



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Probabilidad de Éxito de Calidad de las Obras versus el Menor Costo en Infraestructura Vial en
la Zona 3

Trabajo de titulación para optar al título de Magister en: Ingeniería Civil con mención en
Gestión de la Construcción

AUTOR:

Villa Ramos, Ximena Magali

TUTOR:

Ing. Saldaña García, Carlos Sebastián Mgs.

Riobamba, Ecuador. 2025



**Dirección de
Posgrado**
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO



DECLARACIÓN Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Ximena Magali Villa Ramos**, con número único de identificación No. **060443333-4**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: **“Probabilidad de Éxito de Calidad de las Obras versus el menor Costo en Infraestructura Vial en la Zona 3”**, previo a la obtención del grado de Magister en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción.

- Declaro que mi trabajo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer el uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, 24 de noviembre de 2025

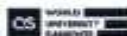
Atentamente



XIMENA MAGALI VILLA
RAMOS
24/11/2025 (Firma)

Ing. Ximena Magali Villa Ramos

N.U.I. 0604433334



Av. Elay Allano y 10 de Agosto
Teléfono (093) 2 273-0860 ext. 2500 - 2323 - 2217
Riobamba - Ecuador
Unach.edu.ec
de Investigación



**Dirección de
Posgrado**
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO



Riobamba, 17 de noviembre de 2025

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de miembros del Tribunal designados por la Comisión de Posgrado, CERTIFICAMOS que una vez revisado el Trabajo de titulación bajo la modalidad Proyecto de Investigación y/o desarrollo denominado "Probabilidad de éxito de Calidad de las obras versus el menor costo en infraestructura vial en la zona 3", dentro de la línea de investigación de Tesis, presentado por el maestrante Villa Ramos Ximena Magali, portador de la CC: 0604433334, del programa de Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Gestión de la Construcción, cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo lo que podemos certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS SEBASTIÁN
SALDAÑA GARCIA**
Firmado electrónicamente por: TITULO

Ing. Carlos Saldaña
Msg
TUTOR



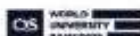
Firmado electrónicamente por:
**TITO OSWALDO
CASTILLO CAMPOVERDE**
Firmado electrónicamente por: TITULO

Ing. Tito Castillo Ph.D
**MIEMBRO DEL
TRIBUNAL 1**



Firmado electrónicamente por:
**JESSICA PAULINA
BRITO RUBIO**
Firmado electrónicamente por: TITULO

Ing. Jéssica Brito Msgs.
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL
2**



Campus La Dolorosa
Av. El Ojo Alfaro y 10 de Agosto
Teléfono (523-3) 373-0880, ext. 2002
Riobamba - Ecuador
Unach.edu.ec
en colaboración



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, Ximena Magali Villa Ramos con CC: 0604433334; estudiante del Programa de Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Gestión de la Construcción; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: **"PROBABILIDAD DE ÉXITO DE CALIDAD DE LAS OBRAS VS EL MENOR COSTO EN INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA ZONA 3"**, cumple con el 2% de similitud con otros trabajos y con el 7% en cuanto a texto generado posiblemente por IA, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de noviembre de 2025



Firmado digitalmente por:
CARLOS SEBASTIAN
SALDAÑA GARCIA

Calidad documento con tiempo

Mgs. Carlos Saldaña García
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que me acompañaron durante este proceso. En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesaria para culminar este proyecto académico.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la oportunidad de cursar esta maestría. A mis docentes, especialmente al Ing. Carlos Saldaña Mgs, por el apoyo y empeño en la realización de este trabajo de titulación.

Dedicatoria

Dedico este logro a mis seres queridos, en especial a mis padres Fausto y Carmen por ser el motor fundamental para alcanzar el éxito profesional. El camino fue difícil pero no imposible gracias al apoyo de mi amor Romel y Celeste mi eterno ángel en cielo, un bello recuerdo que guardo en mi corazón.

Los sueños se cumplen no importa el tiempo y no pierdo la esperanza de algún día lograr mi anhelo de tenerte.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	5
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1 Construcciones en Ecuador.....	11
2.2 Calidad en las obras viales.....	12
2.3 Gestión de la calidad del proyecto y del producto	13
2.4 Tipología y estructura de Pavimentos.....	15
2.4.1 Tipos de Pavimento.....	16
2.4.2 Factores que afectan la estructura del Pavimento	19
2.4.3 Deterioro de Pavimentos Flexibles	21
2.5 Índice de Regularidad internacional (IRI)	22
2.5.1 Definición	22
2.5.2 Método para la Medición de la Regularidad.....	23
2.5.3 Evaluación del IRI a través de aplicaciones	24
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	25
3.1 Tipo de Investigación.....	25
3.2 Diseño de Investigación.....	26
3.3 Técnicas de recolección de Datos	26
3.4 Población de estudio y tamaño de muestra	27
3.5 Métodos de análisis, y procesamiento de datos	27
3.5.1 Definición de variables	27
3.5.2 Procedimiento de la investigación	28
3.5.3 Ensayos de calidad.....	29
3.5.4 Técnicas estadísticas	33
3.5.5 Software de análisis de datos	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Resultados	35
4.1.1 Análisis de banco de proyectos.....	35
4.1.2 Evaluación de los costos indirectos	36
4.1.3 Resultados de los Ensayos realizados	40
4.1.4 Probabilidad de éxito de calidad	49
4.1.5 Correlación entre la Probabilidad de éxito de Calidad con los Costos	56
4.1.6 Discusión.....	58
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1 Conclusiones	62
5.2 Recomendaciones	63

	VIII
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Proyectos viales por provincia	27
Tabla 2 Ensayos empleados para la evaluación de los parámetros de calidad	29
Tabla 3 Banco de proyectos con su respectivos Costos indirectos Entidad Contratante y Costos Indirectos Ofertados.....	35
Tabla 4 Categorización de los Costos Indirectos en Cuartiles.....	38
Tabla 5 Proyectos para control de calidad	40
Tabla 6 Porcentaje de cumplimiento de calidad dimensiones Pavimento Articulado	40
Tabla 7 Porcentaje de cumplimiento de calidad espesores	41
Tabla 8 Porcentaje de cumplimiento de calidad Resistencia y abrasión	42
Tabla 9 Porcentaje de incumplimiento de calidad de pavimentos articulados	43
Tabla 10 Porcentaje de cumplimiento de calidad en espesores	44
Tabla 11 Porcentaje de Cumplimiento de la Gravedad Especifica Bulk (Gmb)	44
Tabla 12 Porcentaje de Cumplimiento de la Gravedad Especifica Teórica Máxima RICE (Gmm)	45
Tabla 13 Porcentaje de vacíos de briquetas de asfalto.....	46
Tabla 14 Porcentaje de cumplimiento de calidad de Compactación	46
Tabla 15 Índice de Regularidad Internacional Pavimentos Flexibles.....	47
Tabla 16 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por muestra Pavimentos Articulados.....	50
Tabla 17 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por Parámetro Pavimentos Articulados.....	52
Tabla 18 Determinación de la Probabilidad de éxito de calidad por proyecto Pavimentos Articulados.....	53
Tabla 19 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por muestra Pavimentos Flexibles.....	53
Tabla 20 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por Parámetro Pavimentos Flexible	55
Tabla 21 Determinación de la Probabilidad de éxito de calidad por proyecto de Pavimentos Flexibles.....	55
Tabla 22 Porcentaje de cumplimiento en base al menor costo	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios de control de la calidad en obras	13
Figura 2. Desglose de la gestión de calidad del proyecto	14
Figura 3. Los pavimentos.....	16

	IX
Figura 4. Estructura de los pavimentos flexibles	17
Figura 5. Función del pavimento flexible	18
Figura 6. Pavimentos Articulados.....	18
Figura 7. Factores que Afectan la Estructura del Pavimento.....	19
Figura 8. Fases del deterioro de la carretera	21
Figura 9. Diagrama de Bigotes de costos indirectos.....	37
Figura 10. Agrupación de proyectos del Cuartil 1 (Q1)	39
Figura 11. Representación Gráfica de porcentaje de cumplimiento de calidad en pavimentos articulados	43
Figura 12. Distribución binomial (n=56 y p=0.62).....	51
Figura 13. Distribución binomial (n=48 y p=0.60).....	54
Figura 14. Correlación entre porcentaje de probabilidad de éxito de calidad vs el porcentaje de costo indirectos	57
Figura 15. Correlación entre el porcentaje de probabilidad de éxito de calidad vs el porcentaje de costo reducido	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Matriz de proyectos</i>	68
Anexo 2. <i>Matriz fotográfica Ensayos</i>	69

RESUMEN

La investigación analizó cómo influye la oferta de menor costo en la calidad de las obras viales ejecutadas en la Zona 3 del Ecuador. En la contratación pública suele adjudicarse al precio más bajo, pero este criterio puede subestimar los costos indirectos y afectar el control y la calidad final del proyecto.

El estudio examinó proyectos construidos entre 2021 y 2023, revisando presupuestos, porcentajes de costos indirectos y ensayos de calidad en pavimentos flexibles y articulados. Mediante un análisis estadístico por cuartiles y una evaluación técnica basada en pruebas de campo y laboratorio, se determinó que la probabilidad conjunta de éxito en calidad fue del 0%, debido a que al menos un parámetro no cumplió con la normativa.

Al excluir los parámetros con incumplimiento, la probabilidad de éxito alcanzó el 0.087% en obras de adoquinado y el 1.56% en pavimentos flexibles. La correlación entre costos indirectos y calidad fue del 47%, reflejando una relación débil, pero con tendencia creciente.

En general, los resultados muestran que las ofertas con costos indirectos reducidos presentan mayor riesgo técnico, por lo que se recomienda revisar los criterios de adjudicación e incorporar evaluaciones que prioricen la calidad y una adecuada planificación.

Palabras clave: calidad, probabilidad, costos indirectos, obras viales, contratación pública, pavimentos.

ABSTRACT

This research examines the influence of low-cost bidding on the quality of road construction projects executed in Zone 3 of Ecuador. In public procurement processes, contracts are frequently awarded to the lowest bid; however, this practice often results in the underestimation of indirect costs, which in turn compromises project control and final construction quality.

The study analyzed projects developed between 2021 and 2023, reviewing budget structures, indirect-cost allocations, and quality-control results for flexible and articulated pavements. Using a quartile-based statistical approach and a technical assessment supported by field and laboratory testing, the analysis determined that the joint probability of achieving full compliance with all quality parameters was 0%, as at least one specification failed in every case.

When non-compliant parameters were excluded, the probability of success increased to 0.087% for block pavements and 1.56% for flexible pavements. The correlation between indirect-cost levels and quality outcomes was 47%, indicating a weak but positive relationship.

Overall, the findings indicate that bids with reduced indirect costs entail greater technical risk. These results underscore the need to revise current award criteria and incorporate evaluation methods that prioritize quality assurance and robust project planning.

Keywords: quality, probability, indirect costs, road works, public procurement, pavements.



Verificado digitalmente por:
JESUS ALBERTO
GUEVARA SANCHEZ

Validar documento en: [FlowID](#)

Reviewed by:

Jesús Alberto Guevara Sánchez

CCL ENGLISH PROFESSOR

ID No.:0603947441

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los procesos de contratación pública en Ecuador se gestionan a través del Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador (SOCE), bajo la dirección del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), entidad que establece políticas y condiciones orientadas a garantizar la transparencia, la calidad, la eficiencia, la eficacia y la optimización de los recursos públicos. La información de cada proceso se encuentra disponible en el portal de compras públicas, del SERCOP, e incluye detalles como las etapas del proceso de contratación, datos del contratista adjudicado, informes de la entidad contratante, planillas de avance de obra y documentación técnica del proyecto (SERCOP, 2021).

En los procesos de adjudicación, uno de los criterios más considerados es el de “Mejor Costo”, que busca seleccionar al oferente que cumpla con los requisitos técnicos y legales al menor costo posible. No obstante, se ha identificado un patrón preocupante, en muchos casos las adjudicaciones se otorgan a las ofertas más bajas sin considerar que esta decisión puede comprometer la calidad final de las obras (Espinoza, 2022).

En el sector de la construcción y especialmente en las obras viales, garantizar la calidad resulta aún más complejo, cada proyecto es único, los equipos de trabajo y los actores no siempre son los mismos, el emplazamiento varía y las fuentes de materiales no siempre son constantes; estas condiciones generan variaciones significativas en los costos del proyecto (Fernández, 2013).

La estimación adecuada de los costos indirectos es un componente esencial para asegurar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos viales. No obstante, se ha identificado que

algunos contratistas presentan ofertas con porcentajes de costos indirectos inferiores al 20%, con el fin de obtener la adjudicación, lo cual introduce incertidumbre sobre la calidad final de las obras ejecutadas (Vargas, 2024).

Frente a esta problemática, diversos autores señalan la necesidad de integrar un sistema de control de costos dentro de los programas de gestión de calidad, considerando todos los elementos necesarios para una correcta formulación de los costos indirectos, en concordancia con el llamado "triángulo de hierro" de la gestión de proyectos (Dzul & Gracia, 2008).

La investigación analizó esta problemática desde un enfoque teórico como práctico, mediante el análisis de casos reales de proyectos viales ejecutados por empresas constructoras en la zona 3 del país. Para ello se recopilaron datos de las ofertas económicas presentadas, identificando al oferente adjudicado, así como el porcentaje de costos indirectos, con el fin de determinar si un porcentaje reducido de estos costos guarda relación con el éxito de calidad de las obras ejecutadas.

Si bien el estudio se basa en un número reducido de casos, su enfoque es de carácter exploratorio y se centra en proyectos ejecutados, con el fin de identificar patrones entre el porcentaje ofertado en costos indirectos y el grado de cumplimiento de calidad, especialmente en la capa de rodadura. Para ello, se emplearon herramientas estadísticas como la regresión lineal y el análisis por cuartiles, categorizando los resultados en niveles que permiten interpretar visualmente el desempeño de las obras en relación con su planificación económica.

De acuerdo con el criterio adoptado en esta tesis, se considera que existe **éxito de calidad** cuando una obra cumple al 100% con los parámetros técnicos establecidos, tanto en el uso adecuado de materiales como en la correcta ejecución de los procesos constructivos. Además, se espera que esta calidad no debe verse comprometida por la reducción de los costos indirectos y

que debe garantizar la durabilidad sin necesidad de mantenimientos anticipados, promoviendo la sostenibilidad de las obras.

1.1 Antecedentes

La calidad en la construcción de carreteras está directamente relacionada con el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas por la normativa, tal como lo señala el método AASHTO (1993), donde la evaluación del pavimento no solo se basa en criterios estructurales o funcionales, sino también en el cumplimiento de parámetros normativos que determinan su estado en términos de calidad (Rodríguez, 2024).

En Ecuador, el sector de la construcción representa un componente relevante para la economía nacional, solo en el 2022 aportó el 6.2% al Producto Interno Bruto (PIB) (BCE, 2023), y según la Encuesta Estructural Empresarial (INEC, 2022), generó el 3.2% de la producción y el 2.3% del valor agregado generado por las grandes y medianas empresas.

Las entidades contratantes desempeñan un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico al gestionar y ejecutar proyectos de infraestructura mediante procesos de contratación pública contribuyendo al progreso de la sociedad (Villafuerte, 2016), los cuales se rigen por el equilibrio del denominado “triángulo de hierro” de la gestión de proyectos: costo, tiempo y calidad (Atkinson, 1999).

Diversos estudios han confirmado que el éxito de un proyecto de infraestructura no solo depende de terminarlo a tiempo y dentro del presupuesto, sino de cumplir con los estándares técnicos previstos (Kannimuthu et al., 2019).

Sin embargo, en la práctica, la adjudicación de los procesos de contratación prioriza la oferta económica más baja, dejando de lado una correcta planificación de costos indirectos, lo cual puede afectar la calidad final de la obra.

Por ello, estimar de manera eficiente estos costos es fundamental, ya que permite anticipar las condiciones del entorno, evitar sobrecostos y garantizar que la obra cumpla con los estándares técnicos, tal como lo señalan (Ccama & Panca, 2024).

En este contexto, esta investigación busca contribuir al conocimiento como la gestión de los costos indirectos incide en el cumplimiento de la calidad de las obras viales públicas en la zona 3 del Ecuador, considerando tanto los aspectos normativos como las prácticas y experiencias en el ámbito local.

1.2 Planteamiento del problema

En los procesos de contratación de Licitaciones y Cotizaciones de obras públicas, la selección del contratista frecuentemente se basa en el criterio del menor costo, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos. Esto implica que no se realiza una evaluación integral de su impacto en la calidad de la infraestructura.

Equilibrar la calidad y los costos en los proyectos de infraestructura vial, es un desafío crítico para la toma de decisiones. Con frecuencia, optar por el menor costo compromete la calidad de la obra, lo que finalmente genera mayores gastos por mantenimientos prematuros, fallas estructurales o incumplimiento de estándares técnicos.

Estas reducciones presupuestarias se originan en parte, por la estimación costos indirectos inferiores a los contemplados por las entidades públicas. Diversas investigaciones han demostrado que los costos indirectos son un factor clave en el éxito o fracaso de un proyecto; una disminución

en el capital destinado a estos costos puede derivar en el uso de materiales de menor calidad o en un control técnico insuficiente, afectando negativamente la calidad final de la estructura (Suarez & Arom, 2018)

Hasta el momento el problema de la calidad en la construcción se ha manejado mediante sistemas de inspección. Sin embargo, estas inspecciones no han generado resultados positivos como mecanismos de aseguramiento de la calidad, debido a que suelen detectar las fallas cuando su corrección ya implica altos costos e inconvenientes.(Santana, 2006).

En la industria de la construcción, en el ámbito de las obras viales el problema de la calidad se agrava por las características propias del sector, cada proyecto es único, los participantes van cambiando, el lugar físico de ejecución cambia y las fuentes de abastecimiento de materias primas son variables (Santana, 2006).

Por ello, es fundamental analizar como una estimación deficiente de los costos indirectos puede afectar directamente la calidad de las obras, así como identificar mejoras que permitan asegurar la eficiencia, la durabilidad y calidad de las infraestructuras viales en la zona 3. A pesar de su importancia, esta zona carece de estudios que examinen la calidad de los pavimentos desde la perspectiva del menor costo. Esta ausencia de investigaciones evidencia la necesidad de desarrollar análisis locales y ajustados a la realidad del territorio, considerando factores como el clima, las características geológicas y las prácticas de construcción propias de la región (Pérez, 2024).

Bajo este contexto, surge la necesidad de analizar ¿Cómo influye la subestimación de los costos indirectos en la calidad de las obras viales? La respuesta a esta interrogante permitirá identificar vacíos en la gestión del proyecto que inciden de manera negativa en la durabilidad, funcionalidad y seguridad de la infraestructura durante la etapa de operación.

1.3 Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de comprender cómo la estimación de los costos indirectos incide en la calidad de las obras viales contratadas mediante procesos públicos en el Ecuador, específicamente en la Zona de Planificación 3. Este estudio cobra relevancia en un contexto donde la infraestructura vial constituye un eje fundamental para el desarrollo económico, social y territorial del país, y donde una deficiente gestión de los recursos financieros puede comprometer seriamente la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las obras,

En los procesos de licitación y cotización pública en Ecuador, la LOSNCP establece que el "mejor costo" debe considerar factores técnicos, legales y financieros. Sin embargo, en la práctica, los oferentes tienden a reducir sus presupuestos para mejorar sus posibilidades de adjudicación, minimizando los costos indirectos sin un análisis adecuado. Esta reducción puede traducirse en una asignación insuficiente de recursos para actividades como supervisión, seguridad, logística y control de calidad, afectando el desempeño estructural de la obra, su vida útil y en algunos casos la seguridad de los usuarios.

Adicionalmente, la industria de la construcción, particularmente en el ámbito vial, enfrenta desafíos complejos debido a la variabilidad de los entornos, materiales, condiciones climáticas y actores intervinientes en cada proyecto. Esta realidad dificulta la estandarización de procesos y exige una planificación financiera rigurosa, en la que los costos indirectos desempeñan un papel determinante para asegurar la calidad y la correcta ejecución del proyecto (Santana, 2006).

En la zona 3 del Ecuador aún existe una brecha importante de conocimiento sobre la calidad de las obras viales ejecutadas bajo criterios de menor costo. Considerando que los factores

mencionados por (Pérez, 2024) influyen directamente en el desempeño de la infraestructura, se vuelve necesario un análisis más contextualizado. En este sentido la presente investigación buscó reducir dicha brecha mediante un estudio exploratorio que permita determinar si existe relación entre una inadecuada estimación de costos indirectos y la calidad final de los pavimentos en la región.

Desde el ámbito académico y técnico, esta investigación resulta relevante al aportar información real sobre cómo una mala estimación de los costos indirectos puede comprometer la calidad de las obras. Tener claridad sobre este aspecto es crucial, ya que el incumplimiento de un solo parámetro puede afectar significativamente el éxito o incluso el fracaso total del proyecto. Asimismo, los resultados respaldan la necesidad de implementar estrategias que garanticen la calidad, la durabilidad y la rentabilidad de las infraestructuras viales, en beneficio del desarrollo sostenible de la región.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

- Evaluar la relación entre la probabilidad de éxito de calidad de las obras y el menor costo en proyectos de infraestructura vial en la zona 3.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Evaluar los costos indirectos de los procesos de contratación pública de cotizaciones y licitaciones de infraestructura vial de la zona 3 en base a una metodología establecida.
- Categorizar los procesos de contratación pública en función del grado de cumplimiento con el porcentaje de los costos indirectos.
- Correlacionar los resultados de calidad con los resultados de los indirectos obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Construcciones en Ecuador

Según el Foro Económico Mundial (2018), Ecuador ocupa el puesto 59 en el pilar de infraestructura del Índice de Competitividad Global. Montenegro y Valbuena (2018) enfatizan que la infraestructura vial constituye un componente esencial para el progreso de los países latinoamericanos, pues mejora la eficiencia de los mercados y fortalece la competitividad. En esta línea, Rojas, López y Ramírez Muriel (2018), destacan que una inversión adecuada en infraestructura vial contribuye directamente a la calidad de las obras, impactando positivamente en la movilidad, la seguridad y la sostenibilidad del desarrollo urbano y rural.

La construcción constituye un elemento dinamizador de la economía, en el año 2022, este sector representó el 10 % del (PIB) ecuatoriano (BCE, 2023). Además, los resultados de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM), detalla que la industria de la construcción aportó el 3,2% de la producción nacional de las grandes y medianas empresas, y el 2,3% del valor agregado (INEC, 2022).

La construcción es un sector clave en la economía, caracterizado por su estrecha relación con diversas industrias y su capacidad para generar empleo. Su crecimiento se refleja en el aumento del consumo per cápita de insumos, impulsado por la constante demanda de infraestructura y vivienda. Aunque experimenta períodos de recesión, la expansión del sector responde a las crecientes necesidades habitacionales, favoreciendo el desarrollo sostenido de nuevas edificaciones. Entonces la construcción ostenta una posición estratégica en la economía del

Ecuador, debido a su impacto directo e indirecto en diversos mercados o sectores socioeconómicos (Díaz et al., 2023).

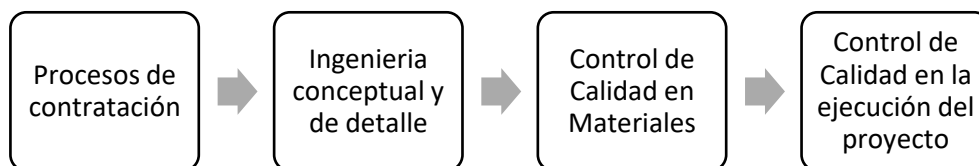
La estimación precisa de costos constituye un componente esencial para garantizar la calidad de las obras en infraestructura vial. Eby (2017) sostiene que una gestión eficiente de costos permite optimizar los recursos y mejorar el desempeño del proyecto, asegurando estándares adecuados en materiales, mano de obra y procesos constructivos. Por su parte, Lambretón (2015) subraya que el análisis de costos en la construcción es un proceso complejo y heterogéneo, en el que deben considerarse múltiples variables para evitar desviaciones presupuestarias que afecten la calidad y el cumplimiento de especificaciones técnicas (Vargas, 2024)

2.2 Calidad en las obras viales

El principio de calidad en las obras públicas del Ecuador busca maximizar el beneficio social, garantizando altos estándares constructivos a costos justos (Zarate, 2015). En el caso de la infraestructura vial, la calidad de una obra está directamente relacionada con el cumplimiento estricto de las especificaciones técnicas establecidas por la normativa nacional, cuya calidad depende en gran medida de la adecuada selección y uso de los materiales (F. A. Maldonado, 2014).

En esta línea, Colcha (2019) plantea criterios concretos para fortalecer el control de calidad coincidiendo con lo señalado por Espinoza (2022), quien enfatiza que una adecuada supervisión técnica y el cumplimiento a la normativa son fundamentales para obtener resultados confiables.

Figura 1. Criterios de control de la calidad en obras



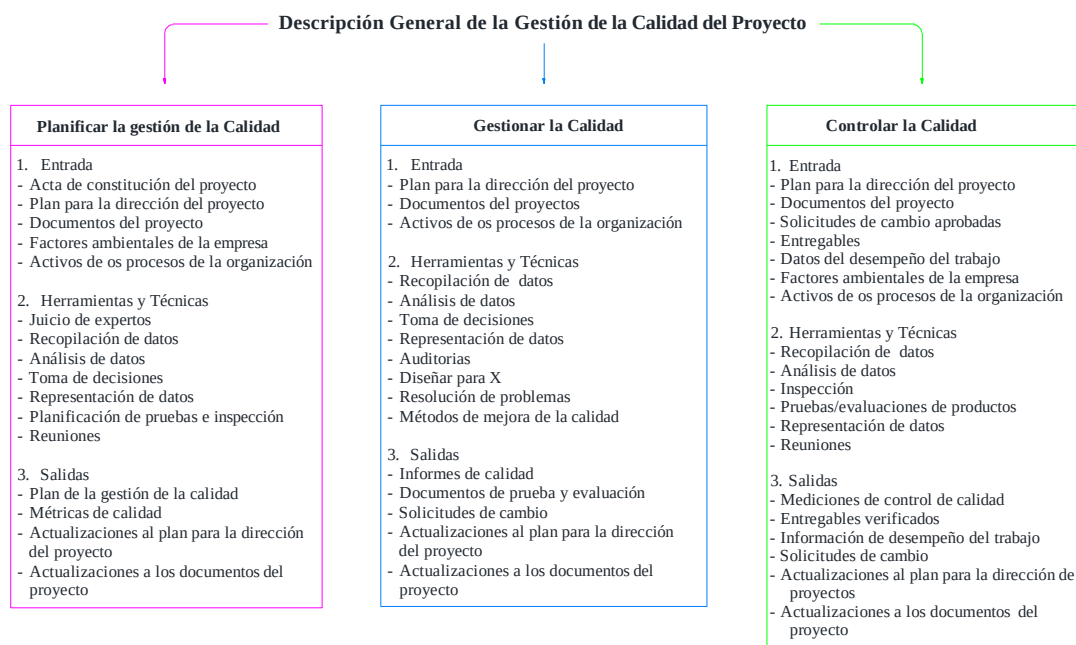
Fuente: (Colcha 2019)

Estos enunciados tienen como objetivo ejercer presión sobre las entidades involucradas, permitiendo un control adecuado de la calidad de la obra sin comprometer la seguridad de los usuarios. Además, buscan garantizar que los rubros mantengan altos niveles de rendimiento a costos justos, asegurando así la ejecución de obras de calidad.

2.3 Gestión de la calidad del proyecto y del producto

La gestión de la calidad del proyecto tiene como propósito asegurar que tanto el desarrollo como su producto final cumplan con los requisitos previamente definidos, esta gestión se estructura en tres procesos fundamentales: la **planificación de la calidad**, donde se identifican estándares y métodos necesarios para garantizar el cumplimiento técnico; **el aseguramiento de la calidad**, que comprende auditorías y revisiones destinadas a verificar la correcta aplicación de los procesos; y **el control de calidad**, basado en la inspección y evaluación de los resultados para detectar desviaciones y aplicar medidas correctivas.

Cuando este tipo de gestión se aplica a las obras viales, ayuda a prevenir fallas, disminuir retrabajos y asegurar que cada etapa se ejecute conforme a las especificaciones técnicas, lo que se traduce a una infraestructura segura y duradera (PMBOK, 2017).

Figura 2. Desglose de la gestión de calidad del proyecto

Fuente: (PMBOK 2017)

Es importante mencionar que el triángulo de hierro representa la relación interdependiente entre alcance, tiempo y costo, cuyo equilibrio es fundamental para lograr la calidad del producto, es decir, no puede modificarse una de las restricciones sin afectar a las demás (Barnes, 1969). Además, un cambio en el costo sin ajustar el alcance o el tiempo puede ocasionar una disminución en la calidad, ya que estos factores están intrínsecamente relacionados y forman parte de un equilibrio delicado que debe mantenerse para alcanzar el éxito del proyecto. (Schwalbe, 2016)

El aseguramiento de la calidad del producto se fundamenta en el cumplimiento riguroso de las especificaciones técnicas establecidas bajo la responsabilidad de la entidad contratante, las cuales definen los materiales y rubros del proyecto (SERCOP, 2021). Estas especificaciones se encuentran sustentadas en normativas nacionales como las emitidas por el (MTOP, 2002), y en estándares internacionales como ASTM o AASHTO. Según el Instituto Nacional de vías INVIAS,

para lograrlo es necesario implementar actividades de control detalladas que permitan evaluar y verificar cada aspecto constructivo, considerando la participación de la interventoría en contratos de obra, con el fin de garantizar que el contratista cumpla con los estándares requeridos (INVIAS, 2012).

Estas especificaciones constituyen la base para el aseguramiento de la calidad del producto, garantizando la durabilidad y serviciabilidad en la etapa de operación, en este sentido, el control en obra terminada se enfoca en parámetros como la densidad y el porcentaje de compactación, el espesor de la capa de rodadura, el contenido de vacíos en la mezcla compactada y el contenido de asfalto en pavimentos flexibles. En el caso de los pavimentos articulados, se consideran parámetros como: la resistencia, el desgaste o abrasión, las dimensiones y los espesores, los cuales deben ser verificados mediante ensayos de laboratorio y campo de acuerdo con la normativa (NEVI-12, 2013)

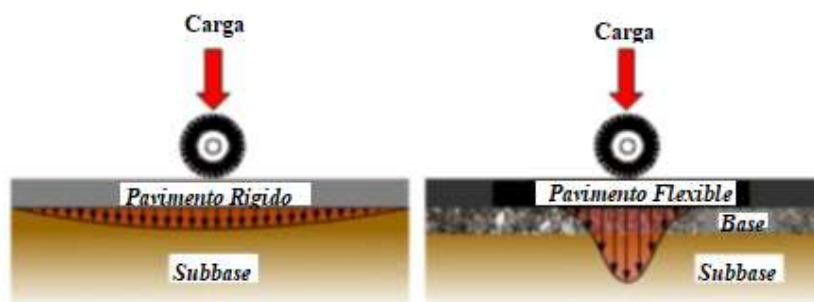
Si bien el control de calidad en obras viales suele centrarse en la verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en las especificaciones generales de construcción, es igualmente crucial evaluar la uniformidad y consistencia de la obra. Una supervisión integral debe ir más allá de la inspección puntual de cada fase constructiva, incorporando estrategias de mejora continua que aseguren que la infraestructura vial responda de manera óptima a las condiciones de servicio y seguridad para los usuarios (Coronado, 2021).

2.4 Tipología y estructura de Pavimentos

El pavimento vial es un sistema estructural conformada por diferentes capas de materiales con propiedades y espesores específicos, dispuestas de manera que trabajen de forma conjunta para soportar y distribuir las cargas generadas por el tránsito. Estas capas se apoyan sobre una base

denominada "subrasante", cuya función es recibir las cargas transmitidas desde las capas superiores para luego dispersarlas de manera uniforme hacia el terreno, evitando deformaciones (Almeida et al., 2016).

Figura 3. Los pavimentos



Fuente: (Revista Científica Multidisciplinar 2016)

La función de los pavimentos es proporcionar una superficie de rodadura que permita la movilidad vehicular segura y cómoda, permitiendo la circulación a las velocidades previstas y bajo diversas condiciones climáticas (Velásquez, 2024). Para lograr este objetivo, es indispensable cumplir con parámetros técnicos en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Estas fases integran conocimientos de geotecnia, estructuras, materiales y transporte, debido a la importancia de valorar y ejecutar el mantenimiento de las vías (Almeida et al., 2016)

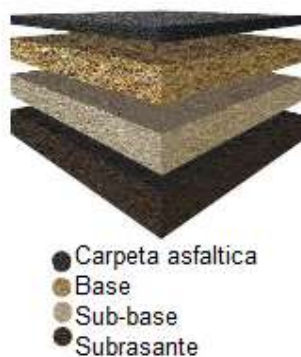
2.4.1 Tipos de Pavimento

En la actualidad, existe una amplia variedad de tipos de pavimentos que, de acuerdo con los criterios tradicionales, pueden clasificarse en pavimentos rígidos, pavimentos flexibles, pavimentos mixtos o compuestos.

2.4.1.1 *Pavimento Bituminoso o compuesto*

Son estructuras conformadas por diferentes materiales granulares dispuestos en capas de espesores variables y colocadas de forma progresiva, estas capas cumplen la función de soportar y distribuir las cargas axiales generadas por el tránsito vehicular al estar en contacto con la estructura (Almeida et al., 2016)

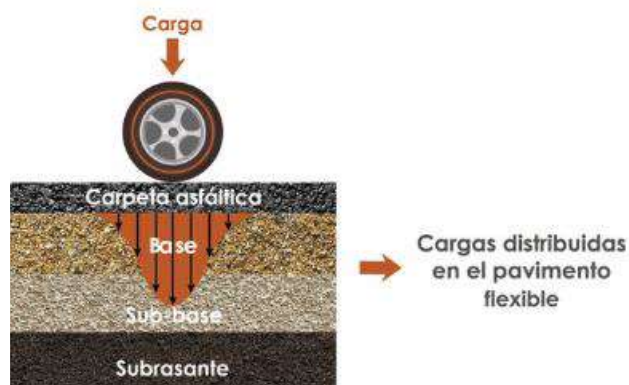
Figura 4. Estructura de los pavimentos flexibles



Fuente: (Revista Científica Multidisciplinar 2016)

2.4.1.2 *Capa de rodadura en un pavimento flexible.*

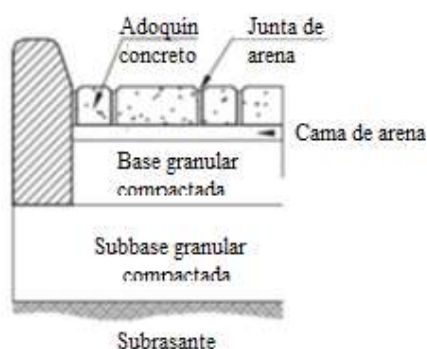
Es el material ubicado en la parte superior del pavimento y le da acabado a la estructura vial, se encuentra en contacto con las llantas de los vehículos y les proporciona la estabilidad y regularidad a los mismos. Está compuesto por un conjunto de diferentes agregados con una proporción de material ligante o bituminoso (Almeida et al., 2016)

Figura 5. Función del pavimento flexible

Fuente: Conceptos básicos del Pavimento s/f (Revista Científica Multidisciplinar 2016)

2.4.1.3 *Pavimento Articulado*

Este pavimento se conforma mediante la utilización de una capa superior compuesta por adoquines de concreto. En el caso de que existan se incluyen capas adicionales de base y subbase, y opcionalmente se puede agregar una capa de mejoramiento de la subrasante(Sánchez, 2003).

Figura 6. Pavimentos Articulados

Fuente: (Cámara nacional de Concreto Nicaragua, s/n)

En estos pavimentos, los adoquines de concreto deben cumplir con la Norma NTE INEN 3040 Adoquines de Hormigón Requisitos y métodos de ensayo (NEVI-12, 2013)

2.4.2 Factores que afectan la estructura del Pavimento

En la etapa de diseño de pavimentos, el objetivo principal es garantizar una resistencia óptima y una funcionalidad adecuada de la estructura, manteniendo un equilibrio entre desempeño y los costos. Para ello, se deben evaluar los costos de construcción, así como también los de operación y mantenimiento a lo largo de su vida útil, la cual puede variar entre 15 y 40 años.

Figura 7. Factores que Afectan la Estructura del Pavimento



Fuente: (Velásquez 2024)

Al enfocarnos en la calidad que debe cumplir la estructura que conforma el pavimento y al momento de determinar los espesores de sus capas, se deben considerar múltiples factores, entre los cuales se incluyen los siguientes:

- *Efectos de Medio Ambiente.* – Es fundamental tener en cuenta las condiciones ambientales al momento de seleccionar los materiales y los elementos complementarios asociados, como el drenaje. El agua influye de manera significativa en el comportamiento de los materiales que componen los pavimentos, modificando algunas de sus propiedades, tales como la resistencia al corte, cohesión, dilatación, contracción, erosión, grado de compactación y

envejecimiento del asfalto. Por ello, una adecuada gestión de drenaje y la protección frente a agentes climáticos resulta esencial para prevenir la integridad estructural del pavimento.

- *Características y propiedades de los materiales.* - La correcta selección y caracterización adecuada de los materiales contribuye un factor determinante para garantizar la calidad, durabilidad y desempeño de la estructura vial. Las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los materiales, como la resistencia a la compresión, la estabilidad volumétrica, la permeabilidad y la adhesión, influyen directamente en la capacidad de soporte de carga y en la resistencia a deformaciones bajo condiciones de tráfico y clima. No considerar adecuadamente estos aspectos puede generar fallas prematuras, tales como fisuración, ahuellamiento, desprendimiento de la carpeta asfáltica y asentamientos diferenciales, lo que reduce significativamente la vida útil del pavimento e incrementa los costos de mantenimiento y rehabilitación (Velásquez, 2024).

Es importante cumplir con las normas de calidad y realizar ensayos rigurosos que permitan verificar que los materiales realmente cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

En cuanto a los factores económicos, la estimación de costos es una etapa clave dentro de la planificación y ejecución del proyecto, pues permite anticipar el presupuesto necesario para su construcción, mantenimiento y operación durante su vida útil. Se debe incluir los costos directos como materiales, mano de obra y equipo, y los costos indirectos, que abarcan gestión, supervisión, seguros y permisos.

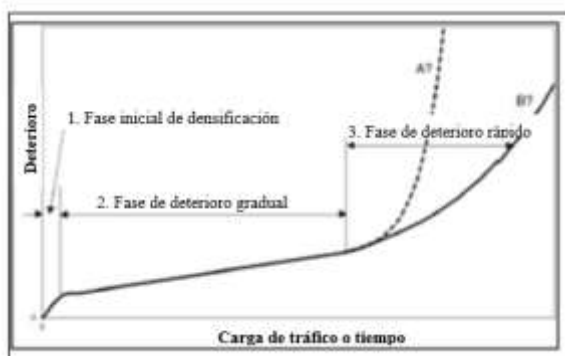
También es necesario considerar aspectos como la topografía del terreno, las condiciones geotécnicas, el tipo de pavimento, el volumen de tráfico esperado y los requisitos técnicos

del proyecto, con el fin de evitar sobrecostos, retrasos y fallas estructurales, afectando la calidad y sostenibilidad de la vía (Velásquez, 2024).

2.4.3 Deterioro de Pavimentos Flexibles

El deterioro de los pavimentos flexibles es un proceso progresivo que ocurre como resultado de la acción combinada del tráfico vehicular, los factores ambientales, la calidad de los materiales empleados, el clima, entre otros patógenos, perjudicando en gran medida la calidad de circulación vehicular (Velásquez, 2024).

Figura 8. Fases del deterioro de la carretera



Fuente: (Martin & Sen, 2023)

La primera fase, denominada densificación inicial (compactación del pavimento por el tráfico), ocurre durante los primeros 12 meses posteriores a la construcción y presenta ciertos tipos de deterioro permanente.

La segunda fase, llamada deterioro gradual, corresponde al periodo en el que el pavimento presta mayor parte de su servicio; en esta etapa, el desgaste avanza de manera lenta y casi lineal.

Finalmente, la tercera fase denominada deterioro rápido, se distingue por un incremento acelerado de los daños, dos o tres veces más rápido que la fase anterior y resulta difícil de predecir, ya que ocurre cuando el pavimento se aproxima a su falla estructural final. (Martin & Sen, 2023)

Los principales mecanismos de daño identificados en los pavimentos flexibles incluyen: la fatiga estructural, que genera grietas debido a la repetición de cargas vehiculares; la deformación permanente, manifestada como ahuellamiento producto de la consolidación y fluencia del material; y la desintegración superficial, que comprende el desprendimiento de agregados y la formación de baches (Huang, Y.H., 2004).

2.5 Índice de Regularidad internacional (IRI)

2.5.1 Definición

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es un modelo matemático desarrollado por el Banco Mundial en 1986 para evaluar la regularidad superficial de las vías. Este índice utiliza un modelo de cuarto de carro, el cual se desplaza a una velocidad de 80 km/h y registra los desplazamientos verticales en la suspensión de un vehículo estándar, causado por las irregularidades del pavimento. El IRI cuantifica los movimientos no deseados, permitiendo medir la calidad del pavimento (Badilla, 2012).

El modelo está compuesto por una masa amortiguada (que representa una cuarta parte del vehículo) conectada a una masa no amortiguada el cual es el eje y neumático. Ambas se enlazan mediante un resorte y un amortiguador lineal que simulan la suspensión del vehículo, finalmente, el neumático se representa mediante otro resorte lineal (Badilla, 2012).

Al terminar la construcción de una carretera, su perfil longitudinal se encuentra en un estado inicial cero, caracterizado por un valor de (IRI) cercano a cero debido a factores

relacionados con la construcción. Sin embargo, una vez que la vía entra en operación y se expone al tránsito vehicular y a las condiciones ambientales, el pavimento comienza a perder regularidad, reflejando un incremento progresivo del IRI, que evidencia el deterioro funcional de la vía (Acosta et al., 2016)

2.5.2 Método para la Medición de la Regularidad

Para determinar la regularidad superficial del pavimento, existen diversos métodos, los cuales varían en precisión, costo y complejidad operativa que. Entre los sistemas tradicionales empleados se encuentran los perfilómetros laser de alta velocidad, los vehículos instrumentados y los métodos basados en rugosímetros mecánicos, los cuales ofrecen altos niveles de exactitud, aunque requieren equipos especializados y altos costos de operación. Sin embargo, en los últimos años han surgido alternativas accesibles basadas en tecnologías móviles, particularmente mediante el uso de teléfonos inteligentes (Hirpahuanca, 2016).

2.5.2.1 Medición del IRI utilizando Smartphone

En evaluaciones de tipo superficial, cuando no se dispone de métodos sofisticados o de precisión, la regularidad puede estimarse mediante métodos simplificados, basados en la comparación con indicadores empíricos, como la sensación de comodidad experimentada por un evaluador al recorrer la vía o la observación de defectos superficiales que generan movimientos perceptibles en el vehículo (NEVI-12, 2013)

El uso de smartphone para medir la regularidad del pavimento se ha generado por su bajo costo, facilidad de uso y alta eficiencia en la recolección de datos. Sin embargo, presenta limitaciones, ya que los resultados pueden verse afectados por factores como el tipo de vehículo utilizado, la presión de inflado de los neumáticos, la velocidad de desplazamiento

y la distribución del peso del vehículo (Moreno, 2026). En tales casos, puede complementarse con una evaluación subjetiva, basada en la experiencia del evaluador o en inspecciones visuales (Hirpahuanca, 2016).

2.5.3 Evaluación del IRI a través de aplicaciones

En la actualidad, existen aplicaciones móviles desarrolladas para Smartphone o teléfonos inteligentes, que permiten medir la regularidad del pavimento de manera precisa, portátil, eficaz y sencilla. Estas aplicaciones facilitan el monitoreo del estado de los carriles y la uniformidad de la superficie de rodadura, constituyendo una herramienta eficiente, económica y accesible. Funcionan a través de un acelerómetro integrado, que detecta vibraciones mientras el vehículo circula, y un sistema de posicionamiento global (GPS) que localiza geográficamente los puntos de medición (Oyolo, 2016).

Según Lars & Hans en el (2015), la recopilación de datos mediante teléfonos inteligentes no competirá directamente con las mediciones de alta precisión (Clase 1), pero las complementa de forma efectiva. Estas aplicaciones alcanzan un nivel de precisión correspondiente a las clases 2 y 3, lo que indica un buen rendimiento y resultados confiables en la estimación IRI (Hirpahuanca, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El estudio fue de tipo exploratorio, examinó la relación entre la calidad de obras y los costos indirectos de un grupo de proyectos exentos de estandarización específica de la Zona 3, el objetivo principal no es probar una hipótesis causal, sino familiarizarse con el tema, identificar variables relevantes e identificar parámetros significativos de calidad. (Creswell, 2018)

Además, se consideró de enfoque mixto porque la investigación probablemente requiere la recolección y el análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos para obtener una comprensión completa del fenómeno, en este sentido el componente cuantitativo utilizó información numérica como la probabilidad de éxito y los costos indirectos, el componente cualitativo por su parte abarca la calidad de las obras puede incluir aspectos subjetivos que no son fácilmente cuantificables, como la percepción de los usuarios, opiniones de expertos o el análisis de la gestión de proyectos. La combinación de ambos tipos de datos permite una visión más holística. (Hernández-Sampieri, 2018)

Con relación al tiempo la investigación fue de tipo transversal debido a la observación del cumplimiento de parámetros de calidad de proyectos de infraestructura vial ejecutados entre los años 2021 y 2023, en base a los datos obtenidos del Sistema Oficial de Contratación del Estado (SOCE).

Como resultado, se espera generar criterios técnicos que orienten a las entidades contratantes sobre los riesgos asociados a adjudicar contratos exclusivamente al menor costo, así

como proponer recomendaciones que promuevan la selección de ofertas óptimas sin comprometer la calidad de las obras públicas.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño fue no experimental porque el investigador no manipula deliberadamente ninguna de las variables, no se alteraron los costos ni se intervino en la calidad de las obras para variar sus condiciones; en su lugar, se analizaron eventos ocurridos de forma natural. Así también respondió a un estudio observacional debido a la escasa evidencia previa que relacionó directamente los costos indirectos con la calidad técnica de las obras viales en el contexto ecuatoriano, particularmente en la zona 3 por tanto, se evaluó la relación entre la calidad y el costo tal como se presentan en los proyectos de infraestructura vial ya ejecutados. (Teddle, 2009)

3.3 Técnicas de recolección de Datos

La investigación utilizó como técnica la observación, sin embargo, varios fueron los instrumentos que reportaron los datos requeridos para el estudio, entre ellos presupuestos referenciales, listas de precios unitarios, especificaciones técnicas, planos y ofertas de proveedores de los procesos de contratación mediante la modalidad de licitación y cotización en el periodo de análisis comprendido entre los años 2021 y 2023, dentro de la zona de planificación 3 del país, cada documento fue de libre acceso y su disponibilidad yace en la plataforma del (SOCE) Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador.

La síntesis de información fue almacenada en una bitácora de oferentes y montos ofertados, con el objetivo de reconocer las obras adjudicadas con reducidas propuestas económicas.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

El colectivo de la investigación estuvo constituido por los 32 proyectos viales que respondieron a procesos de licitación y cotización de obra llevadas a cabo en la zona 3 del país (Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza) entre el 1 de enero de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2023.

Dado que la población de estudio fue reducida, se empleó un muestreo no probabilístico, por conveniencia, en este enfoque el investigador determinó una muestra 32 proyectos de obras viales con base en criterios específicos como documentos asociados a los procesos de contratación de proyectos viales, incluyendo el pliego de condiciones, los términos de referencia, las especificaciones técnicas, y los análisis de precios unitarios tanto de la entidad contratante como de los oferentes (Hernández, 2021); aquellos proyectos carentes de la información fueron descartados de la matriz de proyectos.

Tabla 1 Proyectos viales por provincia

POBLACIÓN	
No DE OBRAS	PROVINCIA
16	CHIMBORAZO
14	COTOPAXI
1	PASTAZA
2	TUNGURAHUA

3.5 Métodos de análisis, y procesamiento de datos

3.5.1 Definición de variables

Las características seleccionadas de los 32 proyectos viales fueron monto y costo indirecto de la entidad contratante, monto y costo indirecto ofertado, plazo de ejecución, el estado actual del proceso; por otro lado, como variables exógenas de la investigación se utilizaron las

especificaciones de los parámetros de cumplimiento de calidad como longitud (mm), ancho (mm), espesor (mm), resistencia a la compresión y abrasión (% desgaste) para los pavimentos articulados y gravedad específica BULK, gravedad específica teórica máxima RICE (Gmm), vacíos, calidad de compactación, índice de regularidad internacional IRI para pavimentos flexibles.

3.5.2 Procedimiento de la investigación

1. Construcción de la matriz de datos donde como filas se ubican los proyectos seleccionados y como columnas las variables citadas en el apartado anterior.
2. Dado que los costos indirectos si se encuentran disponibles dentro del análisis de precios unitarios de cada uno de los proyectos viales, se realizó un análisis exploratorio de datos para hallar la mediana, el mínimo y máximo de los costos indirectos, adicional se obtuvieron los cuartiles de la variable para clasificar los proyectos (Castillo, 2021). Dentro de esta categorización los proyectos por debajo del valor de la mediana serán categorizados grupos mínimo, medio y máximo (Vargas, 2024).
3. Los proyectos cuyos costos se encuentran bajo el valor del cuartil uno (Q1) formaron parte de los ensayos de laboratorio para la contrastación de los parámetros técnicos requeridos en las especificaciones técnicas y la determinación del cumplimiento de calidad.
4. Seguido se calculó la probabilidad de cumplimiento de las especificaciones de forma individual y grupal para pavimentos articulados y flexibles.
5. Se calculó la asociación entre el cumplimiento de calidad y los costos indirectos, a través de un modelo de regresión lineal simple. De igual manera, se analizó la relación entre el cumplimiento de calidad y el porcentaje de costo reducido, correspondiente a la (diferencia entre el porcentaje de costo referencial y el porcentaje de costo ofertado), con el fin de determinar el efecto de esta variación económica en los niveles de calidad alcanzada.

$$\% \text{ costo reducido} = 100 - \left(\frac{\text{costo ofertado}}{\text{costo referencial}} * 100 \right)$$

3.5.3 Ensayos de calidad

Los parámetros considerados para la medición de la calidad en las capas que forman el paquete estructural de la vía, tanto en laboratorio como en campo, son fundamentales para garantizar la vida útil de la obra. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de vialidad NEVI-12 los controles de Granulometría, Proctor, CBR y Compactación, deben efectuarse en las capas de subbase y base. Sin embargo en la investigación no fue factible realizar dichos controles, debido a que el análisis se centró únicamente en lo visible que es el pavimento, además algunos proyectos al encontrarse en etapa de recepción definitiva no se obtuvo la apertura y autorización para ser intervenida por terceros, por tal razón se descartó la verificación de calidad en estas capas (RGLOSNC, 2023)

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de Vialidad NEVI-12, el control de calidad para la capa de rodadura establece los siguientes ensayos de laboratorio y de campo que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2 Ensayos empleados para la evaluación de los parámetros de calidad

Tipo	Ensayos
Pavimento flexible	Espesor de capa colocada
	Densidad y porcentaje de compactación
	- Gravedad Especifica Bulk (Gmb)
	- Gravedad Específica Teórica
	Máxima (Gmm o RICE)
	- Compactación
	Contenidos de vacíos en la mezcla compactada
	Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Pavimento articulado	Dimensiones y espesores
	Resistencia
	Resistencia al desgaste o abrasión

Por ello, el control de calidad de la capa de rodadura en pavimentos flexibles se basó en la evaluación de los siguientes parámetros:

- ✓ **Espesor de la capa colocada.** – Se midió en briquetas, con el propósito de confirmar que el espesor ejecutado corresponde al establecido en el contrato.
- ✓ **Densidad y porcentaje de compactación.** – Se determinaron mediante la extracción de briquetas de asfalto, con el fin de verificar si la mezcla fue compactada de forma correcta (NEVI-12, 2013).

En el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en el diseño y control de mezclas asfálticas para pavimentos, fue fundamental comprender y evaluar parámetros como la gravedad específica Bulk (Gmb) y la gravedad específica teórica máxima, conocida como RICE (Gmm). Estos parámetros resultaron esenciales para garantizar la calidad, estabilidad y durabilidad de la capa de rodadura, las cuales se obtienen mediante las siguientes formulas.

Gravedad Especifica Bulk (Gmb) se aplica la siguiente formula:

$$Gmb = \frac{WD}{WSSD - W_{sumergido}} \quad [Ec. 1]$$

Donde:

Gmb = Gravedad Especifica Bulk

WD = Peso del espécimen seco al aire

WSSD = Peso del espécimen saturado superficialmente seco al aire

$W_{sumergido}$ = Peso del espécimen sumergido en agua

Gravedad Específica Teórica Máxima (Gmm o RICE) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Gmm = \frac{Pmm}{P_s - \frac{Pb}{Gb}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

Gmm = Gravedad Específica Teórica Máxima

Pmm = Peso total de la muestra

P_s = Peso del agregado

Pmm = Peso de asfalto

Gb = Gravedad específica del asfalto

La densidad máxima teórica (RICE) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Dmáx_{RICE} = \frac{Gmm}{D_{agua}} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

$Dmáx_{RICE}$ = Densidad máxima RICE

D_{agua} = Densidad del agua

Compactación. – El % de compactación se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%compactación = \frac{\text{Gravedad específica actual}}{Gmm} \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$\text{Gravedad específica actual} = \frac{\text{Peso de la muestra en aire}}{\text{Volumen}} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Cuyo porcentaje debe cumplir con el indicado en la norma o especificación técnica.

- ✓ **Contenidos de vacíos en la mezcla compactada.** – Se evaluó con la finalidad de determinar la permeabilidad y durabilidad de la mezcla, cuyo rango típico se encuentra entre el 3% y el 5% (NEVI-12, 2013), se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de vacíos} = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right) * 100 \quad [\text{Ec. 6}]$$

Con el porcentaje de vacíos se puede determinar el porcentaje de compactación con la siguiente fórmula:

$$\text{Compactación} = 100 - (\% \text{ de vacíos}) \quad [\text{Ec. 7}]$$

- ✓ **Índice de Regularidad Internacional (IRI).** – La evaluación se realizó con el propósito de determinar el estado actual de la capa de rodadura, mediante la medición de las imperfecciones horizontales y verticales del asfalto, enfocándose en la verificación de su regularidad superficial. Este parámetro cobró especial relevancia al evidenciarse que, en muchos casos, los proyectos no contemplaban ni exigían el control de calidad correspondiente durante su ejecución. De acuerdo con la (NEVI-12, 2013), el índice de regularidad internacional (IRI) en obras nuevas ser menor o igual a 2.00 m/km, a fin de asegurar una superficie uniforme, segura y confortable para la circulación vehicular

En el caso de los pavimentos articulados los parámetros considerados para verificar la calidad de la capa de rodadura, conforme a la (NEVI-12, 2013), capítulo 813-4, pág. 403 fueron los siguientes:

- ✓ **Dimensiones y espesores.** – Se midieron en los adoquines con el propósito de confirmar que garantizan uniformidad, adecuada interconexión entre piezas y una distribución eficiente de cargas.
- ✓ **Resistencia.** – Se verificó con el propósito de garantizar que los adoquines soportan las cargas vehiculares sin fracturarse y cumplieron con la resistencia establecida en el diseño.

- ✓ **Resistencia al desgaste o abrasión.** – Se evaluó para comprobar la capacidad del material frente a las acciones de tráfico, la fricción y las condiciones climáticas adversas.

Los ensayos realizados en pavimentos articulados deben cumplir con los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 3040.

3.5.4 Técnicas estadísticas

El análisis exploratorio de datos fue la herramienta utilizada para el cálculo de indicadores numéricos como Medidas de Tendencia Central (media, mediana, cuartiles) y representaciones gráficas (diagrama de caja) de los costos indirectos; para el cálculo de probabilidades que responden al cumplimiento o no de la calidad todos los experimentos fueron modelados con la distribución binomial, la fórmula utilizada fue

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k q^{(n-k)} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde $P(X = k)$ probabilidad de exactamente k éxitos, $\binom{n}{k}$ coeficiente binomial (n elige k), p es la probabilidad de éxito en cada ensayo, n es el número total de ensayos y k es el número de éxitos; hay que destacar que la fórmula de la probabilidad sirve para el cálculo de probabilidad individual sin embargo la investigación presentó una probabilidad de cumplimiento de calidad según el tipo de proyecto vial es por ello que se utilizó la fórmula de probabilidad total definida como sigue

$$P(T) = p_1 * p_2 * p_3 * ... * p_n \quad [\text{Ec. 9}]$$

Con la finalidad de determinar la asociación entre las variables calidad de los proyectos y los costos indirectos se utilizó un modelo de regresión lineal simple cuyo modelo sigue la ecuación

$$Y = b_0 + b_1X \quad [\text{Ec. 10}]$$

La variable independiente fue el costo indirecto del proyecto y la variable respuesta la probabilidad de éxito del proyecto.

3.5.5 Software de análisis de datos

El procesamiento de datos utilizó un grupo de hojas de cálculo de Excel para la construcción de la matriz de datos y la organización de resultados del cumplimiento de las especificaciones en proyectos de pavimentos articulados y flexibles, así también se utilizó el programa RSTUDIO para el cálculo de probabilidades binomiales, probabilidad total y gráficas de densidad de los eventos evaluados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Análisis de banco de proyectos

El presente trabajo identificó los proyectos ejecutados en el periodo comprendido entre los años 2021 y 2023, tras la revisión de la documentación presentada en los procesos de cotización y licitación, se divisó que los oferentes no incluyeron un cuadro detallado de cálculo de los costos indirectos, por lo que se observó que los valores porcentuales de costos indirectos fueron asumidos de forma empírica, con la finalidad de ajustar las ofertas al presupuesto establecido para cada proyecto vial.

Tabla 3 Banco de proyectos con su respectivos Costos indirectos Entidad Contratante y Costos Indirectos Ofertados

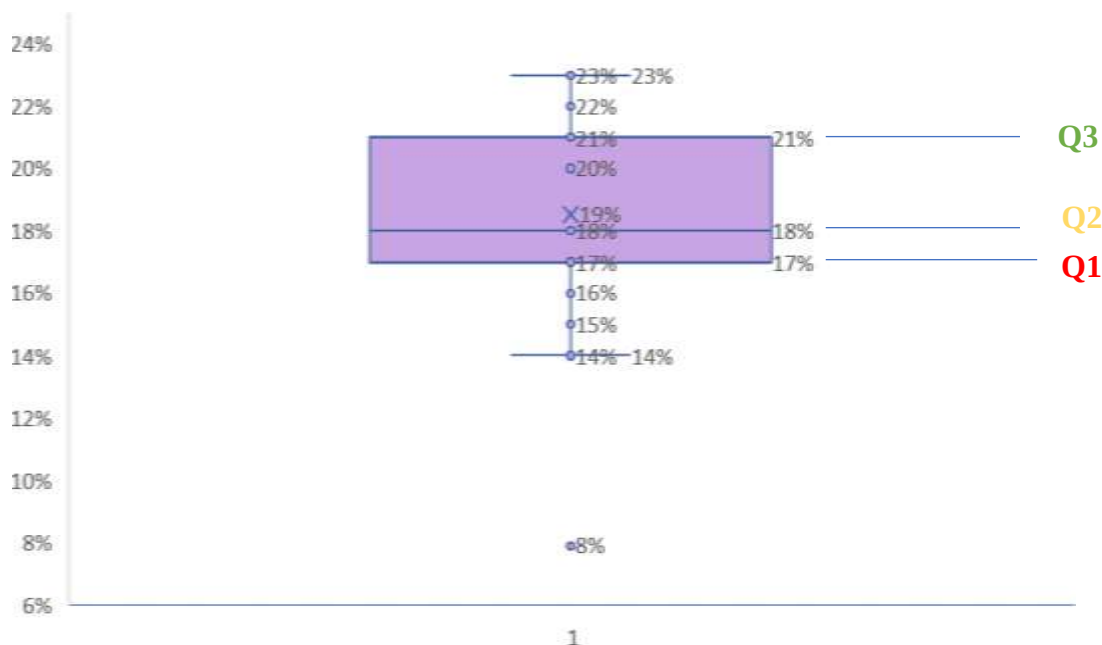
Código	Proyecto	Presupuesto referencial	Costo Indirecto entidad	Presupuesto ofertado	Costo Indirecto ofertado
01	Proyecto 1	2,566,095.43	20%	2,518,187.15	17%
02	Proyecto 2	1,671,048.90	20%	1,607,092.11	18%
03	Proyecto 3	4,373,930.94	20%	4,330,113.50	20%
04	Proyecto 4	1,667,387.95	20%	1,583,624.19	20%
05	Proyecto 5	1,695,907.00	20%	1,590,306.62	14%
06	Proyecto 6	479,887.86	22%	459,622.97	22%
07	Proyecto 7	410,480.54	20%	328,306.60	20%
08	Proyecto 8	337,804.01	18%	269,136.10	18%
09	Proyecto 9	378,184.86	17%	335,666.49	17%
10	Proyecto 10	354,794.88	17%	306,254.92	17%
11	Proyecto 11	334,751.14	16%	307,035.86	16%
12	Proyecto 12	249,054.66	17%	186,813.61	8%
13	Proyecto 13	606,250.00	23%	507,495.92	23%
14	Proyecto 14	429,438.96	23%	387,377.54	23%
15	Proyecto 15	606,249.62	23%	524,750.34	23%
16	Proyecto 16	610,215.90	23%	558,736.91	23%
17	Proyecto 17	476,858.11	23%	418,254.70	23%

18	Proyecto 18	304,236.49	17%	247,654.41	17%
19	Proyecto 19	430,421.81	17%	365,724.02	17%
20	Proyecto 20	815,019.43	17%	730,938.52	17%
21	Proyecto 21	703,127.03	17%	687,537.81	17%
22	Proyecto 22	563,530.77	23%	505,149.74	23%
23	Proyecto 23	493,818.07	21%	445,062.26	20%
24	Proyecto 24	341,880.34	23%	292,175.93	20%
25	Proyecto 25	586,315.21	23%	514,781.09	20%
26	Proyecto 26	711,965.54	23%	649,461.98	14%
27	Proyecto 27	293,349.23	17%	234,726.21	17%
28	Proyecto 28	276,334.92	17%	224,453.96	17%
29	Proyecto 29	263,063.16	18%	185,214.73	21%
30	Proyecto 30	472,941.67	7%	420,295.65	21%
31	Proyecto 31	426,759.74	20%	359,259.31	15%
32	Proyecto 32	658,092.64	15%	595,524.43	15%

La tabla 3 reportó los procesos de contratación de licitación y cotización donde se consideró los datos de los pliegos y de las ofertadas adjudicadas de las obras viales, información obtenida del portal de compras públicas (SERCOP).

4.1.2 Evaluación de los costos indirectos

Se realizó un análisis estadístico con los datos de los costos indirectos donde se determinó los valores de la mediana con un valor de 18%, el mínimo de 8% y máximo de 23%, cuyos valores permitieron clasificar a los proyectos en cuartiles. A través del diagrama de caja (boxplot), se identificaron también los valores del primer cuartil ($Q1 = 17\%$) y del tercer cuartil ($Q3 = 21\%$), lo que permitió definir el rango intercuartílico (RIQ) en un 4%, este análisis facilitó una clasificación más precisa de los proyectos según sus niveles de costos indirectos.

Figura 9. Diagrama de Bigotes de costos indirectos

En la figura 9, la media se encontró ligeramente más cerca del primer cuartil ($Q1 = 17\%$) que del tercer cuartil ($Q3 = 21\%$), lo cual indicó una distribución ligeramente sesgada hacia la izquierda esto significó que hay una mayor concentración de datos hacia los valores altos y que algunos proyectos presentan costos indirectos bajos que alejan la media.

Además, los bigotes brindaron información, el bigote izquierdo fue más largo, extendiéndose hasta el 14%, mientras que el bigote derecho alcanzó solo el 23%, el sesgo hacia la izquierda reflejó mayor dispersión de valores bajos por tanto los datos que están dentro de un rango aceptable; sin embargo, existió un dato que está fuera de este rango, que es el 8%, marcado como un valor atípico al encontrarse muy alejado del resto.

Los proyectos se clasificaron en cuartiles y se obtuvo que el primer cuartil ($Q1$) agrupa a 15 proyectos, en el segundo cuartil ($Q2$) se ubican solo 2 proyectos, el tercer cuartil ($Q3$) contiene 8 proyectos, mientras que el cuarto cuartil ($Q4$) está compuesto por 7 proyectos de acuerdo con la categorización de la tabla 4.

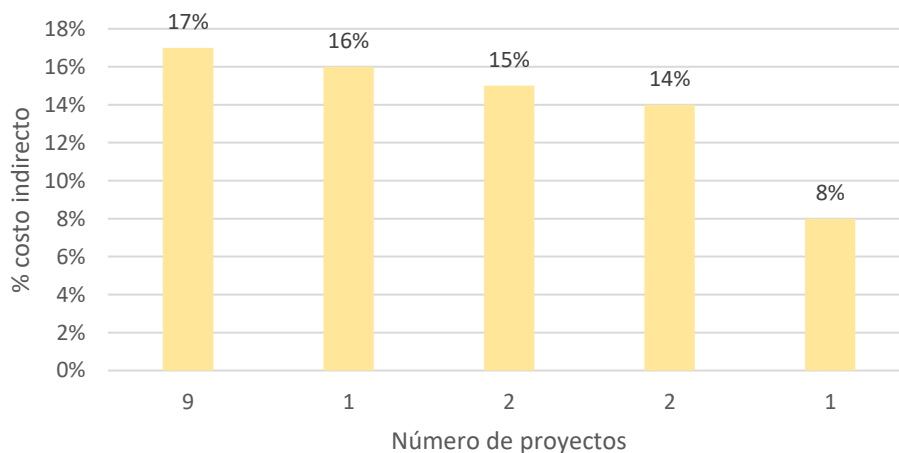
Tabla 4 Categorización de los Costos Indirectos en Cuartiles

Código	Proyecto	Costo Indirecto ofertado	Cuartil	Observación
01	Proyecto 1	17%	Q1	Ensayo
02	Proyecto 2	18%	Q2	No analizar
03	Proyecto 3	20%	Q3	No analizar
04	Proyecto 4	20%	Q3	No analizar
05	Proyecto 5	14%	Q1	Ensayo
06	Proyecto 6	22%	Q4	No analizar
07	Proyecto 7	20%	Q3	No analizar
08	Proyecto 8	18%	Q2	No analizar
09	Proyecto 9	17%	Q1	Ensayo
10	Proyecto 10	17%	Q1	Ensayo
11	Proyecto 11	16%	Q1	Ensayo
12	Proyecto 12	8%	Q1	Ensayo
13	Proyecto 13	23%	Q4	No analizar
14	Proyecto 14	23%	Q4	No analizar
15	Proyecto 15	23%	Q4	No analizar
16	Proyecto 16	23%	Q4	No analizar
17	Proyecto 17	23%	Q4	No analizar
18	Proyecto 18	17%	Q1	Ensayo
19	Proyecto 19	17%	Q1	Ensayo
20	Proyecto 20	17%	Q1	Ensayo
21	Proyecto 21	17%	Q1	Ensayo
22	Proyecto 22	23%	Q4	No analizar
23	Proyecto 23	20%	Q3	No analizar
24	Proyecto 24	20%	Q3	No analizar
25	Proyecto 25	20%	Q3	No analizar
26	Proyecto 26	14%	Q1	Ensayo
27	Proyecto 27	17%	Q1	Ensayo
28	Proyecto 28	17%	Q1	Ensayo
29	Proyecto 29	21%	Q3	No analizar
30	Proyecto 30	21%	Q3	No analizar
31	Proyecto 31	15%	Q1	Ensayo
32	Proyecto 32	15%	Q1	Ensayo

Los proyectos con costos indirectos bajos, cuya concentración se encontró en el cuartil 1, con valores menores al 17%, la selección responde a la incertidumbre existente sobre si dichos proyectos garantizaron o no la calidad en su proceso de construcción.

La categorización permitió identificar la representatividad al seleccionar un proyecto de cada categoría (bajo, medio y alto), con ello, se obtuvo una visión integral que refleje las variaciones en la calidad de la capa de rodadura en función de diferentes enfoques de costos indirectos.

Figura 10. Agrupación de proyectos del Cuartil 1 (Q1)



En la tabla 10 se visualizó la agrupación de los proyectos en función del costo indirecto ofertado, nueve proyectos con costo indirecto de 17%, un proyecto con el 16%, dos proyectos con el 15%, dos proyectos con el 14% y un proyecto con el 8%. Entonces el 60% de los oferentes consideraron el 17% como valor de costo indirecto, el 16.33% de los oferentes consideran el 15% y el 14% respectivamente como valor de costo indirecto, mientras que el 6.66% consideran valores entre el 16% y 8% como valor de costo indirecto. La decisión fue analizar de cada grupo un proyecto y 2 proyectos del grupo que considera costo indirecto de 17%, para verificar las variaciones de calidad de la capa de rodadura en función de los diferentes enfoques de costos

indirectos. Además, permitió profundizar el análisis en un estudio más detallado y exhaustivo; examinando la calidad de los materiales de acuerdo con el tipo capa de rodadura de la vía, sin embargo, llama la atención que no se evalúan todos los parámetros de calidad que estableció la normativa, los proyectos a evaluar se detallan en la tabla 5.

Tabla 5 Proyectos para control de calidad

No.	No. Proyecto	Costo Indirecto (%)
1	12	8
2	05	14
3	20	15
4	11	16
5	27	17
6	32	17

4.1.3 Resultados de los Ensayos realizados

Una vez ejecutados los ensayos en laboratorio a los seis proyectos, se procedió al procesamiento y análisis de los resultados obtenidos, con el fin de evaluar la calidad de los materiales empleados, según el tipo de capa de rodadura. Los datos obtenidos permitieron identificar las principales características técnicas más relevantes, así como verificar el cumplimiento con las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

A continuación, se presentan los resultados comparativos respecto a los parámetros de referencia, determinando los porcentajes de cumplimiento de calidad en los proyectos que utilizan pavimentos articulados, evaluados conforme a los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3040.

Tabla 6 Porcentaje de cumplimiento de calidad dimensiones Pavimento Articulado

Proyecto No.	Longitud (mm)				Ancho (mm)			Condición dimensión
	No. Muestra	Norma	Campo	Condición	Norma	Campo	Condición	
12	1	236	233	Cumple	239	234	No cumple	No cumple
	2	236	233	Cumple	235	232	Cumple	cumple

27	3	236	232	No cumple	238	235	Cumple	No cumple
	4	236	232	No cumple	238	234	No cumple	No cumple
	5	236	233	Cumple	237	235	Cumple	cumple
	6	235	233	Cumple	238	233	No cumple	No cumple
	7	236	232	No cumple	239	236	Cumple	No cumple
	8	235	233	Cumple	235	232	Cumple	cumple
	% de Cumplimiento Dimensiones							37.50%
	1	234	232	Cumple	234	234	Cumple	Cumple
	2	235	231	No cumple	232	234	Cumple	No cumple
	3	234	232	Cumple	233	232	Cumple	Cumple
	4	233	232	Cumple	234	233	Cumple	Cumple
	5	235	232	No cumple	233	234	Cumple	No cumple
	6	234	232	Cumple	235	232	Cumple	Cumple
	7	233	232	Cumple	234	234	No cumple	No cumple
	8	234	231	No cumple	232	235	No cumple	No cumple
	% de Cumplimiento Dimensiones							50.00%

En la tabla 6 se determinó un porcentaje de cumplimiento de 37.50% para el proyecto 12 y de 50% para el proyecto 27 en función de las dimensiones del adoquín. Asimismo, en la tabla 7 se estableció el porcentaje de cumplimiento correspondiente a los espesores, con un valor de 75% para los proyectos 12 y 27.

Tabla 7 Porcentaje de cumplimiento de calidad espesores

Proyecto No.	No. Muestra	Espesor (mm)			
		Norma	Especificación	Campo	Condición
12	1	89	85	85	Cumple
	2	89	85	87	Cumple
	3	89	85	85	Cumple
	4	89	85	85	Cumple
	5	89	85	84	No cumple
	6	89	85	87	Cumple
	7	89	85	87	Cumple
	8	89	85	84	No cumple
% de Cumplimiento Espesores					75.00%
27	1	85	80	79	No cumple
	2	85	80	81	Cumple
	3	85	80	80	Cumple
	4	85	80	80	Cumple

5	85	80	82	Cumple
6	85	80	81	Cumple
7	85	80	81	Cumple
8	85	80	79	No cumple
% de Cumplimiento Espesores				75.00%

Otros parámetros de calidad evaluados fueron la resistencia a la compresión y la resistencia a la abrasión del adoquín. En la tabla 8 se presentan los resultados de los ensayos realizados, a partir de los cuales se determinó un porcentaje de cumplimiento de 100% en la resistencia a la compresión para los proyectos No. 12 y 27, mientras que el cumplimiento respecto a la resistencia de abrasión fue de 0%.

Tabla 8 Porcentaje de cumplimiento de calidad Resistencia y abrasión

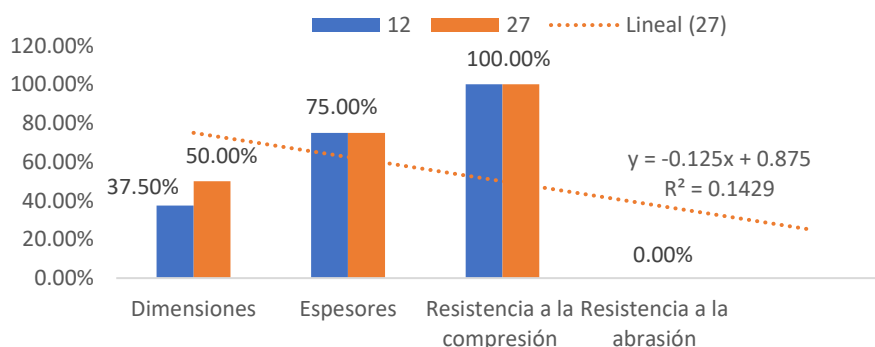
Proyecto No.	Resistencia a la compresión				Abrasión (% desgaste)			
	Muestra	Norma	Laboratorio	Condición	Longitud de cuerda media (mm)	Valor calibrado de abrasión (mm)	Norma	Condición
12	1	400	409.17	Cumple	23	20.5	20	No cumple
	2	400	408.11	Cumple	23.2	20.5	20	No cumple
	3	400	408.4	Cumple	23.3	20.5	20	No cumple
Porcentaje de cumplimiento de Calidad				100%	Porcentaje de cumplimiento de Calidad0.00%			
27	1	400	402.08	Cumple	23.1	20.3	20	No cumple
	2	400	404.12	Cumple	23	20.3	20	No cumple
	3	400	405.3	Cumple	23.1	20.3	20	No cumple
Porcentaje de cumplimiento de Calidad				100%	Porcentaje de cumplimiento de Calidad0.00%			

Una vez calculado los porcentajes de cumplimiento de calidad de cada parámetro analizado, se determinó el porcentaje de incumplimiento correspondiente (tabla 9); cuyos valores reflejan las deficiencias en el control de calidad.

Tabla 9 Porcentaje de incumplimiento de calidad de pavimentos articulados

Proyecto No.	Parámetro	% de cumplimiento Mínimo (Norma)	% cumplimiento obtenido	(%) de Incumplimiento
12	Dimensiones	100.00%	37.50%	62.50%
	Espesores	100.00%	75.00%	25.00%
	Resistencia a la compresión	100.00%	100.00%	0.00%
	Resistencia a la abrasión	100.00%	0.00%	100.00%
27	Dimensiones	100.00%	50.00%	50.00%
	Espesores	100.00%	75.00%	25.00%
	Resistencia a la compresión	100.00%	100.00%	0.00%
	Resistencia a la abrasión	100.00%	0.00%	100.00%

En la Figura 11 se evidenció de manera clara la variación en los porcentajes de cumplimiento de los parámetros evaluados, observándose que ninguno alcanza el 100% esperado. Este resultado pone en manifiesto las deficiencias existentes en el control de calidad de los proyectos, pese a que estos han sido cancelados, fiscalizados y liquidados. Lo anterior resulta llamativo, pues sugiere que la contratación de obras con costos indirectos reducidos o con presupuestos significativamente inferiores al valor referencial, influyen directamente en la calidad de las obras entregadas.

Figura 11. Representación Gráfica de porcentaje de cumplimiento de calidad en pavimentos articulados

En el caso de los proyectos con capa de rodadura de pavimento flexible, se evaluaron parámetros de calidad conforme lo establece la tabla 2 de este documento, el análisis se realizó a partir de la extracción de briquetas de asfalto de las vías ejecutada, las cuales fueron sometidas a ensayos de laboratorio y de campo.

En la tabla 10 se observa que los proyectos No: 05, 11, 20 y 32 alcanzan el 100% de cumplimiento de calidad con respecto a los espesores de pavimento flexible.

Tabla 10 Porcentaje de cumplimiento de calidad en espesores

Proyecto No.	No. Muestra	Espesor (mm)					Condición
		e1	e2	e3	Prom.	Mín	
05	1	55	52	55	54	50	Cumple
	2	53	50	53	52	50	Cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad espesor							100%
11	1	51	55	52	53	50	Cumple
	2	53	55	53	54	50	Cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad espesor							100%
20	1	75	75	60	70	70	Cumple
	2	70	82	70	74	70	Cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad espesor							100%
32	1	50	55	60	55	50	Cumple
	2	55	60	55	56.67	50	Cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad espesor							100%

Además, se determinó la gravedad específica Bulk (Gmb) de las briquetas, con el propósito de verificar su conformidad respecto a los valores de referencia establecidos en la normativa, lo que permitió calcular el porcentaje de vacíos presentes en la mezcla.

Tabla 11 Porcentaje de Cumplimiento de la Gravedad Especifica Bulk (Gmb)

Proyecto No.	Gravedad Especifica BULK			
	No. Muestra	Gmb (obtenido)	Gmb (norma)	Condición
05	1	2.24	2.2 -2.3	Cumple
	2	2.30	2.2 -2.3	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%
11	1	2.23	2.2 -2.3	Cumple
	2	2.30	2.2 -2.3	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%

20	1	2.23	2.2 -2.3	Cumple
	2	2.24	2.2 -2.3	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%
32	1	2.31	2.2 -2.3	No cumple
	2	2.34	2.2 -2.3	No cumple
Porcentaje de Cumplimiento				0.00%

En la tabla 11 se observa que la gravedad específica Gmb de las briquetas se encuentran dentro del rango de 2.2 a 2.3 establecido por la norma (NEVI-12, 2013). A partir del cual se obtendrá el porcentaje de vacíos y el grado de compactación, parámetros fundamentales para garantizar la durabilidad del pavimento.

Asimismo, se determinó la gravedad específica teórica máxima RICE (Gmm) de las briquetas, con el fin de compararla con la gravedad específica Bulk (Gmb) tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12 Porcentaje de Cumplimiento de la Gravedad Especifica Teórica Máxima RICE (Gmm)

Gravedad Especifica teorica Máxima				
Proyecto No.	No. Muestra	Gmb	Gmm	Condición
05	1	2.24	2.352	Cumple
	2	2.34	2.352	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%
11	1	2.23	2.426	Cumple
	2	2.31	2.426	No Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%
20	1	2.23	2.313	Cumple
	2	2.24	2.313	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%
32	1	2.31	2.467	Cumple
	2	2.34	2.467	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100%

La relación $Gmm > Gmb$ es fundamental en el diseño y control de calidad de pavimentos flexibles, ya que garantiza que la mezcla no sea ni demasiado abierta (exceso de vacíos), lo que provocaría permeabilidad y deterioro prematuro por acción del agua y el oxígeno; ni demasiado

cerrada (vacíos insuficientes), lo que generaría inestabilidad en forma de deformaciones plásticas o exudación de ligante (J. Maldonado & Pozo, 2022).

Por ello, en la tabla 13 se presenta el porcentaje de calidad de la carpeta asfáltica en función del porcentaje de vacíos.

Tabla 13 Porcentaje de vacíos de briquetas de asfalto

Porcentaje de Vacíos				
Proyecto No.	No. Muestra	Porcentaje de vacíos (%)	Rango % de vacíos (Norma)	Condición
05	1	4.75	3-5	Cumple
	2	3.95	3-5	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100.00%
11	1	7.97	3-5	No Cumple
	2	4.59	3-5	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				50.00%
20	1	3.38	3-5	Cumple
	2	3	3-5	Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				100.00%
32	1	6.33	3-5	No Cumple
	2	5.17	3-5	No Cumple
Porcentaje de Cumplimiento				0.00%

Otro parámetro de calidad evaluado es el grado de compactación de la carpeta asfáltica, cuyo porcentaje debe ser mayor al 95%, según lo establecido en la norma (NEVI-12, 2013),. Los resultados correspondientes se muestran en la tabla 14.

Tabla 14 Porcentaje de cumplimiento de calidad de Compactación

Compactación					
Proyecto No.	No. Muestra	Contenido de vacíos (%)	% de Compactación	Compactación mínima (norma) (%)	Condición
05	1	4.75	95.25	95	Cumple
	2	3.95	96.05	95	Cumple
Porcentaje de cumplimiento					100.00%

11	1	7.97	92.03	95	No Cumple
	2	4.59	95.41	95	Cumple
Porcentaje de cumplimiento					50.00%
20	1	3.38	96.62	95	Cumple
	2	2.98	97.02	95	Cumple
Porcentaje de cumplimiento					100.00%
32	1	6.33	93.67	95	No cumple
	2	2.98	95.01	95	Cumple
Porcentaje de cumplimiento					50.00%

Por tanto, el cumplimiento del porcentaje óptimo de vacíos no solo evidenció un adecuado proceso de compactación, sino que además garantizó una mayor durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo, al reducir la aparición de fallas prematuras y contribuir a un desempeño estructural y funcional acorde con los estándares técnicos establecidos (J. Maldonado & Pozo, 2022).

En cuanto al parámetro del Índice de Regularidad Internacional, de los datos obtenidos en campo, una vez procesados y tabulados, se obtuvo valores superiores al máximo permitido de 2 m/km según lo establecido en la norma Nevi-12.

Tabla 15 Índice de Regularidad Internacional Pavimentos Flexibles

Proyecto No.	Vía	Sentido	Tramo	IRI obtenido m/km	Norma (m/km)	Condición
05	1	Ida	1	4.05	2	No cumple
	1	Ida	2	4.1	2	No cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad						0.00%
11	2	Ida	1	2.9	2	No cumple
	2	Ida	2	2.99	2	No cumple
Porcentaje de cumplimiento de calidad						0.00%
20	2	Ida	3	3.1	2	No cumple
	1	Ida	1	2.74	2	No cumple
	1	Ida	2	2.23	2	No cumple
	2	Ida	1	2.9	2	No cumple
	2	Ida	2	3.1	2	No cumple
	2	Ida	3	3.1	2	No cumple

	2	Ida	4	2.72	2	No cumple
	2	Ida	5	2.47	2	No cumple
	2	Ida	6	2.38	2	No cumple
	2	Regreso	1	3.16	2	No cumple
	2	Regreso	2	3.4	2	No cumple
	2	Regreso	3	2.97	2	No cumple
	2	Regreso	4	3.33	2	No cumple
	3	Ida	1	2.78	2	No cumple
	3	Ida	2	2.92	2	No cumple
	3	Ida	3	2.77	2	No cumple
	3	Ida	4	2.83	2	No cumple
	4	Ida	1	2.73	2	No cumple
	4	Ida	2	2.62	2	No cumple
	4	Ida	3	2.7	2	No cumple
	5	Ida	1	2.85	2	No cumple
	5	Ida	2	3.13	2	No cumple
	6	Ida	1	2.74	2	No cumple
	6	Ida	2	2.78	2	No cumple
	6	Ida	3	2.84	2	No cumple
	6	Regreso	1	2.68	2	No cumple
	6	Regreso	2	2.6	2	No cumple
	6	Ida	1	2.57	2	No cumple
	6	Regreso	1	3.36	2	No cumple
	7	Ida	1	2.58	2	No cumple
	7	Ida	2	2.68	2	No cumple
	7	Ida	3	2.52	2	No cumple
	7	Ida	4	2.67	2	No cumple
	7	Ida	5	2.74	2	No cumple
	7	Regreso	1	2.65	2	No cumple
	7	Regreso	2	2.75	2	No cumple
	7	Regreso	3	2.55	2	No cumple
	7	Regreso	4	2.71	2	No cumple
	Porcentaje de cumplimiento de calidad					0.00%
32	1	Ida	1	2.7	2	No cumple
	1	Ida	2	2.61	2	No cumple
	1	Ida	3	3.28	2	No cumple
	1	Regreso	1	2.92	2	No cumple
	1	Regreso	2	2.49	2	No cumple
	1	Regreso	3	2.75	2	No cumple
	Porcentaje de cumplimiento de calidad					0.00%

Los resultados revelaron que los valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) superan los 2 m/km de rango máximo que establece la normativa técnica vigente. Esta situación compromete la funcionalidad de la vía, ya que no garantiza una circulación cómoda ni segura, afectando negativamente tanto la experiencia del usuario como la seguridad vial.

Ponte (2022) señala que una baja regularidad en la vía incrementa las cargas dinámicas sobre los vehículos, lo que acelera el deterioro de la estructura, también disminuye la estabilidad de los vehículos y puede provocar accidentes.

Los proyectos viales se planifican para cumplir una vida útil determinada, siempre que se respeten los estándares de calidad; de lo contrario, la vida útil se reduce. Cuando los valores del IRI son elevados, es necesario considerar intervenciones correctivas y estimar los costos asociados. Por ello, Valverde y Barrantes (2019) recomiendan evaluar continuamente el estado de las vías, con el fin de tomar decisiones oportunas sobre los mantenimientos y sus costos.

Además, investigaciones recientes de Guato y Coca (2024) demuestran que existe una relación directa entre el aumento del IRI y el mayor consumo de combustible, lo que genera un gasto adicional para los usuarios al transitar por vías que no cumplen con los estándares de regularidad. Cumplir con los estándares de calidad superficial garantiza la eficiencia estructural de las vías y la sostenibilidad del transporte.

4.1.4 Probabilidad de éxito de calidad

Una vez determinadas las condiciones de 'cumple' o 'no cumple' en cada uno de los ensayos realizados en campo y laboratorio, se procedió a aplicar el método estadístico binomial con el propósito de estimar la probabilidad de éxito o fracaso en el cumplimiento de los parámetros

establecidos por las especificaciones técnicas. Este método resulta adecuado cuando cada ensayo presenta únicamente dos posibles resultados, cumplimiento (éxito) o incumplimiento (fracaso).

De esta forma, se estimada la probabilidad de que parte de las muestras cumplan con los estándares de calidad requeridos, a través de un análisis objetivo, riguroso y estadísticamente respaldado, que permite evaluar el nivel de confiabilidad de los procesos constructivos.

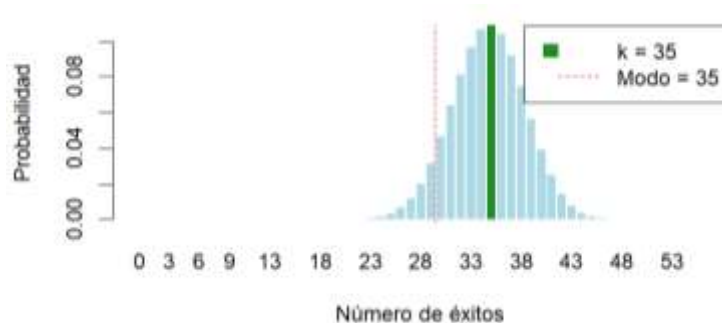
En la tabla 16 se muestran los porcentajes de probabilidad de éxito estimada por ensayo, diferenciados según el tipo de pavimento analizado:

Tabla 16 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por muestra Pavimentos Articulado

Muestra	Parámetros				Probabilidad de cumplimiento por muestra
	Dimensión	Espesor	Resistencia	Abrasión	
1	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
2	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,42
3	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
4	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
5	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	0,38
6	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
7	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
8	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	0,38
9	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	0,38
10	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
11	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,42
12	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,42
13	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
14	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,42
15	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,38
16	No cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	0,42

A partir de las probabilidades individuales de cumplimiento obtenidas para cada muestra, se procede con el cálculo de la probabilidad global de cumplimiento de calidad conforme a las especificaciones:

Figura 12. Distribución binomial (n=56 y p=0.62)



$$P(X = 35 \text{ éxitos}) = \binom{56}{35} 0,62^{35} 0,38^{56-35} = 0,11 \text{ ó } 11\%$$

La probabilidad hallada indica que apenas el 11% de las muestras revisadas entregaron calidad en las especificaciones para los pavimentos articulados, con el antecedente se calculó la probabilidad de mejorar el cumplimiento de las especificaciones en futuros proyectos lo que en otros términos indicaría la mejora de la Calidad del proyecto.

$$P(X > 35 \text{ éxitos}) = 1 - \binom{56}{35} 0,62^{35} 0,38^{56-35} = 0,89 \text{ ó } 89\%$$

El hallazgo evidenció que existe una probabilidad de mejora del 89% en futuros proyectos cuya base de análisis fueren 16 muestras y 4 especificaciones valoradas.

Seguido se muestra en la tabla 17 el cálculo de la probabilidad por parámetro de las 16 muestras.

Tabla 17 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por Parámetro Pavimentos Articados

Muestra	Parámetro			
	Dimensión	Espesor	Resistencia	Abrasión
1	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
3	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
4	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
5	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple
6	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
7	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
8	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple
9	Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple
10	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
11	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
12	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
13	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
14	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
15	No cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
16	No cumple	No cumple	Cumple	No Cumple
Probabilidad	0,21	0,20	0,20	0

El análisis del cumplimiento por parámetro en la totalidad de muestras evidenció que la característica que mayor calidad presentó fue Dimensión con una probabilidad de 21% y la de no cumplimiento fue la característica de Abrasión con una probabilidad de 0%.

En la evaluación realizada a los dos proyectos se consideraron 4 parámetros de control de calidad, cuyos valores individuales permiten obtener la probabilidad total de éxito de calidad, al tener un parámetro con una probabilidad de 0 % y al ser una probabilidad conjunta, este incumplimiento en este parámetro invalida el éxito total. De acuerdo con el principio de cero defectos propuesto por (Crosby Philip, 1979), la calidad total solo se alcanza cuando los requisitos especificados son cumplidos sin excepción; no se aceptan errores parciales, y de acuerdo con los estudios recientes que muestran que incluso un solo fallo o costo oculto puede comprometer la calidad global de (Khadim et al., 2023), entonces ningún proyecto de pavimentos articulados

cumple con la calidad; por ello surge la necesidad de determinar la probabilidad total al no considerar este parámetro, cuyos valores se muestran en la tabla 18.

Tabla 18 Determinación de la Probabilidad de éxito de calidad por proyecto Pavimentos Articulados

Proyecto	Especificación			Probabilidad Total (%)
	Dimensión	Espesor	Resistencia	
12	0,066	0,001	1,000	0,01
27	0,282	0,311	1,000	8.77

De los pavimentos articulados se consideraron tres parámetros de control de calidad, cuyos valores individuales permitieron obtener la probabilidad total de éxito de calidad, el resultado obtenido fue de 0.01% para el proyecto 12 y de 8.77% para el proyecto 27, evidenciando una diferencia significativa en el nivel de cumplimiento en ambos casos. Para determinar la probabilidad total de cumplimiento de los pavimentos se aplicó el enfoque estadístico, donde se considera que ambos proyectos cumplan simultáneamente con los estándares de calidad cuyo valor es de 0.087% de probabilidad, el método demuestra que la probabilidad total de éxito de calidad en los pavimentos articulados es baja, lo que demuestra una deficiencia en los controles de calidad.

En cuanto a los pavimentos flexibles se utiliza el mismo procedimiento para determinar la probabilidad de cumplimiento por muestra, luego por proyecto con el fin determinar la probabilidad total de éxito de calidad de los pavimentos flexibles.

Tabla 19 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por muestra Pavimentos Flexibles

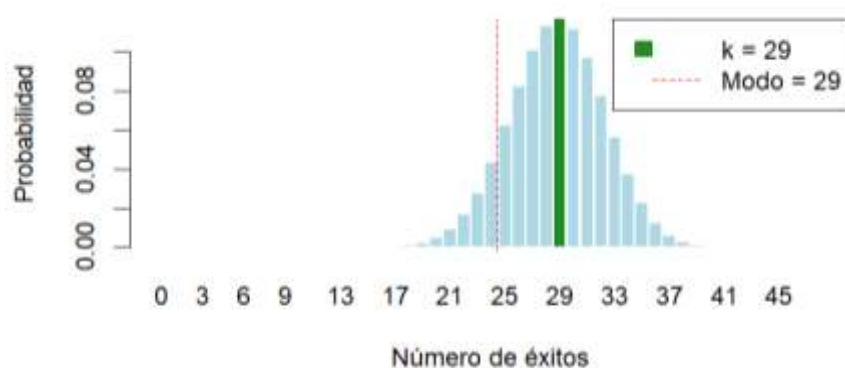
Muestra	Parámetros						Probabilidad de cumplimiento por muestra
	Espesor	IRI	BULK	RISE	Compactación	Vacíos	
1	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	0,3292
2	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	0,3292
3	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	0,3125
4	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	0,3292
5	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	0,3292

6	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	0,3292
7	Cumple	No Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	0,3292
8	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	0,3125

Así también se procedió con el cálculo general de éxito de cumplimiento de las muestras de los proyectos ejecutados con los datos de la tabla 19.

$$P(X = 29 \text{ éxitos}) = \binom{48}{29} 0,60^{29} 0,38^{48-29} = 0,62 \text{ ó } 6,2\%$$

Figura 13. Distribución binomial (n=48 y p=0.60)



La probabilidad hallada indica que apenas el 6,2% de las muestras de los proyectos revisados entregaron calidad en las especificaciones de los pavimentos flexibles, con el antecedente se calculó la probabilidad de mejorar el cumplimiento de las especificaciones en futuros proyectos lo que en otros términos indicaría la mejora de la Calidad de los proyectos.

$$P(X > 29 \text{ éxitos}) = 1 - \binom{48}{29} 0,60^{29} 0,38^{48-29} = 0,42 \text{ ó } 42\%$$

El hallazgo evidenció que existe una probabilidad de mejora del 42% en futuros proyectos cuya base de análisis fueran 16 muestras y 6 especificaciones valoradas.

Seguido se muestra en la tabla 20 el cálculo de la probabilidad por parámetro de las 8 muestras

Tabla 20 Determinación de Probabilidad de cumplimiento de calidad por Parámetro Pavimentos Flexible

Muestra	Parámetro					
	Espesor	IRI	BULK	RISE	Compactación	Vacíos
1	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
4	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
5	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	Cumple	No Cumple	No cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
8	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
Probabilidad	1	0	0,27	1	0,28	0,27

El análisis del cumplimiento por parámetro en la totalidad de muestras evidenció que la característica que mayor calidad presentó fue el espesor y RICE con una probabilidad de 100% y la de no cumplimiento fue la característica de IRI con una probabilidad de 0%.

En la evaluación realizada a los cuatro proyectos se consideraron 6 parámetros de control de calidad, cuyos valores individuales permitieron obtener la probabilidad total de éxito de calidad, al tener un parámetro con una probabilidad de 0 % y al ser una probabilidad conjunta, este incumplimiento en este parámetro invalida el éxito total. De acuerdo con el principio de cero defectos aplicado previamente en los pavimentos articulados, ningún proyecto cumple con la calidad espera. Por ello surge la necesidad de determinar la probabilidad total al no considerar este parámetro, con la finalidad de analizar los resultados desde otro enfoque y determinar la probabilidad de éxito cuyos valores se muestran en la tabla 21.

Tabla 21 Determinación de la Probabilidad de éxito de calidad por proyecto de Pavimentos Flexibles

Proyecto	Parámetro					Probabilidad Total (%)
	Espesor	BULK	RISE	Vacíos	Compactación	
5	1	1	1	1	1	100
11	1	0,5	1	0,5	1	25
20	1	0,5	1	0,5	1	25
32	1	1	0,5	1	0,5	25

De los proyectos analizados con pavimento flexible se consideraron cinco parámetros de control de calidad, cuyos valores individuales permitieron obtener la probabilidad total de éxito de calidad de cada uno, el resultado obtenido fue de 25% para los proyectos 11, 20, 32 y de 100% para el proyecto 5, evidenciando una diferencia significativa en el nivel de cumplimiento en los casos. Cuya probabilidad total es de 1.56% lo que evidencia que, a pesar de que algunos proyectos muestran un buen desempeño individual el cumplimiento de calidad es bajo, es decir existe una deficiencia en el control de calidad en obra.

4.1.5 Correlación entre la Probabilidad de éxito de Calidad con los Costos

Al analizar los proyectos viales desde una perspectiva técnico-económica, se evidenció una relación significativa entre el nivel de calidad alcanzado en la ejecución y el comportamiento económico de las ofertas adjudicadas. En particular, esta relación se manifiesta en cómo incide la reducción del presupuesto referencial y la asignación de costos indirectos en los resultados de calidad. Para comprender la dinámica, se exploró la asociación entre la probabilidad de cumplir con los estándares técnicos y la tendencia a adjudicar proyectos al menor costo.

Tabla 22 Porcentaje de cumplimiento en base al menor costo

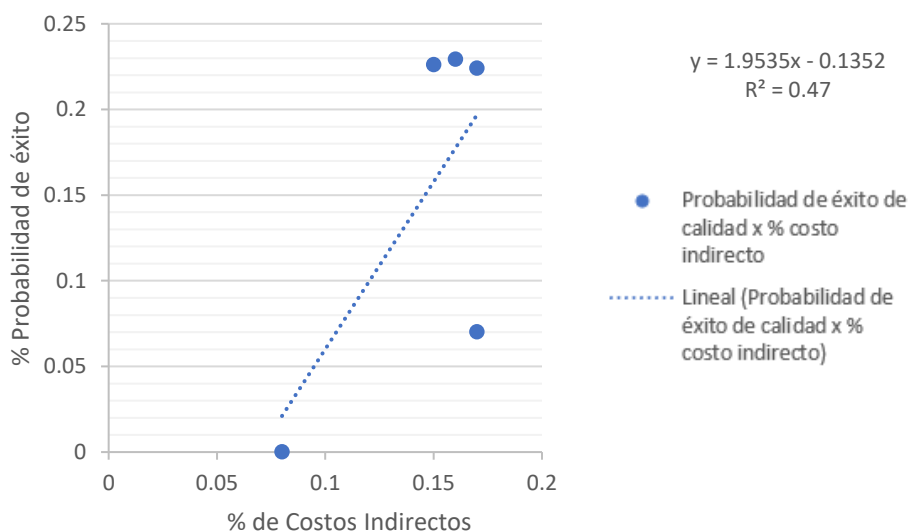
Tipo de pavimento	Proyecto No.	Presupuesto referencial	Presupuesto ofertado	% Costo indirecto	% Ofertado referencial	% de costo reducido (costo referencial – costo ofertado)	Probabilidad de éxito de calidad
Articulado	12	249,054.66	186,813.61	8%	75.01	24.99	0.01%
	27	293,349.23	234,726.21	17%	80.02	19.98	8.77%
Flexible	5	1,695,907.00	1,590,306.62	14%	93.77	6.23	100.00%
	11	334,751.14	307,035.86	16%	91.72	8.28	24.99%
	32	658,092.64	595,524.43	15%	90.49	9.51	24.99%
	20	815,019.43	730,938.52	17%	89.68	10.32	24.99%

Previo a la construcción del modelo lineal se elimina la información del proyecto 5 debido a que probabilidad de éxito fue del 100% y responde como un proyecto atípico de entre el conjunto de los observados.

La ecuación del modelo se propone como sigue

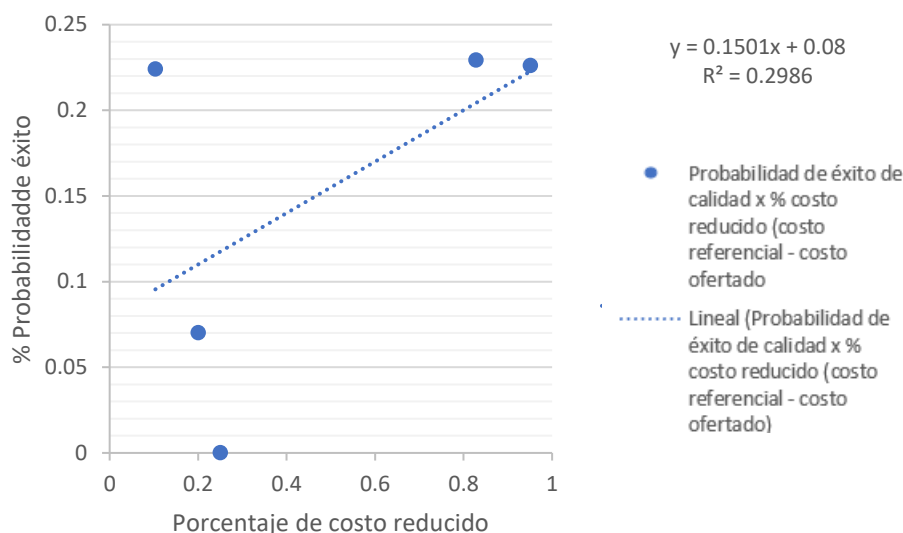
$$\text{Probabilidad de éxito} = -0,13 + 1,95 * \text{Costos Indirectos}$$

Figura 14. Correlación entre porcentaje de probabilidad de éxito de calidad vs el porcentaje de costo indirectos



La figura 14 evidencia un coeficiente de determinación del 47%, lo que indica una asociación débil entre los porcentajes de costos indirectos y los porcentajes de probabilidad de éxito de calidad, la pendiente de la gráfica reveló una tendencia creciente. Los proyectos que ofertaron con valores significativamente menores de costos indirectos presentan, en su mayoría, niveles bajos de cumplimiento de calidad. Tal es el caso de los proyectos 12 y 27 de pavimentos articulados, con costos indirectos del 8% y 17% respectivamente, muestra niveles de probabilidad de éxito de calidad con apenas del 0.01% y 8.77%, comprometiendo la calidad de las obras.

Figura 15. Correlación entre el porcentaje de probabilidad de éxito de calidad vs el porcentaje de costo reducido



La ecuación del modelo se propone como sigue:

$$\text{Probabilidad de éxito} = 0,08 + 0,15 * \text{Porcentaje de costo reducido}$$

La figura 15 evidencia un coeficiente de determinación del 29,86% lo que indica una asociación débil entre los porcentajes de costos reducidos y la probabilidad de éxito de calidad, la pendiente de la gráfica reveló una tendencia creciente. Los proyectos con porcentajes de costos reducidos de 24.99%, 19.98% y 10,32% del costo referencial presentan, niveles bajos de cumplimiento de calidad, lo que sugiere que una mayor reducción en el costo ofertado incrementa el riesgo de comprometer la calidad de las obras, como se demuestra en la investigación.

4.1.6 Discusión

El hallazgo de que existe una asociación del 47% entre los costos indirectos y la probabilidad de éxito en un proyecto de infraestructura vial es significativo que abre un espacio para el análisis desde varias disciplinas.

La investigación de Phocco y Quispe (2024) resalta la importancia de la gestión de costos, siguiendo las directrices de la guía PMBOK, para garantizar el éxito de proyectos viales. Aunque su estudio se centra en un proyecto específico de mejoramiento vial, detalla que un control adecuado de los costos es primordial para alcanzar el éxito. El resultado de que los costos indirectos se relacionan con la probabilidad de éxito del proyecto (en un 47%) podría ser interpretado como una confirmación de que una gestión rigurosa de los gastos generales y administrativos (costos indirectos), es clave para cumplir con los objetivos del proyecto. Contar con un presupuesto bien calculado donde se incluyan los costos de la supervisión, administración y gestión de calidad, que generalmente se incluyen en los costos indirectos, aumenta la probabilidad de que el proyecto se ejecute sin contratiempo alguno.

Desde otra visión, autores y empresas como Xepelin y FasterCapital advierten sobre los riesgos de una mala gestión de los costos indirectos. Señalan que una incorrecta estimación o un aumento descontrolado de estos gastos puede provocar problemas de liquidez y afectar la rentabilidad, lo que, en última instancia, reduce la probabilidad de éxito. La asociación del 47% encontrada podría analizarse bajo este enfoque como un indicador del impacto negativo que se produce cuando estos costos no se gestionan adecuadamente. Si bien una mayor inversión en rubros indirectos (como control de calidad, supervisión o capacitación) puede mejorar la calidad y, por ende, el éxito, un crecimiento desproporcionado de estos costos, sin un aumento correlativo en la eficiencia, podría ser un signo de problemas en la gestión, lo que justifica la necesidad de una supervisión rigurosa.

Según la investigación realizada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2021) analiza la complejidad de los costos indirectos en la producción. Aunque el estudio no se centra en infraestructura vial, es importante entender que asignar estos costos no siempre resulta

factible. A medida que el porcentaje de los costos aumenta, se vuelve complejo justificar su relación con el producto final. Entonces el 47% de asociación encontrada en esta investigación podría ser un tema de debate desde esta perspectiva. Mientras que para algunos podría ser una inversión justa asegurando la calidad y el éxito, para otros podría ser considerado como gastos innecesarios que no agregan valor tangible al producto final.

De acuerdo con el análisis económico, realizado por la Universidad Autónoma de Querétaro (2018), aporta la demostración de viabilidad en los proyectos. Destaca que el valor del análisis depende de la calidad de los supuestos que lo respaldan y su capacidad para considerar diversas variables. La correlación del 47% entre costos indirectos y el éxito en la zona 3 podría interpretarse como una confirmación de que, en esa región, invertir en elementos como la supervisión y la calidad, reflejados en los costos indirectos, es una estrategia efectiva que se traduce en una mayor probabilidad de éxito del proyecto. Sin embargo, desde esta misma perspectiva, el hallazgo invita a un análisis más detallado para garantizar que estos costos estén justificados y no sean un reflejo de ineficiencias, sino de una inversión estratégica.

Por otra parte, la relación del 29.86% entre la reducción del presupuesto ofertado y la probabilidad de éxito de calidad indica que, a medida que las ofertas se aproximan al presupuesto referencial, la probabilidad de cumplir con los estándares de calidad tiende a incrementarse. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Suarez y Arom, (2024) quienes sustentan que una adecuada planificación de costos y presupuestos, alineada con los procesos del área de gestión de la calidad, garantiza la correcta ejecución del proyecto y el cumplimiento de las especificaciones técnicas. De igual manera, Solar (2014) enfatiza que la calidad constructiva depende directamente de la disponibilidad de recursos suficientes para la adquisición de materiales, el control de procesos y el cumplimiento de los criterios técnicos establecidos. En este contexto, puede deducirse que las

ofertas ganadoras, pese a presentar reducciones respecto al presupuesto referencial, consideraron valores adecuados en los rubros más representativos del proyecto, como materiales, mano de obra y equipo, evitando comprometer la calidad estructural y funcional de la obra. Estos resultados refuerzan la importancia de mantener un equilibrio entre la competitividad económica y la garantía técnica, asegurando que los costos ofertados cubran los requisitos mínimos para alcanzar un desempeño constructivo coherente con los principios de gestión de calidad y mejora continua.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Del análisis comparativo entre los costos indirectos ofertados en los procesos de contratación pública (cotizaciones y licitaciones) de infraestructura vial en la zona 3, y los valores mínimos teóricos recomendado en la investigación de Análisis de estimación de costos indirectos de empresas constructoras en proyectos viales, se concluye que el 81,25% de las empresas constructoras presentan ofertas por debajo del 18%. Solo el 18,75% ofertan con el valor mínimo teórico de 22.6%.
- Los resultados del análisis estadístico permitieron categorizar los procesos de contratación en función del cumplimiento de costos indirectos, evidenciando una distribución ligeramente sesgada a la izquierda, con una concentración mayoritaria de proyectos dentro del primer cuartil (Q1= 17%). Este resultado refleja que una parte significativa de los proyectos presenta niveles reducidos de costos indirectos respecto al promedio general, mientras que los cuartiles superiores agrupan un número menor de casos con valores más altos. El primer cuartil (Q1) agrupa a quince proyectos, en el segundo cuartil (Q2) se ubica solo dos proyectos, el tercer cuartil (Q3) contiene ocho proyectos, mientras que el cuartil (Q4) este compuesto por siete proyectos.
- El estudio exploratorio mixto presenta una relación positiva entre los costos indirectos y la probabilidad de éxito de los proyectos de infraestructura vial, ha revelado una asociación significativa del 47%. Este hallazgo indica una tendencia creciente en la que, a medida que se invierte un mayor porcentaje del presupuesto en costos indirectos (como supervisión,

gestión de calidad y administración), aumenta la probabilidad de que los proyectos sean considerados exitosos. Sin embargo, al evaluar el cumplimiento bajo el principio de calidad total propuesto por Crosby, se determina la existencia de una gestión de calidad deficiente debido a incumplimientos en algunos de los parámetros evaluados, que invalida el éxito total. Este hallazgo constituye un detonante de alerta a la gestión pública y el control técnico, al evidenciar deficiencias estructurales en los procesos de aseguramiento y verificación de calidad.

5.2 Recomendaciones

- Fomentar en todos los involucrados una mayor conciencia y compromiso en la aplicación de controles de calidad en todas las etapas del proyecto, priorizando el cumplimiento de los parámetros técnicos establecidos. Un control de calidad exhaustivo asegura la correcta ejecución de las obras, optimizando los recursos y garantiza que las infraestructuras cumplan con su vida útil sin incurrir en mantenimientos prematuros o sobrecostos.
- Complementar la presente investigación con el análisis de nuevos proyectos mediante la ejecución de controles de calidad directamente en obra, durante el proceso constructivo, esto permitirá verificar en condiciones reales espesores de las capas, la calidad de los materiales y los grados de compactación tanto en la subbase como en la base. Estos parámetros no fueron evaluados en este estudio, dado que el análisis se centró únicamente en lo visible que es el pavimento terminado.
- Realizar un análisis detallado de los costos directos, con especial énfasis en la determinación de precios adecuados en los rubros más representativos del proyecto, como materiales, mano de obra y equipos. Este enfoque permitirá evaluar cómo la correcta

estimación de estos costos influye en la calidad constructiva y en el logro del éxito total del proyecto.

- Exigir como parámetro de calidad obligatorio el Índice de Regularidad Internacional (IRI), su implementación permitirá garantizar el confort, seguridad y durabilidad del pavimento, minimizando el riesgo de deterioro; además, establecer el IRI como criterio de aceptación facilitará la detección temprana de irregularidades que podrían comprometer la funcionalidad de la vía antes de su puesta en operación.
- Como posible línea de investigación futura, se propone estudiar el análisis de correlación entre el incumplimiento del IRI en vías nuevas con los costos derivados de mantenimientos correctivos anticipados, con el fin de optimizar los criterios de control y aceptación en proyectos viales.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Corrales, E., & Hidalgo, A. (2016). *Unidad de Auditoría Técnica Evaluación de los parámetros desempeño (IRI, FWD, GRIP, APA Y FATIGA)*.
- Almeida, M., Jussara Paixão dos, M., Pereira, H., & Vieira, Z. (2016). Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Análisis comparativo de los métodos de suelo pavimento duro (hormigón) x flexible (asfalto). *Año, 01(11)*, 187–196.
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/metodos-de-pavimentacao-2>
- Badilla, G. (2012). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*.
<https://www.researchgate.net/publication/277227990>
- Ccama, H., & Panca, L. (2024). Estrategias de mejora del desempeño del cronograma en proyectos de construcción. *Novasinergia Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 7(2), 164–182. <https://doi.org/10.37135/ns.01.14.10>
- Coronado, T. (2021). *Control de calidad de obras viales utilizando la técnica Estadística media móvil*. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b9123197-d125-4f10-93e8-0b8573e2f1f0/content>
- Díaz, I. E., Larrea, K. P., & Barros, J. (2023). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Ciencias Sociales y Económicas*, 6(2), 58–69.
<https://doi.org/10.18779/csye.v6i2.598>
- Dzul, L., & Gracia, S. (2008). Análisis de los sistemas de gestión de los costos de la calidad en la industria de la construcción Analysis of quality costs management systems in the construction industry. In *Ingeniería* (Vol. 12, Issue 3).
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46712305.pdf>
- Espinoza, R. S. (2022). *Análisis de la calidad de las obras de contratación pública considerando el precio más bajo vs el mejor costo Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil*.
- Fernández, C. (2013). *Gestión del Control de calidad en la promoción pública de obras de construcción y propuesta de un Índice de Calidad*.
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/10283/FernandezVaquero_MariaCarmen_TD_2013_01de9.pdf
- Hernández, O. (2021). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen*. <http://www.revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/907>
- Hirpahuanca, D. (2016). *Determinación y compactación de la regularidad Superficial del pavimentos dela carretera Cusco-Urcos, usando telefonos inteligentes y el rugosímetro de merlin 2016*. <https://repositorio.uandina.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2539f80d-c4e6-4931-909e-b348578aec6c/content>
- INEC. (2022). *Estadísticas de Edificaciones (ESED) 2022*. www.ecuadorencifras.com
- INVIAS. (2012). *Especificaciones técnicas Capítulo 4-Pavimentos Asfálticos*.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/91b67a9a-14eb-4dba-8221-1eebc20f3080/content>
- Khadim, N., Thaheem, M. J., Ullah, F., & Mahmood, M. N. (2023). Quantifying the cost of quality in construction projects: an insight into the base of the iceberg. *Quality and Quantity*, 57(6), 5403–5429. <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01574-8>

- Maldonado, F. A. (2014). *Principales contradicciones y vacíos de las resoluciones emitidas por el Servicio Nacional de Contratación Pública (antes INCOP) con la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública*.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7a93c426-ce98-49bd-a86f-7481c3320729/content>
- Maldonado, J., & Pozo, J. (2022). *Comparación entre parámetros Marshall de Mezclas asfálticas en caliente, obtenidos Sobre muestras taladradas y briquetas compactadas en sitio*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21562/1/UPS%20-%20TTS577.pdf>
- MTOP. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*.
- NEVI-12, M. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial Nevi-12-MTOP Volumen N° 3 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*.
- Oyolo, F. (2016). *Determinación del índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la panamericana sur, Ica*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71693/Oyolo_JFS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez, A. G. (2024). *Análisis de ciclo de vida (ACV) de pavimentos urbanos en la zona de planificación 3 del Ecuador*.
- PMBOK. (2017). *Dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)*.
www.youtube.com/channel/UCJaX3Cg9ij60pYg_K8zyoFg
- RGLOSNC. (2023). *Reglamento a la ley orgánica sistema nacional contratación pública*.
www.compraspublicas.gov.ec.
- Rodríguez, A. (2024). *Calidad de servicio de las vías de segundo orden de la Provincia de Chimborazo*.
- Sánchez, A. (2003). *Diseño de pavimentos articulados para tráfico altos y medios*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f011213-8675-4efb-be13-9a294063ecb5/content>
- Santana, J. (2006). *Gestión de calidad en obras viales*.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcis232g/doc/bmfcis232g.pdf>
- Schwalbe, K. (2016). *Information technology project management*.
- SERCOP. (2021). *Sistema Nacional de Contratación Pública*. Quito, Pichincha, Ecuador.
https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2021/05/libro_evaluacion_sncp_2021-comprimido.pdf
- Solar, P. (2014). *Sistemas de gestión de la calidad. Metodología para implementar la mejora continua en edificación de viviendas*.
https://oa.upm.es/29365/1/PATRICIA_DEL_SOLAR_SERRANO.pdf
- Suarez, R., & Arom, D. (2018). *Aplicación de los estándares PMBOK para la mejora de la Gestión de Calidad en la fase de ingeniería y Construcción de un edificio multifamiliar, LIBERTY, Lima, 2023*.
<https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/2017/1781>
- Suarez, R., & Arom, Di. (2024). *Aplicación de los estándares PMBOK para la mejora de la Gestión de Calidad en la fase de ingeniería y Construcción de un edificio multifamiliar, LIBERTY, Lima, 2023*. www.coursehero.com
- Vargas, L. (2024). *Análisis De Estimación De Costos Indirectos De Empresas Constructoras En Proyectos Viales*.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13760/1/Vargas%20Tixi%2C%20L.%20%2820>

24%29%20An%C3%A1lisis%20de%20Estimaci%C3%B3n%20de%20Costos%20Indirectos%20de%20Empresas%20Constructoras%20en%20Proyectos%20Viales..pdf

Velásquez, H. (2024). *Aplicación del índice de Regularidad Internacional para la Seguridad Vial en la avenida 3 de julio El Carmen-Manabí.*

Zarate, V. (2015). *La aplicabilidad de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación pública y su influencia en la validez procesal Jurídica, en los procedimientos planificados por la EERSA, Durante el año 201.*

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1987/1/UNACH-FCP-DER-2015-0057.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de proyectos

PROYECTOS DE LICITACIÓN Y COTIZACIÓN					
Código	Proyecto	Presupuesto referencial	Costo Indirecto entidad	Presupuesto ofertado	Costo Indirecto ofertado
01	Proyecto 1	2,566,095.43	20%	2,518,187.15	17%
02	Proyecto 2	1,671,048.90	20%	1,607,092.11	18%
03	Proyecto 3	4,373,930.94	20%	4,330,113.50	20%
04	Proyecto 4	1,667,387.95	20%	1,583,624.19	20%
05	Proyecto 5	1,695,907.00	20%	1,590,306.62	14%
06	Proyecto 6	479,887.86	22%	459,622.97	22%
07	Proyecto 7	410,480.54	20%	328,306.60	20%
08	Proyecto 8	337,804.01	18%	269,136.10	18%
09	Proyecto 9	378,184.86	17%	335,666.49	17%
10	Proyecto 10	354,794.88	17%	306,254.92	17%
11	Proyecto 11	334,751.14	16%	307,035.86	16%
12	Proyecto 12	249,054.66	17%	186,813.61	8%
18	Proyecto 18	304,236.49	17%	247,654.41	17%
19	Proyecto 19	430,421.81	17%	365,724.02	17%
20	Proyecto 20	815,019.43	17%	730,938.52	17%
21	Proyecto 21	703,127.03	17%	687,537.81	17%
23	Proyecto 23	493,818.07	21%	445,062.26	20%
24	Proyecto 24	341,880.34	23%	292,175.93	20%
25	Proyecto 25	586,315.21	23%	514,781.09	20%
26	Proyecto 26	711,965.54	23%	649,461.98	14%
27	Proyecto 27	293,349.23	17%	234,726.21	17%
28	Proyecto 28	276,334.92	17%	224,453.96	17%
29	Proyecto 29	263,063.16	18%	185,214.73	21%
30	Proyecto 30	472,941.67	7%	420,295.65	21%
31	Proyecto 31	426,759.74	20%	359,259.31	15%
32	Proyecto 32	658,092.64	15%	595,524.43	15%

Anexo 2. Matriz fotográfica Ensayos

Tipo de Pavimento	Parametro evaluado	Fotografia	Descripción Técnica	Observaciones / Resultados
Articulado	Dimensiones		Medición de largo, ancho y altura de adoquines.	Cumple / No cumple tolerancia.
	Espesores		Verificación de espesores conforme a especificaciones.	Espesor conforme / deficiente.
	Resistencia a la compresión		Ensayo de resistencia a la compresión de unidades.	Resistencia dentro / fuera del rango.
	Resistencia a la Abrasión		Evaluación de pérdida de masa por abrasión.	Desgaste aceptable / alto.
Flexible	Extracción de núcleos		Extracción de testigos para ensayos proyectos No. 20 y No.32	Núcleos íntegros / con fallas.
	Espesores		Medición del espesor real de la estructura.	Cumple / No cumple diseño.
	Gravedad específica Bulk		Determinación de la densidad en estado compactado.	Valor adecuado / bajo.

Gravedad específica teórica (Rice)		Determinación de gravedad específica máxima.	Valor acorde / inconsistente.
Porcentaje de Vacíos y compactación		Cálculo del porcentaje de vacíos en mezcla y Grado de compactación alcanzado en obra	Dentro de límites / excesivos. Conforme / Deficiente.
Índice de Regularidad Internacional (IRI)		Medición de la regularidad superficial de la vía asfaltada	IRI bajo / alto