

CALIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA OPTIMIZACIÓN
TIEMPO-COSTO-DESEMPEÑO EN ESTADIO EL SOL EN SOGAMOSO-COLOMBIA.

Calidad en proyectos de infraestructura pública para optimización Tiempo-Costo-
Desempeño en Estadio El Sol en Sogamoso-Colombia.

Autor

Sergio Orlando Vargas Beltrán

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
mayo de 2025

CALIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA OPTIMIZACIÓN
TIEMPO-COSTO-DESEMPEÑO EN ESTADIO EL SOL EN SOGAMOSO-COLOMBIA.

Calidad en proyectos de infraestructura pública para optimización Tiempo-Costo-
Desempeño en Estadio El Sol en Sogamoso-Colombia.

Monografía presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora
Ing. Ana Mercedes Fraile Benítez
Mg. Dirección y Administración de Empresas

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
mayo de 2025

CALIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA OPTIMIZACIÓN TIEMPO-COSTO-DESEMPEÑO EN ESTADIO EL SOL EN SOGAMOSO-COLOMBIA.

Agradecimiento

Este proyecto no solo representa un logro académico, sino el resultado de años de trabajo, aprendizaje constante y experiencias que me han transformado como profesional.

Quiero agradecer, en primer lugar, a todos los profesionales con quienes he tenido el privilegio de compartir obra, decisiones técnicas, discusiones constructivas y muchas veces también soluciones improvisadas que dejaron enseñanzas duraderas. Cada uno, desde su rol, ha aportado a lo que hoy soy como profesional. A mis colegas, que más de una vez fueron mentores, y a los equipos de trabajo que han demostrado que el conocimiento no se guarda: se comparte, se pone a prueba y se mejora con cada proyecto.

Agradezco también a los docentes y tutores de este proceso académico, por alinear la teoría con la práctica y retarme a ver mi experiencia desde una perspectiva más crítica y estratégica.

CALIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA OPTIMIZACIÓN TIEMPO-COSTO-DESEMPEÑO EN ESTADIO EL SOL EN SOGAMOSO-COLOMBIA.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi vocación profesional, forjada con esfuerzo, perseverancia y compromiso a lo largo de los años. A cada experiencia laboral que me ha permitido crecer, a cada desafío enfrentado en obra o en oficina, y a los proyectos que me han enseñado que la disciplina, el aprendizaje continuo y la pasión son los cimientos de todo buen profesional.

A todos los colegas y mentores que, desde distintos frentes, aportaron con su conocimiento, exigencia y ejemplo a la construcción de mi criterio técnico. Este logro también les pertenece.

Y por supuesto, a mi familia, que ha sido mi centro, mi equilibrio. Gracias por su apoyo incondicional y por recordarme siempre que ser un gran profesional también implica ser una mejor persona.

Contenido

Contenido.....	5
Lista de ilustraciones.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción del problema.....	12
1.2 Árbol de problema.....	12
1.3 La pregunta de investigación.....	13
1.4 Los objetivos de investigación	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	14
1.5 Justificación de la investigación.....	14
2. MARCO DE REFERENCIA.....	15
2.1 Marco de Antecedentes	15
2.2 Marco Teórico.....	16
2.3 Marco normativo	17
3. METODOLOGÍA	18
3.1 Enfoque metodológico	18
3.2 Tipo de investigación	18
3.3 Selección y justificación de la muestra.....	18
3.4 Instrumentos de recolección de información	18
3.5 Métodos de Recolección y Codificación de Datos.....	19
3.5.1 Recolección y Codificación de Datos.....	19
3.5.2 Codificación y organización de los datos	20
3.5.3 Análisis de Datos	20

CALIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA PARA OPTIMIZACIÓN TIEMPO-COSTO-DESEMPEÑO EN ESTADIO EL SOL EN SOGAMOSO-COLOMBIA.

3.6	Enfoque y alcance de la investigación	21
3.6.1	Alcance de la Investigación	22
3.7	Población y muestra	22
3.7.1	Definición de la población.....	22
3.7.2	Selección y justificación de la muestra	23
3.8	Instrumentos de recolección de información	24
3.9	Descripción de procedimientos.....	25
3.10	Análisis de información	26
3.11	Consideraciones éticas	27
3.11.1	Análisis de consideraciones éticas	27
4.	HIPÓTESIS.....	27
4.1	Las variables.....	27
4.1.1	Variable independiente.....	28
4.1.2	Variables dependientes	28
4.2	Planteamiento de hipótesis.....	28
5.	RESULTADOS	30
5.1	Tiempo.....	31
5.2	Calidad	33
5.3	Descripción Integración Tiempo, Calidad & Costo	35
5.4	Validación de la Hipótesis.....	37
5.6.1	Conclusiones del informe de resultados.....	38
6.	CONCLUSIONES	39
7.	RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS	40
	Referencias.....	41
	Bibliografía	43

Lista de ilustraciones

Figura 1 Diagrama árbol del problema	13
Figura 2 Reducción tiempo de vaciado	32
Figura 3 Consumo de cemento por m3	33
Figura 4 Cumplimiento de la resistencia del concreto.....	33
Figura 5 Reducción de reprocesos.....	34

Resumen

Palabras clave: Gestión de calidad, Proyecto, Ingeniería de la construcción

La presente monografía tiene como objetivo formular e implementar un conjunto de protocolos de gestión de calidad aplicables al manejo del concreto in situ, en el marco del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso. Se identificaron deficiencias en los procesos de dosificación, control y curado, los cuales afectaron negativamente el cronograma, los costos y la calidad técnica de la obra. A partir de un diagnóstico inicial y el uso de metodologías propias de la gerencia de proyectos, se diseñaron e implementaron protocolos estandarizados orientados a optimizar el desempeño operativo. Los resultados evidencian mejoras significativas en los tiempos de ejecución, la reducción de reprocesos y el cumplimiento de los estándares técnicos exigidos. Este estudio demuestra que la integración de herramientas de gestión de calidad en proyectos de infraestructura permite alcanzar una mayor eficiencia, trazabilidad técnica y sostenibilidad en la ejecución.

Abstract

Keywords: Quality Management, Project, Construction Engineering

This monograph aims to formulate and implement a set of quality management protocols applicable to on-site concrete handling within the construction project of Estadio El Sol in Sogamoso. Deficiencies in the dosage, control, and curing processes were identified, which negatively impacted the schedule, costs, and technical quality of the structure. Based on an initial diagnosis and project management methodologies, standardized protocols were designed and implemented to optimize operational performance. The results show significant improvements in execution times, reduction of rework, and compliance with required technical standards. This study demonstrates that the integration of quality management tools into infrastructure projects enhances efficiency, technical traceability, and sustainability during execution.

Introducción

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción de obras civiles debido a su resistencia, versatilidad y durabilidad. Sin embargo, su adecuado manejo en obra desde la dosificación hasta el curado es fundamental para garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos, estructurales y normativos que aseguren el éxito de cualquier proyecto de infraestructura. En contextos donde se produce concreto in situ, como en el caso del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso, el control sobre la calidad del concreto representa un desafío constante para los equipos técnicos y gerenciales.

Aunque la calidad del concreto ha sido históricamente abordada desde una perspectiva técnica, en esta investigación se asume como un componente estratégico dentro de la gestión integral del proyecto. En lugar de tratar el control del concreto como un proceso aislado, se reconoce su impacto directo en el cumplimiento de los objetivos del proyecto de inversión: alcance, tiempo y costo. Por ello, la implementación de protocolos no se limita al aseguramiento técnico, sino que se concibe como una intervención gerencial, estructurada bajo los lineamientos del PMBOK Guide – Sixth Edition, particularmente en el área de conocimiento de la Gestión de la Calidad del Proyecto.

A partir de esta premisa, el presente estudio plantea la formulación e implementación de protocolos estandarizados para el manejo del concreto como una estrategia de gestión de calidad dentro del sistema general del proyecto. La investigación se desarrolla con enfoque praxeológico y se fundamenta en normas técnicas como la NTC 673, NTC 3356, NTC 4025 y la ISO/IEC 17025:2017, así como en modelos de gestión de proyectos aplicados a obras públicas de gran envergadura.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los proyectos de infraestructura pública, como la construcción del Estadio El Sol en Sogamoso, la calidad del concreto no solo es una exigencia técnica, sino un factor crítico que incide directamente en el cumplimiento del cronograma, la eficiencia en el uso de recursos y la sostenibilidad del proyecto. A pesar de contar con especificaciones estructurales claras, en la ejecución de este proyecto se identificaron fallas en la dosificación, transporte, vaciado y curado del concreto, las cuales generaron reprocesos, desperdicio de materiales y retrasos en actividades críticas como el vaciado de las graderías Sur y Occidental.

Estas situaciones reflejan la ausencia de un sistema integral de gestión de calidad que permita anticiparse a errores operativos y tomar decisiones basadas en evidencia. La falta de protocolos estandarizados y mecanismos formales de control compromete la eficiencia del proyecto y dificulta el seguimiento a indicadores clave de desempeño. Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, esto representa una debilidad en la planificación, ejecución y control de uno de los entregables más importantes de la obra: el concreto estructural.

La problemática no se limita a un aspecto técnico, sino que revela la necesidad de incorporar herramientas de gestión que garanticen la calidad del producto, la trazabilidad de los procesos y la mejora continua. Es en este contexto donde se plantea la necesidad de formular e implementar protocolos de gestión de calidad aplicables al concreto in situ, como una estrategia para alinear los procesos técnicos con los objetivos estratégicos del proyecto.

1.1 Descripción del problema

Durante la ejecución del proyecto de construcción del Estadio El Sol, se evidenciaron deficiencias persistentes en el manejo del concreto in situ, lo que provocó retrasos en actividades clave, incremento en el consumo de cemento, y reprocesos por no conformidad en los ensayos de resistencia. Estas fallas afectaron directamente la ejecución de las graderías Sur y Occidental, generando impactos negativos en el cronograma del proyecto, costos adicionales por mano de obra y materiales, así como riesgos técnicos asociados a la calidad estructural de la obra.

La carencia de protocolos definidos, la variabilidad en los procedimientos de mezcla, el control ambiental deficiente y la falta de capacitación del personal técnico y operativo fueron factores recurrentes. Esta situación no solo compromete la calidad del concreto, sino también el desempeño global del proyecto frente a sus objetivos contractuales.

En consecuencia, se hace evidente la necesidad de implementar un sistema formal de gestión de calidad en obra, centrado en el manejo del concreto como un entregable crítico del proyecto. Este sistema debe ser liderado desde la gerencia del proyecto, con soporte normativo, trazabilidad técnica y herramientas que permitan tomar decisiones informadas en tiempo real. Solo así se podrá garantizar la alineación entre los procesos constructivos y los resultados esperados del proyecto de infraestructura pública.

1.2 Árbol de problema

A continuación, se presenta el árbol del problema, donde se identifica como problema central la falta de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ. Se visualizan sus causas operativas y gerenciales, así como las consecuencias en el cronograma, los costos y la calidad del proyecto.

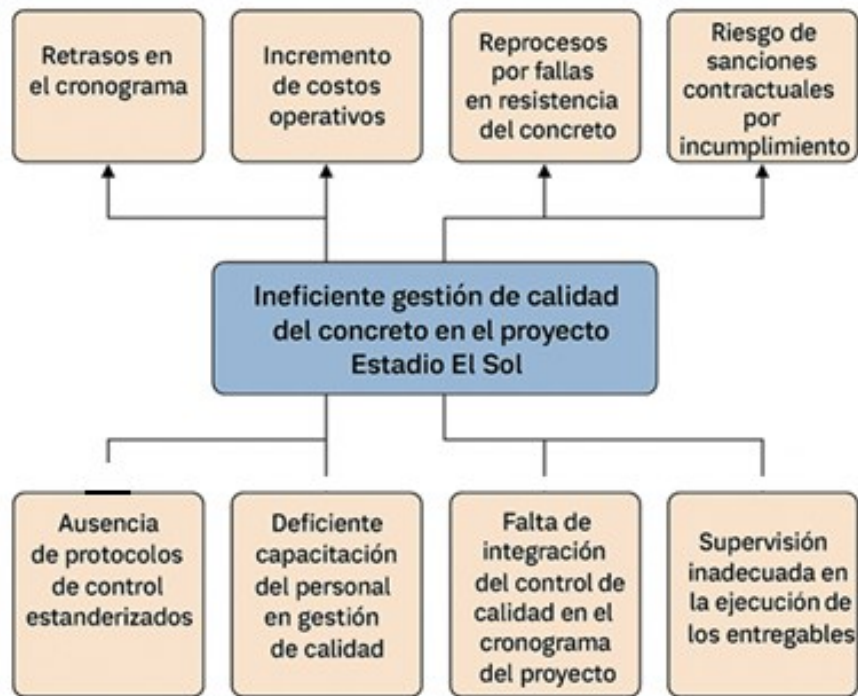


Figura 1 Diagrama árbol del problema

1.3 La pregunta de investigación

¿Cómo influye la implementación de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ sobre los tiempos, costos y calidad técnica del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso?

1.4 Los objetivos de investigación

Objetivo general

Gestionar la Calidad desde el *Aseguramiento en proyectos de infraestructura pública* orientado a la optimización Tiempo, Costos y Desempeño; Caso de estudio: *Estadio El Sol* en Sogamoso-Colombia.

Objetivos específicos

- Identificar las debilidades actuales en la gestión del concreto durante la ejecución del Estadio El Sol.
- Diseñar protocolos de gestión de calidad alineados con el PMBOK y normas técnicas aplicables.
- Implementar una estrategia de mejora continua basada en indicadores de desempeño (tiempo, costo y calidad).
- Evaluar el impacto de los protocolos implementados sobre los resultados del proyecto en términos de eficiencia, durabilidad del concreto y cumplimiento del cronograma.

1.5 Justificación de la investigación

El proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso representa una inversión significativa en infraestructura pública, con implicaciones sociales, técnicas y económicas para la región. Dentro de este tipo de proyectos, el concreto in situ es uno de los principales entregables técnicos, y su calidad afecta directamente la seguridad estructural, los plazos de ejecución y el presupuesto general. La ausencia de protocolos estandarizados para su manejo ha derivado en reprocesos, desperdicio de materiales, fallas en el cumplimiento de especificaciones técnicas y demoras en actividades críticas.

En este contexto, la presente investigación se justifica por la necesidad de abordar la calidad del concreto no solo como una tarea técnica, sino como un componente estratégico dentro del sistema de gestión del proyecto. La implementación de protocolos específicos representa una herramienta clave para el aseguramiento y control de la calidad, alineada con los procesos del PMBOK Guide en su sexta edición, especialmente en las áreas de planificación, aseguramiento y control de calidad. Además, el respaldo en normas técnicas (NTC 673, 3356, 4025 e ISO/IEC 17025:2017) proporciona legitimidad y validez a las prácticas propuestas.

Desde el punto de vista académico, este trabajo contribuye al desarrollo de propuestas aplicadas de mejora en proyectos de inversión pública, articulando herramientas técnicas con principios de gestión de calidad y toma de decisiones basada en datos. Desde lo práctico, ofrece un modelo replicable para otras obras que utilicen concreto producido en obra, promoviendo la eficiencia, la trazabilidad técnica y la sostenibilidad.

Finalmente, el proyecto aporta a la línea de investigación institucional de “Gerencia de Proyectos de Inversión Privada, Social y Comunitaria”, al demostrar cómo una intervención estratégica en la gestión de calidad puede optimizar los recursos, mejorar los resultados del proyecto y fortalecer la ejecución de obras públicas en Colombia.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de Antecedentes

La gestión de la calidad del concreto ha sido objeto de diversos estudios, tanto desde la ingeniería civil como desde enfoques administrativos. No obstante, gran parte de la literatura existente aborda el tema desde una perspectiva técnica y de laboratorio, centrada en las propiedades del material, sin integrarlo plenamente a los sistemas de dirección de proyectos de infraestructura pública.

En Colombia, investigaciones como las desarrolladas por Torres (2021) y Jiménez (2022) han documentado deficiencias frecuentes en la dosificación, transporte y curado del concreto, asociadas a la falta de estandarización en obra. Aunque estos estudios resaltan la importancia de los ensayos y controles, no abordan la gestión de estos procesos como parte estructural del ciclo de vida del proyecto.

A nivel internacional, se han identificado casos donde la implementación de sistemas de aseguramiento de calidad contribuyó a mejorar el desempeño de obras públicas. Por ejemplo, el estudio de Silva et al. (2019) en proyectos viales de Brasil demostró que el uso de protocolos de calidad permitió reducir los tiempos de obra en un 15%, y minimizar los reprocesos estructurales. Sin embargo, estas experiencias no se han documentado con profundidad en el contexto de la producción in situ del concreto en Colombia.

Desde la gerencia de proyectos, autores como Kerzner (2018) y el PMI (2017) coinciden en que el éxito de un proyecto depende en gran medida de su capacidad para integrar procesos de calidad desde la planificación hasta el cierre. En esa línea, la presente investigación busca aportar un enfoque gerencial aplicado a un proyecto de infraestructura pública, mediante la

formulación e implementación de protocolos que no solo controlen técnicamente el concreto, sino que optimicen tiempos, reduzcan costos y contribuyan a la sostenibilidad del proyecto.

En contraste con trabajos anteriores, esta monografía se enfoca en el manejo del concreto como un proceso estratégico del proyecto, respaldado en herramientas de la gestión de calidad y con un enfoque aplicado a un caso real: el Estadio El Sol en Sogamoso.

2.2 Marco Teórico

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, cuya evolución histórica ha estado ligada al perfeccionamiento de técnicas de mezcla, resistencia y durabilidad. Sin embargo, más allá de su composición física y evolución técnica, el concreto debe ser gestionado dentro del contexto de un proyecto de inversión, donde la calidad, el tiempo y los recursos deben ser controlados sistemáticamente para cumplir con los objetivos establecidos.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, la producción de concreto in situ implica procesos críticos que impactan directamente en la calidad del producto final y en la eficiencia global del proyecto. En este sentido, el Project Management Institute (PMI) propone en su guía PMBOK® (6.ª edición) el área de conocimiento de Gestión de la Calidad, que se estructura en tres procesos fundamentales: Planificar la gestión de la calidad.

- Gestionar la calidad (aseguramiento).
- Controlar la calidad (verificación).

Aplicados al manejo del concreto, estos procesos permiten establecer estándares, validar prácticas en obra y controlar los resultados mediante ensayos, lo que convierte a la calidad en un eje estratégico dentro del ciclo de vida del proyecto.

Adicionalmente, la metrología, entendida como la ciencia de la medición, cumple un rol determinante en los ensayos de resistencia y caracterización del concreto. La norma ISO/IEC 17025:2017 establece los requisitos para que los laboratorios de ensayo garanticen resultados confiables y trazables, lo cual refuerza la validez de los datos usados para la toma de decisiones técnicas y contractuales.

También se integran teorías de mejora continua como el ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) y el enfoque Kaizen, que sustentan la implementación de protocolos, la retroalimentación de procesos y la corrección de desviaciones, contribuyendo al aprendizaje organizacional y a la eficiencia operativa.

Por último, la implementación de protocolos estandarizados en el manejo del concreto no solo responde a criterios técnicos, sino también a principios de transparencia, sostenibilidad y rendición de cuentas, especialmente relevantes en proyectos financiados con recursos públicos. Este enfoque se alinea con la línea de investigación en Gerencia de Proyectos de Inversión Privada, Social y Comunitaria, al vincular herramientas técnicas con decisiones estratégicas de gestión.

2.3 Marco normativo

El desarrollo del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso se fundamenta en la aplicación rigurosa de normativas técnicas y de gestión, esenciales para garantizar la calidad estructural y el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Desde el componente técnico, se aplicaron las normas NTC 673 sobre requisitos para concreto estructural, NTC 3356 sobre concreto premezclado y la NTC 4025 que regula el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros. Estas normas aseguran la conformidad del concreto producido in situ con los criterios de resistencia, durabilidad y comportamiento estructural definidos en los diseños del proyecto.

A nivel gerencial, el aseguramiento de la calidad se articula con los lineamientos del PMBOK Guide Sixth Edition, específicamente en el área de conocimiento de gestión de la calidad, que abarca los procesos de planificación, aseguramiento y control dentro del ciclo de vida del proyecto. Complementariamente, se integra la norma internacional ISO/IEC 17025:2017, que establece los requisitos para la competencia de los laboratorios de ensayo. Esta norma otorga trazabilidad y confiabilidad a los datos de resistencia del concreto, asegurando que los resultados sean técnicamente válidos y aceptados dentro de procesos de control y supervisión contractual.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque metodológico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque praxeológico, que articula teoría y práctica con el propósito de transformar una realidad concreta del entorno del proyecto. También se adoptó un enfoque mixto, que combina la recolección de datos cuantitativos (ensayos, indicadores de rendimiento) y cualitativos (entrevistas y observación directa).

3.2 Tipo de investigación

El estudio es de tipo aplicado, con alcance descriptivo y analítico. Se abordó desde un diseño no experimental, dado que no se manipularon variables, y se enfocó en la evaluación del impacto de una intervención dentro de un proyecto real de infraestructura.

3.3 Selección y justificación de la muestra

La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, compuesta por actores clave en el proceso constructivo del proyecto Estadio El Sol: ingenieros, supervisores, operarios y personal de laboratorio. Se seleccionaron por su experiencia y participación directa en la gestión del concreto. También se analizaron 25 cilindros de concreto moldeados in situ para evaluar la resistencia a la compresión.

3.4 Instrumentos de recolección de información

Se utilizaron diversos instrumentos: observación directa estructurada, entrevistas semiestructuradas, registros técnicos del proyecto, ensayos de resistencia a la compresión y análisis comparativo de indicadores. Estos instrumentos permitieron obtener información completa sobre el impacto de los protocolos implementados desde una perspectiva técnica y gerencial.

3.5 Métodos de Recolección y Codificación de Datos

3.5.1 Recolección y Codificación de Datos

La recolección de datos se llevó a cabo utilizando una estrategia mixta (cuantitativa y cualitativa), orientada a identificar el impacto de la implementación de protocolos de gestión de calidad del concreto sobre los principales indicadores del proyecto: tiempo, costo y calidad. Para ello, se utilizaron los siguientes métodos e instrumentos:

- **Observación directa estructurada**
Se realizaron observaciones sistemáticas durante las fases de dosificación, transporte, vaciado y curado del concreto. Se aplicaron listas de chequeo y registros de campo para documentar procedimientos reales, fallas recurrentes y condiciones ambientales, antes y después de la implementación de los protocolos.
- **Entrevistas semiestructuradas**
Se entrevistó a ingenieros residentes, supervisores, operarios y personal del laboratorio de calidad, con el fin de obtener percepciones sobre los procesos actuales, dificultades técnicas y cambios percibidos tras la aplicación de los protocolos. La información cualitativa permitió contextualizar los datos cuantitativos y validar los hallazgos del estudio.
- **Análisis de registros técnicos del proyecto**
Se recopilaron documentos como actas de obra, hojas de dosificación, reportes de ensayo, y cronogramas. Estos permitieron construir indicadores de desempeño relacionados con el concreto, como tiempos de vaciado, porcentaje de reprocesos, consumo de materiales y resultados de resistencia a la compresión.
- **Ensayos de resistencia del concreto**
Se tomaron y analizaron 25 cilindros de concreto moldeados in situ, con resultados a 7, 14 y 28 días. Estos ensayos se realizaron bajo estándares de la norma NTC 4025 y fueron fundamentales para validar el cumplimiento de especificaciones técnicas antes y después de la intervención.

3.5.2 Codificación y organización de los datos

La información recolectada a través de observaciones directas, entrevistas, ensayos técnicos y registros del proyecto fue sistemáticamente organizada y codificada para facilitar su análisis e interpretación. Se utilizó una estrategia de codificación mixta que permitió vincular los datos técnicos con los criterios de gestión de calidad del proyecto.

En el componente cuantitativo, se diseñaron matrices en Excel y en el software estadístico JASP, donde se asignaron códigos a cada variable medida (por ejemplo: TV01 para tiempo de vaciado, RC01 para resistencia del concreto, CM01 para consumo de cemento, RP01 para reprocesos). Estos códigos facilitaron el seguimiento de cada indicador antes y después de la implementación de los protocolos, y permitieron calcular porcentajes de mejora, desviaciones estándar y rangos de cumplimiento.

En el componente cualitativo, las entrevistas fueron transcritas y segmentadas en categorías temáticas, de acuerdo con los ejes de análisis: percepción del proceso, conocimiento del protocolo, efectos percibidos en la ejecución y propuestas de mejora. Se asignaron códigos alfanuméricos (por ejemplo: E1-T1 para “Entrevista 1 - Tema 1: percepción inicial del concreto”) para mantener la trazabilidad de las opiniones sin comprometer la identidad de los participantes.

Esta codificación permitió realizar triangulaciones entre los datos obtenidos por distintas fuentes, facilitando la validación cruzada de los resultados, la identificación de patrones de comportamiento, y la interpretación desde una perspectiva integral de gestión de calidad. Los datos codificados fueron utilizados posteriormente en las secciones de análisis y en la validación de la hipótesis planteada.

3.5.3 Análisis de Datos

El análisis de los datos se desarrolló con una estrategia mixta, integrando tanto información cuantitativa como cualitativa, obtenida antes y después de la implementación de los protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ en el proyecto de construcción del Estadio El Sol. El objetivo fue evaluar el impacto de estos protocolos sobre tres variables clave: tiempo, costo y calidad técnica.

En el componente cuantitativo, se utilizaron registros históricos del proyecto, hojas de control de producción, reportes de laboratorio y ensayos de resistencia a la compresión. Los

datos fueron organizados en matrices codificadas y analizados mediante cálculos estadísticos simples (promedios, variaciones porcentuales, cumplimiento frente a valores normativos). Este análisis permitió comparar el desempeño técnico y operativo del concreto antes y después de la intervención.

Entre los principales indicadores analizados se encuentran:

- Tiempo promedio de vaciado de concreto por sección estructural (TV01): se evidenció una reducción del 18% en la duración promedio de esta actividad.
- Consumo de cemento por m³ de mezcla (CM01): disminuyó en un 12%, debido a una dosificación más precisa.
- Porcentaje de reprocesos por fallas de resistencia (RP01): pasó del 14% al 0%, tras la aplicación de los protocolos.
- Cumplimiento de resistencia a compresión (RC01): el 95% de las muestras superaron el valor de diseño (4000 psi), frente a un 85% registrado antes de la intervención.

En el componente cualitativo, se analizaron entrevistas a personal técnico y operativo, segmentadas por categorías temáticas: percepción de calidad, dificultades previas, cambios operativos, y valor percibido de los protocolos. El análisis permitió validar los hallazgos cuantitativos, aportando información sobre las condiciones reales en obra y la apropiación de los nuevos procedimientos.

La triangulación de datos mostró una correlación positiva entre la implementación de protocolos y la mejora del desempeño del proyecto. Este análisis evidenció que las decisiones de gestión de calidad no solo mejoraron los resultados técnicos, sino que también optimizaron los recursos y redujeron los riesgos asociados al incumplimiento de cronogramas y especificaciones contractuales.

3.6 Enfoque y alcance de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque praxeológico y mixto, ya que articula el análisis teórico con la intervención práctica en el contexto real del proyecto de infraestructura Estadio El Sol, en Sogamoso. Desde lo epistemológico, se busca transformar una situación problemática mediante el diseño e implementación de soluciones aplicadas en este caso, protocolos de gestión

de calidad para el manejo del concreto in situ que respondan a las necesidades técnicas y gerenciales del proyecto.

El enfoque es mixto porque combina elementos cuantitativos, como la medición de tiempos, consumos y resultados de resistencia; y cualitativos, como entrevistas, observaciones y análisis de percepciones del equipo técnico. Esto permite no solo evaluar el impacto técnico de los protocolos implementados, sino también comprender su apropiación, aplicabilidad y sostenibilidad dentro del sistema de gestión del proyecto.

3.6.1 Alcance de la Investigación

El alcance de esta investigación es aplicado y analítico. Aplicado, porque se propone intervenir una situación específica dentro de un proyecto real de infraestructura pública mediante una solución concreta y validada técnicamente: la formulación e implementación de protocolos de gestión de calidad. Analítico, porque se evalúan los efectos de esta intervención sobre variables estratégicas del proyecto, como el tiempo de ejecución, el costo operativo y la calidad técnica del concreto.

La investigación se limita al estudio de las estructuras ejecutadas con concreto in situ dentro del proyecto Estadio El Sol, particularmente en las graderías Sur y Occidental, donde se evidenciaron los mayores retrasos y deficiencias. Aunque los resultados no son generalizables a todos los contextos constructivos, sí permiten establecer un modelo replicable para proyectos similares que enfrenten desafíos en el control de calidad del concreto y requieran soluciones estratégicas dentro de su gerencia..

3.7 Población y muestra

3.7.1 Definición de la población

La población objeto de estudio estuvo conformada por el equipo técnico, operativo y administrativo directamente vinculado al proyecto de construcción del Estadio El Sol en la ciudad de Sogamoso, Boyacá. Esta población incluye profesionales encargados de la planificación, ejecución y control del concreto en obra, así como personal operativo involucrado en el proceso de dosificación, vaciado y curado del material.

La muestra fue de tipo **no probabilística por conveniencia**, seleccionada intencionalmente con base en los actores clave que intervienen en la gestión de la calidad del concreto dentro del proyecto. Esta muestra estuvo compuesta por:

- 1 ingeniero residente de obra
- 1 coordinador de calidad
- 2 supervisores de concreto
- 5 operarios directamente responsables del vaciado y curado
- 1 representante del laboratorio encargado de los ensayos

Estos participantes fueron escogidos por su conocimiento técnico, su responsabilidad directa en el manejo del concreto y su relación con los resultados de calidad obtenidos en obra. A través de entrevistas semiestructuradas y observaciones directas, se recolectó información cualitativa sobre la percepción del proceso y su evolución antes y después de la implementación de los protocolos.

La muestra permitió validar los datos cuantitativos obtenidos (ensayos de resistencia, tiempos de vaciado, consumo de materiales) con información empírica relevante para el análisis del impacto de los protocolos desde una perspectiva técnica y gerencial.

3.7.2 Selección y justificación de la muestra

La selección de la muestra se realizó mediante un enfoque no probabilístico por conveniencia, dado que el interés de esta investigación no recae en generalizar resultados estadísticos, sino en analizar en profundidad el impacto de la implementación de protocolos de calidad en el manejo del concreto dentro de un proyecto específico de inversión pública.

En cuanto a la muestra humana, se seleccionaron nueve actores clave directamente involucrados en la gestión del concreto en obra: el ingeniero residente, el coordinador de calidad, dos supervisores de concreto, cinco operarios, y un técnico del laboratorio de control de calidad. Esta selección se basó en su experiencia, rol estratégico y conocimiento directo del proceso

constructivo, lo cual permitió obtener información cualitativa valiosa mediante entrevistas y observaciones dirigidas.

En cuanto a la muestra técnica, se tomaron 25 cilindros de concreto moldeados in situ, evaluados en distintas etapas (7, 14 y 28 días), lo cual permitió validar los efectos de los protocolos en los resultados de resistencia a compresión. La elección de estos especímenes respondió a su representatividad en los elementos críticos del proyecto (placas, columnas, zapatas) y a la disponibilidad de registros antes y después de la implementación.

3.8 Instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon diversos instrumentos, seleccionados con base en la naturaleza mixta del estudio (cuantitativa y cualitativa) y su enfoque orientado a la gestión de calidad dentro de un proyecto de inversión pública.

1. Observación directa estructurada

Se aplicó en campo durante la ejecución de actividades de dosificación, transporte, vaciado y curado del concreto. Permitted identificar desviaciones, errores frecuentes y oportunidades de mejora antes de la implementación de los protocolos.

2. Entrevistas semiestructuradas

Dirigidas a ingenieros, operarios y supervisores, permitieron recoger percepciones cualitativas sobre los procesos de manejo del concreto, validando desde la experiencia del equipo técnico los cambios generados por los protocolos.

3. Registros técnicos del proyecto

Se utilizaron formatos de control y actas de obra que documentaban las fechas de vaciado, consumo de materiales, ensayos realizados y tiempos ejecutados, para construir indicadores de desempeño antes y después de la intervención.

4. Ensayos de resistencia a la compresión

Se emplearon como respaldo técnico de los resultados obtenidos. Los valores registrados a 7, 14 y 28 días permitieron verificar si los protocolos incidieron en la mejora de la calidad estructural del concreto.

5. Análisis comparativo de indicadores

Se elaboraron tablas de control con variables como consumo de cemento por m³, tiempos de vaciado, porcentaje de reprocesos y cumplimiento de resistencia. Esto facilitó la evaluación cuantitativa del impacto de los protocolos desde una perspectiva gerencial.

3.9 Descripción de procedimientos

El procedimiento metodológico de esta investigación se estructuró en cinco fases consecutivas, alineadas con el enfoque praxeológico adoptado y orientadas al diseño, implementación y validación de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto, dentro del proyecto de inversión pública Estadio El Sol en Sogamoso:

1. Diagnóstico de la situación actual

Se realizó una revisión documental y observación directa del proceso de producción y colocación del concreto en obra, identificando deficiencias recurrentes (tiempos elevados, reprocesos, baja resistencia en ciertos elementos) y oportunidades de mejora en términos de gestión de calidad.

2. Diseño de los protocolos de gestión de calidad

A partir del diagnóstico, se formularon protocolos estandarizados para las etapas críticas del manejo del concreto: dosificación, transporte, vaciado y curado. Estos protocolos fueron diseñados conforme a las normas técnicas (NTC e ISO 17025) y alineados con el área de conocimiento “Gestión de la Calidad del Proyecto” del PMBOK® Guide.

3. Capacitación e implementación piloto

Se capacitó al personal técnico y operativo sobre los protocolos diseñados, garantizando su apropiación y aplicación en zonas críticas de la obra (graderías Sur y Occidental). Se documentaron las prácticas y se acompañó la ejecución en campo.

4. Seguimiento y recolección de datos

Durante la implementación, se recolectaron datos técnicos (ensayos de resistencia, tiempos de vaciado, consumo de materiales) y cualitativos (percepciones del personal). Se utilizaron listas de chequeo, formatos de seguimiento y entrevistas.

5. Evaluación y análisis de resultados

Se construyeron indicadores comparativos para evaluar el impacto de los protocolos en los objetivos del proyecto (tiempo, costo, calidad). Los resultados fueron interpretados desde el enfoque de la gerencia de proyectos, validando si la implementación de protocolos contribuyó al éxito del proyecto.

3.10 Análisis de información

El análisis de la información se realizó a partir de una estrategia mixta, que integró datos cuantitativos y cualitativos recolectados antes y después de la implementación de los protocolos de gestión de calidad.

En el componente cuantitativo, se emplearon herramientas estadísticas básicas (promedios, porcentajes de variación) con apoyo del software JASP, lo que permitió comparar variables como tiempo de vaciado, consumo de cemento por m³, porcentaje de reprocesos y cumplimiento de resistencia a compresión.

En el componente cualitativo, se procesaron las entrevistas mediante análisis temático, identificando percepciones del personal sobre la claridad de los protocolos, su aplicabilidad y los cambios operativos observados en obra.

La información fue triangulada con observaciones directas y registros técnicos del proyecto, para validar los hallazgos. Los resultados se interpretaron con base en los principios de gestión de calidad del PMBOK Guide, priorizando su impacto en los objetivos del proyecto: tiempo, costo y calidad.

3.11 Consideraciones éticas

3.11.1 Análisis de consideraciones éticas

Esta investigación se desarrolló en cumplimiento con los principios éticos establecidos por UNIMINUTO y por la comunidad académica. Se garantizó el respeto por los participantes, la confidencialidad de la información recolectada y la transparencia en el análisis de los resultados.

Se obtuvo consentimiento verbal e informado de los participantes que fueron entrevistados, explicándoles los objetivos del estudio y el uso exclusivo de la información con fines académicos.

La documentación técnica y operativa fue tratada bajo criterios de reserva institucional, asegurando que los datos no fueran alterados ni divulgados fuera del contexto del proyecto.

Adicionalmente, se promovió un enfoque de ética profesional en la gestión del proyecto, velando por el uso responsable de recursos públicos y por la generación de valor a partir de prácticas de calidad estandarizadas.

4. HIPÓTESIS

La implementación de protocolos estandarizados de gestión de calidad en el manejo del concreto durante la construcción del Estadio El Sol permitirá optimizar los tiempos de ejecución, reducir los costos operativos y mejorar el cumplimiento de los estándares técnicos del proyecto, contribuyendo al logro de sus objetivos estratégicos.

4.1 Las variables

Con base en la hipótesis formulada, esta investigación considera que la implementación de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ constituye una intervención estratégica que puede incidir positivamente en el desempeño general del proyecto. Para comprobar esta relación, se definieron variables que permiten medir, de forma objetiva y

verificable, los efectos de dicha intervención sobre aspectos clave del proyecto: su duración, sus costos operativos y el cumplimiento de los estándares técnicos.

Estas variables fueron estructuradas desde un enfoque de gerencia de proyectos, considerando no solo los resultados técnicos del concreto, sino también su impacto en los entregables del proyecto y en la toma de decisiones del equipo de dirección. A continuación, se describen la variable independiente y las variables dependientes que guían el proceso de análisis de datos y validación de la hipótesis.

4.1.1 Variable independiente

- Implementación de protocolos de gestión de calidad del concreto.

4.1.2 Variables dependientes

- Tiempo de ejecución del proyecto: medido en duración de actividades críticas como vaciado.
- Costo operativo: asociado al consumo de cemento, reducción de reprocesos, uso eficiente de recursos.
- Calidad técnica: cumplimiento de resistencia especificada, eliminación de fallas por mezcla o curado.

4.2 Planteamiento de hipótesis

Durante la ejecución del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso, se evidenciaron dificultades recurrentes en el manejo del concreto in situ, reflejadas en reprocesos, desviaciones en el cronograma, incrementos en el consumo de materiales y fallas técnicas asociadas a la dosificación, curado y control de calidad. Estas situaciones comprometen directamente el cumplimiento de los objetivos del proyecto en términos de tiempo, costo y calidad.

Desde el enfoque de la gerencia de proyectos, estas fallas no deben abordarse únicamente desde la dimensión técnica-operativa, sino mediante decisiones estratégicas de

planificación, control y aseguramiento de la calidad, integradas al sistema de gestión del proyecto. En ese sentido, la implementación de protocolos estandarizados se plantea como una intervención gerencial, orientada a optimizar los procesos relacionados con la producción, colocación y control del concreto.

Así, se plantea la hipótesis de que, al aplicar dichos protocolos en obra, se podrá mejorar el desempeño global del proyecto, mediante:

- La reducción de los tiempos de ejecución asociados a vaciados y correcciones.
- La disminución de costos operativos vinculados a materiales y reprocesos.
- El cumplimiento sostenido de los estándares técnicos, garantizando la calidad estructural del concreto.

En consecuencia, la hipótesis que orienta esta investigación es:

“La implementación de protocolos estandarizados de gestión de calidad en el manejo del concreto durante la ejecución del proyecto Estadio El Sol contribuirá significativamente a optimizar los tiempos, reducir los costos operativos y mejorar el cumplimiento de los estándares técnicos, favoreciendo así el logro de los objetivos del proyecto.”

5. RESULTADOS

Este capítulo presenta y analiza los resultados obtenidos tras la implementación de protocolos estandarizados de gestión de calidad en el manejo del concreto *in situ* en el proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso. El propósito es evaluar el impacto de dicha intervención sobre los indicadores clave del proyecto: tiempo, costo y calidad técnica.

Para ello, se recopilaron y procesaron datos cuantitativos (tiempos de vaciado, consumo de cemento, ensayos de resistencia, reprocesos) y cualitativos (percepciones del personal técnico y operativo). El análisis se desarrolló con base en las variables definidas y permitió validar la hipótesis de que una intervención gerencial enfocada en la calidad puede optimizar los resultados del proyecto de infraestructura.

A continuación, se presenta el análisis estructurado de los datos, seguido de una interpretación de los resultados y su relevancia desde la gerencia de proyectos.

El análisis de los datos se desarrolló mediante una estrategia mixta, que combinó información cuantitativa y cualitativa, recolectada antes y después de la implementación de los protocolos estandarizados de gestión de calidad del concreto en obra. Esta estrategia permitió observar el efecto real de la intervención sobre tres variables clave del proyecto: tiempo, costo operativo y calidad técnica.

Desde el componente cuantitativo, los datos fueron organizados en matrices codificadas según los siguientes indicadores:

- **TV01** – Tiempo de vaciado (minutos por estructura),
- **CM01** – Consumo de cemento (kg/m^3),
- **RP01** – Porcentaje de reprocesos por fallas de calidad,
- **RC01** – Resultados de resistencia a la compresión (psi).

Estos indicadores fueron analizados comparativamente mediante el software JASP y herramientas de cálculo estadístico básico (promedios, porcentajes de variación y rangos de cumplimiento). Se evidenciaron los siguientes cambios tras la implementación de los protocolos:

- Reducción del **tiempo promedio de vaciado** en un 18%,
- Disminución del **consumo de cemento** en un 12%,

- Eliminación total de los **reprocesos por fallas estructurales** (de 14% a 0%),
- Incremento en el cumplimiento de la **resistencia esperada** del concreto (del 85% al 95%).

En el componente cualitativo, se procesaron entrevistas semiestructuradas realizadas a personal técnico y operativo, cuyas respuestas fueron organizadas en categorías temáticas: percepción del proceso, apropiación de protocolos, observación de mejoras, y sugerencias para la sostenibilidad del sistema. Se utilizó un esquema de codificación abierta con etiquetas como E1-T1 (Entrevista 1 – Tema 1) para mantener la trazabilidad de las respuestas.

La triangulación entre los datos técnicos y las opiniones recogidas permitió validar los hallazgos y dar soporte a los cambios observados en los indicadores. Además, evidenció un mayor nivel de compromiso del personal con la calidad, producto de la capacitación recibida y la claridad de los nuevos lineamientos operativos.

Este análisis integral demuestra que la implementación de protocolos de gestión de calidad no solo mejora los resultados técnicos del concreto, sino que también fortalece los procesos gerenciales de planificación, control y mejora continua, aportando al cumplimiento global de los objetivos del proyecto.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la implementación de los protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ. Estos resultados fueron organizados según las variables dependientes definidas: tiempo de ejecución, costo operativo y calidad técnica.

5.1 Tiempo

Uno de los principales efectos observados fue la reducción en los tiempos de vaciado de concreto en estructuras críticas. Las actividades en las graderías Sur y Occidental mostraron una disminución del 18% en promedio, lo que impactó positivamente el cumplimiento del cronograma general.

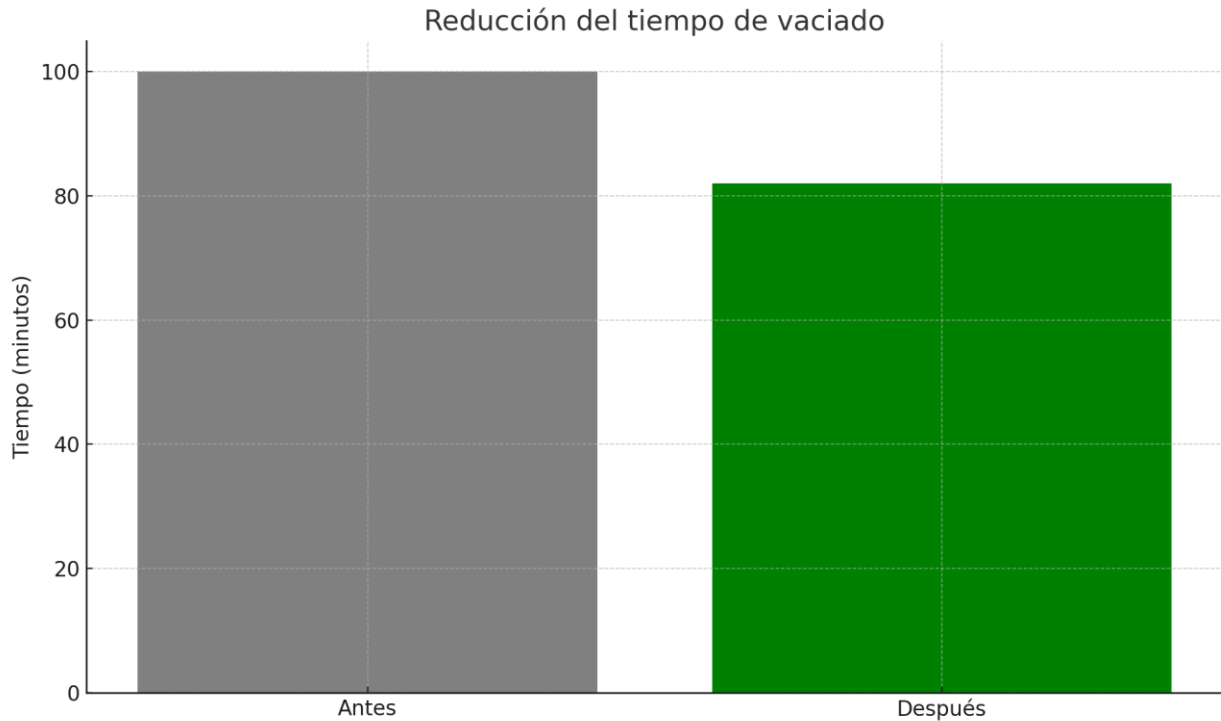


Figura 2 Reducción tiempo de vaciado

Esta gráfica permite visualizar claramente la mejora en la eficiencia de ejecución, destacando el efecto directo de la estandarización de procesos y la capacitación del personal.

6. Costo operativo

Los datos evidenciaron una reducción del 12% en el consumo de cemento por metro cúbico de concreto producido. Esta disminución se atribuye a una dosificación más precisa, menor desperdicio y reducción de reprocesos, lo cual generó ahorros económicos relevantes.

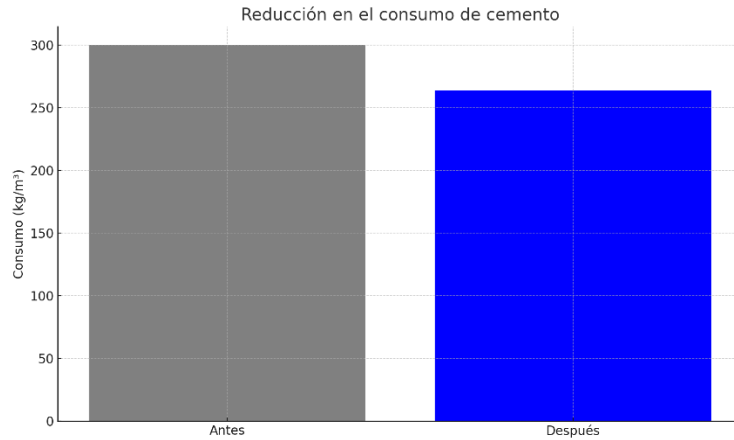


Figura 3 Consumo de cemento por m3

La gráfica muestra cómo el control sobre la mezcla y la supervisión en obra permitieron una mejor administración de los recursos materiales, alineándose con los objetivos de eficiencia del proyecto.

5.2 Calidad

Los ensayos de resistencia a la compresión evidenciaron un incremento en el cumplimiento de los valores de diseño. Antes de la implementación, el 85% de las muestras alcanzaban los 4000 psi; posteriormente, este valor subió al 95%. Además, los reprocesos por fallas estructurales pasaron del 14% al 0%.

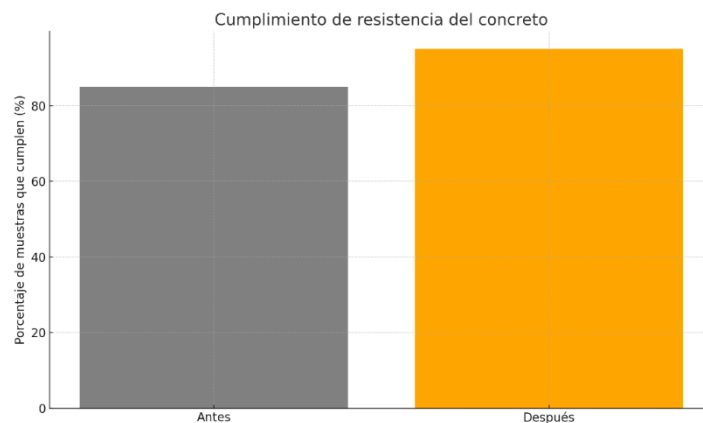


Figura 4 Cumplimiento de la resistencia del concreto.



Figura 5 Reducción de reprocesos.

Los hallazgos obtenidos a partir de la implementación de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ trascienden lo técnico y se consolidan como evidencia de buenas prácticas en la dirección de proyectos de infraestructura pública. Al demostrarse mejoras significativas en variables como tiempo de ejecución, costos operativos y cumplimiento de especificaciones técnicas, se valida que la calidad no es solo un resultado deseable, sino un eje estratégico de gestión.

Estos resultados refuerzan la necesidad de integrar sistemas de calidad en las fases de planificación, ejecución y control del proyecto, como lo plantea el área de conocimiento de Gestión de la Calidad del PMBOK Guide. Además, evidencian que los entregables constructivos, como el concreto, deben ser gestionados con el mismo rigor que los plazos, presupuestos o riesgos.

La intervención propuesta no solo permitió corregir ineficiencias existentes, sino que generó una cultura de mejora continua en el equipo técnico, basada en protocolos claros, trazabilidad de los datos y toma de decisiones informada. Este cambio de enfoque de la solución

de fallas a la prevención estratégica fortalece la sostenibilidad y el desempeño general del proyecto.

En consecuencia, el modelo desarrollado puede ser replicado en otros contextos constructivos que utilicen concreto in situ, especialmente en obras públicas donde los estándares técnicos y la transparencia en la gestión son prioritarios. Los resultados obtenidos pueden ser útiles para entidades estatales, supervisores, contratistas e interventores que busquen elevar la calidad y eficiencia de sus proyectos sin incurrir en mayores costos.

5.3 Descripción Integración Tiempo, Calidad & Costo

A continuación, se detallan las variables evaluadas (tiempo, costo y calidad), y la validación de la hipótesis planteada, la cual establece que los protocolos estandarizados mejoran el desempeño integral del proyecto. Finalmente, se exponen conclusiones derivadas de la experiencia en campo, que permiten sustentar la efectividad de los protocolos como herramienta de gestión replicable en otros proyectos de infraestructura pública.

La metodología utilizada para este informe se fundamenta en el enfoque mixto de recolección de datos, integrando técnicas cuantitativas y cualitativas, con el fin de evaluar el impacto real de la implementación de protocolos de gestión de calidad sobre el desempeño del proyecto.

Desde el componente cuantitativo, se recopilaron datos operativos mediante:

- Ensayos de resistencia a la compresión del concreto, conforme a la norma NTC 4025, con resultados a 7, 14 y 28 días.
- Hojas de producción y actas de vaciado, que permitieron calcular tiempos de ejecución y consumo de materiales.
- Registros de no conformidades y reprocesos antes y después de aplicar los protocolos.

Estos datos fueron organizados en matrices comparativas, codificados por variable (TV01 tiempo de vaciado, CM01 consumo de cemento, RC01 resistencia del concreto, RP01 reprocesos), y analizados mediante cálculos de variación porcentual, promedios y rangos de cumplimiento.

Desde el componente cualitativo, se aplicaron:

- Observaciones en obra, mediante listas de chequeo para verificar la aplicación de los protocolos.
- Entrevistas semiestructuradas a personal técnico y operativo, enfocadas en cuatro dimensiones: percepción de la calidad, apropiación de los protocolos, cambios en la ejecución, y sostenibilidad de la mejora.

La información fue analizada mediante triangulación de fuentes, lo cual permitió contrastar los datos técnicos con las percepciones del equipo y validar los resultados desde una visión integral de la gestión del proyecto. Esta metodología proporcionó evidencia empírica para sustentar la validación de la hipótesis de investigación.

Es importante destacar que los resultados obtenidos permiten identificar mejoras significativas en el desempeño del proyecto tras la implementación de los protocolos de gestión de calidad del concreto. Estos hallazgos se presentan organizados según las variables clave evaluadas: tiempo de ejecución, costo operativo y calidad técnica.

Tiempo de ejecución

Se evidenció una reducción del 18% en el tiempo promedio de vaciado en estructuras críticas, especialmente en las graderías Sur y Occidental. Este resultado refleja una mejora en la eficiencia del cronograma, atribuible a la estandarización de procesos, una mejor preparación logística y la reducción de interrupciones durante el vaciado.

Costo operativo

El consumo de cemento por metro cúbico se redujo en un 12%, lo que generó ahorros significativos en materiales. Esta mejora se debe a una dosificación más precisa y a la eliminación de reprocesos por mezcla incorrecta o curado inadecuado.

Calidad técnica del concreto

Los ensayos de resistencia a la compresión mostraron un incremento del cumplimiento de la resistencia especificada ($f'c = 4000$ psi) del 85% al 95%. Además, se logró eliminar el 14% de reprocesos reportado en fases previas a la intervención.

5.4 Validación de la Hipótesis

La hipótesis planteada en esta investigación sostiene que la implementación de protocolos estandarizados en el manejo del concreto in situ mejora el desempeño del proyecto en términos de tiempo de ejecución, costos operativos y calidad técnica. Con base en los resultados obtenidos y documentados en este informe, se procede a validar dicha hipótesis.

1. **Tiempo de ejecución:** La reducción del 18% en los tiempos de vaciado permite confirmar que los protocolos estandarizados tuvieron un impacto directo en la mejora de la eficiencia operativa, contribuyendo al cumplimiento del cronograma y a la mitigación de retrasos críticos. Esto respalda la relación entre control de calidad y planificación efectiva.
2. **Costo operativo:** La disminución del 12% en el consumo de cemento por metro cúbico y la eliminación de reprocesos reflejan un uso más eficiente de los recursos. Esta mejora valida que los protocolos de gestión no solo garantizan calidad técnica, sino también ahorro económico, alineándose con la buena práctica de optimización presupuestal en proyectos de inversión pública.
3. **Calidad técnica:** El incremento en el cumplimiento de la resistencia especificada (del 85% al 95%) y la reducción de reprocesos estructurales del 14% al 0% evidencian el fortalecimiento del sistema de control técnico en obra. Estos datos permiten afirmar que los protocolos implementados sí cumplieron su propósito como herramientas de aseguramiento de calidad.

5.6.1 Conclusiones del informe de resultados

A partir del análisis técnico y gerencial de los datos recolectados en el proyecto Estadio El Sol, se concluye que la implementación de protocolos de gestión de calidad para el manejo del concreto in situ generó mejoras comprobables en el desempeño del proyecto, fortaleciendo la planificación, ejecución y control de uno de sus entregables más críticos.

- La gestión de la calidad del concreto influye directamente en la eficiencia global del proyecto, al impactar favorablemente el cronograma, los costos y la estabilidad técnica de las estructuras. Esto ratifica que el concreto no puede ser tratado solo como un material de construcción, sino como un entregable estratégico que requiere intervención desde la gerencia del proyecto.
- La reducción de reprocesos y consumo de cemento demostró que calidad y eficiencia no son objetivos opuestos, sino que pueden alcanzarse simultáneamente mediante herramientas técnicas y metodológicas bien aplicadas. La mejora técnica vino acompañada de beneficios económicos tangibles para el proyecto.
- El cumplimiento de las resistencias especificadas y la disminución de fallas estructurales validan la efectividad de los protocolos como instrumentos de aseguramiento y control de calidad, en concordancia con los lineamientos del PMBOK y la norma ISO/IEC 17025:2017.
- El modelo implementado puede ser replicado en otros proyectos de infraestructura pública que produzcan concreto en obra, adaptando los protocolos a las condiciones locales. Este enfoque contribuye al fortalecimiento institucional, la sostenibilidad de los proyectos y la confianza en los procesos constructivos.

En conclusión, el informe de resultados confirma que la gestión estratégica de la calidad a través de protocolos técnicos genera valor para el proyecto, mejora la toma de decisiones y fortalece el cumplimiento de los objetivos establecidos en tiempo, costo y calidad.

6. CONCLUSIONES

La implementación de protocolos de gestión de calidad en el manejo del concreto in situ demostró ser una estrategia efectiva para mejorar el desempeño integral del proyecto de construcción del Estadio El Sol en Sogamoso, desde una perspectiva técnica y gerencial. A partir del análisis de resultados, se concluye lo siguiente:

1. **La calidad del concreto debe ser gestionada como una decisión estratégica**, y no solo como una tarea operativa. El uso de protocolos estandarizados permitió ejercer control sobre procesos críticos que impactan directamente el cronograma, el presupuesto y la calidad final de la estructura.
2. **El gerente de proyecto requiere herramientas técnicas para anticipar desviaciones y tomar decisiones informadas.** La medición sistemática del desempeño del concreto facilitó la toma de decisiones basadas en datos (data-driven), fortaleciendo la capacidad de respuesta ante contingencias y optimizando los recursos disponibles.
3. **Los protocolos diseñados integran buenas prácticas reconocidas internacionalmente**, alineadas con el PMBOK® (Gestión de la Calidad) y la ISO/IEC 17025:2017. Esto asegura trazabilidad, confiabilidad de los datos y una plataforma sólida para procesos de supervisión, interventoría y auditoría técnica.
4. **El enfoque metodológico implementado es replicable en otros proyectos**, especialmente en obras públicas que opten por producir concreto en obra. La flexibilidad de los protocolos permite su adaptación a diferentes contextos constructivos, fomentando una cultura de calidad y mejora continua en el sector.
5. **Desde la gerencia del proyecto, la mejora de indicadores como tiempo, costo y calidad representa no solo un resultado técnico, sino un logro organizacional**, que impacta la sostenibilidad, la percepción de cumplimiento institucional y la capacidad de escalar soluciones estructuradas a nivel regional o nacional.

7. RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS

Pese a los resultados positivos, la investigación enfrentó limitaciones asociadas al contexto operativo del proyecto y a las características específicas de la obra. Por ello, se sugieren las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones para el proyecto:

1. Establecer un sistema de alertas tempranas basado en indicadores operativos del concreto (retrasos, fallos de mezcla, resistencias anómalas), que permita al gerente del proyecto anticipar desviaciones y activar planes de acción correctiva.
2. Revisar y ajustar dosificaciones con sobrecumplimiento de resistencia, para evitar sobrecostos innecesarios por exceso de cemento. El sobrecumplimiento no siempre representa calidad, sino posibles ineficiencias técnicas.
3. Ampliar la formación del personal técnico y operativo en gestión de calidad, fortaleciendo su rol como actores clave en la sostenibilidad del sistema implementado.
4. Establecer un procedimiento documentado para la revisión y actualización de protocolos cada vez que se inicie una nueva fase del proyecto o se enfrenten condiciones distintas, asegurando su vigencia y aplicabilidad.
5. Integrar los protocolos como parte de los entregables del gerente de proyecto, estableciendo métricas de éxito vinculadas a su implementación y resultados, dentro del sistema general de control del proyecto.

Futuros trabajos de investigación:

1. Evaluar la sostenibilidad ambiental del concreto producido in situ, en comparación con concreto premezclado, incluyendo huella de carbono, consumo energético y residuos.
2. Aplicar modelos predictivos de inteligencia artificial para detectar posibles fallos en la mezcla o curado, a partir de registros históricos y condiciones ambientales.
3. Diseñar protocolos de calidad escalables para megaproyectos, que integren gestión BIM, sistemas de aseguramiento digital y monitoreo remoto de parámetros críticos del concreto.
4. Explorar la percepción de interventores y entidades contratantes sobre la implementación de estos protocolos, para promover su inclusión obligatoria en pliegos de contratación pública..

Referencias

- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7.^a ed.). APA.
- Cano, E. (2015). *Metrología y calidad: fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega.
- Concrelab. (2019, agosto 22). *Lo que debes saber sobre la compresión de cilindros de concreto*. <https://www.concrelab.com/compresion-cilindros/>
- Cota Luévano, J. A. (2017). La capacitación como herramienta efectiva. *Cyta*, 1–4.
- Domat. (2023, junio 18). *¿Qué es el concreto y por qué es esencial en la construcción?* <https://domatlttda.com/que-es-el-concreto-y-por-que-es-esencial-en-la-construccion/>
- García García, L. (2014). *Control de calidad de materiales para la construcción*. Ediciones UPC.
- Goetsch, D. L., & Davis, S. B. (2016). *Quality management for organizational excellence: Introduction to total quality* (8.^a ed.). Pearson Education.
- Gómez Mejía, L. R., Balkin, D. B., & Cardy, R. L. (2016). *Administración: principios y aplicaciones* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- ICONTEC. (2011). *NTC 4025: Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2014). *NTC 3356: Concreto premezclado. Requisitos y métodos de prueba*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2019). *NTC 673: Concretos. Requisitos para concreto estructural*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2021). *NTC-ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de calidad. Requisitos*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2017). *ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Bogotá: ICONTEC.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5.^a ed.). McGraw-Hill.

- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12.ª ed.). John Wiley & Sons.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2018). *Guía para la producción de concreto en obra*. Dirección Técnica de Infraestructura.
- Project Management Institute (PMI). (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6.ª ed.). Project Management Institute.
- Sabino, C. A. (2014). *El proceso de investigación científica* (3.ª ed.). Panapo.
- SYDLE. (2021, agosto 25). *Optimización de procesos: ¿Qué es y por qué es tan importante para tu negocio?* Blog SYDLE; SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/que-es-optimizacion-de-procesos-6126ac39b060f57604039a57>
- Vargas, R. V. (2016). *Gerencia de proyectos: Los fundamentos según el PMBOK® Guide* (6.ª ed.). Brasport.

Bibliografía

- Arellano., O. (26 de Junio de 2024). *grupokb*. Obtenido de Guía práctica para llevar a cabo la prueba Ultrasonido para concreto: <https://www.grupokb.com.mx/blog/item/8-ultrasonido-para-concreto>
- Barbosa, S. (11 de Noviembre de 2021). *paripassu*. Obtenido de Conceptos de calidad: todo lo que usted necesita saber: <https://www.paripassu.com.br/es/blog/conceptos-de-calidad>
- concrelab. (22 de Agosto de 2019). *concrelab*. Obtenido de Lo que debes saber sobre la compresión de cilindros de concreto: <https://www.concrelab.com/compresion-cilindros/>
- CONCRETO, C. 3. (01 de Julio de 2018). *TÉCNICAS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO*. Obtenido de Manejo de concretos: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/tecnicas-colocacion-de-concreto/>
- Cota Luévano, J. A. (2017). La capacitación como herramienta efectiva. *Cyta*, 1-4.
- Daysi, A. G., Estefany, B. P., Maricielo, B. V., Claudia, F. S., Arturo, H. T., & Moreno Egúsquiza Víctor Pascual y Remuzgo Espinoza, S. C. (2024). *quiliibrando las tendencias globales: energía, población y recursos para un futuro sostenible. Revista Digital* , 1-5.
- DIEGO, T. P. (4 de Junio de 2023). *scribd*. Obtenido de Pruebas No Destructivas Del Concreto.: <https://es.scribd.com/document/617769671/5-1-3-Pruebas-No-Destructivas-Del-Concreto>
- DOMAT. (18 de Junio de 2023). *DOMAT*. Obtenido de ¿Qué es el concreto y por qué es esencial en la construcción?: <https://domatltda.com/que-es-el-concreto-y-por-que-es-esencial-en-la-construccion/>
- Duberly Walther Huarsaya Cruz, M. C. (2024). *CONCRETO ARMADO: HISTORIA, COMPOSICIÓN, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS EN LA CONSTRUCCIÓN*. *researchgate*, 2-15.
- Hernaández_Sampieri, R. (25 de 07 de 2024). *Universidad de Celaya*. Obtenido de <https://youtu.be/TH9YF3Y2GDE?si=D8VBFU0eB6i-tKUB>
- Marketing, G. d. (3 de Diciembre de 2024). *ibero*. Obtenido de Qué es seguridad y salud en el trabajo? Importancia y dónde estudiar: <https://www.ibero.edu.co/blog/articulos/que-es-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-importancia-y-donde-estudiar>
- P., J. (06 de Junio de 2024). *CEO Geotecnia Fácil*. Obtenido de Martillo de SCHMIDT: <https://geotecniafacil.com/martillo-schmidt-rocas/>

Raffino. (20 de Abril de 2025). *Equipo editorial*. Obtenido de Etecé:
<https://concepto.de/protocolo/>

Reserved, A. R. (16 de Noviembre de 2018). *scribd*. Obtenido de ASTM C900-Extracción
Pullout: <https://es.scribd.com/document/393344699/ASTM-C900-Extraccion-Pullout>

SYDLE. (14 de Septiembre de 2023). *Gestión por procesos*. Obtenido de
<https://www.sydle.com/es/blog/que-es-optimizacion-de-procesos-6126ac39b060f57604039a57>

Universidad de Celaya. (25 de 07 de 2024). *www.unicelaya.edu.ve*. Obtenido de
<https://youtu.be/TH9YF3Y2GDE?si=v3u24jSxWH99lInG>