se muestra un resumen de lo expuesto anteriormente.

Tabla 15. Resumen Fiabilidad por grupo de causas y total.

Grupo	Nº Ítems	Alpha de Cronbach
Promotor	6	0.703
Constructor	7	0.769
Consultor	3	0.871
Externas	3	0.779
Todas las partes	2	0.415
Total	21	0.835

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Pruebas de Normalidad

Se realizaron dos distintos tipos de pruebas para comprobar la normalidad de los datos y de esta manera poder elegir el tipo de análisis estadísticos con los cuales se iba a desarrollar el estudio. El primer tipo de pruebas fueron gráficas, se obtuvieron una serie de histogramas para observar la distribución de los datos. Las siguientes figuras nos muestran claramente que los datos recopilados están lejos de seguir una distribución normal, al no mostrar gráficamente una distribución que forme un histograma similar a una campana de Gauss. Esto puede ser resultado de contar con una muestra pequeña de datos o simplemente la aleatoriedad de las respuestas.

Nota: Los gráficos de histogramas se obtuvieron en el programa IBM SPSS 25, cuyo lenguaje se encuentra en inglés. El significado de las palabras **Mean** se refiere a la Media, **Std. Dev.** significa la desviación

estándar y **N** es el número de ítems con los que se realiza el gráfico. Estos gráficos se muestran en el capítulo Anexos de este documento.

Para reforzar el análisis gráfico que comprueba la distribución **no normal** de los datos, se realizó también dos pruebas de normalidad numéricas, el test de Kolmogorov – Smirnov y el de Shapiro - Wilk. Debido a que la muestra se encuentra casi en el límite de observaciones entre el cual se elige uno de los dos métodos de comprobación de normalidad, se realizó un análisis por ambos métodos. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Tests de normalidad Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk

Variable	Tests de Normalidad					
	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gdl	Sig.	Estadístico	gdl	Sig.
Tamaño de Empresa	0.197	53	0.000	0.843	53	0.000
Tipo de Empresa	0.518	53	0.000	0.400	53	0.000
Infraestructura que construye	0.369	53	0.000	0.726	53	0.000
Gestión de Riesgos de Imprevistos	0.369	53	0.000	0.726	53	0.000
Tipo de Proyecto	0.197	53	0.000	0.845	53	0.000
Diferencia de días estudios vs ejecución	0.382	53	0.000	0.685	53	0.000
Ubicación del proyecto	0.373	53	0.000	0.630	53	0.000
Tipo de Contrato	0.431	53	0.000	0.588	53	0.000
C1: Demora en pago de certificaciones	0.218	53	0.000	0.847	53	0.000
C2: Problemas de financiamiento del promotor	0.227	53	0.000	0.851	53	0.000
C3: Obtención de permisos demorada	0.214	53	0.000	0.853	53	0.000
C4: Tiempo entre diseño y ejecución	0.214	53	0.000	0.874	53	0.000
C5: Excesiva burocracia del promotor	0.224	53	0.000	0.812	53	0.000
C6: Cambios en el diseño por parte del promotor	0.195	53	0.000	0.912	53	0.001
C7: Mal financiamiento del contratista	0.299	53	0.000	0.754	53	0.000
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	0.300	53	0.000	0.781	53	0.000
C9: Errores por falta de experiencia	0.360	53	0.000	0.700	53	0.000
C10: Repetir trabajo por desaprobación	0.288	53	0.000	0.772	53	0.000
C11: Bajo rendimiento de la mano de obra	0.236	53	0.000	0.825	53	0.000

C12: Subcontratistas incumplidos	0.220	53	0.000	0.833	53	0.000
C13: Mala gestión de compras	0.322	53	0.000	0.735	53	0.000
C14: Errores de diseño/diseño incompleto	0.262	53	0.000	0.871	53	0.000
C15: Planos incompletos	0.231	53	0.000	0.881	53	0.000
C16: Mal cálculo del costo del proyecto	0.237	53	0.000	0.846	53	0.000
C17: Cambios de precios inesperados	0.222	53	0.000	0.840	53	0.000
C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	0.244	53	0.000	0.874	53	0.000
C19: Clima	0.221	53	0.000	0.884	53	0.000
C20: Project managemet escaso	0.217	53	0.000	0.862	53	0.000
C21: Falta de comunicación entre partes	0.194	53	0.000	0.882	53	0.000
Nivel de Retraso	0.290	53	0.000	0.583	53	0.000
Nivel de Sobrecoste	0.428	53	0.000	0.258	53	0.000

El análisis numérico comprueba totalmente la distribución no normal de los datos del estudio, lo que nos obliga a utilizar estadística no paramétrica para la realización del mismo.

5.2.4. Principales Causas de retraso y sobrecoste

En base a la muestra obtenida de los proyectos y las repuestas en cuanto al nivel de importancia de cada una de las causas en los mismos, además de la obtención del Índice de Importancia Relativo (RII), se pudo evidenciar que las causas de retraso y sobrecoste en las obras de Ecuador se dan de forma variada, se puede observar una distribución bastante homogénea, en la cual se puede destacar como aspectos sobresalientes a algunos temas que según los datos recogidos, suelen ser los de mayor importancia en las obras de Ecuador. Las causas más frecuentes de retraso y sobrecoste son la influencia del clima y las condiciones inesperadas en el lugar de la obra, Ecuador, al ser un país que no tiene estaciones definidas, posee un clima variado y de gran incertidumbre además de su geografía que posee diversos tipos de suelos en espacios reducidos hacen que prever estas causas resulte de gran dificultad. En estudios como los de Abd El-Razek et al. (2008) y Famiyeh, Amoatey, Adaku, & Agbenohevi (2017), si bien se menciona el clima y las condiciones inesperadas en el lugar de la obra como causas importantes de retraso y sobrecoste en estas no toman posiciones tan significativas como las de este estudio. Sin embargo, según la encuesta realizada a los expertos en el sector de la construcción en Ecuador, todos ellos las nombraron como una de las causas más importantes de retraso y sobrecoste a tomar en cuenta.

Los datos obtenidos, también destacan a los cambios que se generan en el proyecto por parte del promotor, que muchas veces en el transcurso de la obra solicita un ajuste que perjudica el desarrollo

normal de la obra afectando su planificación inicial, ya que requiere de nuevos diseños, especificaciones técnicas, etc. Además, se nombran también como importantes causas de retraso y sobrecoste en este estudio a las ocasionadas por la recepción de planos incompletos o con errores, sin la suficiente información para desarrollar un buen trabajo y a los errores detectados en el diseño o en su caso estos también pueden estar incompletos, con lo cual no se puede continuar con un desarrollo normal de las actividades planificadas. Estas causas de retraso y sobrecoste son comunes en la mayoría de las obras de construcción en general. Estos resultados concuerdan con varios estudios como Aibinu & Odeyinka (2006), Cheng (2014) y Emuze et al. (2014), en los cuáles se destaca a estas causas de retraso y sobrecoste como unas de las más importantes e influyentes. Al igual que en la literatura, los expertos encuestados de Ecuador, nombraron a estas causas en su totalidad como unas de las más importantes en las obras del país.

Por otro lado, las causas con menor nivel de importancia según los datos obtenidos, resultaron ser las relacionadas con la repetición de trabajos por desaprobación, la mala gestión de compras y los errores por falta de experiencia de la empresa contratista. Estas causas no son muy comunes, ya que para ser adjudicatarios para la ejecución de cada proyecto en las licitaciones se comprueba la capacidad técnica de los oferentes, con lo cual se garantiza que la empresa que se encargará de la ejecución de la obra, está capacitada para realizarla de manera óptima y cuenta con la experiencia necesaria para realizar un buen trabajo. Los expertos encuestados calificaron a estas causas en menor nivel, en el mejor de los casos fueron mencionadas como importantes en solo dos ocasiones, mientras que en la literatura, estas causas también destacan poco, se destacan en un máximo de 7 artículos de los 19 estudiados en esta investigación.

Después de verificar la fiabilidad de los datos, y saber su distribución, el tratamiento de los mismos se da mediante análisis no paramétricos y otros tipos de análisis que nos permitan encontrar los resultados esperados. Cada uno de los análisis estadísticos realizados en el estudio, pretende dar una respuesta a una pregunta de investigación.

5.2.5. ¿Cuáles son las causas que influyen significativamente en el retraso y sobrecoste de las obras?

Para encontrar las causas más influyentes en los retrasos y sobrecostes de las obras se realizó el análisis estadístico de Kruskal Wallis, debido a que cada causa posee 5 categorías. El análisis se realizó en dos partes. Primero se ejecutó el análisis para obtener aquellas **causas** que resultarán de mayor influencia en el **retraso (Ver tabla 17)**, seguido del análisis para obtener las causas más influyentes en el **sobrecoste (Ver Tabla 18)** de las obras. Se consideran como causas de mayor influencia tanto en el retraso como en el sobrecoste, aquellas que su análisis haya obtenido un nivel de significación menor a 0.05, esto nos indica que existen diferencias significativas en los niveles de aparición en las mismas, por lo tanto, el hecho de que una de estas causas aparezca o no en un determinado nivel en el desarrollo de una obra tendrá como consecuencia un retraso o un sobrecoste en la misma.

Tabla 17. Análisis de Kruskal Wallis para causas influyentes en el retraso de las obras.

Kruskal – Wallis Test			
Causa	H Kruskal - Wallis	gdl	Sig.
C1: Demora en pago de certificaciones	3.997	4	0.406
C2: Problemas de financiamiento del promotor	2.061	4	0.616
C3: Obtención de permisos demorada	5.188	4	0.269
C4: Tiempo entre diseño y ejecución	11.679	4	0.019
C5: Excesiva burocracia del promotor	9.674	4	0.047
C6: Cambios en el diseño por parte del promotor	7.652	4	0.105
C7: Mal financiamiento del contratista	0.923	4	0.82
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	8.023	4	0.046
C9: Errores por falta de experiencia	1.758	4	0.415
C10: Repetir trabajo por desaprobación	2.876	4	0.411
C11: Bajo rendimiento de la mano de obra	11.971	4	0.007
C12: Subcontratistas incumplidos	1.733	4	0.785
C13: Mala gestión de compras	2.001	4	0.572
C14: Errores de diseño/diseño incompleto	13.674	4	0.008
C15: Planos incompletos	5.830	4	0.212
C16: Mal cálculo del costo del proyecto	2.441	4	0.655
C17: Cambios de precios inesperados	10.135	4	0.017
C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	6.591	4	0.159
C19: Clima	13.419	4	0.009
C20: Project managemet escaso	11852	4	0.018
C21: Falta de comunicación entre partes	4.253	4	0.373

El análisis nos da como resultado que las causas más influyentes en el retraso de las obras presentando diferencias significativas en sus niveles de aparición son las siguientes: **(4)** Tiempo entre diseño de la obra y su ejecución, **(5)** Excesiva burocracia del promotor, **(8)** Bajo rendimiento de equipos o daño, **(11)** Bajo rendimiento de la mano de obra, **(14)** Errores de diseño o diseño incompleto, **(17)** Cambios de precios inesperados, **(19)** Clima, **(20)** Project management escaso.

Los resultados obtenidos tienen cierta concordancia con lo expuesto por Aziz & Abdel-Hakam (2016), en donde se destacan como principales causas de retraso a aquellas relacionadas con los problemas que se pueden presentar con los equipos necesarios para la ejecución de la obra y la mano de obra que interviene en ella, además de los errores en el diseño y las condiciones inesperadas de la ubicación de la obra. Las causas relacionadas con la responsabilidad del promotor se destacan en el estudio de Abd El-Razek et al. (2008), en donde también se puede evidenciar como sobresalen nuevamente los errores de diseño, y se muestran también como principales causas de retraso a la gestión de la obra y las condiciones meteorológicas.

En cuanto a las causas influyentes en el **sobrecoste** de las obras, la **Tabla 18** nos muestra el resultado del análisis de Kruskal Wallis.

Tabla 18. Análisis de Kruskal Wallis para causas influyentes en el sobrecoste de las obras.

Kruskal – Wallis Test			
Causa	H Kruskal - Wallis	gdl	Sig.
C1: Demora en pago de certificaciones	3.997	4	0.962
C2: Problemas de financiamiento del promotor	2.061	4	0.315
C3: Obtención de permisos demorada	5.188	4	0.389
C4: Tiempo entre diseño y ejecución	11.679	4	0.502
C5: Excesiva burocracia del promotor	9.674	4	0.121
C6: Cambios en el diseño por parte del promotor	7.652	4	0.362
C7: Mal financiamiento del contratista	0.923	4	0.44
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	8.023	4	0.026
C9: Errores por falta de experiencia	1.758	4	0.659
C10: Repetir trabajo por desaprobación	2.876	4	0.467
C11: Bajo rendimiento de la mano de obra	11.971	4	0.027
C12: Subcontratistas incumplidos	1.733	4	0.873
C13: Mala gestión de compras	2.001	4	0.354
C14: Errores de diseño/diseño incompleto	13.674	4	0.157
C15: Planos incompletos	5.830	4	0.233
C16: Mal cálculo del costo del proyecto	2.441	4	0.283
C17: Cambios de precios inesperados	10.135	4	0.144
C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra	6.591	4	0.122
C19: Clima	13.419	4	0.049
C20: Project managemet escaso	11852	4	0.632
C21: Falta de comunicación entre partes	4.253	4	0.388

Para el caso del sobrecoste, las causas más influyentes con diferencias significativas en su nivel de aparición fueron 3: **(8)** Bajo rendimiento de equipos o daño, **(11)** Bajo rendimiento de la mano de obra y **(19)** Clima.

En cuanto al sobrecoste las causas influyentes resultaron en menor cantidad, la presencia de causas de sobrecoste en las obras relacionadas con la producción de la misma, es decir, recursos materiales y humanos para su ejecución, generan un alto nivel de sobrecoste en los proyectos (Mahamid, 2014). En cuanto a las condiciones de clima si bien aparece en estudios (Famiyeh, Amoatey, Adaku, & Agbenohevi, 2017; Adam et al., 2017), como causa de sobrecoste destacada, no se encuentra dentro de los más altos niveles como en este estudio. Esta discrepancia, puede estar ligada a que en los países en los que se han realizado estudios anteriores no se tiene condiciones meteorológicas tan variadas como en el Ecuador.

5.2.6. ¿Cómo influyen las características de la empresa y del proyecto en el retraso y sobrecoste de las obras?

Los análisis no paramétricos para las variables se realizaron mediante la técnica de la U de Mann Whitney para las variables que cuenta con dos categorías y la técnica de Kruskal Wallis para aquellas que cuentan con más de dos categorías. Se realizaron estos análisis para las variables relacionadas con la empresa y también con aquellas relacionadas con las características del proyecto. Se determinaron las variables influyentes tanto para el retraso como para el sobrecoste de las obras. Esta pregunta de investigación se desarrolla en 4 diferentes partes.

Primero: En cuanto a las variables relacionadas con la **empresa** que influyen en **retrasos**, la sometida a la técnica de la U de Mann Whitney fue únicamente el *tipo de empresa*. La **Tabla 19** muestra el resultado de este análisis.

Tabla 19. Análisis de Mann Whitney para variables relacionadas con la empresa influyentes en el retraso de las obras.

Mann - Whitney Test			
Variable	U Mann Whitney	Z	Sig.
Tipo de Empresa	111.500	-1.305	0.101

El resto de variables fueron analizadas mediante la técnica de Kruskal Wallis, tal y como se muestra en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Análisis de Kruskal Wallis para variables relacionadas con la empresa influyentes en el retraso de las obras.

Kruskal - Wallis Test		
Variable	H Kruskal Wallis	Sig.
Tamaño de Empresa	6.417	0.093
Infraestructura que construye	5.636	0.060
Gestión de riegos de imprevistos	2.194	0.334

Los resultados obtenidos nos muestran que las variables relacionadas con la empresa no poseen diferencias significativas entre sus categorías, por lo tanto, estas no influyen en el retraso de una obra. Los valores de significación de las pruebas realizadas son menores a 0.05.

Como es de conocimiento, el problema de los retrasos es de carácter global, si bien se marcan diferencias entre países en desarrollo y los más desarrollados, este fenómeno se presenta en la mayoría de proyectos de construcción (Aziz, 2013). Los estudios realizados sobre este tema Abd El-Razek et al. (2008), Aibinu & Odeyinka (2006) y Santoso & Soeng (2016), mencionan de manera general la afección de los retrasos a las empresas del sector sin diferenciarlas por sus características específicas.

Segundo: En lo que se refiere a las variables relacionadas con **las características del proyecto** que influyen en el **retraso** de las obras, se realizó la estadística de Mann Whitney para la variable *Ubicación del proyecto*. La **Tabla 21** muestra el resultado del análisis.

Tabla 21. Análisis de Mann Whitney para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.

Mann - Whitney Test			
Variable	U Mann Whitney	Z	Sig.
Ubicación del Proyecto	252.000	-1.675	0.094

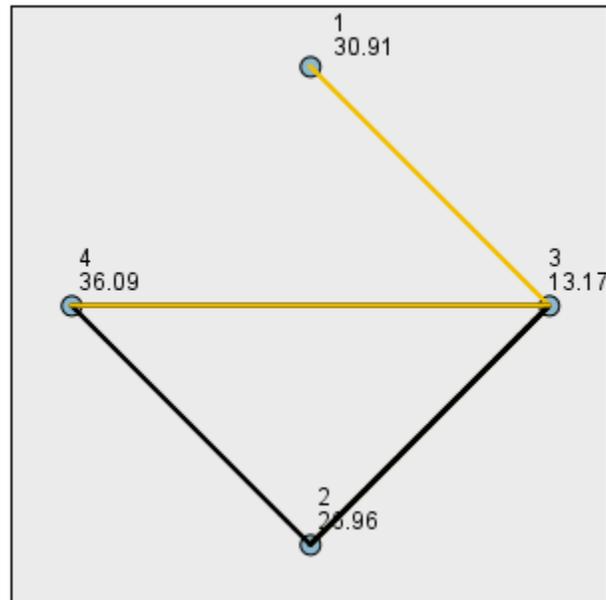
Las demás variables se analizaron con la estadística de Kruskal – Wallis cuyo resultado se puede observar en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Análisis de Kuskal Wallis para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.

Kruskal - Wallis Test		
Variable	H Kruskal Wallis	Sig.
Tipo de Proyecto	14.633	0.002
Tipo de Contrato	1.614	0.446

En cuanto a este grupo de variables del proyecto da como resultado la variable *Tipo de Proyecto* como influyente en el retraso de las obras con un valor de significancia de 0.002, lo que nos indica que existen diferencias significativas entre sus categorías. Un análisis posterior basado en una comparación por pares de categorías denominado test de Bonferroni, nos muestra las categorías que presentan las diferencias significativas que hacen que la variable sea influyente en el retraso de las obras. Las categorías de esta

variable son 4 y están nombradas de la siguiente manera: 1) Edificaciones, 2) Carreteras y Obras de Paso, 3) Obras Hidráulicas, 4) Urbanismo. La **Figura 32** muestra las diferencias mencionadas.



Pares de Categorías	Estadístico	Error del Estadístico	Sig.	Ajuste Sig.
(3) Obras Hidráulicas-(2) Carreteras y Obras de paso	13.795	6.161	0.025	0.151
(3) Obras Hidráulicas – (1) Edificación	17.745	5.802	0.002	0.013
(3) Obras Hidráulicas – (4) Urbanismo	-22.924	6.424	0.000	0.002
(2) Carreteras y Obras de paso – (1) Edificación	3.950	5.670	0.486	1.000
(2) Carreteras y Obras de paso – (4) Urbanismo	-9.129	6.305	0.148	0.886
(1) Edificación – (4) Urbanismo	-5179	5.955	0.384	1.000

Nota: Cada nudo representa el rango promedio para *Tipo de proyecto*.

- 1: Edificación
- 2: Carreteras y Obras de Paso
- 3: Obras Hidráulicas
- 4: Urbanismo

Figura 32. Comparación por pares de categorías de Tipo de proyecto, test de Bonferroni. **Fuente:** IBM SPSS 25

Las pares de categorías que muestran diferencias significativas son **(3 -1)** Obras Hidráulicas con Edificaciones y el par **(3-4)** Obras Hidráulicas con Urbanismo con valores de significación ajustados de 0.013 y 0.002 respectivamente. Por tanto, se puede concluir que las categorías que hacen que este variable sea influyente en los **retrasos** de una obra son: Edificación, Obras Hidráulicas y Urbanismo. Mientras que cuando se trata de Carreteras y Obras de paso la variable no resulta influyente en la existencia de retrasos y sobrecostos.

En el estudio realizado por Abd El-Razek et al. (2008), se definen diferentes tipos de proyectos de Edificación y Urbanismo, en los cuales se expone que las causas de retraso difieren según del tipo de proyecto en cuestión, y que en caso de coincidir estas causas en varios tipos de proyecto, las mismas no son consideradas con la misma importancia en cada uno de ellos. Otros como Aziz (2013), se centran más en los proyectos de relacionados con obras en los que interviene el agua. Con lo cual, se destaca la importancia del tipo de proyecto para establecerla como una variable a tomar en cuenta al momento de prevenir retrasos en las obras.

Tercero: En cuanto a las variables tanto relacionadas con la **empresa** como con las características del proyecto que sean influyentes en el nivel de **sobrecoste** de las obras se realizó un proceso similar al expuesto anteriormente.

Las **Tablas 23 y 24** nos muestran las variables relacionadas con la empresa que influyen en el sobrecoste, mientras que las **Tablas 25 y 26** se refieren a las relacionadas con las características del proyecto.

Tabla 23. Análisis de Mann Whitney para variables relacionadas con la empresa influyentes en el sobrecoste de las obras.

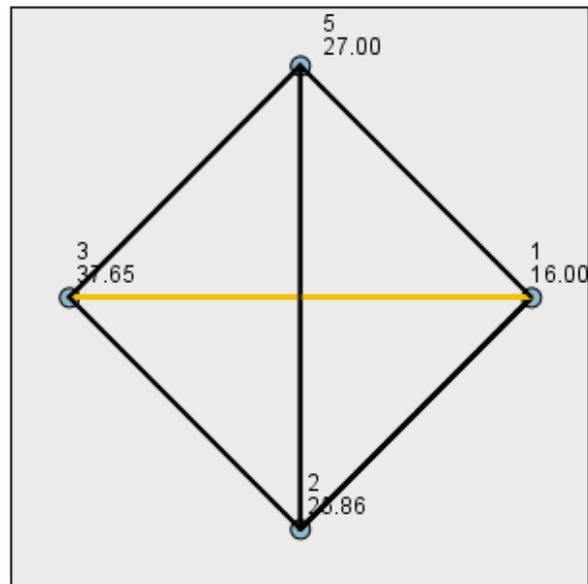
Mann - Whitney Test			
Variable	U Mann Whitney	Z	Sig.
Tipo de Empresa	144.000	-0.447	0.655

Tabla 24. Análisis de Kruskal Wallis para variables relacionadas con la empresa influyentes en el sobrecoste de las obras.

Kruskal - Wallis Test		
Variable	H Kruskal Wallis	Sig.
Tamaño de Empresa	15.769	0.001
Infraestructura que construye	0.172	0.918
Gestión de riegos de imprevistos	6.138	0.046

Los resultados indican que las variables *Tamaño de Empresa* y *Gestión de riesgos de imprevistos* muestran diferencias significativas en sus categorías, tomando valores de significación de 0.001 y 0.046 respectivamente, lo que demuestra que son influyentes en el nivel de sobrecoste de las obras. Al igual que en caso anterior donde se demostró la influencia de las variables en el retraso, se realiza un análisis posterior para evaluar las categorías que representan estas diferencias encontradas. Los resultados se expresan en la **Figura 33**.

Las categorías de la variable *Tamaño de Empresa* son 4: 1) Microempresa, 2) Pequeña, 3) Mediana y 4) Grande. Mientras que para la variable *Gestión de riesgos de imprevistos* se presentan 3 categorías: 1) Alto, 2) Medio y 3) Bajo.



Pares de Categorías	Estadístico	Error del Estadístico	Sig.	Ajuste Sig.
(1) Microempresa – (2) Pequeña	-9.857	5.739	0.086	0.515
(1) Microempresa – (4) Grande	-11.000	7.068	0.120	0.718
(1) Microempresa – (3) Mediana	-21.647	5.470	0.000	0.000
(2) Pequeña – (4) Grande	-1.143	7.148	0.873	1.000
(2) Pequeña – (3) Mediana	-11790	5.573	0.034	0.206
(4) Grande – (3) Mediana	10.647	6935	0.125	0.748

Nota: Cada nudo representa el rango promedio para *Tamaño de empresa*.

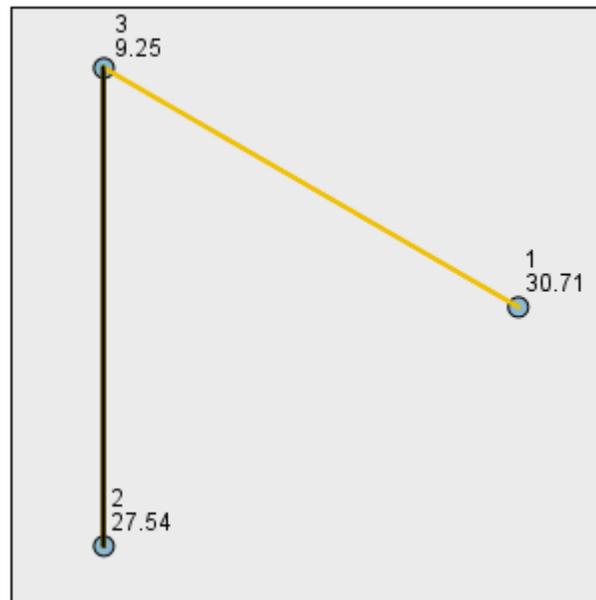
- 1: Microempresa
- 2: Pequeña
- 3: Mediana
- 4: Grande

Figura 33. Comparación por pares categorías Tamaño de empresa, test de Bonferroni.

El par de categorías de la variable *Tamaño de Empresa* que presenta diferencias significativas es el **(1-3)** Microempresas con Medianas. Por lo que se puede concluir que las categorías que hacen influyente en el **sobrecoste** de las obras a esta variable son los tamaños: Microempresa y Mediana. En este resultado se destaca que no existen diferencias significativas entre las categorías pequeña, mediana y grande.

Las diferencias significativas en el Tamaño de empresa se pueden asociar a las tecnologías a las que pueden alcanzar unas y otras con el fin de optimizar su tiempo de trabajo reduciendo tiempo y costos. Giel, Issa, & Olbina (2019), indican por ejemplo que para determinar un ahorro en los proyectos esto dependerá mucho de la capacidad de la empresa para implementar tecnologías, en este estudio en particular se expone el caso de la implementación de tecnologías BIM (Building Information Modeling) que suponen un ahorro independientemente de la envergadura del proyecto.

En la **Figura 34**, se muestran los resultados relacionados a la variable *Gestión de riesgos de imprevistos*, las categorías de esta variable son 3: 1) Alto, 2) Medio, 3) Bajo.



Pares de Categorías	Estadístico	Error del Estadístico	Sig.	Ajuste Sig.
(3) Bajo – (2) Medio	18.293	8.150	0.025	0.074
(3) Bajo – (1) Alto	21.464	8.755	0.014	0.043
(2) Medio – (1) Alto	3.171	4.883	0.516	1.000

Nota: Cada nudo representa el rango promedio para *Gestión de riesgos de imprevistos*.

- 1: Alto
- 2: Medio
- 3: Bajo

Figura 34. Comparación por pares categorías Gestión de riesgos de imprevistos, test de Bonferroni. **Fuente:** IBM SPSS 25

El par de categorías con diferencias significativas es el **(3-1)** Alto con Bajo nivel de gestión de riesgos de imprevistos. Por lo tanto, se concluye que las categorías que hacen de esta variable de gestión de riesgos de imprevistos una variable influyente en el **sobrecoste** de las obras sean cuando se tiene un nivel alto o un nivel bajo de esta gestión.

El contar con un plan de gestión de riesgos de imprevistos resulta indispensable para el desarrollo de la obra ya que la aparición de estos es muy frecuente tal y como se ha venido describiendo a lo largo de esta investigación. Autores como Firouzi & Vahdatmanesh (2019), han realizado estudios para establecer modelos de gestión de riesgos contra imprevistos, destacando la importancia de contar con un plan para mitigar los efectos que estos causan.

Cuarto: Se presentan las tablas resultado (**Tablas 25 y 26**), de las variables relacionadas con las **características del proyecto** que influyen en el **sobrecoste**

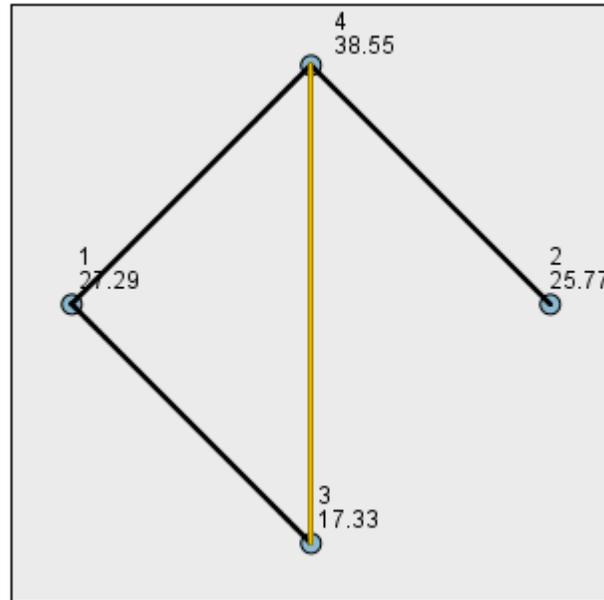
Tabla 25. Análisis de Mann Whitney para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el sobrecoste de las obras.

Mann - Whitney Test			
Variable	U Mann Whitney	Z	Sig.
Ubicación del Proyecto	291.000	-0.969	0.332

Tabla 26. Análisis de Kuskal Wallis para las variables relacionadas con las características del proyecto influyentes en el retraso de las obras.

Kruskal - Wallis Test		
Variable	H Kruskal Wallis	Sig.
Tipo de Proyecto	10.940	0.012
Tipo de Contrato	4.181	0.124

Los resultados de los análisis demuestran que al igual que en el caso de los retrasos, la variable *Tipo de proyecto* resulta influyente en el sobrecoste de las obras, con un valor de significancia de 0.012, lo que indica diferencias significativas en sus categorías. La **Figura 35**, nos muestra cómo están distribuidas estas diferencias.



Pares de Categorías	Estadístico	Error del Estadístico	Sig.	Ajuste Sig.
(3) Obras Hidráulicas – (2) Carreteras y Obras de Paso	8.436	6.182	0.172	1.000
(3) Obras Hidráulicas – (1) Edificación	9.961	5.822	0.087	0.523
(3) Obras Hidráulicas – (4) Urbanismo	-21.212	6.446	0.001	0.006
(2) Carreteras y Obras de Paso – (1) Edificación	1.525	5.689	0.789	1.000
(2) Carreteras y Obras de Paso – (4) Urbanismo	-12.776	6.326	0.043	0.261
(1) Edificación –(4) Urbanismo	-11.251	5.975	0.060	0.358

Nota: Cada nudo representa el rango promedio para *Tipo de proyecto*.

- 1: Edificación
- 2: Carreteras y Obras de Paso
- 3: Obras Hidráulicas
- 4: Urbanismo

Figura 35. Comparación por pares categorías Tipo de proyecto, test de Bonferroni.

El par con las diferencias significativas es el **(3-4)** conformado por Obras Hidráulicas y Urbanismo. Con esto, se indica que las categorías mencionadas con diferencias significativas son las causantes de que esta variable sea influyente en los **sobrecostos** de las obras.

Al igual que en el caso de los retrasos, debido a que el sobrecoste se encuentra ligado a este, algunos investigadores ponen especial énfasis en un determinado tipo de proyecto Aziz (2013) por ejemplo, centra su investigación en los proyectos relacionados con el agua, mientras que autores como Larsen et al. (2016), Long et al. (2004) y Cheng (2014), estudian proyectos urbanísticos de diversas magnitudes. Dando como resultado que el tipo de proyecto es una variable a tomar en cuenta cuando se habla de causas de sobrecostos en las obras, ya que suelen tener diferentes motivos o su impacto puede variar según el tipo de proyecto en ejecución.

En resumen, respondiendo a la pregunta de investigación, después de haber realizado los análisis estadísticos no paramétricos tanto la técnica Mann Whitney como la de Kruskal –Wallis se encontraron las diferentes características tanto de la empresa como del proyecto que tienen influencia en el retraso y sobrecoste de las obras. Además, se obtuvo también las categorías de cada una de las variables que hacen que se le pueda dar esa atribución de variable influyente en los retrasos y sobrecostes. Se tomaron como variables influyentes a aquellas que, tras ejecutarse el análisis correspondiente según sus características, obtuvieran un nivel de significación del análisis por debajo de 0.05.

En primer lugar, resultó como variable influyente en el retraso únicamente el *Tipo de Proyecto* en el cual las diferencias más significativas están establecidas entre los proyectos de Obras Hidráulicas, Edificación y Urbanismo.

En cuanto al sobrecoste, resultaron influyentes 3 variables, una vez más el *Tipo de Proyecto* con sus diferencias significativas entre las Obras Hidráulicas y las de Urbanismo como las más destacadas, además de la *Gestión de riesgos de imprevistos* en la que destacan las diferencias entre un nivel Alto y nivel Bajo, y el *Tamaño de Empresa* que destaca diferencias significativas entre las de tamaño micro y las de tamaño mediano.

5.2.7. ¿Qué relación existe entre las causas que producen retrasos y sobrecostes en las obras y las características de la empresa y del proyecto?

Una vez encontradas las variables que influyen en los retrasos y sobrecostes de las obras (**Tabla 27**), se pretende saber cuáles son las causas que afectan a estas variables. Es decir, encontrar aquellas causas que hacen que las variables anteriormente encontradas se vuelvan influyentes en los retrasos y sobrecostes de las obras.

Para lograr este objetivo y responder a la pregunta de investigación planteada, se recurre nuevamente a la utilización de análisis no paramétricos, esta vez usando la técnica de Kruskal Wallis debido a que las causas poseen 5 categorías. A diferencia de los anteriores análisis, en esta ocasión se busca encontrar la influencia en las variables, mas no en el nivel de retraso y sobrecoste.

Para cada una de las variables influyentes, *Tamaño de empresa*, *Gestión de riesgos de imprevistos* y *Tipo de proyecto* se le realiza la prueba de Kruskal Wallis a cada una de las 21 causas, obteniendo los siguientes resultados.

Para la variable *Tamaño de empresa*, la **Tabla 27** muestra las causas que resultaron tener diferencias significativas (p valor < 0.05) en sus niveles de aparición, en consecuencia, se vuelven influyentes en la variable mencionada.

Tabla 27. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.

Kruskal - Wallis Test		
Causa	H Kruskal Wallis	Sig.
C3: Obtención de permisos demorada	9.210	0.027
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	15.055	0.002

Las causas influyentes en la variable *Tamaño de empresa*, resultaron ser la **C3** Obtención de permisos de construcción demorada con un nivel de significación de 0.027 tras el análisis de Kruskal – Wallis realizado, lo cual indica que existen diferencias significativas entre las categorías de respuesta de la causa haciéndola influyente en esta variable. De igual manera para la causa **C8** Bajo rendimiento de equipos o daños en los mismos que obtuvo un nivel de significación de 0.002.

Temas administrativos y de seguimiento de los equipos son indispensables para obtener un flujo continuo de productividad en las obras. Un mejor control de los recursos y procesos, departamentos funcionales y de calidad, etc. son claves para el rendimiento de los recursos que intervienen directamente en la ejecución de la obra, mejoran los resultados de su desarrollo, mejorando la calidad y la optimización del tiempo, estos existen dependiendo el tamaño de la organización (Marzouk & Gaid, 2018).

En cuanto a la variable **Gestión de riesgos de imprevistos**. Se observa en la **Tabla 28** los resultados del análisis efectuado a las causas de retraso y sobrecoste.

Tabla 28. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.

Kruskal - Wallis Test		
Causa	H Kruskal Wallis	Sig.
C13: Mala gestión de compras	10.032	0.007
C14: Errores de diseño/diseño incompleto	10.148	0.006
C15: Planos incompletos por parte del diseñador	9.500	0.009
C20: Project management escaso	9.359	0.009

El resultado del análisis para la variable *Gestión de riesgos de imprevistos* dio como resultado que las causas **C13** Mala gestión de compras con un valor de significación del análisis de 0.007, **C14** Errores de diseño / diseño incompleto con un valor de significación de 0.006, **C15** Planos incompletos con un valor de significación de 0.009 y **C20** Project management escaso con valor de significación de 0.009, eran las influyentes en este caso, ya que al obtener esos valores del nivel de significación en el análisis de Kruskal –Wallis realizado indican tener diferencias significativas entre sus categorías.

Las causas relacionadas con esta variable pueden mitigarse muchas de las veces en la fase precontractual del proyecto, en donde los diseños pueden ser elaborados a detalle y con la suficiente información para su posterior ejecución en la obra (Famiyeh et al., 2017). El seguimiento y control de los procesos es indispensable para lograr un éxito en los proyectos. Estudios como el realizado por Madushika, Perera, Ekanayake, & Shen (2018) resaltan la importancia de una herramienta para el control de estas actividades.

Finalmente, para la variable *Tipo de proyecto* se muestran los resultados en la **Tabla 29**.

Tabla 29. Causas influyentes en la variable Tamaño de empresa.

Kruskal - Wallis Test		
Causa	H Kruskal Wallis	Sig.
C5: Excesiva burocracia del promotor	10.370	0.016
C16: Mal cálculo del costo del proyecto por parte del diseñador	8.188	0.042
C17: Cambios de precios inesperados	11.795	0.008
C19: Clima	8.926	0.030

Las causas que obtuvieron un p valor menor a 0.005 y por lo tanto resultan influyentes en el *Tipo de proyecto* son las siguientes. En el caso de **C5** Excesiva burocracia del promotor se obtuvo un nivel de significación de 0.016, para la causa **C16** Mal cálculo del costo por parte del diseñador el valor obtenido de significación fue de 0.042, la causa **C17** Cambios de precios inesperados obtuvo un valor de significación de 0.008 y por último la causa **C19** Clima obtuvo un valor de significación de 0.030.

Diversos estudios centrados en distintos tipos de proyecto en específico exponen también estas causas como destacadas en la aparición de retrasos y sobrecostes en los proyectos. La forma de ejecución de cada uno de ellos genera distintos imprevistos que causan retrasos y sobrecostes en las obras (Abd El-Razek et al., 2008). Los problemas burocráticos son un factor que se dan generalmente en todos los proyectos de construcción, cuando se trata de contrataciones públicas (Aziz, 2013). Los cálculos de costo y la variedad de precios afectan en mayor escala a los proyectos de edificación y carreteras (Famiyeh et al., 2017; Santoso & Soeng, 2016), que en los proyectos hidráulicos (Aziz, 2013). El clima por su parte aparece en diversos estudios (Adam et al., 2017; Cheng, 2014), sin destacar en un tipo de proyecto en específico.

5.2.8. ¿Cuál es la relación que existe entre las categorías de las variables y causas significativas en el retraso y sobrecoste de las obras?

Con el fin de obtener una visión más clara del resultado del anterior cuestionamiento, se realiza el análisis de correspondencias, que nos muestra de forma gráfica como se agrupan las distintas categorías de las variables y las causas que influyen en las mismas. Se realizaron 3 análisis de correspondencias simples, uno para cada variable influyente en el retraso y sobrecostes de las obras. El primero de ellos fue para la variable *Gestión de riesgos de imprevistos*, a continuación, se realizó un análisis de correspondencias para la variable *Tamaño de Empresa* y por último se ejecutó este análisis para la variable *Tipo de Proyecto*. Los resultados se muestran en base a la pregunta de investigación planteada.

Para la variable *Gestión de riesgos de imprevistos* se realizó el análisis de correspondencias con las causas *Mala gestión de compras C13*, *Errores en el diseño / diseño incompleto C14*, *Planos incompletos C15*, *Project management escaso C20*. Los resultados se muestran en las figuras y tablas a continuación. Las **Tablas 30, 31 y 32** muestran el cumplimiento del nivel de significación del análisis con un valor menor a 0.05 y de la inercia de cada fila y columna del análisis de correspondencias simple con un valor superior a 0.7.

Tabla 30. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos.

Análisis de Correspondencias								
Dimensión	Valor Singular	Inercia	Chi Cuadrado	Sig.	Proporción de Inercia		Valor de Confianza	
					Valor obtenido	Acumulado	Desviación Estándar	Correlación
1	0.427	0.182			0.876	0.876	0.067	-0.113
2	0.161	0.026			0.124	1.000	0.057	
Total		0.208	35.002	.039a	1.000	1.000		

a. 22 Grados de libertad

Tabla 31. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos (Filas).

Análisis de Correspondencias (Filas)									
Causas	Masa	Puntaje en Dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión		De dimensión a punto de inercia		
					1	2	1	2	Total
C13 Bajo	0.143	-0.472	-0.105	0.014	0.074	0.010	0.982	0.018	1.000
C13 Medio	0.042	-0.036	-0.129	0.000	0.000	0.004	0.171	0.829	1.000
C13 Alto	0.065	1.053	0.311	0.032	0.170	0.039	0.968	0.032	1.000
C14 Bajo	0.149	-0.543	0.262	0.020	0.103	0.064	0.919	0.081	1.000
C14 Medio	0.030	0.708	-1.657	0.020	0.035	0.508	0.326	0.674	1.000
C14 Alto	0.071	0.837	0.144	0.022	0.117	0.009	0.989	0.011	1.000
C15 Bajo	0.179	-0.335	-0.058	0.009	0.047	0.004	0.989	0.011	1.000
C15 Medio	0.060	0.787	-0.037	0.016	0.086	0.001	0.999	0.001	1.000
C15 Alto	0.012	1.089	1.048	0.008	0.033	0.081	0.742	0.258	1.000
C20 Bajo	0.060	-0.860	-0.607	0.022	0.103	0.136	0.842	0.158	1.000
C20 Medio	0.071	-0.595	0.567	0.014	0.059	0.143	0.745	0.255	1.000
C20 Alto	0.119	0.787	-0.037	0.031	0.172	0.001	0.999	0.001	1.000
Activo Total	1.000			0.208	1.000	1.000			

Tabla 32. Análisis de correspondencias variable Gestión de riesgos de imprevistos (Columnas).

Análisis de Correspondencias (Columnas)									
Gestión de Riesgos	Masa	Puntaje en Dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión		De dimensión a punto de inercia		Total
					1	2	1	2	
Alto	0.405	-0.656	-0.273	0.079	0.408	0.188	0.939	0.061	1.000
Medio	0.310	-0.011	0.599	0.018	0.000	0.690	0.001	0.999	1.000
Bajo	0.286	0.941	-0.262	0.111	0.592	0.122	0.972	0.028	1.000
Activo Total	1.000			0.208	1.000	1.000			

Según estos resultados, en una sola dimensión se concentra el 87% de la inercia, con lo cual en esta dimensión se pueden observar casi en su totalidad las agrupaciones que se generan entre las categorías de la variable y las causas. En la **Figura 36** se muestran los resultados obtenidos.

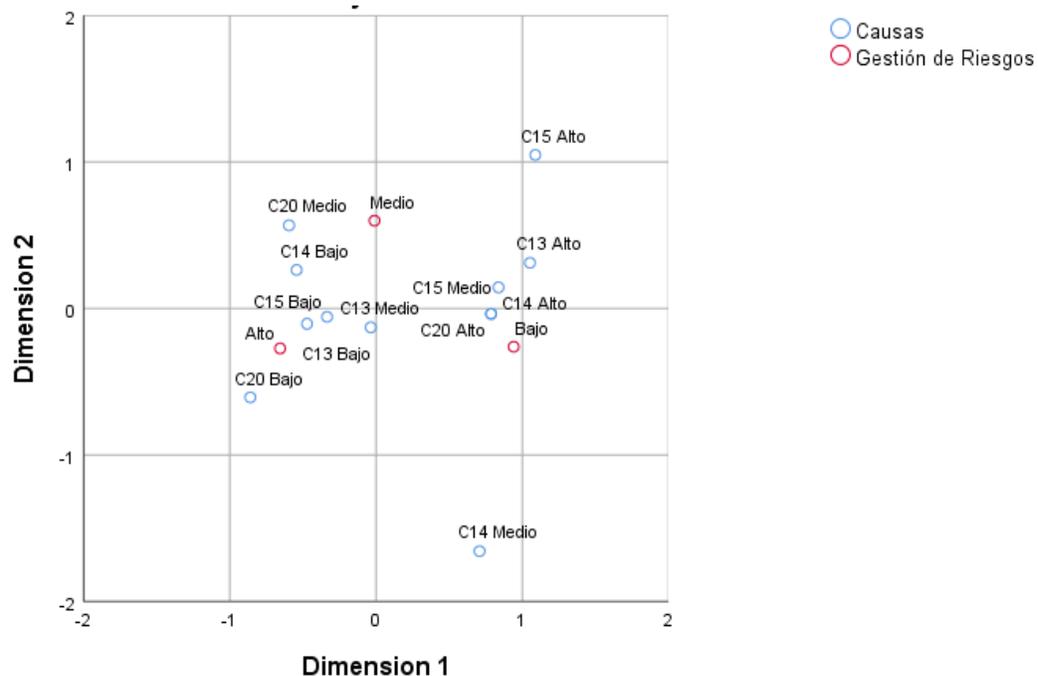


Figura 36. Gráfico análisis de correspondencias variable Gestión de riesgo de imprevistos. **Fuente:** IBM SPSS 25

El gráfico nos indica que generalmente la existencia de un bajo nivel de gestión de riesgos de imprevistos generará un alto nivel de aparición de las causas de retraso y sobrecoste asociadas con esta variable. En el caso de un nivel medio de gestión de riesgos de imprevistos no se divisa claramente la agrupación de las causas, sin embargo, se asocia más a un nivel entre bajo y medio de aparición de causas de retraso y sobrecoste. Finalmente, en el caso de contar con un bajo nivel de gestión de imprevistos, el nivel de aparición de causas de retraso y sobrecoste es alto, salvo una excepción en **C14 Errores de diseño/diseño incompleto** Bajo, que se encuentra un tanto alejado de la categoría de la Alto de la variable *Gestión de riesgos de imprevistos*, indicándonos que para ese caso el hecho de tener un nivel alto de gestión de riesgos contra imprevistos no garantiza que el impacto de esta causa sea de bajo nivel.

La importancia de la gestión de riesgos de imprevistos en las empresas es vital para afrontar las complicaciones que se dan regularmente en las obras. Tal y como lo mencionan Firouzi & Vahdatmanesh (2019), las empresas necesitan estar previstas de un sistema de gestión que combata la aparición de estos fenómenos, para que cuando esta se dé puedan ser controlados y no pongan en riesgo el desarrollo normal de los proyectos de construcción.

En el caso de la variable *Tamaño de empresa*, se evaluó con sus causas influyentes *Obtención de permisos demorada* **C3**, y con *Bajo rendimiento de equipos/ daños* **C8**. El análisis de correspondencias arrojó los siguientes resultados.

Tabla 33. Análisis de correspondencias variable Tamaño de Empresa.

Análisis de Correspondencias								
Dimensión	Valor Singular	Inercia	Chi Cuadrado	Sig.	Proporción de Inercia		Valor de Confianza	
					Valor obtenido	Acumulado	Desviación Estándar	Correlación 2
1	0.662	0.438			0.762	0.762	0.073	0.195
2	0.370	0.137			0.238	1.000	0.114	
Total		0.574	46.529	.000a	1.000	1.000		

a. 8 Grados de libertad

Fuente: IBM SPSS 25. Elaboración Propia

La **Tabla 33** muestra el nivel de significación del análisis con un p valor de 0.000 lo que lo hace completamente factible de realizar para este caso. Las siguientes **Tablas 34 y 35** muestran el cumplimiento de la inercia por parte de las filas y columnas con valores superiores a 0.7. Aquellas categorías con inercia menor a 0.7 fueron eliminadas del análisis, en este caso se eliminaron **C3** Obtención de permisos demorada Alto y el Tamaño de empresa *Pequeña*.

Tabla 34. Análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa (Filas).

Análisis de Correspondencias (Filas)									
Causas	Masa	Puntaje en Dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión	De dimensión a inercia de punto			
						1	2	1	2
C3 Bajo	0.259	-0.653	-0.103	0.074	0.167	0.007	0.986	0.014	1.000
C3 Medio	0.272	0.884	0.505	0.166	0.321	0.188	0.846	0.154	1.000
C8 Bajo	0.123	0.315	-1.481	0.108	0.018	0.733	0.075	0.925	1.000
C8 Medio	0.185	-1.173	0.380	0.178	0.385	0.072	0.945	0.055	1.000
C8 Alto	0.160	0.669	0.012	0.048	0.109	0.000	1.000	0.000	1.000
Activo Total	1.000			0.574	1.000	1.000			

Tabla 35. Análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa (Columnas).

Análisis de Correspondencias (Columnas)									
Tamaño Empresa	Masa	Puntaje en Dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión	De dimensión a inercia de punto			
						1	2	1	2
Microempresa	0.395	-0.917	0.310	0.234	0.502	0.102	0.940	0.060	1.000
Mediana	0.321	1.004	0.468	0.240	0.489	0.190	0.892	0.108	1.000
Grande	0.284	0.142	-0.959	0.100	0.009	0.707	0.038	0.962	1.000
Activo Total	1.000			0.574	1.000	1.000			

La primera dimensión concentra alrededor del 76% de la inercia, por lo que en esta se puede evidenciar gran parte de la forma de agrupación de las categorías de la variable y las causas relacionadas.

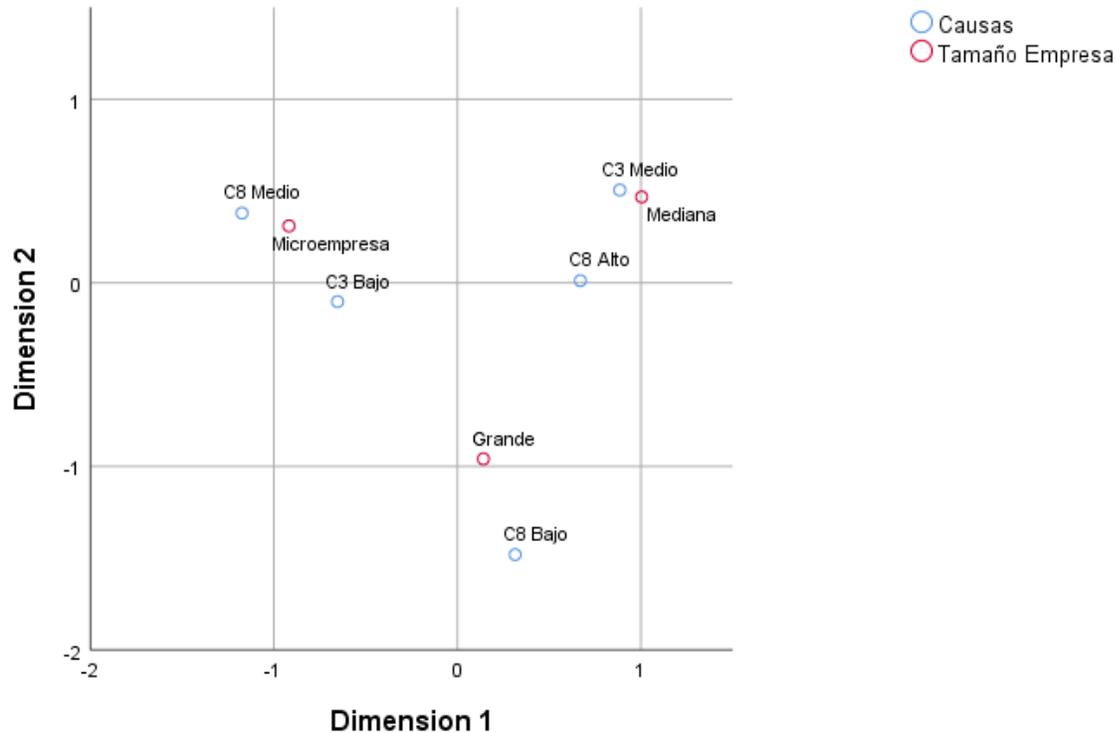


Figura 37. Gráfico análisis de correspondencias variable Tamaño de empresa. **Fuente:** IBM SPSS 25

En este gráfico (**Figura 37**), se puede apreciar que las empresas de menor tamaño, en este caso las microempresas, poseen un bajo nivel problemas con la obtención de permisos, esto puede ser debido a que las obras que realizan este tipo de empresas no son de gran envergadura, por lo que no se presentan este tipo de inconvenientes, sin embargo, en la causa **C8** referente a los rendimientos y daños de los equipos si se puede apreciar un nivel más alto de aparición.

Para el caso de las empresas medianas en ambos casos representa un problema la aparición de estas causas, al no obtener los permisos de construcción limitan su trabajo y se observa un nivel más alto de riesgo en la causa referente a los equipos puesto que empresas medianas no poseen grandes cantidades de maquinaria, por lo que se le dificulta el reemplazo de las mismas. Las empresas grandes no tienen problema con este tipo de causas, se dedican a la ejecución de obras grandes en las cuales los trámites administrativos siguen un largo proceso con lo cual a la hora de la ejecución es un tema solucionado y en cuanto a la maquinaria, este tipo de empresas cuentan con los recursos necesarios para suplir los recursos y eliminar este tipo de inconvenientes.

Autores como Marzouk & Gaid (2018), atribuyen el control de este tipo de imprevistos a las empresas que poseen departamentos dedicados al control de los recursos utilizados para la ejecución de las obras así como los departamentos encargados de los trámites administrativos. Por lo que concluyen que mientras

mayor sea el tamaño de la organización las causas de sobrecoste y retraso relacionadas con los recursos para la productividad de la obra serán menores.

Respecto a la variable *Tipo de proyecto*, las causas intervinientes en el análisis de correspondencias fueron: **C5** *Excesiva burocracia del promotor*, **C16** *Mal cálculo del costo por parte del diseñador*, **C17** *Cambios de precios inesperados*, **C19** *Clima*. El análisis de correspondencias mostró un nivel de significación menor a 0.05 comprobando su factibilidad y las categorías que se tomaron en cuenta fueron aquellas que presentaron valores mayores a 0.7. En las **Tablas 36, 37 y 38** se puede evidenciar lo expuesto. En este análisis también se eliminaron las categorías **C5** *Excesiva burocracia del promotor* Medio, y el tipo de proyecto *Urbanismo*, por tener una inercia menor a 0.7.

Tabla 36. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto.

Análisis de Correspondencias								
Dimensión	Valor Singular	Inercia	Chi Cuadrado	Sig.	Proporción de Inercia		Valor Singular de Confianza	
					Valor Relativo	Acumulado	Desviación Estándar	Correlación 2
1	0.522	0.273			0.804	0.804	0.061	-0.002
2	0.258	0.066			0.196	1.000	0.077	
Total		0.339	52.900	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 20 grados de libertad

Tabla 37. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto (Filas).

Análisis de Correspondencias (Filas)									
Causas	Masa	Puntaje en dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión		De dimensión a inercia de punto		
					1	2	1	2	Total
C5 Bajo	0.141	-0.508	-0.092	0.019	0.070	0.005	0.984	0.016	1.000
C5 Alto	0.103	0.627	0.204	0.022	0.077	0.017	0.950	0.050	1.000
C16 Bajo	0.045	0.751	-0.687	0.019	0.049	0.082	0.708	0.292	1.000
C16 Medio	0.122	-0.770	0.290	0.040	0.138	0.040	0.935	0.065	1.000
C16 Alto	0.109	0.824	0.500	0.046	0.142	0.106	0.846	0.154	1.000
C17 Bajo	0.032	0.027	-1.506	0.019	0.000	0.282	0.001	0.999	1.000
C17 Medio	0.141	-0.764	0.136	0.044	0.158	0.010	0.984	0.016	1.000
C17 Alto	0.109	0.824	0.500	0.046	0.142	0.106	0.846	0.154	1.000
C19 Bajo	0.058	1.153	-0.803	0.050	0.147	0.144	0.807	0.193	1.000
C19 Medio	0.083	-0.362	-0.763	0.018	0.021	0.188	0.313	0.687	1.000
C19 Alto	0.058	-0.721	0.306	0.017	0.057	0.021	0.919	0.081	1.000
Activo Total	1.000			0.339	1.000	1.000			

Tabla 38. Análisis de correspondencias variable Tipo de proyecto (Columnas).

Análisis de Correspondencias (Columnas)									
Tipo Proyecto	Masa	Puntaje en dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De punto a inercia de dimensión		De dimensión a inercia de punto		Total
					1	2	1	2	
Edificación	0.410	-	0.001	0.161	0.590	0.000	1.000	0.000	1.000
Carreteras y Obras de Paso	0.288	0.605	0.675	0.089	0.202	0.510	0.619	0.381	1.000
Obras Hidráulicas	0.301	0.601	-0.648	0.089	0.208	0.490	0.636	0.364	1.000
Activo Total	1.000			0.339	1.000	1.000			

La inercia de la primera dimensión acumula alrededor del 81%, valor suficiente para tomar en cuenta a esta dimensión como la principal en la agrupación de las categorías. En el siguiente gráfico (**Figura 38**), se aprecia la distribución obtenida.

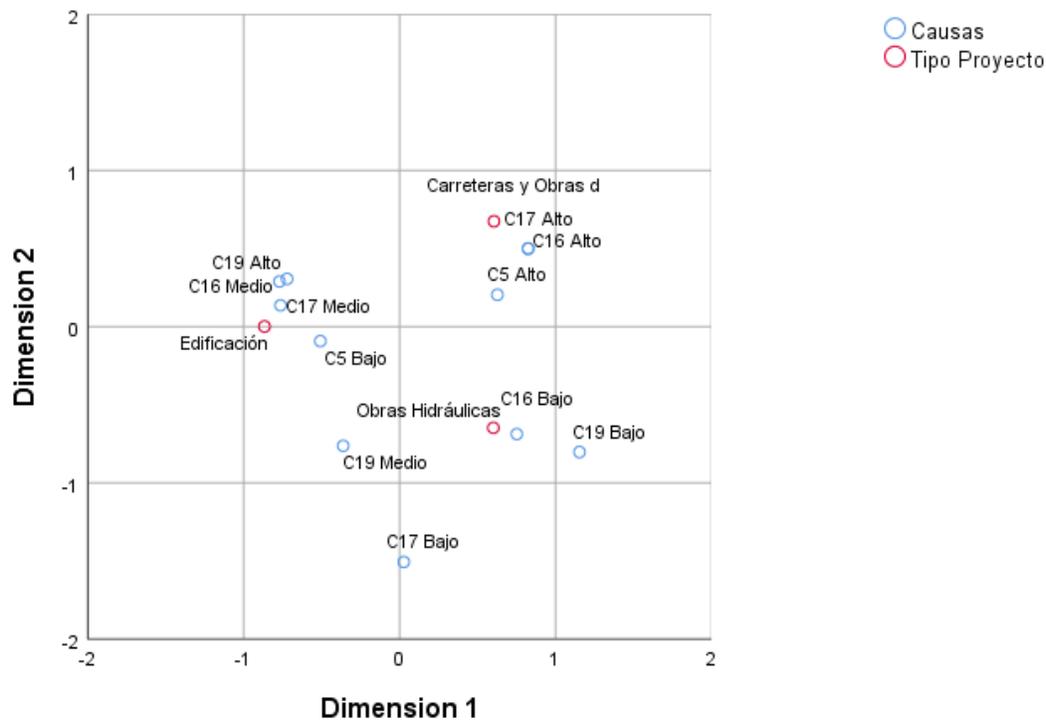


Figura 38. Gráfico análisis de correspondencias variable Tipo de Proyecto.

El gráfico nos enseña tres grandes grupos. En primer lugar, para los proyectos de edificación se observan niveles altos de aparición de las causas 16, 17 y 19, que se refieren al mal cálculo del proyecto por parte del diseñador, los cambios de precios inesperados y el clima, respectivamente. Mientras que la causa referida a la burocracia del promotor tiene un nivel bajo de aparición. Las causas con niveles altos pueden estar relacionadas con la complejidad de la ejecución del proyecto y el nivel de detalle que este requiere. El nivel bajo en cuanto a burocracia puede asociarse al hecho de que este tipo de proyectos generalmente son de carácter de contratación privado, por lo que no requiere excesivos trámites burocráticos.

Las Carreteras y Obras de Paso muestran niveles altos de aparición de burocracia, mal cálculo del proyecto y cambios de precios inesperados. Estos resultados pueden estar asociados a que generalmente se trata de contrataciones públicas que requieren varios trámites burocráticos, la complejidad del tipo de proyecto y la envergadura de los mismos en cuanto a temas económicos por lo que los cambios de precios es un factor muy importante a tomar en cuenta.

En cuanto a las Obras Hidráulicas, al ser obras un tanto menos complejas que las anteriormente mencionadas tienen menor nivel de aparición de las causas en general, excepto en lo referente al clima ya que es indispensable para trabajar en este tipo de obras.

Tal y como se ha venido comentando, el nivel de detalle y la forma de construcción específicos de cada proyecto, generan diferentes tipos de causas de retraso y sobrecoste y el impacto de cada una de ellas en el proyecto en cuestión.

5.2.9. ¿Cómo se encuentran relacionadas entre sí las causas de retraso y sobrecoste en las obras?

Por último, el estudio pretende buscar las relaciones existentes entre las causas de retraso y sobrecoste seleccionadas, mediante un análisis factorial por el método de componentes principales que sintetiza la información explicando la mayor parte de la misma contenida en unos factores principales. La finalidad, de realizar este análisis es comprobar la clasificación que se le atribuye a las causas según su agente responsable. Debido a que el análisis factorial para su realización necesita cumplir con una serie de puntos de partida para garantizar su factibilidad como por ejemplo la relación entre el número de variables y el tamaño de la muestra que se recomienda sea de 1:4 o 1:5, resulta necesario eliminar algunas variables para la realización este análisis. Es por esto, que se realizó un análisis de correlación previo para así obtener aquellas variables que se encontraban relacionadas de manera muy alta.

El primer paso para lograr encontrar una respuesta a esta pregunta de investigación, fue ir disminuyendo causas para poder realizar el análisis factorial. La primera manera de lograrlo fue realizando un análisis de correlación, mediante el cálculo del coeficiente rho de Spearman. El resultado de este análisis se muestra en la **Tabla 39**.

Tabla 39. Análisis de correlación, coeficiente rho de Spearman.

Análisis de Correlación (Coeficiente rho de Spearman)																					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21
C1	1																				
C2	.400	1																			
C3	.272	.295	1																		
C4	.264	.123	.201	1																	
C5	.802	.234	.132	.346	1																
C6	.203	.066	.140	.346	.292	1															
C7	.112	.183	.408	.055	.061	.180	1														
C8	.137	-.139	-.105	.380	.161	.222	.305	1													
C9	.227	.034	.125	.199	.179	.174	.597	.600	1												
C10	-.089	.006	.056	.191	-.012	.011	.200	.302	.344	1											
C11	.075	-.057	.124	.487	.162	.127	.340	.557	.569	.494	1										
C12	.199	.136	-.068	.170	.105	.205	.287	.348	.414	.165	.345	1									
C13	.184	.094	.095	.227	.127	.190	.465	.539	.606	.347	.348	.535	1								
C14	.310	.173	-.028	.242	.264	.403	-.067	.050	-.058	-.109	-.144	-	.117	1							
C15	.228	.206	.027	.336	.175	.440	-.088	.025	-.028	-.086	-.022	-	.001	.878	1						
C16	.377	.185	.154	.317	.400	.315	.156	.300	.164	.130	.122	.004	.345	.654	.505	1					
C17	.390	-.053	.034	.310	.467	.243	.101	.285	.261	.178	.390	.196	.243	.205	.170	.499	1				
C18	.317	-.003	.112	.067	.272	-.135	.146	.007	-.041	-.071	.188	.161	.243	.205	.170	.499	.363	1			
C19	.425	-.060	.124	.452	.460	.030	-.011	.230	.055	.128	.412	.100	-.090	.049	.076	.240	.520	.796	1		
C20	.568	.225	.197	.380	.438	.149	.297	.265	.427	.263	.362	.353	.417	.0209	.261	.227	.304	.184	.442	1	
C21	.309	.153	.268	.369	.396	.512	.253	.191	.214	.080	.362	.247	.278	.143	.198	.201	.331	-.067	.164	.324	1

Fuente: IBM SPSS 25. Elaboración Propia

De este análisis se encontró tres variables que presentan multicolinealidad, es decir, con valores rondando 0.8 o mayores las cuales fueron:

- 1) **(C1 – C5)**: Este par de causas se refiere a *Demora en el pago de certificaciones* y *Excesiva burocracia del promotor*. Obtuvieron un coeficiente de correlación de 0.802, con lo cual, se puede aseverar que existe una colinealidad entre estas variables.
- 2) **(C14 – C15)**: Con un valor del coeficiente de correlación de 0.878, las causas *Mal cálculo del proyecto por parte del diseñador* y *Planos incompletos por parte del diseñador*, presentan colinealidad entre ellas.
- 3) **(C18 – C19)**: Las causas *Condiciones inesperadas en el lugar de la obra* y *Clima* obtuvieron un valor de correlación de 0.796, muy cercano a 0.8, por lo que se las tomo en cuenta también como variables que presentan colinealidad.

En base a estos resultados, para el análisis factorial se eliminan las variables **C15 Planos incompletos**, **C1 Demora en pago de certificaciones** y **C18 Condiciones inesperadas en el lugar de la obra** debido a que se encuentran altamente representadas en las variables con las que tienen correlación.

Como se mencionó anteriormente se recomienda que la relación número de variables – tamaño de muestra sea de 1:4; 1:5 (Sanz, 2015), se tomaron en cuenta otros aspectos para la reducción de causas para ejecutar el análisis factorial. Una de ellas fue, ir excluyendo las variables que presentan valores de las medidas de adecuación muestral menores a 0.5 (Sanz, 2015). Estos valores se evidencian en la matriz de correlaciones anti imagen la cual contiene los valores negativos de los coeficientes de correlación parcial y en su diagonal se presentan valores de medida de adecuación muestral para cada una de las causas. Basado en este criterio se retiró la causa **C3 Obtención de permisos demorada**.

Otra de los aspectos para la reducción de variables que se tomó en cuenta fue el valor de las comunales, como se menciona en el capítulo 4 las causas con valor de comunalidad menor a 0.5 demuestran que no están representadas significativamente en las cargas factoriales, por lo que se podrían eliminar del análisis si se considerara oportuno. (Sanz, 2015). Bajo este criterio se retiraron las causas **C12 Subcontratistas incumplidos**, **C4 Tiempo entre diseño y ejecución** y **C10 Repetición de trabajo por desaprobación**.

Una vez definidas las causas con las cuáles se va a ejecutar el análisis factorial por el método de componentes principales, se procede a realizar todo el proceso que conlleva obteniendo los siguientes resultados.

La factibilidad del análisis se muestra en la **Tabla 40**, que nos indica el valor del determinante de la matriz de correlaciones, el test de KMO y la esfericidad de Barlett, y en la **Tabla 41**, se indica la matriz de correlación anti imagen.

Tabla 40. Indicadores de factibilidad del análisis factorial.

Indicadores de factibilidad del análisis factorial	
Determinante	0.002
Medida de adecuación muestral de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)	0.659
	Chi – cuadrado aproximado 282.521
Prueba de Esfericidad de Barlett	Grados de Libertad 91
	Sig. .000

Se obtuvo un valor del determinante de 0.002 mayor a 10^{-5} , un índice KMO de 0.659 considerado aceptable y un nivel de significación de la prueba de esfericidad de Barlett de $0.000 < 0.05$. Lo que indica la factibilidad del análisis factorial.

Tabla 41. Matriz de correlaciones anti imagen.

Matriz Anti - imagen														
	C2	C5	C6	C7	C8	C9	C11	C13	C14	C16	C17	C19	C20	C21
C2	.661	-.217	.005	-.054	.146	-.062	-.013	-.019	-.063	-.100	.183	.076	-.083	.018
C5	-.217	.735	-.143	.168	-.010	-.161	.193	.148	.121	-.219	-.140	-.186	-.288	-.255
C6	.005	-.143	.669	-.115	-.281	-.049	.104	.169	-.287	.066	-.152	.167	.034	-.373
C7	-.054	.168	-.115	.666	.224	-.043	.007	-.284	.197	-.141	.196	-.078	-.069	-.222
C8	.146	-.010	-.281	.224	.675	-.262	-.301	-.411	.011	-.076	.129	-.198	.130	.150
C9	-.062	-.161	-.049	-.403	-.262	.707	-.339	-.085	.058	.013	-.154	.315	-.213	.266
C11	-.013	.193	.104	.007	-.301	-.339	.728	.091	.125	-.023	-.122	-.302	-.010	-.331
C13	-.019	.148	.169	-.284	-.411	-.085	.091	.658	.109	-.183	-.137	.350	-.331	-.217
C14	-.063	.121	-.287	.197	.011	.058	.125	.109	.524	-.636	.086	.181	-.309	-.047
C16	-.100	-.219	.066	-.141	-.076	.013	-.023	-.183	-.636	.628	-.313	-.138	.233	.128
C17	.183	-.140	-.152	.196	.129	-.154	-.122	-.137	.086	-.313	.744	-.341	.109	-.085
C19	.076	-.186	.167	-.078	-.198	.315	-.302	.350	.181	-.138	-.341	.540	-.471	.116
C20	-.083	-.288	.034	-.069	.130	-.213	-.010	-.331	-.309	.233	.109	-.471	.659	-.035
C21	.018	-.255	-.373	-.222	.150	.266	-.331	-.217	-.047	.128	-.085	.116	-.035	.616
Medidas de adecuación muestral (diagonal)														

Como se observa en la **Tabla 41**, las medidas de adecuación muestral en la matriz de correlaciones anti imagen tienen un valor superior a 0.5, esto nos indica que el análisis es factible con las causas seleccionadas.

Las comunalidades que representan una proporción de varianza compartida de cada causa con otras se presenta en la **Tabla 42**, en donde se muestra que todos los valores son mayores a 0.5, por lo que las causas estudiadas están representadas suficientemente en los factores que se extraen.

Tabla 42. Comunalidades.

Comunalidades		
Causa	Inicial	Extracción
C2: Problemas de financiamiento del promotor	1.000	.693
C5: Excesiva burocracia del promotor	1.000	.709
C6: Cambios en el diseño por parte del promotor	1.000	.748
C7: Mal financiamiento del contratista	1.000	.685
C8: Bajo rendimiento de equipos/daños	1.000	.708
C9: Errores por falta de experiencia	1.000	.744
C11: Bajo rendimiento de mano de obra	1.000	.697
C13: Mala gestión de compras	1.000	.714
C14: Errores en el diseño/diseño incompleto	1.000	.803
C16: Mal cálculo del costo del proyecto por el diseñador	1.000	.801
C17: Cambios de precios inesperados	1.000	.677
C19: Clima	1.000	.835
C20: Project management escaso	1.000	.678
C21: Falta de comunicación entre partes	1.000	.829

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales

La extracción de los factores por el método de análisis de componentes principales obtuvo la siguiente tabla resultado (**Tabla 43**).

Tabla 43. Varianza total explicada

Componente	Varianza Total Explicada								
	Autovalores iniciales			Suma de los cuadrados de los valores de la extracción			Suma de los cuadrados de las rotaciones de la extracción		
	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %
1	4.074	29.101	29.101	4.074	29.101	29.101	2.869	20.491	20.491
2	2.184	15.601	44.702	2.184	15.601	44.702	2.539	18.139	38.630
3	1.823	13.022	57.724	1.823	13.022	57.724	1.945	13.893	52.523
4	1.194	8.528	66.252	1.194	8.528	66.252	1.596	11.398	63.922
5	1.046	7.470	73.722	1.046	7.470	73.722	1.372	9.800	73.722
6	0.683	4.881	78.603						
7	0.626	4.474	83.077						
8	0.536	3.827	86.904						
9	0.504	3.598	90.502						
10	0.381	2.720	93.222						
11	0.374	2.668	95.890						
12	0.222	1.588	97.478						
13	0.187	1.333	98.812						
14	0.166	1.188	100.000						

Se toman en cuenta los factores con valores propios mayores a 1, por lo tanto, se extraen 5 factores principales, los cuales explican un total de 73.72% de la varianza total.

Una vez extraídos los factores, para facilitar la interpretación de estos resultados, se realiza un proceso de rotación de los ejes de coordenadas que representan a estos factores, entregándonos una matriz en la cual se muestran los resultados del análisis con los cada uno de los factores y las cargas factoriales para cada causa, de donde se puede obtener el resultado final. En la **Tabla 44**, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 44. Matriz de componentes rotados.

Matriz de componentes rotada					
Causa	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
C2					.808
C5		.631			
C6				.742	
C7	.702				
C8	.680				
C9	.842				
C11	.551				
C13	.815				
C14			.856		
C16			.829		
C17		.690			
C19		.904			
C20		.564			
C21					.870

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales
Rotación: Método Varimax

El resultado del análisis factorial determinó 5 factores principales los cuáles están conformados de la siguiente manera:

Responsabilidad del Constructor: Este factor está compuesto de 5 causas. **C7** *Mal financiamiento del contratista*, **C8** *Bajo rendimiento de equipos / daños*, **C9** *Errores por falta de experiencia*, **C11** *Bajo rendimiento de la mano de obra* y **C13** *Mala gestión de compras*. Todas estas causas tienen relación directa con la gestión del constructor para llevar a cabo la obra. Un mal manejo de estos temas por parte de la empresa encargada de la ejecución de la obra puede repercutir en un retraso y sobrecoste de la misma.

En cuanto a este factor se observan causas que tienen relación directa con la productividad de la obra, es decir, los medios necesarios para obtener el resultado físico del proyecto (materiales, equipos y mano de obra) y la experiencia necesaria para tener la capacidad de realizar un proyecto determinado. Lu et al. (2017), han obtenido en su estudio un factor similar en el que constan como causas de retraso y sobrecoste a las relacionadas con las habilidades del constructor, el equipo que integra la obra y los equipos y la tecnología que utilizan. Por otro lado, Long et al. (2004), añaden que las causas de retraso y sobrecoste en las obras bajo la responsabilidad del constructor aparecen frecuentemente pero su impacto no es de mayor gravedad.

Causas externas a la obra: Las causas que componen este factor son **C5** *Excesiva burocracia del promotor*, **C17** *Cambios de precios inesperados*, **C19** *Clima* y **C20** *Project management escaso*. Este grupo de causas de retraso no tienen que ver con la ejecución directa de la obra, sin embargo, es muy conveniente

tomarlas en cuenta ya que la aparición de una de ellas en una gran magnitud puede resultar catastrófico para el éxito de la obra.

Las causas de retraso y sobrecoste en las obras por motivos medioambientales y meteorológicos así como los problemas de gestión y burocracia son destacados en algunos estudios (Famiyeh et al., 2017 ;Abd El-Razek et al., 2008; Cheng, 2014; Adam et al., 2017), sin embargo, en ellos, toman una clasificación diferente separándolos en diferentes grupos de causas. Las causas relacionadas con la gestión y planificación están siempre entre las más destacadas en cuanto a frecuencia de ocurrencia e impacto, mientras que los factores climáticos e inesperados ocupan lugares menos importantes.

Responsabilidad del Diseñador / Consultor: El factor consta de las causas **C14** y **C16**, referidas a los *Errores en el diseño y el Mal cálculo del costo del proyecto por parte del diseñador*. Estos casos generan grandes retrasos y pérdidas en las obras, ya que generalmente se descubren una vez empiezan los trabajos.

Las causas seleccionadas para este grupo concuerdan con el resultado obtenido por Aziz, (2013), donde se destaca el mal cálculo del costo del proyecto. Generalmente, este tipo de causas de retraso y sobrecoste se dan debido a la falta de información recaudada por los equipos encargados de realizar el diseño de la obra o en su caso, no contaron con el suficiente detalle de la estructura del proyecto, con lo cual no se puede definir completamente las características del mismo (Famiyeh et al., 2017).

Responsabilidad de varios agentes: Consta de las causas **C6** *Cambios en el diseño* y **C21** *Falta de comunicación entre partes*. Generan gran dificultad si no se llevan de manera correcta. Si existen variantes en los proyectos, cada uno de los intervinientes en la obra debe estar enterado para evitar complicaciones.

Este grupo es muy importante y se debe tomar en cuenta en todo momento para el éxito de la obra. Si bien Adam et al. (2017) obtienen a este grupo de causas como uno de los menos destacados en su estudio, aseveran que la presencia de estas causas de retraso y sobrecoste pueden ser un punto de partida para otras que se consideren más importantes como la gestión completa de la obra.

Responsabilidad del Promotor: Este factor posee una única causa, se trata de **C2** *Problemas de financiamiento del promotor*. Es indispensable en la ejecución de una obra que el promotor cuente con los recursos económicos necesarios para que se lleve a cabo el proyecto.

Los problemas financieros del promotor tienen un alto impacto en el desarrollo normal de una obra, Famiyeh et al. (2017) lo sitúa como los segundos más frecuentes después de las causas relacionadas con el constructor. Los constructores al verse afectados por la falta de pagos en las certificaciones, pierden motivación por alcanzar los objetivos planteados en el proyecto en cuanto a la calidad y costo del mismo, generando un retraso y sobrecoste de gran nivel en las obras (Matin, 2016). En los países en desarrollo como Ecuador, las empresas son en su gran mayoría medianas y pequeñas, por lo que cuentan con un capital limitado, por tanto, los pagos por parte del promotor son indispensables para el desarrollo de las obras. Un caso similar se da en Cambodia donde Santoso & Soeng (2016) exponen este mismo punto de vista.

En conclusión, si bien no se toman en cuenta la misma cantidad de causas que en la clasificación inicial, los factores encontrados resultan ser bastante similares a los planteados inicialmente en cuanto a la responsabilidad de los agentes intervinientes en las obras. Finalmente, los factores resultantes en función de su Índice de Importancia Relativo marcando a los mismos de mayor a menor “peligrosidad” para el desarrollo de una obra quedan establecidos de la siguiente manera, tal y como se muestra en la **Tabla 45**.

Tabla 45. Clasificación de Factores según RII.

Clasificación de Factores según Índice de Importancia Relativo (RII)	
Factor	RII
Responsabilidad de varios agentes	0.52
Causas externas a la obra	0.51
Responsabilidad del diseñador/consultor	0.50
Responsabilidad del Promotor	0.44
Responsabilidad del Contratista	0.34

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados varían en función de cada estudio, debido a que cada uno posee una muestra de diferentes características, pero los causantes de factores de retraso y sobrecoste en general son bastante similares entre las diferentes investigaciones. Un estudio con un clasificación similar es el realizado por Long et al. (2004), en donde los grupos con mayor impacto en la aparición de retraso y sobrecoste son los relacionados con la responsabilidad del consultor y las causas ajenas a la obra y en una menor dimensión los ocasionados por contratistas y financiamiento

6. Conclusiones, Recomendaciones, Limitaciones y Futuras líneas de investigación

6.1. Conclusiones

Los objetivos de la presente investigación están basados en el estudio de las causas de retraso y sobrecoste en las obras de Ecuador, además de la influencia de las distintas variables de la empresa y del proyecto en la aparición de estos fenómenos. En base a la revisión de la literatura, la recopilación de datos y el análisis de los mismos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En Ecuador, el sector de la construcción juega un papel muy importante para el desarrollo del mismo, la construcción ocupa un gran porcentaje del PIB del país, además de ser una de las mayores fuentes de empleo. El sector de la construcción crece o decrece proporcionalmente con la economía del país, por lo que un buen desarrollo de este sector incentiva a un crecimiento y aumento de la calidad de vida de sus habitantes.
- Las empresas del sector de la construcción en el Ecuador, son en su mayoría son de tamaño micro y hasta mediano, catalogadas como MIPYMES, las cuales generan un 97% de la empleabilidad del sector, mientras que las grandes ocupan un mínimo porcentaje, siendo estas en su mayoría extranjeras emplean al 3% restante.
- Los retrasos y sobrecostos en las obras son un problema de carácter global, se han realizado variedad de estudios en diferentes países tanto desarrollados como países en desarrollo y en todos ellos existe este fenómeno. Debido a la aleatoriedad de las causas de retraso y sobrecoste en los distintos proyectos de construcción, es un tema muy complicado de mitigar y cada vez más frecuente.
- La investigación obtuvo que las causas de retraso más influyentes en los proyectos de Ecuador están ligadas por un lado a las habilidades que poseen cada uno de los agentes intervinientes en el desarrollo del proyecto y el desempeño de sus recursos tanto materiales como humanos, desde su inicio hasta su finalización, así como a algunos agentes externos a ella como son las condiciones climáticas. Mientras que el sobrecoste en las obras está ligado directamente con las causas que afectan la productividad en la ejecución de la obra.
- En cuanto a las características de las empresas y del proyecto más influyentes en el retraso y sobrecoste de las obras se obtuvo que, por el lado de la empresa las variables a tomar en cuenta son el nivel de gestión de riesgos de imprevistos y el tamaño de la misma, en relación al proyecto el tipo de proyecto que se va a ejecutar juega un papel importante.

- En cuanto al tamaño de empresa, las mayores diferencias se encontraron entre las empresas micro y las medianas, por su parte para la gestión de riesgos de imprevistos se toma muy en cuenta si se tiene un nivel alto o bajo. Y, para el tipo de proyecto los destacados fueron los de edificación, obras hidráulicas y urbanismo.
- La relación entre las causas de retraso y sobrecoste y las variables de la empresa y proyecto, muestran que para el tamaño de la empresa se deben tomar en cuenta factores de retraso y sobrecoste relacionados con trámites administrativos y el desempeño de sus equipos para la construcción. En el caso del nivel de gestión de riesgos de imprevistos las causas relacionadas tienen que ver con el seguimiento continuo del proyecto y la gestión del mismo, así como los detalles de la información que brindan los encargados del diseño del proyecto. Por el lado del tipo de proyecto, este se ve afectado por temas burocráticos, económicos y climatológicos.
- La clasificación de los factores de retraso y sobrecoste en las obras se identificó en 5 diferentes grupos de responsabilidad: Constructor, Consultor, Promotor, Externas y Varios responsables. En donde se pudo observar que el grupo de causas de retraso y sobrecoste con mayor aparición en las obras de Ecuador, fue en el que intervienen varios agentes responsables, seguido muy de cerca por las causas externas a la obra y los problemas que surgen por la responsabilidad del diseñador. Esto nos demuestra que para combatir estos fenómenos negativos como son los retrasos y sobrecostes de las obras, se necesita en primer lugar, un mayor compromiso y la cooperación de todas las partes que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción.

6.2. Recomendaciones

Para las empresas del sector de la construcción del Ecuador, en base a los resultados obtenidos y la caracterización de la situación en la que se encuentra el país, se proponen las siguientes recomendaciones para la ejecución de sus proyectos con el fin de minimizar los retrasos y sobrecostes en los mismos:

- Contar con un plan de manejo de la gestión de riesgos de imprevistos, que les permita estar preparados de la mejor manera para afrontar los problemas que genera la aparición de estos diversos factores. Muchas veces resulta imposible eliminarlos completamente, sin embargo, el contar con un plan de gestión de riesgos puede reducir su efecto en el proyecto.
- Revisar detalladamente la información proporcionada para la ejecución del proyecto, con el fin de minimizar al máximo los errores existentes en los mismos, ya que estos generan una gran cantidad de retrasos en las obras de Ecuador, puesto que se tienen que solicitar los ajustes necesarios para la correcta ejecución de la obra.

- Realizar un seguimiento continuo durante todas las fases dl proyecto de construcción, con el fin de detectar incidencias en los recursos tanto materiales como humanos, para maximizar el desempeño de los mismos y obtener una productividad óptima.

6.3. Limitaciones

El estudio presenta las siguientes limitaciones:

- El proceso de recolección de datos, debido a las circunstancias geográficas resultó de gran dificultad, puesto que los datos que se recopilaron fueron solicitados a empresas en Ecuador
- La muestra recogida se limita a los proyectos ejecutados por empresas de la región austral de Ecuador.

6.4. Futuras líneas de investigación

- Ampliar el estudio a los proyectos ejecutados por empresas constructoras en todo el país.
- Realizar una comparativa con lo que sucede con otros países con características similares.
- Profundizar en el tema de gestión de riesgos de imprevistos en la construcción en Ecuador.

7. Referencias

- Abd El-Razek, M. E., Bassioni, H. A., & Mobarak, A. M. (2008). "Causes of delay in building construction projects in Egypt." *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(11), 831–841.
- Adam, A., Josephson, P. E. B., & Lindahl, G. (2017). "Aggregation of factors causing cost overruns and time delays in large public construction projects: Trends and implications." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(3), 393–406.
- Aibinu, A. A., & Odeyinka, H. A. (2006). "Construction Delays and Their Causative Factors in Nigeria." *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(7), 667–677.
- Alshubbak, A. M. M. (2010). *Modelo de identificación de las necesidades del promotor en el proceso proyectoconstrucción*: Tesis.Valencia:Universitat Politècnica de Valencia.
- Anysz, H., & Buczkowski, B. (2018). "The association analysis for risk evaluation of significant delay occurrence in the completion date of construction project." *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1–6.
- Aziz, R. F. (2013). "Factors causing cost variation for constructing wastewater projects in Egypt." *Alexandria Engineering Journal*, 52(1), 51–66.
- Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). "Exploring delay causes of road construction projects in Egypt." *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515–1539.
- Banco Central del Ecuador. ESTADÍSTICAS MACROECONÓMICAS PRESENTACIÓN COYUNTURAL.(2019)
- Banco Mundial. Ecuador: Panorama General. (2019).
- Boateng, E. B., Pillay, M., & Davis, P. (2020). "Developing a safety culture index for construction projects in developing countries: a proposed fuzzy synthetic evaluation approach." *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 969, 167–179.
- Boquera, P. (2015). *Gestión de Empresas de la construcción, una pincelada. Tomo I*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Cabero Moran, M., Paz Santana, Y., Quentin, M. (2007). *Tratamiento estadístico de datos con SPSS*. Paraninfo.
- Cámara de Comercio de Guayaquil. Cifras Macroeconómicas del Ecuador. Una economía lenta y en proceso de ajuste. (2019).

Castro Fresno, D (2005). *Organización y control de obras*. Textos Universitarios.

Cheng, Y.-M. (2014). "An exploration into cost-influencing factors on construction projects." *International Journal of Project Management*, 32(5), 850–860.

Cuellar, Á. J. (2011). *Causas primarias de los errores producidos en la fase de diseño del proceso proyecto - construcción*. Trabajo Final de Máster. Valencia: Universitat Politècnica de València.

De Heredia, R. (1999). *Dirección Integrada de Proyecto DIP 3º*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Dissanayaka, S. M., & Kumaraswamy, M. M. (1999). "Evaluation of factors affecting time and cost performance in Hong Kong building projects." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 6(3), 287–298.

Emuze, F., Smallwood, J., & Han, S. (2014). "Factors contributing to non-value adding activities in South African construction." *Journal of Engineering, Design and Technology*, 12(2), 223–243.

Ernst, J ; Young, N. (2016). "Spotlight on power and utility megaprojects – formulas for success."

Famiyeh, S., Amoatey, C. T., Adaku, E., & Agbenohevi, C. S. (2017). "Major causes of construction time and cost overruns: A case of selected educational sector projects in Ghana." *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(2), 181–198.

Feygin, V. B. (2013). "Common Mistakes and Omissions in the Design of Pressurized Concrete Water Holding Structures: Case Study." *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 18(1), 28–34.

Feyzbakhsh, S., Telvari, A., & Lork, A. R. (2018). "Investigating the Causes of Delay in Construction of Urban Water Supply and Wastewater Project in Water and WasteWater Project in Tehran." *Civil Engineering Journal*, 3(12), 1288.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Los Angeles - London - New Delhi - Singapore - Washington DC: SAGE

Firouzi, A., & Vahdatmanesh, M. (2019). "Applicability of Financial Derivatives for Hedging Material Price Risk in Highway construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5).

Flyvbjerg, B. (2010). "How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?" *Transport Reviews*, 71–88.

- Francom, T., El Asmar, M., & Ariaratnam, S. T. (2016). "Performance Analysis of Construction Manager at Risk on Pipeline Engineering and Construction Projects." *Journal of Management in Engineering*, 32(6)
- Giel, B., Issa, R. R. A., & Olbina, S. (2019). "Return on investment analysis of building information modeling in construction." *EG-ICE 2010 - 17th International Workshop on Intelligent Computing in Engineering*. Nottingham.
- González, P., González, V., Molenaar, K., & Orozco, F. (2014). "Analysis of causes of delay and time performance in construction projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1).
- Gransberg, D. D., & Barton, R. F. (2007). "Analysis of federal design-build request for proposal evaluation criteria." *Journal of Management in Engineering*, 23(2), 105–111.
- Heravi, G., & Mohammadian, M. (2019). "Investigating cost overruns and delay in urban construction projects in Iran." *International Journal of Construction Management*, 1–11.
- INEC. *Directorio de Empresas y Establecimientos*. (2014).
- INEC. *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo*. (2019).
- INECYC, (Instituto Ecuatoriano del cemento y hormigón). *Comercialización mensual y anual de cemento gris*. (2016)
- Islam, M. S., & Suhariadi, B. T. (2018). "Construction delays in privately funded large building projects in Bangladesh." *Asian Journal of Civil Engineering*, 19(4), 415–429.
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2016). "Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects." *Journal of Management in Engineering*, 32(1)
- Long, N. D., Ogunlana, S., Quang, T., & Lam, K. C. (2004). "Large construction projects in developing countries: a case study from Vietnam." *International Journal of Project Management*, 22(7), 553–561.
- LONSCP. *Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública*. (2018).
- Lu, W., Hua, Y., & Zhang, S. (2017). "Logistic regression analysis for factors influencing cost performance of design-bid-build and design-build projects." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(1), 118–132.

Madushika, W. H. S., Perera, B. A. K. S., Ekanayake, B. J., & Shen, G. Q. P. (2018). "Key performance indicators of value management in the Sri Lankan construction industry." *International Journal of Construction Management*.

Mahamid, I. (2014). "Contractors' perception of risk factors affecting cost overrun in building projects in Palestine." *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering*, 7(1), 38–50.

Mark Weisbrot, Jake Johnston, L. M. (2017). Una década de reformas: políticas macroeconómicas y cambios institucionales en Ecuador y sus resultados.

Marzouk, M. M., & Gaid, E. F. (2018). "Assessing Egyptian construction projects performance using principal component analysis." *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(9), 1727–1744.

Ministerio de Educación y Cultura. Fichas para la orientación profesional. (1997).

Molenaar, K. R. (2005). "Programmatic cost risk analysis for highway megaprojects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(3), 343–353.

Montalbán-Domingo, L. (2019). *Social Sustainability in public-work procurement*. Tesis. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Navarro Giné, Albert., Sánchez Pérez, Inma (2004). *Análisis estadístico de encuestas de salud*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

Organización de Naciones Unidas. *Informe sobre Desarrollo Humano*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2013)

Pellicer, E. (2014). *Gestión de Proyectos*. Valencia.

Perez, C. (2014). *Técnicas Estadísticas con variables categóricas*. Madrid- España: Garceta Grupo Editorial.

Rodney Turner, J. (1999). *The handbook of project - based management*. London: McGraw-Hill.

Rosenfeld, Y. (2014). "Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns." *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1)

Santoso, D. S., & Soeng, S. (2016). "Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects." *Journal of Management in Engineering*, 32(6),

Sanz Benlloch, A (2015). *Influencia del comportamiento colaborativo en la construcción de edificios residenciales de promoción privada en España. Comparativa con la experiencia Norteamericana*. Tesis. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Sha'ar, K. Z., Assaf, S. A., Bambang, T., Babsail, M., & Fattah, A. M. A. El. (2017). "Design–construction interface problems in large building construction projects." *International Journal of Construction Management*, 17(3), 238–250.

Shah, M. N., Dixit, S., Kumar, R., Jain, R., & Anand, K. (2019). "Causes of delays in slum reconstruction projects in India." *International Journal of Construction Management*, 1–16.

Stanford, M. S., Molenaar, K. R., & Sheeran, K. M. (2016). "Application of indefinite delivery-indefinite quantity construction strategies at the federal level." *Journal of Management in Engineering*, 32(5).

Superintendencia de Compañías. Estudio Sectorial: Productividad en la Industria Ecuatoriana de la Construcción. (2018).

Weisbrot, P. M., & Arauz, A. (2019). "Obstáculos al crecimiento": El programa del FMI en Ecuador.

Xia, B., Skitmore, M., & Zuo, J. (2012). "Evaluation of design-builder qualifications through the analysis of requests for qualifications." *Journal of Management in Engineering*, 28(3), 348–351.

8. Anexos

ANEXO 1: Encuesta a expertos para validación de causas de retraso y sobrecoste

Causas de Retrasos y Sobrecostes en Obras

El presente formulario pretende confirmar mediante la opinión de expertos en la construcción la ocurrencia y el impacto de las siguientes causas de retrasos y sobrecostes en las obras en Ecuador.

*Obligatorio

Nombres y Apellidos *

Titulación *

Años de Experiencia en construcción *

Tipo de Empresa para la que trabaja *

Marca solo un óvalo.

- Público
- Privado

Tamaño de la empresa *

Marca solo un óvalo.

- Microempresa (Ventas/año \leq \$100.000; 1 a 9 trabajadores)
- Pequeña (Ventas/año \$100.0001 - 1'000.000; 10 a 49 trabajadores)
- Mediana "A" (Ventas/año \$1'000.001 - 2'000.000; 50 a 99 trabajadores)
- Mediana "B" (Ventas/año \$2'000.001 - 5'000.000; 100 a 199 trabajadores)
- Grande (Ventas/año \geq 5'000.000; >200 trabajadores)

Función/Cargo en la Empresa *

Tipo de Infraestructura que construye *

Marca solo un óvalo.

- Obra Civil
- Edificación
- Ambas

De la siguiente clasificación (responsabilidad/culpabilidad) indique las 15 causas que a su entender y basado en su experiencia considere las más recurrentes y de mayor impacto en las obras causando retrasos y sobrecostes

Responsabilidad del Promotor

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Demora en el pago de certificaciones/planillas
- Obtención de permisos demorada
- Problemas financiamiento promotor
- Tiempo entre diseño y ejecución
- Gestiones del promotor retrasadas
- Excesiva burocracia por parte del promotor
- Proceso de licitación poco transparente
- Expropiaciones mal gestionadas
- Duración inviable impuesta por el promotor
- Falta de incentivos por pronta terminación
- Pagos parciales
- Adjudicación tardía del contrato
- Cambios en el diseño por parte del cliente/promotor

Responsabilidad del Constructor

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Mal financiamiento del contratista
- Gestión del Proyecto escasa (Control, planificación, dirección, organización)
- Errores por falta de experiencia
- Repetir trabajo por desaprobación (acabados, materiales, mano de obra)
- Escasez de materiales
- Bajo rendimiento mano de obra
- Escasez de equipos
- Entrega de materiales lenta
- Subcontratistas incumplidos
- Errores proceso constructivo
- Mala gestión de compras (materiales, equipos)
- Pobre control a subcontratistas
- Escasez de mano de obra
- Operadores inexperimentados
- Problemas entre manos de obra y contratista (falta de pago, discusiones)
- Personal administrativo/técnico ineficiente
- Bajas excesivas
- Accidentes durante la construcción
- Control escaso a trabajadores
- Pobre control de costes
- Poco control de procesos
- Mala estimación de duración y recursos
- Bajo rendimiento de equipos/Daños

Responsabilidad del Consultor/Diseñador

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Errores en diseño/ diseño incompleto
- Planos incompletos de todas las partes correspondientes
- Errores en estudios de suelo
- Procesos constructivos no especificados
- Dirección Facultativa (Fiscalización) brinda mala supervisión
- Aprobación tardía de trabajo realizado
- Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor
- Espera por aprobación de materiales
- Cambios en especificaciones técnicas

Razones Externas

- Cambios de precios inesperados
- Condiciones inesperadas en el lugar de la obra
- Clima
- Inflación
- Ubicación del proyecto
- Cambios de ámbito legal
- Desastre natural/ Fuerza mayor
- Problemas con vecinos
- Área de construcción limitada
- Problemas de acceso a la obra
- Huelgas, paros y reclamos de comunidad

Responsabilidad de todas las partes intervinientes

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Mala comunicación entre partes
- Evaluación tardía de cambios
- Subcontratistas solapados en sus trabajos

ANEXO 2: Cuestionario de Recopilación de Datos.

Proyecto Nº/ Nombre		
Nombre Empresa/Contratista		
EMPRESA		
Tamaño	Microempresa (Ventas/año ≤ \$100.000; 1 a 9 trabajadores)	
	Pequeña (Ventas/año \$100.0001 - 1'000.000; 10 a 49 trabajadores)	
	Mediana "A" (Ventas/año \$1'000.001 - 2'000.000; 50 a 99 trabajadores)	
	Mediana "B" (Ventas/año \$2'000.001 - 5'000.000; 100 a 199 trabajadores)	
	Grande (Ventas/año ≥ 5'000.000; >200 trabajadores)	
Tipo	Pública	
	Privada	
Infraestructura	Edificación	
	Obra Civil	
Gestión de Riesgos de Imprevistos	Alto (En sus ofertas toma en cuenta porcentaje de imprevistos y tiene un plan de manejo de los	
	Medio (Tiene en cuenta un porcentaje para imprevistos en las ofertas pero no posee plan de	
	Bajo (No oferta teniendo en cuenta porcentaje de imprevistos)	
PROYECTO		
Tipo	Estructuras y Edificaciones	
	Autopistas y Carreteras	
	Obras Marítimas	
	Obras Hidráulicas	
	Aeropuertos	
	Ferrocarriles	
	Obras Lineales	
	Reparaciones	
	Urbanismo	
	Fecha de realización (Estudios)	
Fecha de ejecución obra		
Ubicación del Proyecto		
Contrato	Público	
	Privado	
	Alianza Público-Privada	
	Monto Licitación (Presupuesto Referencial)	
	Plazo Licitación (Pliego Referencial)	
	Monto Ofertado	
	Plazo Ofertado	
	Monto Finalización	
Plazo Finalización		

FACTORES CAUSANTES DE RETRASOS		ESCALA LIKERT				
		NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Promotor	Demora en pago de certificaciones					
	Problemas de financiamiento del promotor					
	Obtención de permisos demorada					
	Tiempo entre diseño y ejecución					
	Excesiva burocracia del promotor					
Constructor	Cambios en diseño por parte del promotor					
	Mal financiamiento del contratista					
	Bajo rendimiento de equipos/Daños					
	Errores por falta de experiencia					
	Repetir trabajo por desaprobarción(acabados, materiales, MO)					
Consultor	Bajo rendimiento mano de obra					
	Subcontratistas incumplidos					
	Mala gestión de compras					
	Errores en diseño/ diseño incompleto					
	Planos incompletos de todas las partes correspondientes					
Clima	Mal cálculo del costo del proyecto por diseñador/consultor					
	Cambios de precios inesperados					
Todos	Condiciones inesperadas en el lugar de la obra					
	Clima					
	project management escaso					
	Falta de comunicación entre partes					

RESULTADOS	
Coste	NO RELLENAR
Plazo	NO RELLENAR

Observaciones:

ANEXO 3: Histogramas

Figura 39. Histograma C1: Demora en pago de certificaciones.

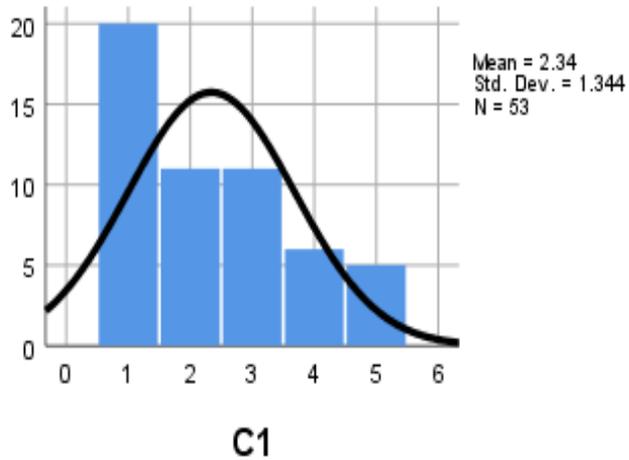


Figura 40. Histograma C2: Problemas de financiamiento del promotor.

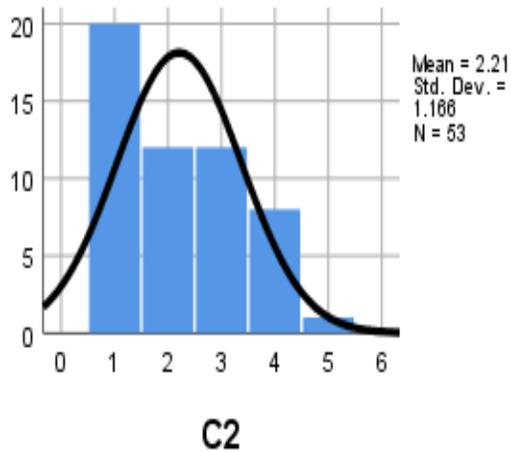


Figura 41. Histograma C3: Obtención de permisos demorada

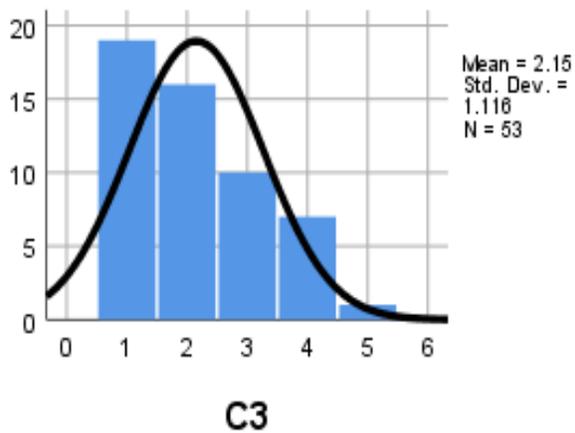


Figura 42. Histograma C4: Tiempo entre diseño y ejecución

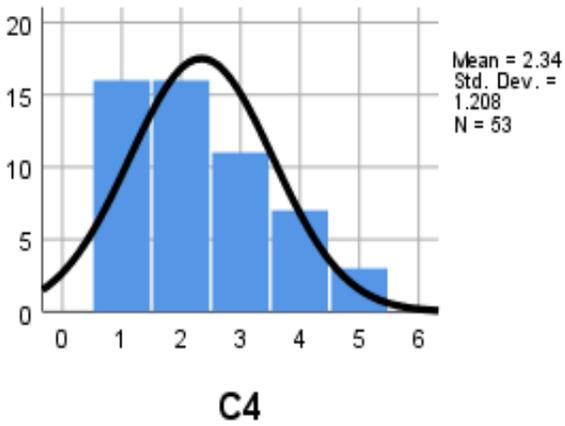


Figura 43. Histograma C5: Excesiva burocracia del promotor.

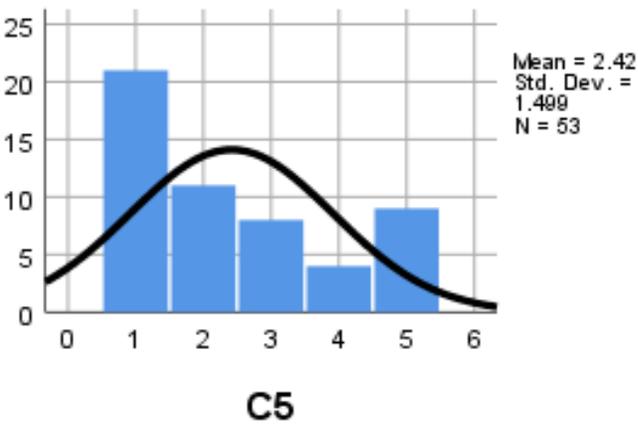


Figura 44. Histograma C6: Cambios en diseño por parte del promotor.

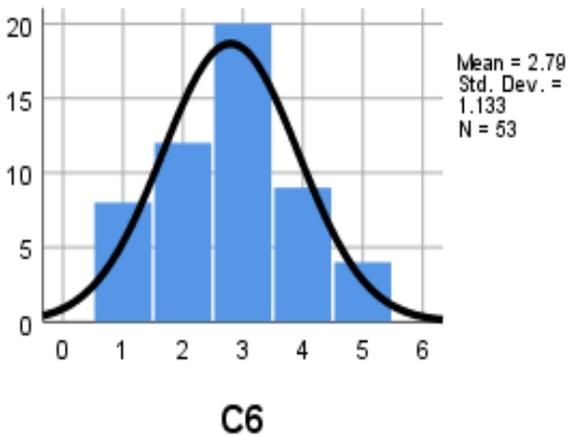


Figura 45. Histograma C7: Mal financiamiento del contratista

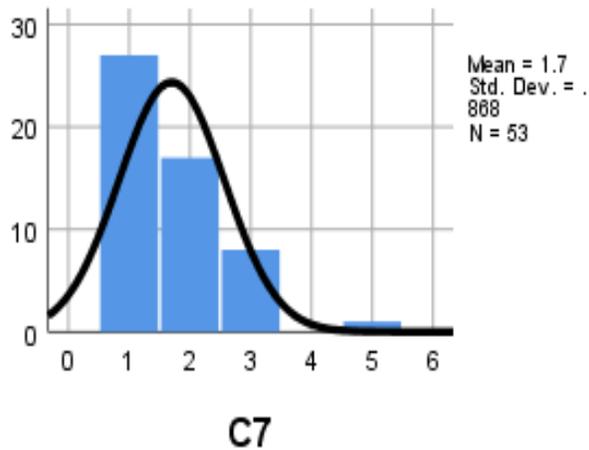


Figura 46. Histograma C8: Bajo rendimiento de equipos/daños

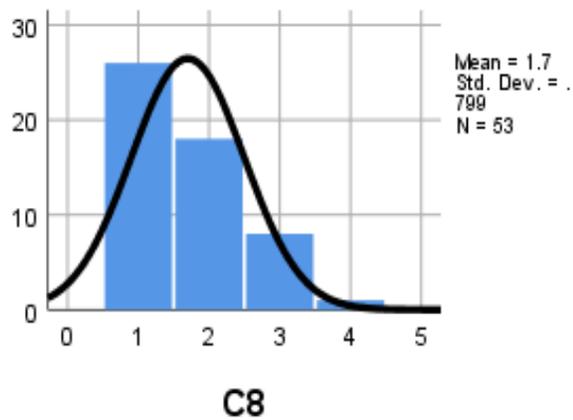


Figura 47. Histograma C9: Errores por falta de experiencia

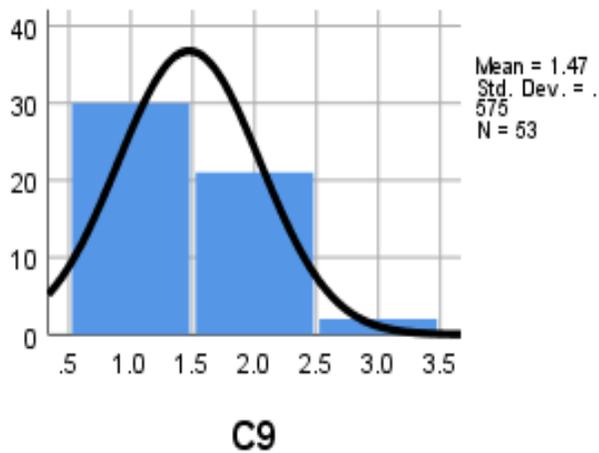


Figura 48. Histograma C10: Repetir trabajo por desaprobación.

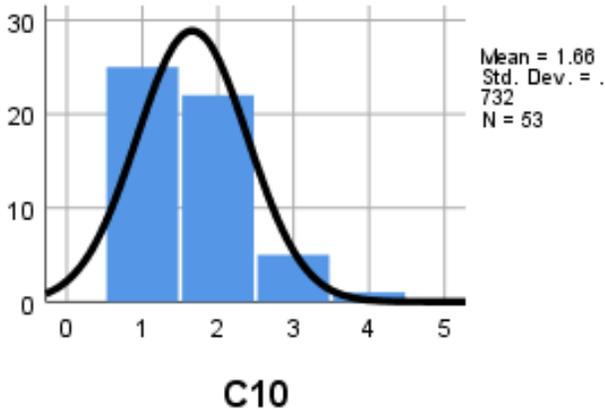


Figura 49. Histograma C11: Bajo rendimiento de mano de obra.

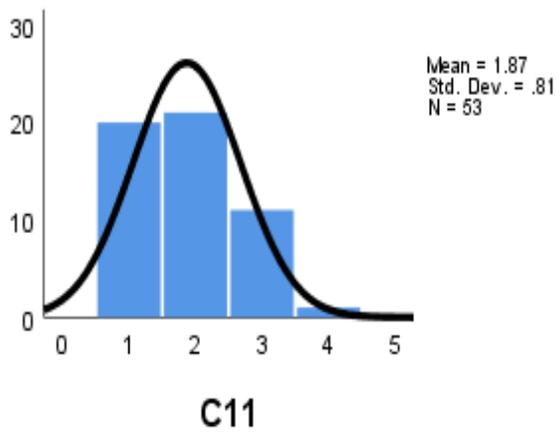


Figura 50. Histograma C12: Subcontratistas incumplidos.

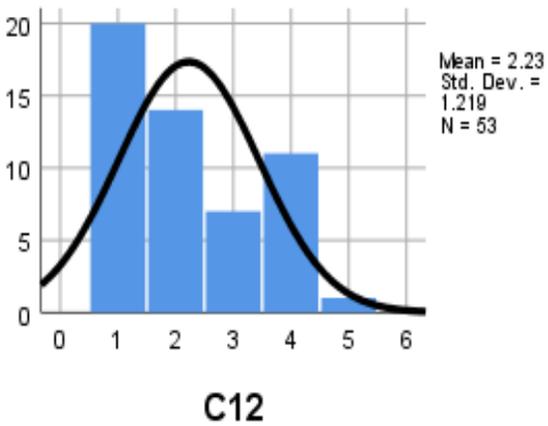


Figura 51. Histograma C13: Mala gestión de compras

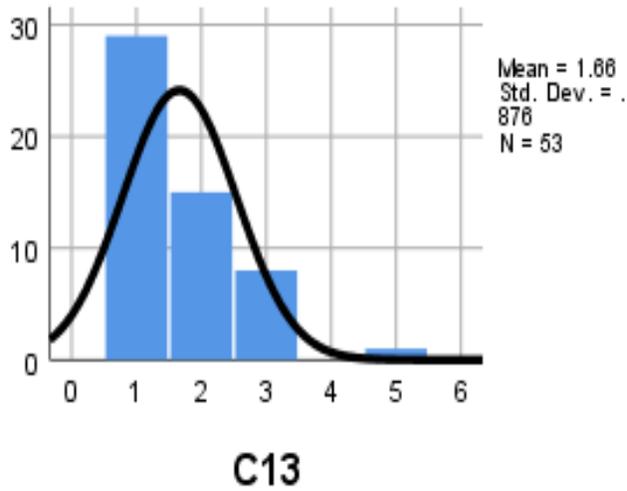


Figura 52. Histograma C14: Errores en diseño/diseño incompleto

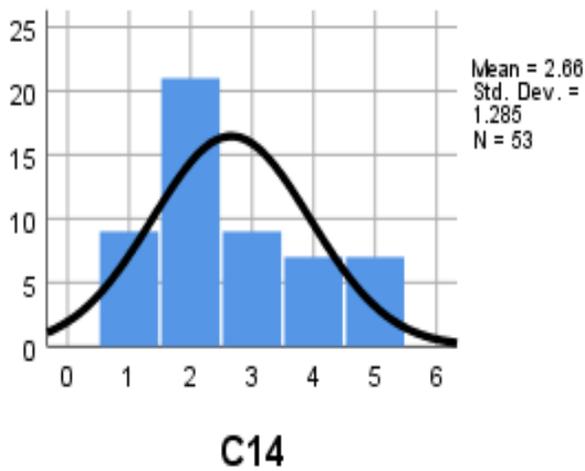


Figura 53. Histograma C15: Planos incompletos de todas las partes intervinientes.

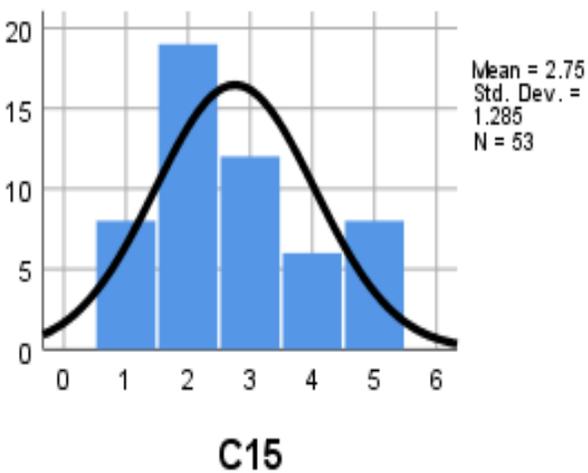


Figura 54. Histograma C16: Mal cálculo del costo del proyecto por parte del diseñador

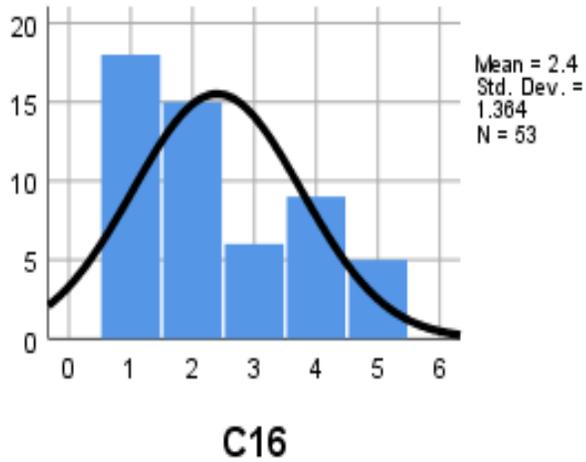


Figura 55. Histograma C17: Cambios de precios inesperados

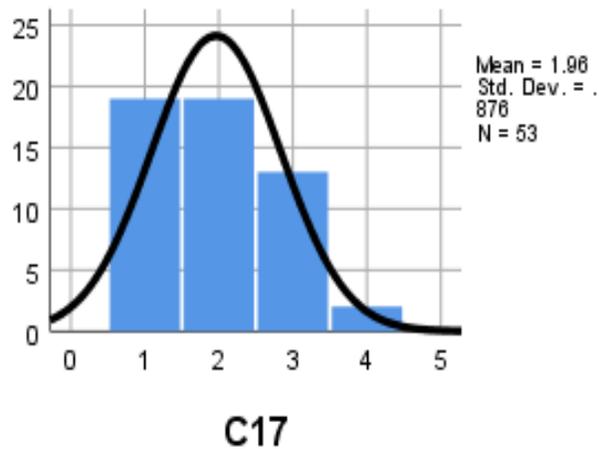


Figura 56. Histograma C18: Condiciones inesperadas en el lugar de la obra

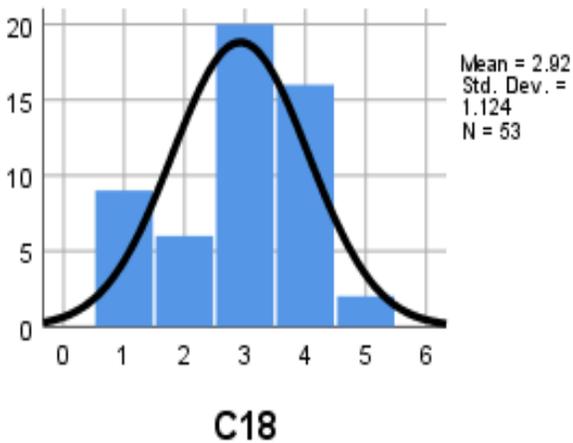


Figura 57. Histograma C19: Clima

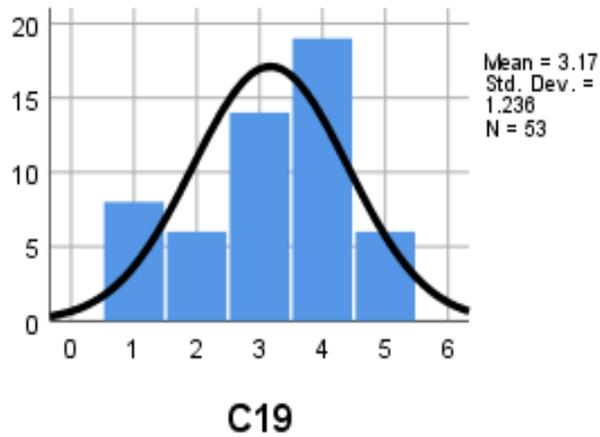


Figura 58. Histograma C20: Project management escaso

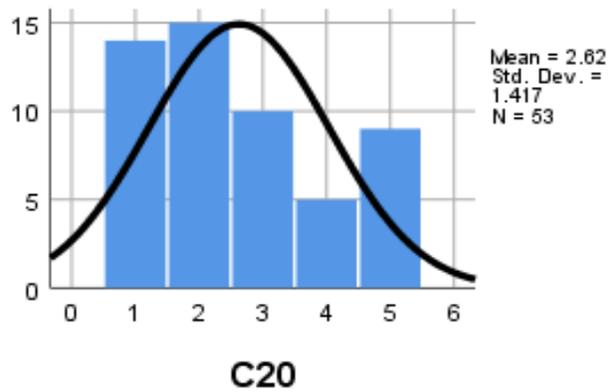


Figura 59. Histograma C21: Falta de comunicación entre partes

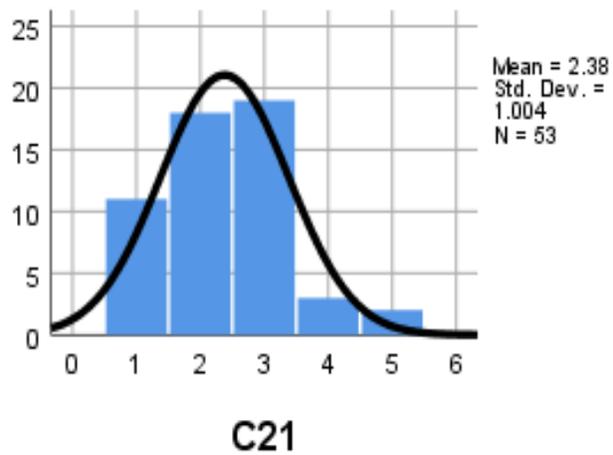


Figura 60. Histograma de datos de retraso en porcentaje (%) después de la ejecución

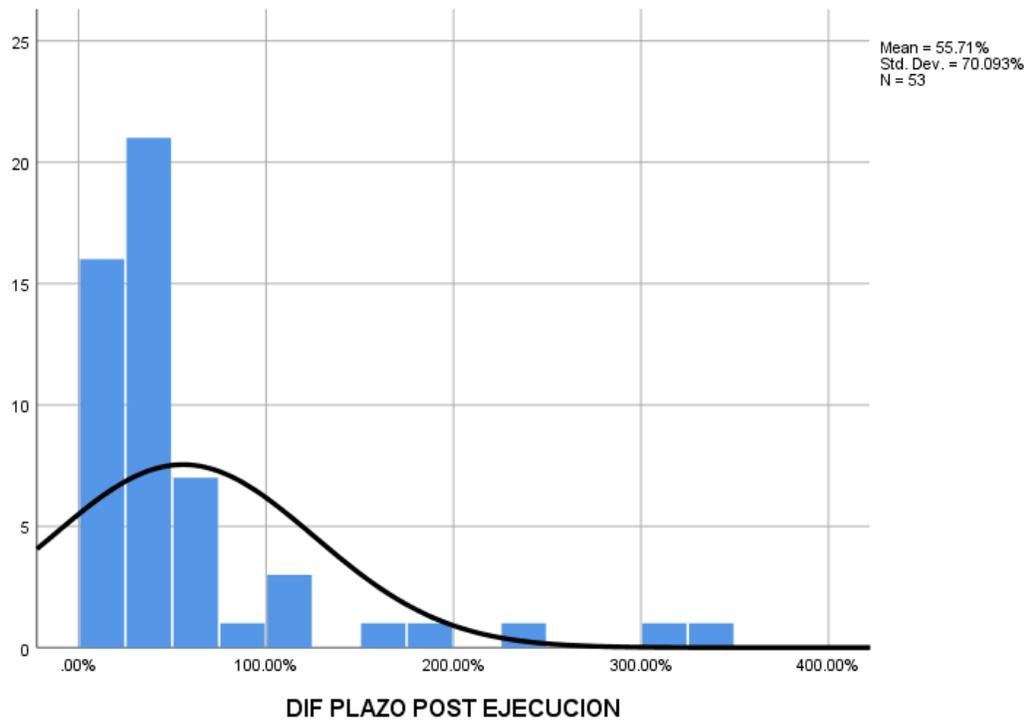


Figura 61. Histograma de datos de sobrecoste en porcentaje (%) después de la ejecución

