



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM para
mejorar el desempeño técnico-económico del pabellón A del proyecto
Saldos de recuperación del local escolar 40705 Peruarbo, Cerro Colorado,
Arequipa**

Tesis presentada por:

Mendoza Carrillo, Jimmy Luciano

ORCID: 0009-0004-7908-0273

Salcedo Rebaza, Andres Enrique

ORCID: 0009-0000-2007-6545

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Montoya Villanueva, Filiberto Rody

ORCID: 0000-0002-0692-1762

Arequipa - Perú

2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 02 de Julio del 2026

Dictamen: 013884-C-EPIC-2026

Visto el borrador del expediente 013884, presentado por:

2018223491 - MENDOZA CARRILLO JIMMY LUCIANO

2018205351 - SALCEDO REBAZA ANDRES ENRIQUE

Titulado:

MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS BASADO EN CONTROL DE CALIDAD Y BIM PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PABELLÓN A DEL PROYECTO SALDOS DE RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO, CERRO COLORADO, AREQUIPA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO CIVIL

**29245617 - DIAZ GALDOS MIGUEL RENATO
DICTAMINADOR**



**29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR**



**46735424 - LOAYZA RODRIGUEZ JOSE GERMAN
DICTAMINADOR**



MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS BASADO EN CONTROL DE CALIDAD Y BIM PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PABELLÓN A DEL PROYECTO SALDOS DE RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO, CERRO C

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	conosce.osce.gob.pe	2%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.upt.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.continental.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	Submitted to Universidad Católica de Santa María	1%
	Trabajo del estudiante	
5	repositorio.unc.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.upao.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y a mis hermanos, por ser mi principal apoyo a lo largo de mi formación profesional y personal, gracias por su amor incondicional, por su paciencia y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles; tanto su esfuerzo diario, sus consejos y el ejemplo de perseverancia fueron la base mía para seguir adelante.

A ustedes, que han estado presentes en cada logro y en cada reto, les dedico este resultado con profundo cariño y gratitud. Este trabajo representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el reflejo del respaldo y la fortaleza que siempre encontré en mi hogar. (JLMC)

Esta tesis está dedicada a mis padres, quienes son mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y sacrificio. Gracias por ser mi pilar fundamental, por impulsarme a seguir mis sueños y por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de este arduo camino. Su fe en mí me ha permitido superar obstáculos que nunca imaginé, y por eso les debo todo. A todas las personas que, con su apoyo, me ayudaron a mantener la motivación en momentos de incertidumbre y dificultad.

A aquellos que creyeron en mí incluso cuando mis fuerzas flaqueaban. Este logro es también suyo, y espero poder devolverles, en la medida de lo posible, todo lo que me han dado.

Y, finalmente, a todos los que me han apoyado en cada paso de este proceso.

Este trabajo es el reflejo de su confianza, de sus sacrificios y de su amor.

Mi más sincero agradecimiento. (AESR)

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a mis padres y a mis hermanos por su acompañamiento constante durante toda mi carrera universitaria. Su comprensión frente a las exigencias de tiempo, su motivación en los momentos de cansancio y su apoyo incondicional fueron fundamentales para mantenerme firme y culminar este objetivo. Gracias por brindarme la tranquilidad, el impulso y la confianza necesarios para continuar, aun en tiempos de dificultad. De manera especial, expreso mi agradecimiento a mi asesor de tesis, por su orientación profesional y su valioso acompañamiento a lo largo de este proceso. Sus observaciones, recomendaciones y exigencia académica permitieron fortalecer el enfoque del trabajo para su correcto desarrollo. (JLMC)

Agradezco profundamente a mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de fortaleza. Gracias por su amor incondicional, apoyo constante y por siempre creer en mis capacidades. Ellos son el pilar sobre el que se construye todo lo que he logrado.

Gracias también a las personas que estuvieron a mi lado durante las dificultades. Sus palabras de aliento y apoyo me dieron fuerzas para seguir adelante, y este logro también es suyo. A mis profesores, agradezco por sus enseñanzas y por ayudarme a desarrollar las habilidades necesarias para llegar hasta aquí.

Su compromiso con mi formación ha sido fundamental para mi crecimiento académico y personal.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis, por su tiempo, orientación y valiosas observaciones. Su retroalimentación y apoyo fueron decisivos para el desarrollo y fortalecimiento de este trabajo. (AESR)

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y Building Information Modeling (BIM) en el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo”, ubicado en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa.

El análisis tomó como base la información consolidada del proyecto ya ejecutado, integrando el expediente técnico, los registros de obra (valorizaciones, no conformidades e informes de supervisión) y los resultados obtenidos mediante el modelado BIM de las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas.

La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño preexperimental de pretest y posttest, con aplicación retrospectiva (post-ejecución) del modelo sobre la información consolidada del Pabellón A, el modelo se implementó en tres etapas articuladas: primero, el diagnóstico inicial (pretest), en el que se identificaron y valoraron los riesgos técnicos, las no conformidades y las interferencias entre especialidades; segundo, la construcción de los modelos BIM de las cuatro especialidades del Pabellón A, sobre los cuales se ejecutó la detección de interferencias (clash detection) y la verificación de metrados; y tercero, la evaluación posterior (posttest), en la que se contrastaron los resultados; en este esquema, el control de calidad se materializó como la verificación técnica de la información del proyecto: cada interferencia detectada y cada diferencia de metrado entre el expediente y el modelo BIM constituyó un registro de no conformidad técnica, documentado en fichas específicas de control.

Los resultados evidenciaron que el modelo identificó un total de 57 interferencias entre las cuatro especialidades y permitió detectar diferencias estadísticamente significativas entre los metrados del expediente técnico y los obtenidos mediante BIM (prueba t de Student: $t = 4.441$; $gl = 17$; $p < 0.001$; tamaño del efecto d de Cohen = 1.05, grande), con una subestimación

porcentual media del expediente de 13.81 % en las 18 partidas comparables de las cuatro especialidades. El análisis de valor ganado arrojó un índice de desempeño del cronograma SPI = 0.705, indicativo de atraso, y un índice de desempeño del costo CPI = 1.000, estructuralmente fijo por la modalidad de suma alzada, lo que reveló que el control contractual del costo resulta insensible a los sobrecostos reales detectables únicamente mediante la verificación de metrados.

Se concluyó que la integración de la gestión de riesgos, el control de calidad y la metodología BIM mejoró la confiabilidad de la información técnico-económica utilizada para la toma de decisiones, al permitir identificar, cuantificar y anticipar de manera demostrable las desviaciones de metrado, las interferencias entre especialidades y los riesgos que afectaron al Pabellón A; de este modo, el modelo se constituye en una herramienta eficaz para la prevención de riesgos y la mejora de los procesos de gestión en proyectos de infraestructura educativa.

Palabras clave: Building Information Modeling, gestión de riesgos de proyecto, control de calidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the impact of a risk management model based on quality control and Building Information Modeling (BIM) on the technical and economic performance of Pavilion A of the “Reconstruction of School Site 40705 Peruarbo” project, located in the Cerro Colorado district of Arequipa.

The analysis was based on consolidated information from the completed project, incorporating the technical file, construction records (cost estimates, nonconformities, and supervision reports), and the results obtained through BIM modeling of the architectural, structural, plumbing, and electrical systems.

This was an applied research study with a quantitative approach and a pre-experimental pretest-posttest design, involving a retrospective (post-implementation) application of the model to the consolidated data for Pavilion A. The model was implemented in three interconnected stages: first, the initial assessment (pretest), in which technical risks, nonconformities, and interferences between disciplines were identified and evaluated; second, the construction of BIM models for the four disciplines of Pavilion A, on which clash detection and quantity takeoff verification were performed; and third, the post-evaluation (post-test), in which the results were compared; In this framework, quality control took the form of technical verification of the project information: each detected clash and each discrepancy in quantity takeoff between the project files and the BIM model constituted a record of technical nonconformity, documented in specific control forms.

The results showed that the model identified a total of 57 conflicts among the four specialties and made it possible to detect statistically significant differences between the measurements in the technical file and those obtained using BIM (Student's t-test: $t = 4.441$; $df = 17$; $p < 0.001$; Cohen's d effect size = 1.05, large), with an average percentage underestimation in the technical

file of 13.81% across the 18 comparable line items from the four disciplines. The earned value analysis yielded a Schedule Performance Index (SPI) of 0.705, indicating a delay, and a Cost Performance Index (CPI) of 1.000, which was structurally fixed due to the lump-sum contract type. This revealed that contractual cost control is insensitive to actual cost overruns detectable only through the verification of quantity takeoffs.

It was concluded that the integration of risk management, quality control, and the BIM methodology improved the reliability of the technical and economic information used for decision-making by enabling the demonstrable identification, quantification, and anticipation of quantity survey deviations, interferences between disciplines, and the risks that affected Pavilion A; thus, the model serves as an effective tool for risk prevention and the improvement of management processes in educational infrastructure projects.

Keywords: Building Information Modeling, project risk management, quality control.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria

Agradecimientos

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4

1.1. Problemática de la investigación..... 4

1.1.1. Problema general..... 5

1.1.2. Problemas específicos 6

1.2. Justificación de la investigación..... 6

1.2.1. Social..... 6

1.2.2. Económica..... 7

1.2.3. Ambiental..... 7

1.2.4. Tecnológico..... 7

1.2.5. Institucional/Político 8

1.3. Objetivos 8

1.3.1. Objetivo general 8

1.3.2. Objetivos específicos..... 8

1.4. Hipótesis..... 9

1.4.1. Hipótesis General 9

1.4.2. Hipótesis específicas 9

1.5. Variables..... 11

1.5.1. Definición conceptual de variables 11

1.5.2. Operacionalización de variables..... 13

1.6. Alcances 14

1.7. Limitaciones	17
CAPÍTULO II.....	20
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1. Estado Del Arte	21
2.2. Marco legal.....	25
2.3. Marco teórico	25
CAPÍTULO III	42
3. METODOLOGÍA	43
3.1. Tipo y nivel de investigación	43
3.2. Diseño de la investigación.....	44
3.3. Población y muestra	45
3.3.1. Selección del caso de estudio	47
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.5. Procedimiento de investigación.....	56
3.6. Indicadores, fórmulas y criterios de mejora	58
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	59
3.8. Validez y confiabilidad de los instrumentos	59
3.9. Aspectos éticos.....	60
3.10. Métodos de investigación.....	66
CAPÍTULO IV	70
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.1. Resultados	71
4.1.1. Diagnóstico inicial (pretest)	71
4.1.2. Evaluación posterior (postest).....	80
4.1.3. Análisis de valor ganado	115
4.1.4. Análisis estadístico inferencial.....	121
4.2. Discusiones.....	129
4.2.1. Discusión sobre el diagnóstico inicial (pretest).....	129
4.2.2. Discusión sobre la evaluación posterior (postest)	129
4.2.3. Discusión sobre el análisis de valor ganado	130

4.2.4. Discusión sobre análisis estadístico inferencial	132
CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS	139



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Descripción general de los procesos de gestión de los riesgos del proyecto	27
Figura 2	Recopilación de datos	28
Figura 3	Análisis de datos	30
Figura 4	Ejemplo de matriz de probabilidad e impacto con esquema de puntuación.	33
Figura 5	Plano general	61
Figura 6	Plano Arquitectura A-01 Pabellón A	63
Figura 7	Plano Arquitectura A-02 Pabellón A	64
Figura 8	Flujograma BIM	68
Figura 9	Diagrama de flujo general.....	69
Figura 10	Severidad de los riesgos identificados en el Pabellón A (pretest)	79
Figura 11	Diagrama de flujo integral: Metodología BIM aplicada a la Gestión de Riesgos y Control de Calidad - Pabellón A de la I.E.....	82
Figura 12	Estructura general del modelo propuesto	83
Figura 13	Esquema conceptual del modelo propuesto y su efecto en el desempeño técnico-económico	84
Figura 14	Flujo del sistema de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.....	87
Figura 15	Interferencia entre elementos estructurales y arquitectónicos	95
Figura 16	Comparativa arquitectura vs estructuras.....	96
Figura 17	Interferencia entre elementos arquitectura y estructuras	97
Figura 18	Interferencia entre elementos de la comparativa arquitectura vs sanitarias.....	98
Figura 19	Comparativa arquitectura vs sanitarias	99
Figura 20	Comparativa arquitectura vs eléctrica.....	99
Figura 21	Comparativa estructura vs eléctrica.....	100
Figura 22	Comparativa estructura vs sanitaria.....	100
Figura 23	Interferencia estructura vs sanitaria	101
Figura 24	Comparativa eléctrica vs sanitaria	102
Figura 25	Interferencia comparativa eléctrica y sanitaria	102
Figura 26	Comparación de metrados del expediente técnico y del modelo BIM en el Pabellón A	114
Figura 27	Curva S del Pabellón A: valor planificado frente a valor ganado	118
Figura 28	Evolución del índice de desempeño del cronograma (SPI) del Pabellón A	119

Figura 29 Flujo del procedimiento del análisis estadístico inferencial	122
Figura 30 Histograma de la variable Dif_BIM con curva normal teórica	124
Figura 31 Gráfico Q-Q normal de la variable Dif_BIM	125
Figura 32 Diagrama de cajas de la variable Dif_BIM	125
Figura 33 Modelado de vista corte Isométrica Pabellón A	145
Figura 34 Modelado Pabellón A Estructuras vs Arquitectura	146
Figura 35 Parámetros de Visualización de los Aceros de Refuerzo del Pabellón A	146
Figura 36 Vista de Acero de Refuerzo de las Zapatas corridas del Pabellón A	147
Figura 37 Vista 3D del detalle de Acero de Refuerzo del Pabellón A.....	147
Figura 38 Estado Anterior del Pabellón A	148
Figura 39 Tarrajeo de Vigas, Muros C: A=1:5, E=1.5cm del Pabellón A.....	148
Figura 40 Tarrajeo de Columnas, Mortero C: A=1:5, E=1.5cm del Pabellón A	149
Figura 41 Tarrajeo de Cielorrasos C: A=1:5, E=1.5cm del Pabellón A	149
Figura 42 Colocación de concreto en Falso Piso E=0.10m del Pabellón A.....	150
Figura 43 Colocación de Piso de Porcelanato de Alto Transito Blanco Marmolizado de 60x60 cm. del Pabellón A	150
Figura 44 Colocación de Ventanas Metálicas de tubo cuadrado de 1"x1"x1.8mm del Pabellón A	151
Figura 45 Colocación de Pintura Lavable 02 Manos del Pabellón A	151
Figura 46 Resumen del Presupuesto del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	152
Figura 47 Riesgo de Diseño y Estudios del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620).....	153
Figura 48 Riesgo Por Construcción del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	154
Figura 49 Riesgo de Expropiación de Terrenos del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	155
Figura 50 Riesgo Geológico del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	156
Figura 51 Riesgo de Interferencias del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	157
Figura 52 Riesgo Caso Fortuito del proyecto de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	158

Figura 53 Riesgo Accidentes de Construcción del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	159
Figura 54 Acta de Inicio del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	160
Figura 55 Acta de Entrega de terreno del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	161
Figura 56 Aprobación de Calendario Actualizado del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	162
Figura 57 Acta de Recepción de Obra del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620).....	163
Figura 58 Observaciones de Contraloría a la especialidad de Estructuras.....	164
Figura 59 Observaciones de Contraloría a la especialidad de Arquitectura	165
Figura 60 Observaciones de Contraloría a las especialidades de Estructuras, Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Sanitarias.....	166
Figura 61 Constancia de Validación de Instrumentos 01.....	167
Figura 62 Constancia de Validación de Instrumentos 02.....	168
Figura 63 Calendario de Avance de Obra Valorizado Aprobado del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)	178
Figura 64 Calendario de Avance de Obra Valorizado Pabellón A Estimado del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620).....	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de variables	13
Tabla 2	Estado de arte	22
Tabla 3	Marco legal a utilizar.....	25
Tabla 4	Valoración de probabilidad e impactos	29
Tabla 5	Valoración de los riesgos	29
Tabla 6	Matriz de probabilidad e impacto.....	30
Tabla 7	Ejemplo de definiciones para probabilidad e impactos.....	32
Tabla 8	Cuadro comparativo muestra	48
Tabla 9	Instrumentos de recolección de datos.....	56
Tabla 10	Indicadores	58
Tabla 11	Estado antes de la ejecución por saldos del pabellón A.....	65
Tabla 12	Resumen de desviaciones técnico - económicas de partidas del Pabellón A.....	74
Tabla 13	Resumen del avance físico del Pabellón A según el análisis de valor ganado.....	75
Tabla 14	Resumen de no conformidades y retrabajos detectados.....	76
Tabla 15	Resumen cuantitativo de las fichas de control de calidad del Pabellón A	77
Tabla 16	Convergencia entre los hallazgos del modelo BIM y las observaciones de la Contraloría General de la República	78
Tabla 17	Matriz de riesgos identificados	80
Tabla 18	Componentes integrados del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.....	81
Tabla 19	Categorización de riesgos y responsables dentro del sistema de gestión propuesto	86
Tabla 20	Componentes del sistema de control de calidad incorporado al modelo	89
Tabla 21	Compatibilización BIM y gestión de riesgos asociados.....	91
Tabla 22	Plan integral de aplicación del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.....	93
Tabla 23	Resumen de interferencias detectadas entre especialidades.....	95
Tabla 24	Incidencias arquitectura y estructuras	104
Tabla 25	Incidencias arquitectura e instalaciones eléctricas	106
Tabla 26	Incidencias arquitectura e instalaciones sanitarias	108
Tabla 27	Incidencias estructuras e instalaciones eléctricas.....	110
Tabla 28	Incidencias estructuras e instalaciones sanitarias.....	111

Tabla 29 Interferencias instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.....	112
Tabla 30 Comparación de metrados del expediente técnico y del modelo BIM en las 18 partidas analizadas	114
Tabla 31 Cronograma valorizado estimado del Pabellón A (valor planificado).....	116
Tabla 32 Componentes del valor ganado e índices de desempeño del Pabellón A.....	118
Tabla 33 Estadísticos descriptivos de la diferencia porcentual de metrado (Dif_BIM).....	123
Tabla 34 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Dif_BIM.....	126
Tabla 35 Estadísticas de la muestra para la prueba t de la variable Dif_BIM.....	126
Tabla 36 Prueba t de Student para una muestra de la variable Dif_BIM.....	127
Tabla 37 Matriz de Consistencia	143
Tabla 38 Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 01	169
Tabla 39 Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 02	169
Tabla 40 Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 03	170
Tabla 41 Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 04	171
Tabla 42 Análisis de valorizaciones y avance físico de a valorización N° 05	171
Tabla 43 Análisis de valorizaciones y avance físico de a valorización N° 06	172
Tabla 44 ACUs partida de concreto $f'c=210$ kg/cm ² para vigas	173
Tabla 45 ACUs partida de concreto $f'c=175$ kg/cm ² para vigas	173
Tabla 46 ACUs partida de encofrado y desencofrado para vigas	174
Tabla 47 ACUs partida de Acero de Refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ² para Vigas	175
Tabla 48 ACUs partida de Muro de Ladrillo KK Tipo IV Cabeza M: 1:1:4 E=1.5CM	175
Tabla 49 ACUs partida de Muro de Ladrillo KK Tipo IV Soga M: 1:1:4 E=1.5CM	176

INTRODUCCIÓN

La ejecución de proyectos de infraestructura educativa pública en zonas de alta vulnerabilidad demanda una gestión rigurosa de los riesgos que pueden afectar el costo, el plazo y la calidad de la obra; en el contexto peruano, estos proyectos enfrentan de manera recurrente deficiencias en los expedientes técnicos, incompatibilidades entre especialidades, no conformidades constructivas, adicionales de obra y ampliaciones de plazo, factores que comprometen el desempeño técnico-económico de la inversión y, en consecuencia, la oportunidad con que la comunidad accede a la infraestructura, el proyecto “Saldo de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo” (Código Local 547444), ubicado en Cerro Colorado, Arequipa, constituye un caso representativo de esta problemática, al haber presentado durante su ejecución desviaciones de costo y plazo asociadas a riesgos técnicos y de gestión.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone un modelo de gestión de riesgos basado en el control de calidad y en la metodología BIM, orientado a mejorar el desempeño técnico-económico del Pabellón A del referido proyecto, el modelo integra tres componentes complementarios: la gestión de riesgos, que identifica, valora y prioriza los eventos capaces de afectar los objetivos del proyecto; el control de calidad, que establece mecanismos preventivos y correctivos para asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos durante la ejecución; y la metodología BIM, que aporta la verificación técnica y la coordinación entre especialidades mediante el modelado tridimensional y la detección de interferencias.

La articulación de estos tres componentes busca anticipar las desviaciones técnicas y económicas antes de que se materialicen, fortaleciendo el control de costos y plazos de la obra.

En el plano normativo, la investigación se enmarca en la Ley N.º 32069, Ley General de Contrataciones Públicas, que incorpora la metodología BIM como estándar para la gestión de

la información en el ciclo de vida de la inversión pública, bajo este marco el estudio aplica el modelo de manera retrospectiva sobre el Pabellón A, contrastando la situación previa (pretest) con la posterior a la aplicación del modelo (postest), con el fin de determinar su efecto sobre el desempeño técnico-económico; el documento se organiza en cuatro capítulos: el planteamiento del problema, el fundamento teórico, la metodología y, finalmente, los resultados y la discusión.





CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

A nivel internacional, la industria de la construcción enfrenta de manera persistente el reto de controlar los sobrecostos, los retrasos y las deficiencias de calidad que afectan a los proyectos de infraestructura; diversos estudios han documentado que una proporción significativa de las obras a escala mundial supera sus presupuestos y plazos previstos, debido en gran medida a la deficiente coordinación entre especialidades, a los errores en los expedientes técnicos y a la limitada gestión de los riesgos durante las etapas de diseño y ejecución (Gao et al., 2024; Chenya et al., 2022). En respuesta a esta problemática, la gestión moderna de riesgos en la construcción ha evolucionado hacia el uso de herramientas digitales capaces de anticipar los conflictos técnicos antes de que generen impactos económicos (Shishehgarkhaneh et al., 2024). En esa línea, la metodología BIM (Building Information Modeling) se ha consolidado como un estándar internacional para la gestión de la información de los proyectos, al permitir la detección temprana de interferencias, la verificación de metrados y la coordinación multidisciplinaria (Chen y Luo, 2014), prácticas que se han incorporado progresivamente en la normativa de contratación pública de diversos países y que se encuentran reguladas por estándares internacionales de gestión de la información (International Organization for Standardization, 2018a; European Knowledge Center for Information Technology, 2023)

A nivel nacional, esta problemática se manifiesta de forma acentuada en la inversión pública; la gestión de los proyectos de construcción del Estado enfrenta un problema persistente de sobrecostos, retrasos y paralizaciones, según la Contraloría General de la República (2025), se registraron 1,448 obras públicas paralizadas, con una inversión comprometida cercana a los S/. 11,900 millones, situación atribuida en gran medida a deficiencias en los expedientes técnicos y a una inadecuada gestión de los riesgos durante la planificación y la ejecución, este panorama

evidencia que las estrategias de mitigación de riesgos, cuando se aplican de forma dispersa y sin una correlación clara con el desempeño técnico-económico, no logran traducirse en resultados medibles sobre el costo, el plazo y la calidad de las obras.

En este contexto, la entrada en vigencia de la Ley N.º 32069, Ley General de Contrataciones Públicas, estableció la obligatoriedad de incorporar la metodología BIM en los proyectos de inversión pública, incluidos los de los gobiernos locales; sin embargo, la sola exigencia normativa no garantiza mejoras si no se acompaña de su aplicación técnica efectiva.

A nivel local, el departamento de Arequipa concentra numerosos proyectos de infraestructura educativa ejecutados por administración indirecta, que han presentado problemas recurrentes de compatibilización entre especialidades, modificaciones de obra y ampliaciones de plazo.

El proyecto "Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo", en el distrito de Cerro Colorado, constituye un caso representativo de esta problemática: fue diseñado y ejecutado sin el respaldo de la coordinación digital multidisciplinaria, lo que evidencia la pertinencia de evaluar de manera retrospectiva el aporte de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.

Bajo este contexto, la presente investigación aplica retrospectivamente dicho modelo sobre el Pabellón A del proyecto, con el fin de determinar en qué medida habría contribuido a mejorar su desempeño técnico-económico, generando evidencia útil para futuros proyectos sujetos a la obligatoriedad de BIM.

1.1.1. Problema general

¿En qué medida la aplicación retrospectiva (post-ejecución) de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM influye en el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo”?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel inicial (pretest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto: “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo”, considerando las desviaciones de costo y plazo, las no conformidades, los retrabajos, las interferencias entre especialidades y el nivel de exposición al riesgo?
- ¿Cuál es el nivel posterior (postest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo” tras la aplicación retrospectiva (post-ejecución) del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM?
- ¿Existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados del pretest y del postest del desempeño técnico-económico del Pabellón A, tras la aplicación retrospectiva del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM?

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Social

La investigación tiene relevancia social porque se desarrolla sobre el Pabellón A de la Institución Educativa N.º 40705 Peruarbo, ubicada en la Asociación Urbanizadora Peruarbo del distrito de Cerro Colorado, Arequipa, que atiende aproximadamente a 520 estudiantes de los niveles inicial, primaria y secundaria. En este contexto, los retrasos y deficiencias de la obra afectan de forma directa la continuidad del servicio educativo de esa población escolar; un modelo que permita anticipar desviaciones de calidad, retrasos e incompatibilidades contribuye a entregar una infraestructura más segura y oportuna para los estudiantes, docentes y familias de la comunidad de Peruarbo.

1.2.2. Económica

La justificación económica se sustenta en la posibilidad de reducir sobrecostos, retrabajos, adicionales no previstos y ampliaciones de plazo mediante un control más integrado de la información técnica y presupuestal, al comparar indicadores de pretest y posttest, la investigación permitirá estimar si el modelo contribuye a una mejor eficiencia del gasto y a una gestión más transparente de los recursos asignados al proyecto.

1.2.3. Ambiental

La ejecución de obras en zonas urbanas en expansión como la Asociación Urbanizadora Peruarbo, en Cerro Colorado, genera impactos ambientales asociados a los retrabajos, las demoliciones parciales y el desperdicio de materiales que se derivan de una deficiente cuantificación y coordinación, al detectar anticipadamente las incompatibilidades entre especialidades mediante BIM y reducir la probabilidad de retrabajos en el Pabellón A, esta investigación contribuye a disminuir el consumo innecesario de recursos y la generación de residuos de construcción, promoviendo una ejecución más eficiente y responsable con el entorno de la institución educativa.

1.2.4. Tecnológico

Desde el punto de vista tecnológico, la investigación aporta valor al emplear BIM no como un simple software de modelado, sino como el eje de un modelo de gestión orientado a anticipar errores, compatibilizar especialidades y fortalecer el control de riesgos y de calidad, su carácter retrospectivo (post-ejecución) constituye una innovación metodológica, pues demuestra el valor de la verificación digital sobre proyectos ya ejecutados como herramienta de aprendizaje institucional y de mejora de futuros expedientes técnico, esta perspectiva resulta especialmente pertinente considerando que la obligatoriedad del uso de BIM en la contratación pública quedó

establecida por la Ley N.º 32069, Ley General de Contrataciones Públicas; la aplicación retrospectiva desarrollada en este estudio se anticipa a dicho marco y ofrece evidencia replicable para los proyectos que en adelante deberán incorporar esta metodología.

1.2.5. Institucional/Político

Desde una perspectiva institucional, la experiencia del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, ejecutado por la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, ofrece un caso concreto a partir del cual las entidades públicas de Arequipa pueden incorporar la verificación BIM y el control de calidad como prácticas preventivas en la revisión de expedientes técnicos, la adopción de estos mecanismos por parte de las unidades ejecutoras locales fortalecería la gestión de la inversión pública en infraestructura educativa y reduciría la recurrencia de adicionales y ampliaciones de plazo en obras similares.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la aplicación retrospectiva (post-ejecución) de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM mejora el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, Cerro Colorado, Arequipa, 2026.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel inicial (pretest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto, considerando desviaciones de costo, desviaciones de plazo, avance físico, no conformidades, retrabajos, interferencias entre especialidades y exposición al riesgo, a partir de la información consolidada del proyecto ejecutado.

- Diseñar y aplicar retrospectivamente un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM sobre el Pabellón A, orientado a integrar la identificación de riesgos, la trazabilidad documental, la compatibilización de especialidades y el control de desviaciones técnico-económicas.
- Evaluar el nivel posterior (postest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A después de la aplicación retrospectiva del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.
- Comparar estadísticamente los metrados del expediente técnico y los del modelo BIM en las partidas comparables, como dimensión cuantificable del desempeño técnico-económico, para determinar si existe una diferencia significativa en la fiabilidad de la cuantificación del Pabellón A.

Cabe mencionar que el segundo objetivo específico es instrumental: genera la información con la que se evalúa el desempeño, por lo que no le corresponde una pregunta ni una hipótesis. Los otros tres sí responden a los problemas e hipótesis planteados, y de ahí la relación de tres problemas y cuatro objetivos específicos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación retrospectiva de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM mejora significativamente el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, Cerro Colorado, Arequipa, 2026.

1.4.2. Hipótesis específicas

H1. La aplicación del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM permite identificar y cuantificar el nivel de exposición al riesgo técnico-económico del Pabellón A del

proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, lo que se evidencia al valorar la severidad de los riesgos (probabilidad $\times$ impacto) sobre la información del expediente (pretest) y tras la verificación del modelo (postest).

H2. La aplicación del modelo permite cuantificar y anticipar las desviaciones de costo y plazo del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, lo que se evidencia al comparar el porcentaje de variación de costos de las partidas y el avance físico programado frente al ejecutado, determinados sobre la información del expediente (pretest) y tras la verificación del modelo (postest).

H3. La aplicación del modelo permite identificar y anticipar las no conformidades, los retrabajos y las interferencias entre especialidades en el Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, lo que se evidencia al comparar las incidencias detectables sobre la información del expediente (pretest) frente a las identificadas tras la verificación técnica mediante el modelo (postest).

H4. Existe diferencia estadísticamente significativa entre los metrados del expediente técnico (pretest) y los metrados obtenidos mediante el modelado BIM (postest) de las partidas del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, comprobada mediante la prueba estadística correspondiente según el supuesto de normalidad, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Por el carácter preexperimental y retrospectivo del estudio, H1, H2 y H3 son hipótesis de trabajo (detección, cuantificación y anticipación) que se contrastan de forma descriptiva; solo H4, referida a la diferencia de metrados, admite contraste inferencial al comparar medias sobre partidas comparables; ello es coherente con el alcance: evaluar la confiabilidad de la información, no el comportamiento físico de una obra ya ejecutada.

1.5. Variables

1.5.1. Definición conceptual de variables

Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.

Definición conceptual: Para esta investigación, el modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM se entiende como la articulación de tres herramientas aplicadas a la ejecución de infraestructura educativa pública: la valoración estructurada de los riesgos que comprometen el costo, el plazo y la calidad de la obra; el control de calidad documental y constructivo de las partidas; y la verificación digital mediante BIM, que permite contrastar metrados y detectar interferencias entre especialidades.

En conjunto, estas herramientas buscan anticipar las desviaciones técnico-económicas características de los proyectos escolares (deficiencias del expediente, incompatibilidades de diseño y subestimación de metrados) antes de que se materialicen durante la ejecución, su fundamento se apoya en la gestión de riesgos del proyecto, el enfoque de calidad basado en procesos y la gestión colaborativa de información (Project Management Institute, 2021; International Organization for Standardization, 2015, 2018).

Definición operacional: La variable se operacionaliza mediante la aplicación de fichas de identificación y valoración de riesgos, registros de control de calidad, fichas de interferencias BIM y criterios de respuesta frente a desviaciones, su medición considera el cumplimiento de los procedimientos del modelo y su capacidad para generar información comparable antes y después de su aplicación.

Desempeño técnico-económico del Pabellón A.

Definición conceptual: El desempeño técnico-económico del Pabellón A expresa el grado en que la ejecución de la obra cumple con los objetivos de costo, plazo, calidad y coordinación

técnica, comprende la relación entre los costos programados y reales, los plazos planificados y ejecutados, el avance físico, las no conformidades, los retrabajos, las interferencias entre especialidades y el nivel de exposición al riesgo, debido a que estos elementos permiten valorar si el proyecto alcanza sus resultados previstos con eficiencia técnica, control económico y adecuada gestión de la información constructiva (Project Management Institute, 2021; International Organization for Standardization, 2015, 2018).

Precisión operacional. Dado el carácter retrospectivo de la investigación, en la que el modelo se aplica sobre una obra ya ejecutada, el desempeño técnico-económico no se mide como un rendimiento físico susceptible de ser modificado, sino que se operacionaliza como la confiabilidad y precisión de la información técnico-económica del pabellón: el grado de correspondencia entre los metrados, costos y plazos consignados en el expediente técnico y los obtenidos mediante la verificación BIM, así como la capacidad del modelo para identificar, cuantificar y anticipar las desviaciones, no conformidades e interferencias. Como resultado, las mejoras reportadas en este estudio se refieren a la confiabilidad de la información disponible para la toma de decisiones y a la capacidad de detección anticipada, y no a una modificación del comportamiento físico de la obra construida.

Definición operacional: La variable se midió mediante indicadores de desviación de costo de las partidas, desviación de plazo expresada a través del índice de desempeño del cronograma (SPI) obtenido del análisis de valor ganado, cumplimiento de avance físico, número de no conformidades y retrabajos, interferencias detectadas entre especialidades, diferencia entre los metrados del expediente y los del modelo BIM, y nivel de exposición al riesgo calculado como probabilidad por impacto, la mejora se evidenció mediante la comparación de estos indicadores entre el pretest y el posttest.

1.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULA / UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO
Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM	Gestión de riesgos	Riesgos identificados, riesgos priorizados, respuestas planteadas	Nº de riesgos; nivel de riesgo = probabilidad x impacto	Razón ordinal	/ Matriz de riesgos
Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM	Control de calidad	No conformidades, observaciones de supervisión, ensayos observados, retrabajos	Nº de registros por partida o periodo	Razón	Ficha de control de calidad
Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM	Coordinación BIM	Interferencias detectadas, interferencias resueltas, especialidades afectadas	Nº de interferencias; % resuelto = $\frac{\text{interferencias resueltas}}{\text{detectadas}} \times 100$	Razón porcentaje	/ Ficha de interferencias BIM
Desempeño técnico-económico	Desempeño de costo	Desviación de costo, adicionales, variación presupuestal	$\frac{(\text{costo real} - \text{costo programado})}{\text{costo programado}} \times 100$	Porcentaje	Ficha de ACUs y presupuesto
Desempeño técnico-económico	Desempeño de plazo	Desviación de plazo, cumplimiento de avance físico	$\frac{[(\text{días reales} - \text{días programados}) / \text{días programados}] \times 100}{\text{avance real} / \text{avance programado} \times 100}$	Porcentaje	Ficha de valorizaciones y cronograma
Desempeño técnico-económico	Calidad técnica	No conformidades, retrabajos, observaciones levantadas	Nº de registros; % levantado = $\frac{\text{observaciones levantadas}}{\text{observaciones totales}} \times 100$	Razón porcentaje	/ Ficha de control de calidad
Desempeño técnico-económico	Exposición al riesgo	Probabilidad, impacto, nivel de riesgo	Nivel de riesgo = probabilidad x impacto	Ordinal razón	/ Matriz de probabilidad e impacto

Nota. Elaboración propia

1.6. Alcances

La presente investigación tuvo como alcance principal el diseño, aplicación y evaluación de un modelo de gestión de riesgos basado en el control de calidad y la metodología BIM, orientado a mejorar el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, ubicado en el distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa.

En ese sentido, el estudio se desarrolló aplicado a la gestión de proyectos de infraestructura educativa pública, considerando como eje central la identificación, valoración, control y seguimiento de los riesgos que afectan el costo, el plazo, la calidad y la coordinación técnica durante la ejecución de obra.

El alcance temático comprendió el análisis de la gestión de riesgos en relación con dos componentes fundamentales: el control de calidad y el uso de BIM como herramienta de coordinación, detección de interferencias y trazabilidad de la información, desde el control de calidad se consideraron los registros técnicos, las no conformidades, los retrabajos, el control documental y el cumplimiento de especificaciones técnicas; desde el componente BIM se incorporó el modelado y la revisión digital de las especialidades, la identificación de incompatibilidades entre estructuras, arquitectura e instalaciones, y la validación técnica de interferencias capaces de generar desviaciones de costo, plazo o calidad.

El estudio se delimitó al Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, seleccionado como unidad de análisis por concentrar de manera integral las cuatro especialidades de interés (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas), lo que permite evaluar la compatibilización multidisciplinaria y la detección de interferencias en un mismo bloque, esta delimitación permitió trabajar con información real del expediente técnico, el presupuesto contractual, los análisis de costos

unitarios, las valorizaciones, el cronograma y la totalidad de las partidas que conforman el pabellón.

Desde el punto de vista normativo, la investigación se enmarca en la Ley N.º 32069, Ley General de Contrataciones Públicas, que establece la obligatoriedad de la metodología BIM en los proyectos de inversión pública, si bien el proyecto analizado fue ejecutado con anterioridad a dicha obligatoriedad, la aplicación retrospectiva del modelo se realiza precisamente para corroborar el aporte del uso de BIM y generar evidencia alineada con las exigencias del marco normativo vigente.

Desde el punto de vista metodológico, el alcance de la tesis se orientó a una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño preexperimental con medición pretest y posttest; el pretest permitió diagnosticar el estado inicial del desempeño técnico-económico del proyecto antes de la aplicación del modelo, considerando indicadores como desviación de costo, desviación de plazo, cumplimiento de avance físico, número de no conformidades, interferencias técnicas y nivel de exposición al riesgo.

Posteriormente, el posttest permitió valorar los cambios generados después de la aplicación del modelo, con la finalidad de determinar si existió una mejora verificable en los indicadores analizados.

El alcance técnico comprendió la totalidad de las partidas del Pabellón A, correspondientes a los componentes estructurales, arquitectónicos, sanitarios y eléctricos, en los cuales suelen presentarse incompatibilidades de diseño, variaciones presupuestales, errores constructivos o interferencias entre especialidades. De igual modo, se incluyó el análisis del avance físico de la obra mediante la técnica del valor ganado, con el propósito de contrastar lo programado frente a lo ejecutado y determinar las desviaciones técnico-económicas del pabellón.

El alcance documental incluyó la revisión del expediente técnico, el presupuesto, los análisis de costos unitarios, el cronograma de obra, las valorizaciones, los registros de calidad, los planos por especialidad, los reportes BIM, las fichas de interferencias y la matriz de riesgos, documentos que constituyeron la base para construir los indicadores de medición y establecer la comparación entre el estado inicial y el posterior, por ello el estudio se apoyó en información técnica verificable y no únicamente en apreciaciones subjetivas.

La investigación tuvo, además, un alcance propositivo: en lugar de quedarse en la descripción de las deficiencias existentes, planteó un modelo de gestión de riesgos articulado al control de calidad y BIM. Con ese modelo fue posible organizar los riesgos por categorías, fijar criterios de valoración, definir acciones de respuesta, dar trazabilidad a la información y fortalecer la coordinación técnica entre especialidades.

El aporte del estudio apunta, por tanto, a una herramienta aplicable en proyectos similares de infraestructura educativa pública, sobre todo en aquellos expuestos a sobrecostos, ampliaciones de plazo, no conformidades e incompatibilidades técnicas.

Finalmente, el alcance de la investigación se circunscribió al análisis del desempeño técnico-económico durante la etapa de ejecución del proyecto, por lo que no comprendió la evaluación integral del diseño estructural, la operación posterior de la infraestructura, el mantenimiento del local escolar ni el impacto pedagógico del servicio educativo.

El interés central fue determinar si la aplicación de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM contribuyó a mejorar la eficiencia técnica, económica y operativa del proyecto durante su ejecución.

1.7. Limitaciones

La presente investigación presentó algunas limitaciones propias de los estudios aplicados desarrollados sobre proyectos reales de infraestructura pública.

La primera limitación estuvo relacionada con la disponibilidad, acceso y calidad de la información técnica proporcionada por la entidad, la empresa ejecutora o los responsables del proyecto. Debido a que el análisis dependió de documentos como valorizaciones, presupuestos, cronogramas, registros de calidad, reportes de supervisión, planos y fichas BIM, cualquier ausencia, inconsistencia o falta de actualización documental pudo restringir la profundidad del análisis técnico-económico. Sin embargo, esta limitación fue controlada mediante la contrastación de diversas fuentes documentales y la organización sistemática de los datos disponibles.

Otra limitación estuvo vinculada con la naturaleza de estudio de caso, la investigación se concentró en el proyecto Saldo de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, por lo que sus resultados responden a las condiciones particulares de esta obra, su expediente técnico, su presupuesto, su sistema de ejecución, sus partidas y su contexto territorial, en ese sentido, los hallazgos no deben generalizarse automáticamente a todos los proyectos de infraestructura educativa del país; no obstante, sí pueden servir como referencia metodológica para proyectos con características similares, especialmente aquellos que presentan riesgos técnicos, sobrecostos, interferencias entre especialidades, ampliaciones de plazo o deficiencias de control de calidad.

También se identificó como limitación el tamaño de la unidad de análisis, debido a que el contraste pretest y posttest dependió del número de partidas, valorizaciones, registros de calidad, interferencias y riesgos documentados. Si bien el diseño preexperimental permite comparar indicadores antes y después de aplicar el modelo, la fuerza estadística del análisis inferencial

puede verse condicionada por la cantidad de datos pareados disponibles, por ello fue necesario seleccionar registros técnicamente comparables y construir indicadores homogéneos que permitieran evaluar de manera objetiva la variación del desempeño técnico-económico.

Una limitación adicional se relacionó con el diseño preexperimental adoptado, que no contempla un grupo de control y, por tanto, no permite descartar de manera absoluta la influencia de factores externos a la obra (condiciones climáticas, demoras administrativas, modificaciones contractuales, disponibilidad de materiales o conflictos laborales), no obstante esta limitación se mitigó por la naturaleza misma del análisis: la comparación pretest-posttest se realizó sobre el mismo proyecto, bajo las mismas condiciones documentales y constructivas, y las variables centrales del contraste (las diferencias de metrado y las interferencias entre especialidades) son magnitudes técnicas objetivas, derivadas directamente de la verificación geométrica del modelo BIM frente al expediente técnico, y no de percepciones o estimaciones subjetivas, en consecuencia las diferencias observadas en estos indicadores son atribuibles a la aplicación del modelo y no a factores del entorno, ya que dependen exclusivamente de la información de diseño contrastada, para los indicadores de costo y plazo, en cambio, la interpretación se realizó con criterio técnico, evitando atribuir toda variación únicamente al modelo propuesto.

De manera particular, en el análisis del desempeño del cronograma debe considerarse que el cronograma valorizado del Pabellón A se estimó prorrateando el cronograma general de la obra en función de los metrados del pabellón, ante la ausencia de un cronograma contractual específico por pabellón. De ahí que el índice de desempeño del cronograma ($SPI = 0.705$) debe interpretarse como un indicador válido de la tendencia y magnitud del atraso del Pabellón A, y no como una cifra contractual exacta, dado que arrastra el supuesto de proporcionalidad

empleado en la estimación, esta consideración no invalida el hallazgo, pues el atraso es consistente con las ampliaciones de plazo efectivamente otorgadas a la obra.

El uso de BIM presentó, por su parte, limitaciones asociadas al nivel de detalle de los planos, la calidad del expediente técnico y la disponibilidad de modelos digitales completos por especialidad; en caso de que la información inicial presentara deficiencias, omisiones o incompatibilidades, el modelado BIM pudo requerir ajustes técnicos para representar adecuadamente las condiciones del proyecto, por tanto, el análisis BIM se limitó a las especialidades y partidas disponibles en la documentación revisada, priorizando la detección de interferencias y la validación técnica vinculada al desempeño técnico-económico de la obra.

Otra limitación importante estuvo relacionada con la medición del control de calidad, en algunos proyectos, los registros de no conformidades, retrabajos, ensayos de laboratorio, observaciones de supervisión o protocolos de control no siempre se encuentran sistematizados de manera uniforme, situación que puede dificultar la comparación directa entre el estado inicial y posterior, para reducir esta limitación, la investigación consideró indicadores concretos y verificables, tales como número de no conformidades, interferencias detectadas, interferencias resueltas, desviaciones de costo, desviaciones de plazo y cumplimiento del avance físico.

Finalmente, la investigación se limitó al análisis del desempeño técnico-económico en la etapa de ejecución, por lo que no evaluó de manera directa el impacto social posterior del local escolar, la satisfacción de los usuarios finales, el mantenimiento de la infraestructura ni el funcionamiento educativo después de entregada la obra.

A pesar de ello, el estudio conserva relevancia técnica y académica, debido a que aborda una fase crítica del ciclo de inversión pública: la ejecución de obra, donde suelen generarse sobrecostos, retrasos, no conformidades e interferencias que afectan la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de infraestructura educativa.



CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Estado Del Arte

En la siguiente tabla se detallan los antecedentes tanto internacionales como nacionales de manera resumida y extraída el aporte más importante referentes a las variables de la presente investigación.



Tabla 2
Estado de arte

Autor(es)	Año	Título	Tipo de investigación	Unidad de estudio	Herramientas utilizadas	Revista / Fuente	Cuartil / Categoría	Resultados significativos	Aporte científico	Relación con la investigación
Chávez Vásquez, G. Y.	2021	Caracterización de las técnicas y herramientas de gestión de riesgos en proyectos de obras civiles	Tesis	Proyectos de obras civiles - Cajamarca	Revisión documental	Universidad (Tesis)	No aplica (Tesis)	Identificó técnicas clave de gestión de riesgos	Guía práctica de herramienta s de riesgo	Sustento teórico para la gestión de riesgos
Gómez Sánchez Soto, R.	2025	Modelo integrado de gestión de riesgos para reducir sobrecostos y retrasos	Tesis	Proyectos públicos en Perú	Análisis documental	Universidad (Tesis)	No aplica (Tesis)	Modelo integrado de riesgos	Enfoque holístico de riesgos	Alineado a la optimización de riesgos
Vargas Cirilo, H. R. et al.	2024	Metodología de gestión de riesgos basada en el PMI	Tesis	Empresa constructora - Lima	Análisis documental	Universidad (Tesis)	No aplica (Tesis)	Metodología aplicada al portafolio	Adaptación del PMI	Complementa el enfoque metodológico
Vidal Sedano, E. M.	2024	Gestión de riesgos con metodología PMI en saneamiento	Tesis	Proyecto de saneamiento - Junín	Metodología PMI	Universidad (Tesis)	No aplica (Tesis)	Identificación y respuesta a riesgos	Aplicación del PMI	Refuerza la gestión de riesgos
Velazco Chávez, F. M.	2022	Gestión de riesgos en puentes de grandes luces	Tesis	Puentes en Perú	Análisis documental	Universidad (Tesis)	No aplica (Tesis)	Reducción de costos y tiempos	Estrategias prácticas	Aplicable a infraestructura pública
Tabejamaat S., Ahmadi H., Barmayehvar B.	2024	Risk management in large-scale construction using BIM	Artículo científico	Grandes proyectos de construcción	BIM, control de calidad	Journal of Construction Engineering and Management	Q1 - A1 (SJR/JCR)	Reducción de retrasos y sobrecostos	Evidencia empírica de BIM	Sustenta BIM 5D y control de calidad
Elsherbeny H., Gunduz M., Ugur L.	2025	Hybrid model (PLS-ANN) for risk management	Artículo científico	Proyectos de construcción	IA, PLS-ANN	Automation in Construction	Q1 - A1 (SJR)	Mejora en predicción de riesgos	IA aplicada a riesgos	Refuerza uso de tecnologías avanzadas

Autor(es)	Año	Título	Tipo de investigación	Unidad de estudio	Herramientas utilizadas	Revista / Fuente	Cuartil / Categoría	Resultados significativos	Aporte científico	Relación con la investigación
Chenya L. et al.	2022	Intelligent Management Construction Projects	Risk in Artículo científico	Proyectos de construcción	Software de riesgos	Journal of Engineering, Design and Technology	Q2 - A2 (SJR)	Eficiencia en control de riesgos	Revisión crítica de herramientas	Base teórica de tecnologías digitales
Banerjee D. et al.	2021	Risk prediction using machine learning	Artículo científico	Megaproyectos	Machine learning	Civil Engineering and Management	Q1 - A1 (SJR)	Predicción temprana de riesgos	ML para gestión de riesgos	Refuerza enfoque tecnológico
Abdullah Z., Celik T.	2025	Real-time camera-based safety and quality management framework	Artículo científico	Proyectos en países en desarrollo	Cámaras, plataforma web	Buildings	Q1 - A1 (SJR)	Mejora en control de tiempo real	Cámaras en tiempo real para calidad y seguridad	Alineado al control de calidad
Shishehgharkhan M. et al.	2024	Construction supply chain risk management	Artículo científico	Proyectos civiles	BIM, sensores	Journal of Cleaner Production	Q1 - A1 (SJR)	Reducción de riesgos en cadena	Gestión avanzada de riesgos	Vinculado a tecnologías BIM
Rivera A.; Saigua S.; Castillo T.; Andrade A.; Zárate A.	2024	Consecuencias en costo y plazo de proyectos de construcción por bajo nivel de uso de BIM	Artículo científico	30 proyectos privados en Ecuador	BIM Use Assessment (BUA)	Revista de Ingeniería de Construcción	Q2 / Scopus	Bajo uso de BIM incrementa costo y plazo en proyectos de construcción	Evidencia empírica de BIM como factor de desempeño técnico-económico	Justifica el uso de BIM para optimizar el desempeño del Pabellón A
Pučko Z.; Rednak G.; Denac M.; Šuman N.	2026	Decision-Making Framework for Building Assemblies Using nD BIM: Integration of Time, Cost, and Environmental Criteria	Artículo científico	Variantes de diseño de edificio residencial multifamiliar	BIM 4D/5D/6D, ACV (LCA), modelo multicriterio ponderado	Buildings (MDPI)	Q2 / Scopus	El marco nD BIM reduce incertidumbre y mejora decisiones comparando tiempo, costo y ambiente	Marco unificado de decisión multidimensional basado en BIM para fase de diseño	Sustenta la evaluación integral del desempeño técnico-económico con BIM multidimensional

Autor(es)	Año	Título	Tipo de investigación	Unidad de estudio	Herramientas utilizadas	Revista / Fuente	Cuartil / Categoría	Resultados significativos	Aporte científico	Relación con la investigación
Numan, M.	2024	BIM and risk management: A review of strategies for identifying, analysing and mitigating project risks	Artículo científico	Proyectos de construcción	BIM, revisión sistemática	Journal of Engineering Research and Sciences	Revista indexada	BIM fortalece la identificación, análisis y mitigación de riesgos en todo el ciclo de vida	Marco de estrategias BIM para gestión de riesgos	Sustento directo del uso de BIM en gestión de riesgos
Chen, L., & Luo, H.	2014	A BIM-based construction quality management model and its applications	Artículo científico	Proyectos de construcción	BIM, modelo de gestión de calidad	Automation in Construction	Q1 (Scopus)	Un modelo de gestión de calidad basado en BIM mejora el control técnico de la información	Modelo de control de calidad basado en BIM	Fundamenta el eje de control de calidad con BIM
Gao, N., Touran, A., Wang, Q., & Beauchamp, N.	2024	Construction risk identification using a multi-sentence context-aware method	Artículo científico	Proyectos de construcción	Identificación automatizada de riesgos	Automation in Construction	Q1 (Scopus)	Método para identificar riesgos de construcción a partir de información documental	Técnica de identificación de riesgos	Refuerza la fase de identificación de riesgos del modelo

Nota. La categorización de los artículos científicos se realizó de acuerdo con los criterios de impacto establecidos en la Tabla, considerando los cuartiles JCR, SJR y el índice H5. Las tesis no fueron categorizadas por cuartil al no corresponder a publicaciones indexadas.

2.2. Marco legal

A continuación, se presenta el marco legal para la presente investigación donde se incluyen las normas internacionales, nacionales y locales aplicables a la gestión de riesgos en infraestructura educativa y la reducción de impactos en zonas vulnerables.

Tabla 3
Marco legal a utilizar

NORMA / MARCO	DESCRIPCIÓN Y RELEVANCIA
Guía PMBOK, 7. ^a edición (PMI, 2021)	Marco de referencia internacional para la gestión de proyectos y de sus riesgos; sustenta los procesos de identificación, análisis cualitativo (probabilidad × impacto), planificación de respuestas y monitoreo aplicados en la investigación.
ISO 31000:2018 - Gestión del riesgo	Establece los principios y directrices generales para la gestión del riesgo en organizaciones y proyectos, sirviendo de base conceptual para la valoración de riesgos del estudio.
ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad	Define los requisitos para la gestión de la calidad basada en procesos, fundamento del componente de control de calidad del modelo.
ISO 19650:2018 - Gestión de la información con BIM	Norma internacional que regula la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de los activos construidos mediante BIM, base del componente de modelado y coordinación.
Ley N.º 32069 - Ley General de Contrataciones Públicas	Marco nacional que regula las contrataciones del Estado e incorpora la adopción progresiva de BIM en la inversión pública.
Plan BIM Perú (D.S. N.º 289-2019-EF y D.S. N.º 108-2021-EF)	Establecen la estrategia y los lineamientos para la incorporación progresiva de BIM en los proyectos de inversión pública del Estado peruano.
Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)	Conjunto de normas técnicas de diseño y construcción aplicables a la ejecución de la infraestructura del proyecto.

Nota. Elaboración propia

2.3. Marco teórico

Gestión de proyecto. Todo proyecto se desarrolla a lo largo de diferentes etapas, desde su inicio hasta su cierre, conjunto al que se denomina ciclo de vida, aunque varían en tamaño y complejidad, suelen organizarse en una estructura genérica de cuatro fases: inicio, organización

y preparación, ejecución del trabajo y cierre; según el Project Management Institute (2021), la gestión de proyectos es el conjunto de metodologías para planificar y dirigir las tareas y los recursos orientados a lograr un objetivo específico, medible, alcanzable, relevante y temporal (SMART, por sus siglas en inglés).

Los objetivos de la gestión de proyectos son:

- Gestionar el inicio y la evolución de un proyecto
- Controlar y responder ante problemas que surjan durante un proyecto
- Facilitar la finalización y aprobación del proyecto

La gestión de proyectos, según el Project Management Institute, comprende el uso de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente, constituyendo una competencia estratégica que permite vincular los resultados del proyecto con las metas de la organización mediante la planificación, la implementación y el cierre, dentro de límites definidos de tiempo, costo, alcance, calidad y riesgo. En este marco, la gestión de riesgos del proyecto se orienta a aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos y a reducir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos, con el fin de optimizar las posibilidades de éxito del proyecto (PMI, 2021; Chaves Castro, 2020; CENEPRED, 2019).

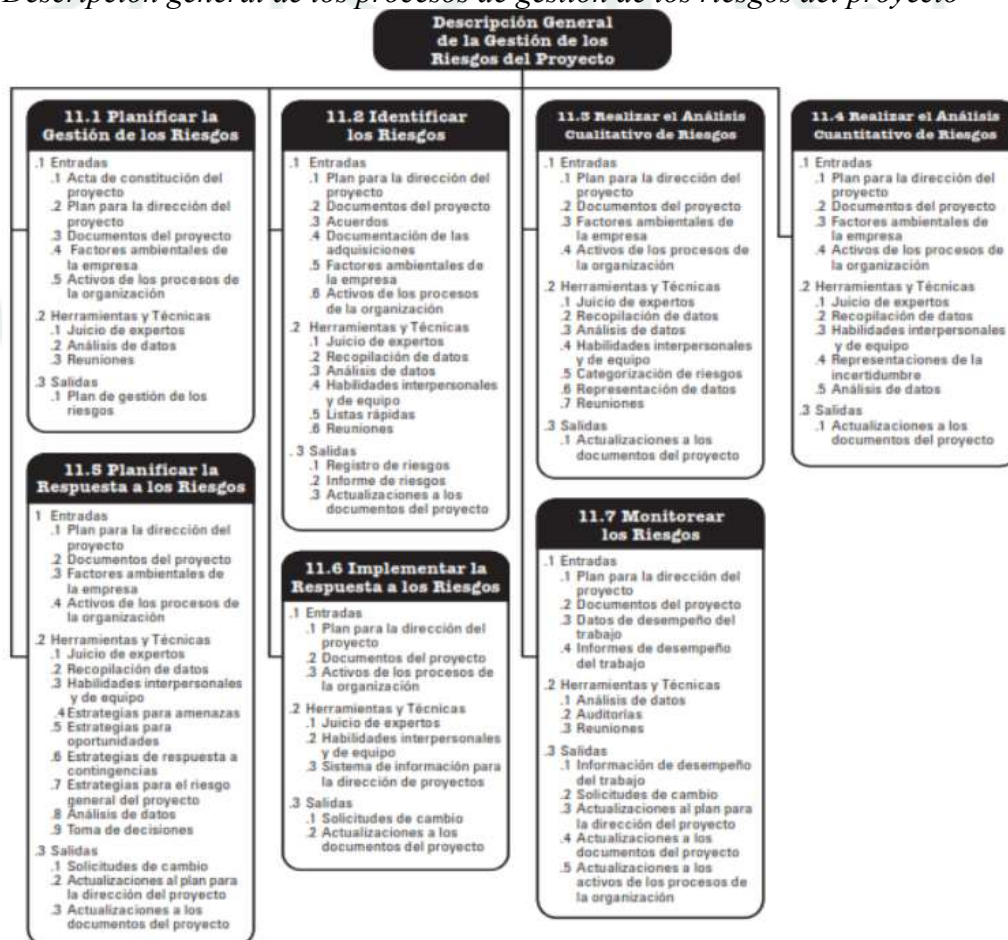
El control de calidad en proyectos de Ingeniería Civil abarca desde el diseño hasta el cierre del proyecto, garantizando el cumplimiento de especificaciones técnicas en materiales, procesos constructivos y desempeño del personal técnico (PMI, 2021); asimismo, su aplicación mediante ensayos normalizados, pruebas de laboratorio y monitoreo técnico constante constituye una herramienta preventiva esencial para mitigar riesgos de fallas estructurales, problemas de durabilidad y mal comportamiento sísmico. (Chenya, Aminudin, Mohd, & Seng, 2022)

El PMI (2021) indica lo siguiente:

- i. **Planificar.** Desarrolla la definición de cómo se realiza.
- ii. **Identificar.** Desarrolla la identificación de riesgos individuales.
- iii. **Realizar el análisis cualitativo de riesgos.** Busca desarrollar cada riesgo del proyecto para su posterior evaluación, acción o análisis y el impacto de riesgos.
- iv. **Realizar el análisis cuantitativo de riesgos.** Analizar numéricamente los efectos combinados de los riesgos de proyectos individuales.
- v. **Planificar.** Proceso de elegir acciones y estrategias para gestionar el riesgo general del proyecto.
- vi. **Implementar la respuesta a los riesgos**
- vii. **Monitorear los riesgos.** Procesar la implementación de los planes de respuesta al riesgo acordados, rastrear los riesgos.

Figura 1

Descripción general de los procesos de gestión de los riesgos del proyecto



Nota. Adaptado de PMI (2021).

Procesos de gestión de riesgos

El PMI (2021) contempla los siguientes procesos:

a. Identificación de riesgos

Este es uno de los procesos más importantes, porque implica identificar los riesgos que afectan al proyecto, así como sus fuentes y características. Su principal ventaja radica en documentar adecuadamente los riesgos individuales para su posterior análisis (PMI, 2021).

I. Recopilación de datos

Figura 2
Recopilación de datos



Nota. Elaboración propia

II. Registro de riesgos

Plasma los detalles de los riesgos identificados durante el proceso de identificación, con el fin de realizar los análisis cualitativo y cuantitativo correspondientes (PMI, 2021).

- Lista de riesgos.
- Fuentes del riesgo.
- Lista de respuesta potencial.

La clasificación de riesgos se realiza según la guía del PMBOK. Para categorizarlos se emplea la estructura de desglose del trabajo (WBS), que proporciona un proceso sistemático con un nivel de detalle consistente y contribuye a la eficiencia en la identificación de los riesgos (PMI, 2021).

Tabla 4*Valoración de probabilidad e impactos*

PROBABILIDAD	VALOR NUMÉRICO	IMPACTO	VALOR NUMÉRICO
Muy bajo	1	Muy bajo	1
Bajo	2	Bajo	2
Moderado	3	Moderado	3
Alto	4	Alto	4
Muy alto	5	Muy alto	5

Nota. Tomado de Varela, 2015, Universidad Militar Nueva Granada.

Tabla 5*Valoración de los riesgos*

NIVEL DE RIESGO	SEVERIDAD (PROBABILIDAD × IMPACTO)
Muy alto	20 a 25
Alto	15 a 19
Moderado	9 a 14
Bajo	4 a 8
Muy bajo	1 a 3

Nota. $\sum(\text{Probabilidad} \times \text{Impacto}) = \text{Probabilidad de impacto}$. Tomado de Varela, 2015, Universidad Militar Nueva Granada.

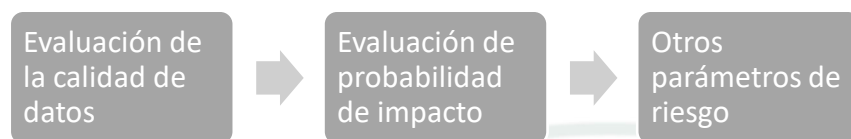
b. Análisis cualitativo de riesgos

El análisis cualitativo de riesgos evalúa la probabilidad de ocurrencia y el impacto de cada riesgo de forma subjetiva, priorizándolos para planificar su respuesta y asignando a cada uno un responsable de monitoreo; en la misma línea, sienta las bases para el análisis cuantitativo y debe realizarse periódicamente a lo largo de la vida del proyecto, con la frecuencia especificada en el plan de gestión (PMI, 2021).

I. Análisis de datos

Figura 3

Análisis de datos



Nota. Adaptado de PMI (2021).

Categorización del riesgo

Para la categorización, el PMI (2021) propone la herramienta de Estructura de Desglose del Trabajo (WBS) aplicada a cada área del proyecto.

La calificación de riesgos se hace con base en la matriz:

Tabla 6

Matriz de probabilidad e impacto

MATRIZ	IMPACTO	INSIGNIFICANTE	MENOR	MODERADO	MAYOR	CATÁSTROFE
Probabilidad		1	2	3	4	5
Certeza	5	5	10	15	20	25
Probable	4	4	8	12	16	20
Moderado	3	3	6	9	12	15
Poco probable	2	2	4	6	8	10
Muy raro	1	1	2	3	4	5

Nota. Tomado de Varela, 2015, Universidad Militar Nueva Granada.

c. Análisis cuantitativo de riesgos

Constituye un tratamiento numérico del impacto integral de los riesgos individuales. Su principal ventaja es que proporciona una cuantificación de los parámetros de riesgo del proyecto, así como información para continuar con el proceso de gestión (PMI, 2021).

Las principales herramientas para procesar los datos en el análisis cuantitativo, según el PMI (2021), son las siguientes:

I. Análisis de datos

- Simulación. Este proceso utiliza modelos para representar los efectos combinados de los distintos riesgos del proyecto e incorporar las fuentes de incertidumbre en una evaluación global. Para su aplicación se suele recurrir a herramientas computacionales especializadas (PMI, 2021).
- Análisis de sensibilidad, una herramienta para relacionar variables con resultados de sujetos en modelos cuantitativos. El PMBOK recomienda emplear un diagrama de tornado, herramienta gráfica que ordena las variables según la magnitud de su influencia sobre el resultado del proyecto, según el PMI (2021) 7ma edición.
- Los árboles de decisión se utilizan para seleccionar la mejor solución entre varias opciones.
- El diagrama de impacto es una herramienta gráfica basada en la incertidumbre.

II. Evaluación de la exposición al riesgo

El riesgo general del proyecto se evalúa en función de su efecto sobre la probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto, pudiendo representar tanto una amenaza como una oportunidad, según lo establece el PMI (2021) 7ma edición.

d. Planificar la respuesta a los riesgos

Desarrollar acciones, opciones y estrategias para abordar los riesgos identificados como incidentes de alto nivel en el proyecto PMI (2021) 7ma edición.

Estrategias para el riesgo general

- Escalar.
- Evitar.
- Transferir.
- Aceptar.

Impactos de los riesgos

a. Definición

El PMI indica que el impacto y la probabilidad de los riesgos son específicos del contexto de la obra, por lo que pueden establecerse definiciones particulares para cada proyecto, el número de niveles empleados refleja la información requerida por el proceso de gestión: se utilizan más niveles (habitualmente cinco) cuando se requiere un análisis de riesgos más detallado, y menos niveles (habitualmente tres) en procesos más simples.

En la siguiente tabla se presentan tres ejemplos de probabilidad e impacto referidos a los objetivos del estudio, las definiciones de impacto se interpretan como negativas para las amenazas (retrasos, costos adicionales y desempeño inadecuado) y positivas para las oportunidades (PMI, 2021).

Tabla 7
Ejemplo de definiciones para probabilidad e impactos

ESCALA	PROBABILIDAD	(+/-) IMPACTO SOBRE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO		
		TIEMPO	COSTO	CALIDAD
Muy alto	>70%	>6 meses	>\$5M	Impacto muy significativo sobre la funcionalidad general
Alto	51-70%	3-6 meses	\$1M-\$5M	Impacto significativo sobre la funcionalidad general
Mediano	31-50%	1-3 meses	\$501K-\$1M	Algún impacto sobre áreas funcionales clave
Bajo	11-30%	1-4 meses	\$100K-\$500K	Impacto menor sobre la funcionalidad general

Muy bajo	1-10%	1 semana	<\$100K	Impacto menor sobre las funciones secundarias
Nulo	<1%	Sin cambio	Sin cambio	Ningún cambio en la funcionalidad

Nota. (PMI, 2021) 7ma edición

b. Matriz de probabilidad e impacto

En este punto se expresan las amenazas y oportunidades mediante la probabilidad y la influencia habituales en la matriz, utilizando definiciones de impacto tanto positivas como negativas, para la probabilidad pueden emplearse expresiones descriptivas (muy alta, alta, media, baja y muy baja) (PMI, 2021).

Figura 4

Ejemplo de matriz de probabilidad e impacto con esquema de puntuación.

Probabilidad e Impacto en la Evaluación de los Riesgos													
		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Muy alta 0,90	Probabilidad
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04	Alta 0,70	
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	Mediana 0,50	
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	Baja 0,30	
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	Muy baja 0,10	
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
Impacto negativo						Impacto positivo							

Nota. (PMI, 2021)

La gestión de proyectos proporciona un contexto para la aplicación de estándares y guías de práctica, siendo cada vez más requerida por entidades gubernamentales y organizaciones a nivel local y nacional, que exigen el cumplimiento de normas como la Gestión de Riesgos para mejorar la garantía y el control de calidad (PMI, 2021). A su vez, múltiples industrias, desde la construcción hasta la tecnología de la información, emplean diversos marcos y metodologías

que sirven como puntos de referencia para la ejecución de proyectos. (Project Management Institute (PMI), 2021)

En cuanto al PMBOK 7ma edición, su estructura se organiza en grupos de procesos y áreas de conocimiento que se interrelacionan en una especie de cuadrícula, donde cada proceso forma parte simultáneamente de una etapa o grupo de procesos y de un área de conocimiento específica, constituyendo así un sistema integral que orienta la planificación, ejecución y control de proyectos en sus distintas fases (Barzola, 2019).

Grupo de proceso de planificación de proyectos

El grupo de procesos de planificación, según el PMI (2021), abarca el desarrollo del plan de gestión del proyecto y de sus planes subsidiarios en las distintas áreas de conocimiento: la definición y estructuración del alcance mediante la EDT/WBS; la planificación del cronograma a través de la definición, secuenciación y estimación de actividades; la elaboración del presupuesto y la línea base de costos; y la planificación de la calidad, los recursos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y los interesados. En conjunto, estos procesos establecen la hoja de ruta integral que orienta la ejecución, el seguimiento y el control del proyecto.

- Tener un plan de gestión de la calidad (gestión de la calidad del proyecto).
- Tener un plan de gestión de recursos (gestión de recursos del proyecto).
- Estime los recursos de su actividad (gestión de recursos del proyecto).
- Tener un plan de comunicación (gestión de comunicaciones del proyecto).
- Tener un plan de gestión de riesgos (gestión de riesgos del proyecto).
- Identificar riesgos potenciales (gestión de riesgos del proyecto).

- Hacer una evaluación de riesgos cualitativa (gestión de riesgos del proyecto).
- Hacer análisis de riesgos cuantitativos (gestión de riesgos del proyecto).
- Planificar las respuestas a los riesgos (gestión de riesgos del proyecto).
- Tener un plan de adquisiciones del proyecto (gestión de adquisiciones del proyecto).
- Tener un plan de participación de las partes interesadas (gestión de las partes interesadas del proyecto).

e. Identificación de riesgos

Es uno de los procesos más importantes ya que corresponde a encontrar los riesgos que afectan al proyecto, las fuentes y sus características (PMI, 2021); su principal beneficio estará dado por la documentación correcta de los riesgos individuales asociados a su fuente, el proceso de identificación de riesgos busca mapear los riesgos individuales y generales como todas las fuentes de riesgo. (Project Management Institute (PMI), 2021)

El registro de los riesgos debe darse en un formato práctico para que quede claro el concepto que se quiere dar a cada uno de ellos (PMI, 2021), se debe nombrar una fuente a cada riesgo de forma nominal y estos serán verificados durante los procesos siguientes; el proceso de identificación es iterativo, ya que se pueden generar o hallar nuevos riesgos durante la vida útil del proyecto. (Project Management Institute (PMI), 2021)

Las herramientas principales empleadas en el proceso y descritas por el PMBOK 7ma edición (2021) son:

III. Recopilación de datos

- Tormenta de ideas.

- Lista de verificación.
- Análisis de causa-raíz.
- Análisis FODA.

IV. Registro de riesgos

Plasma los detalles de riesgos hallados en el proceso de identificación para realizar los análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo (Project Management Institute (PMI), 2021)

El documento debe contener por lo menos los siguientes puntos:

- Lista de riesgos.
- Fuentes del riesgo.
- Lista de respuesta potencial.

Se documentan los riesgos de manera independiente para cada objetivo, para un posterior análisis en las etapas posteriores.

La clasificación de riesgos se realiza según la guía del PMBOK 7ma edición, para categorizar los riesgos se utiliza la estructura de desglose del trabajo (WBS), la cual proporciona una estructura que garantiza un proceso de identificación sistemática de los riesgos con un nivel de detalle uniforme, que contribuye a la efectividad y calidad de la identificación de los riesgos (PMI, 2021), se realiza la valoración de probabilidad e impactos y la valoración de los riesgos según la siguiente tabla.

f. Análisis cualitativo de riesgos

El análisis cualitativo de riesgos evalúa la prioridad de los riesgos individuales en función de su probabilidad de ocurrencia, impacto y otros indicadores de manera subjetiva, dependiendo

su eficacia de una adecuada identificación y gestión del equipo de proyecto, quien además debe asignar a cada riesgo un responsable encargado de su seguimiento e implementación del plan de respuesta (PMI, 2021); del mismo modo, este proceso establece la base para el análisis cuantitativo y debe realizarse de forma regular durante toda la vida útil del proyecto (Paredes Pinto, 2019).

II. Análisis de datos

El PMI (2021) nos brinda las siguientes herramientas para análisis de datos:

- Evaluación de la calidad de datos.
- Evaluación de probabilidad-impacto.
- Otros parámetros del riesgo.

g. Análisis cuantitativo de riesgos

Es procesar de manera numérica los efectos en combinación de los riesgos individuales. Su principal ventaja es que brinda una cuantificación de la exposición al riesgo general para el proyecto y también brinda información para continuar con los siguientes procesos (PMI, 2021).

Para poder ejecutar el análisis cuantitativo es necesario contar con datos confiables y de alta calidad sobre los riesgos; este proceso solo evalúa los riesgos que luego del análisis cualitativo han resultado con un potencial de riesgo significativo para afectar los objetivos del proyecto (PMI, 2021).

Las principales herramientas para procesar los datos en el análisis cuantitativo según el (PMI, 2021) son:

III. Análisis de datos

- Simulación, este proceso utiliza modelos que simulan los efectos combinados de todos los riesgos individuales y añade más fuentes de incertidumbre a fin de evaluar a nivel general el proyecto. Para esta herramienta es posible apoyarse en herramientas informáticas (PMI, 2021).
- Análisis de sensibilidad, herramienta que correlaciona las variaciones con los resultados del proyecto en un modelo cuantitativo. El PMBOK propone el uso del “diagrama de tornado”, el cual representará un coeficiente de correlación con la duración del proyecto (PMI, 2021).
- Árbol de decisiones, se utilizan para seleccionar el mejor curso de acción entre varias opciones.
- Diagramas de influencias, son herramientas gráficas para la toma de decisiones basadas en la incertidumbre.

IV. Evaluación de la exposición al riesgo

El riesgo general estará dado por la posibilidad de éxito del proyecto acorde a la probabilidad del logro de sus objetivos; y el grado de variabilidad del mismo (PMI, 2021).

V. Análisis probabilístico del proyecto

El PMI (2021) cita las salidas claves del proceso:

- Cantidad reservada para contingencias.
- Identificar riesgos individuales.
- Condiciones del riesgo general del proyecto.

VI. Lista priorizada de riesgo

Se incluyen en esta lista los riesgos priorizados de acuerdo a los indicadores que denoten su probabilidad y su incidencia (PMI, 2021).

VII. Representaciones de la incertidumbre

En el caso de tener costos inciertos para el proyecto, es preferible trabajar con un modelo que represente la incertidumbre (PMI, 2021).

Los modelos normalmente toman formas como triangular, logarítmica, uniformes o discretas, modelos informáticos como el @Risk seleccionan de acuerdo al tipo de simulación la forma que tomará el modelo y que sesgará de manera adecuada el riesgo.

h. Planificar la respuesta a los riesgos

Desarrolla opciones, estrategias y acciones para responder a los riesgos identificados como altamente incidentes en el proyecto, el aspecto positivo de este proceso es la identificación clave de métodos de cómo responder ante la ocurrencia de riesgos (PMI, 2021).

Con las respuestas planteadas en este proceso se busca reducir a su mínima expresión las amenazas individuales, maximizando las oportunidades para lograr reducir la exposición al riesgo general (PMI, 2021).

i. Estrategias para el riesgo general

Se describen cinco estrategias fundamentales como alternativas para la respuesta a los riesgos (PMI, 2021)

- Escalar.
- Evitar.
- Transferir.

- Aceptar.

j. Implementar la respuesta a los riesgos

Es el proceso que busca implementar las respuestas propuestas en el proceso anterior; este proceso busca asegurar que las respuestas se cumplan en el proyecto con un adecuado plan de implementación (PMI, 2021).

Modelado de información de la construcción (BIM)

El Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de la información de un proyecto de construcción a lo largo de su ciclo de vida, basada en un modelo digital tridimensional que concentra datos geométricos y no geométricos de la edificación (ISO, 2018). A diferencia del diseño asistido tradicional, BIM no solo representa la geometría, sino que asocia a cada elemento información de cantidades, materiales, especificaciones y tiempos, lo que permite su uso para el metrado, la detección de interferencias y la planificación de la obra.

Nivel de desarrollo (LOD). El nivel de desarrollo describe el grado de detalle geométrico y de información asociado a cada elemento del modelo, en la presente investigación, el modelo del Pabellón A se desarrolló con un nivel de desarrollo LOD 300, en el cual los elementos se representan con su geometría, dimensiones, ubicación y cantidades precisas; este nivel es el adecuado para la extracción confiable de metrados y para la detección de interferencias, ya que garantiza que las cantidades obtenidas del modelo correspondan a la geometría real de los elementos diseñados.

Dimensiones BIM. La metodología BIM organiza la información en dimensiones: el modelo tridimensional (3D) representa la geometría; la cuarta dimensión (4D) incorpora la programación temporal; la quinta (5D) integra los costos; y dimensiones superiores incorporan

la sostenibilidad y la gestión del activo; la presente investigación se sustenta principalmente en las dimensiones 3D y 5D, al vincular la geometría del Pabellón A con la cuantificación de sus partidas.

Interoperabilidad e IFC. El estándar Industry Foundation Classes (IFC) es un formato abierto que permite el intercambio de información entre los distintos programas BIM sin pérdida de datos, garantizando la interoperabilidad entre especialidades, su uso asegura que los modelos de arquitectura, estructuras e instalaciones puedan integrarse y coordinarse en un entorno común de datos.

Detección de interferencias (clash detection). La detección de interferencias es el proceso mediante el cual se identifican de manera automatizada las incompatibilidades físicas entre elementos de distintas especialidades (por ejemplo, una tubería que atraviesa una viga). Al coordinar los modelos en un entorno común y ejecutar la detección de interferencias, BIM permite anticipar y resolver estos conflictos antes de la ejecución, evitando retrabajos y desviaciones de costo y plazo (Chen y Luo, 2014).

Plan de Ejecución BIM (BEP). El BIM Execution Plan (BEP) es el documento que define cómo se implementará BIM en un proyecto: los usos del modelo, los roles y responsabilidades, los niveles de desarrollo requeridos, los estándares de intercambio y los entregables, constituye el marco de gestión que ordena la colaboración entre las disciplinas y asegura la calidad de la información del modelo.



3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Por su finalidad, el estudio fue de tipo aplicada, ya que se orientó a resolver un problema concreto de la ejecución del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo mediante el diseño y aplicación de un modelo de gestión de riesgos, no se trató únicamente de describir una situación, sino de proponer un procedimiento técnico que permitiera mejorar el desempeño técnico-económico del proyecto, lo cual es coherente con las investigaciones orientadas a intervenir o solucionar problemas específicos en un contexto determinado (Arias & Covinos, 2021).

El nivel de investigación fue explicativo, porque buscó determinar si la aplicación del modelo produjo una mejora significativa en los indicadores del desempeño técnico-económico. En ese sentido, la investigación no se limitó a identificar desviaciones, sino que evaluó el cambio producido entre el pretest y el postest, estableciendo una relación entre la aplicación del modelo y la variación de los indicadores de costo, plazo, calidad, interferencias y exposición al riesgo (Hernández & Mendoza, 2018).

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que las variables se midieron mediante indicadores numéricos asociados a costo, plazo, calidad, interferencias y nivel de riesgo, este enfoque resultó pertinente porque permitió comparar los valores obtenidos antes y después de aplicar el modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM, así como contrastar la hipótesis mediante pruebas estadísticas, de acuerdo con la lógica de medición objetiva, análisis numérico y comprobación de hipótesis propia de la ruta cuantitativa (Hernández & Mendoza, 2018).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño fue preexperimental con pretest y postest en un solo grupo, debido a que la investigación se desarrolló sobre un caso de estudio real y no contó con un grupo de control externo comparable, diseño que permitió realizar una medición inicial del desempeño técnico-económico del proyecto antes de aplicar el modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM; posteriormente, se incorporó el modelo como procedimiento técnico de intervención; y, finalmente, se efectuó una medición posterior para determinar la variación de los indicadores de costo, plazo, calidad, interferencias y nivel de exposición al riesgo.

Esta lógica metodológica es coherente con los diseños de preprueba y posprueba con un solo grupo, en los cuales se observa una unidad de análisis antes y después de la aplicación de un estímulo o tratamiento, con la finalidad de identificar cambios en los resultados medidos (Campbell & Stanley, 1963; Hernández & Mendoza, 2018).

El esquema del diseño fue el siguiente:

G: O1 X O2

En este esquema, aplicado al Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, G corresponde al conjunto de las 97 partidas constructivas del pabellón; O1 es la medición inicial de los indicadores técnico-económicos sobre la información del expediente técnico, antes de la verificación; X es la aplicación del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM sobre dichas partidas; y O2 es la medición posterior de los mismos indicadores una vez aplicada la verificación mediante el modelo.

De este modo, el diseño preexperimental resulta coherente con la naturaleza retrospectiva de la investigación: el contraste no compara dos momentos cronológicos de la ejecución física de la obra, sino dos estados de la información técnica del Pabellón A (el del expediente y el obtenido

tras la verificación con el modelo), medidos de forma pareada sobre el mismo conjunto de partidas.

Dado el carácter retrospectivo de la investigación, conviene precisar el significado de los momentos de medición. En este diseño, el tratamiento (X) corresponde a la aplicación del modelo de verificación basado en control de calidad y BIM sobre la información del proyecto; la medición inicial (O1) representa el estado de la información tal como figuraba en el expediente técnico, antes de dicha verificación; y la medición posterior (O2) representa el estado de la información una vez aplicada la verificación mediante el modelo. De este modo, el contraste pretest-posttest no compara dos momentos cronológicos de la ejecución física de la obra, sino dos estados de la información técnica: el previo y el posterior a la aplicación del modelo. Bajo esta interpretación, el diseño preexperimental conserva su validez, pues O1 y O2 constituyen mediciones pareadas del mismo conjunto de partidas sometidas al tratamiento de verificación.

3.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por la totalidad de los registros técnico-económicos del proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo” (Código Local 547444, CUI 2500620), ubicado en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa: documentación técnica, metrados, partidas constructivas, registros de control de calidad, interferencias detectadas mediante BIM y riesgos asociados; conforme al alcance definido, el modelado BIM y el análisis técnico-económico se desarrollaron de manera específica sobre el Pabellón A, sector de intervención seleccionado para la aplicación del modelo.

La muestra fue de tipo censal y estuvo integrada por las 97 partidas constructivas del Pabellón A, junto con la totalidad de sus registros y documentos técnicos que cumplieron con los criterios

de inclusión establecidos, esta decisión permitió analizar de manera exhaustiva toda la información disponible del área de estudio y garantizar la representatividad de los resultados.

La unidad de análisis estuvo constituida por las partidas constructivas modeladas en BIM, los metrados obtenidos del expediente técnico y del modelo digital, las interferencias identificadas entre especialidades, los registros de control de calidad y los riesgos técnico-económicos asociados al Pabellón A del proyecto.

Cabe precisar que, si bien el universo de análisis del Pabellón A está conformado por 97 partidas evaluadas de manera censal, el contraste estadístico inferencial de la hipótesis específica H4 se aplicó sobre las 18 partidas que contaban con metrado directamente comparable entre el expediente técnico y el modelo BIM, por ser las únicas que permitían el análisis pareado requerido por la prueba.

Si bien la evaluación de las partidas tuvo carácter censal, el uso de una prueba estadística inferencial se justifica al considerar las 18 diferencias de metrado como una muestra del proceso de medición y cuantificación, es decir, como una realización de la población de posibles discrepancias entre el expediente técnico y el modelo BIM. Bajo este enfoque, la prueba t evalúa si la diferencia media observada puede atribuirse a la variabilidad propia del proceso de cuantificación o si, por el contrario, refleja una subestimación sistemática estadísticamente significativa, independientemente de que las partidas analizadas constituyan la totalidad de las comparables.

Los criterios de inclusión comprendieron las partidas con incidencia en costo, plazo o calidad; elementos constructivos pertenecientes al Pabellón A con información disponible en el expediente técnico; registros con evidencia documental para el análisis comparativo entre metrados convencionales y metrados obtenidos mediante BIM; interferencias detectadas

durante la compatibilización de especialidades; y riesgos vinculados a la ejecución de las partidas evaluadas.

Se excluyeron registros incompletos, documentos sin trazabilidad técnica, información correspondiente a otros pabellones de la institución educativa y elementos que no formaron parte del alcance del modelado BIM desarrollado en la investigación.

3.3.1. Selección del caso de estudio

Con el fin de seleccionar un caso de estudio representativo, la investigación partió de un análisis preliminar de diez proyectos de infraestructura educativa pública del departamento de Arequipa, este conjunto se conformó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, aplicando los siguientes criterios de inclusión:

- a. Proyectos de infraestructura educativa pública de nivel básico regular ubicados en el departamento de Arequipa,
- b. Envergadura presupuestal comparable, entre S/. 0.4 y S/. 33 millones,
- c. Ejecución bajo la modalidad de administración indirecta (por contrata) en el marco del Invierte.pe,
- d. Disponibilidad de información presupuestal verificable en los sistemas públicos INFOBRAS y SSI del MEF.

Todos los proyectos seleccionados comparten la misma región, tipología constructiva y marco normativo que el caso de estudio, lo que garantiza la comparabilidad de los indicadores técnico-económicos utilizados como referencia contextual.

Tabla 8
Cuadro comparativo muestra

Ítems		Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo Inicial I.E. 40698 Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
CUI		2500620	2517452	2456318	2401887	2480915	2408771	2246844	2531044	2509873	2522680
UE		Municipalidad Distrital de Cerro Colorado	Municipalidad Distrital de Paucarpata	Municipalidad Distrital de Sachaca	Municipalidad Provincial de Arequipa	Municipalidad Provincial de Arequipa	Municipalidad Provincial de Arequipa	Municipalidad Distrital de Majes	Municipalidad Provincial de Arequipa	Municipalidad Provincial de Arequipa	Municipalidad Provincial de Arequipa
Tipo de Contr.		Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública	Procedimiento por Licitación Pública
Modalidad		Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)	Por contrata (administración indirecta)
Ubicación	Distrito	Cerro Colorado	Paucarpata	Sachaca	Arequipa (Cercado)	Arequipa (Cercado)	Yura	Majes	Arequipa (Cercado)	Arequipa (Cercado)	Arequipa (Cercado)
	Provincia	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Caylloma	Arequipa	Arequipa	Arequipa
	Departa.	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa
	Reg. Geog.	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra	Sierra
Tipo de Proyecto		Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de	Mejoramiento de

Ítems	Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo Inicial I.E. 40698 Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa	infraestructura educativa
Presupuesto Según E.T.	S/. 8,400,000.00	S/. 9,200,000.00	S/. 7,500,000.00	S/. 30,500,000.00	S/. 4,100,000.00	S/. 7,800,000.00	S/. 1,150,000.00	S/. 450,000.00	S/. 1,420,000.00	S/. 530,000.00
Presupuesto Según E.T. Actualizado	S/. 9,357,642.10	S/. 10,120,000.00	S/. 8,250,000.00	S/. 32,949,459.80	S/. 4,418,488.00	S/. 8,540,000.00	S/. 1,257,601.00	S/. 495,839.00	S/. 1,561,451.00	S/. 586,867.00
Diferencia de presupuestos	S/. 957,642.10	S/. 920,000.00	S/. 750,000.00	S/. 2,449,459.80	S/. 318,488.00	S/. 740,000.00	S/. 107,601.00	S/. 45,839.00	S/. 141,451.00	S/. 56,867.00
Diferencia %	11.40%	10.00%	10.00%	8.03%	7.77%	9.49%	9.36%	10.19%	9.96%	10.73%
Avance Físico	100%	85%	100%	100%	100%	78%	100%	60%	45%	40%
Avance Físico Programado Agosto 2025	100%	90%	100%	100%	100%	85%	100%	70%	55%	50%
Monto acumulado valorizado	S/. 9,357,642.10	S/. 8,602,000.00	S/. 8,250,000.00	S/. 32,949,459.80	S/. 4,418,488.00	S/. 6,661,200.00	S/. 1,257,601.00	S/. 297,503.40	S/. 702,652.95	S/. 234,746.80
Saldo de obra	S/. 0.00	S/. 1,518,000.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,878,800.00	S/. 0.00	S/. 198,335.60	S/. 858,798.05	S/. 352,120.20

Ítems	Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo Inicial I.E. 40698 Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
Año de Ejecución	2023	2023	2024	2024	2023	2023	2023	2024	2024	2024
Paralización	04/05/2024	14/04/2024	10/10/2024	16/11/2024	15/11/2023, 02/06/2024, 20/10/2024	20/11/2023, 15/08/2024	10/12/2023	8/09/2024	8/08/2024	No presenta
Nº De Valorizaciones	4	3	4	6	4	3	2	2	2	2
Nº de Adicionales	5	4	3	5	2	3	1	2	1	1
Nº de Deductivos	1	2	1	2	1	1	0	0	0	1
Nº de Ampliaciones	3	2	2	3	1	2	1	1	0	1
Nº de Paralizaciones	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Categorización	Nivel de Educación Primaria y Secundaria	Nivel de Educación Primaria	Nivel de Educación Primaria y Secundaria	Nivel de Educación Especializada Secundaria	Nivel de Educación Inicial, Primaria y Secundaria	Nivel de Educación Inicial, Primaria y Secundaria	Nivel de Educación Básica	Educación Básica - Niveles Primaria/Secundaria	Nivel de Educación Básica Primaria	Nivel de Educación Inicial y Primaria
Criterios de Selección Técnica y Limitaciones	-Contratista seleccionado por experiencia en obras	-Contratista seleccionado por experiencia en obras	-Contratista seleccionado por experiencia en obras similares	-Contratista seleccionado por experiencia en obras similares	-Contratista seleccionado por experiencia en obras similares	-Contratista seleccionado por experiencia en obras	-Licitación pública o por adjudicado por oferta de menor costo	-Contratista seleccionado por experiencia en obras	-Contratista seleccionado por experiencia en obras	-Contratista seleccionado por experiencia en obras similares

Ítems	Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo I.E. 400698 Al Aire Libre Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
	similares -Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras -Terreno parcialmente rocoso -Compromiso de resarcir hallazgos arqueológicos .	similares -Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras -Escasez temporal de agua en verano; se implementó perforación para abastecer la obra.	-Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructura -Topografía accidentada -Hubo que retrazar obras por hallazgos arqueológicos.	-Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras geotécnicas en suelo; contratista inicial fue reemplazado en medio de ejecución	-Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras suelo blando en un sector del terreno -Interferencias de redes de servicios	similares -Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras -Presencia de suelos compresibles en zonas del terreno -Interferencias de redes de servicios	acorde con bases de contratación por fondos de Reconstrucción con Cambios; reajustes de metas y aumento de costos por demoras.	similares -Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras	similares -Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras -Terreno de construcción accidentado.	-Se tuvo en cuenta la capacidad de ejecutar en infraestructuras previa coordinación con Sedapal por redes existentes
Justificación	-Condiciones inadecuadas de infraestructura educativa en sede localizada en	-La IE atiende a 350 alumnos sin suficientes aulas; se adiciona un salón grande	-Infraestructura deficiente y obsoleta tras los pasados sismos; permitirá a 700 alumnos de	-Responder a demanda de formación técnica de nivel Secundario para 300 estudiantes	-La I.E. atiende actualmente a más de mil estudiantes en turnos; las instalaciones antiguas	-Local histórico con deficiencias estructurales y déficit de aulas	-Cobertura educativa insuficiente; 300 alumnos afectados por aulas	-El local escolar existente presenta daños estructurales tras sismo;	-Aumento de demanda escolar en el crecimiento de Pamplona Alta; se	-Incremento del 20 % en la población escolar; se crearán aulas y servicios complementari

Ítems	Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo Inicial I.E. 40698 Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
	zona rural alta; proyecto permite aumentar la capacidad para alumnos y garantizar aulas seguras.	y servicios para mejorar la cobertura educativa.	primaria y secundaria contar con aulas seguras y adecuadas.		presentaban problemas estructurales, insuficiencia de aulas y ausencia de espacios técnicos. -El proyecto busca garantizar condiciones seguras y ampliar la capacidad, reducir la presencialidad por turno y mejorar la calidad educativa mediante laboratorios y bibliotecas.	para la creciente demanda. -El proyecto busca asegurar la integridad estructural, ampliar capacidad, mejorar accesibilidad y crear espacios técnicos	prefabricadas y aniegos -Urgencia por mejorar infraestructura deteriorada	se requiere nuevo pabellón, servicios higiénicos y equipamiento para 400 alumnos. Impacta positivamente la retención escolar.	construirán 4 nuevas aulas	os para niños de inicial y primaria

Ítems	Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo	Mejoramiento Integral del Servicio Educativo I.E. 40183 Indoamérica	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40075 Horacio Morales Delgado	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40001 Luis H. Bouroncle	Mejoramiento de los Servicios Educativos I.E. 40073 Víctor M. Perochena Luque	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. San Bernardo - CIRCA Ciudad de Dios	Mejoramiento y Ampliación del Servicio Educativo Inicial I.E. 40698 Pedregal Sur	Mejoramiento del Servicio Educativo I.E. 40002 Al Aire Libre	Mejoramiento de la Infraestructura Educativa I.E. Juana Cervantes de Bolognesi	Construcción de Nuevos Espacios I.E. San Juan Bautista de La Salle
Viabilidad	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable
Marco de Muestreo	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2023), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2023), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2024), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2024), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2023), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2023), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2023), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2024), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2024), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales	Proyecto seleccionado dentro de una muestra 10 obras públicas (2024), filtradas por: monto, tipo de contratación, grado de avance, existencia de adendas y valorizaciones mensuales

Nota. Elaboración propia, el avance físico de 100 % corresponde al estado final de las obras una vez concluidas las ampliaciones de plazo aprobadas, mientras que el índice de desempeño del cronograma ($SPI = 0.705$) reportado para el Pabellón A mide el desempeño dentro del plazo contractual originalmente previsto; por ello ambos valores no son contradictorios, sino complementarios.

La selección se delimitó a instituciones educativas del departamento de Arequipa, considerando la accesibilidad documental, la disponibilidad de expedientes técnicos completos y la similitud tipológica constructiva, esta delimitación responde al carácter retrospectivo-documental de la investigación, en la que el modelo se aplica sobre información ya consolidada de proyectos ejecutados, y no limita la transferibilidad metodológica del modelo a otras regiones.

Del análisis de los diez proyectos, se seleccionó el proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo” como caso de estudio, por ser el que presentaba las características más críticas frente al resto, tales como:

- Mayor cantidad de adicionales de obra respecto a los otros proyectos analizados.
- Recurrentes deficiencias en el Expediente Técnico, reflejadas en partidas mal definidas, incompatibilidades técnicas y omisiones.
- Impactos significativos en la ruta crítica del proyecto, desviaciones en la Curva S y alteraciones en el cronograma de ejecución.
- Riesgos asociados al proceso constructivo en un entorno de alta vulnerabilidad.

Estas características convierten al proyecto seleccionado en un caso representativo y crítico, cuyo análisis permite comprender de manera integral la relación entre la deficiente gestión de riesgos, la calidad del expediente técnico y los impactos durante la ejecución.

A partir de esta selección, y con el propósito de realizar un análisis a mayor detalle, la investigación se concentró en el Pabellón A del proyecto, cuyas 97 partidas constructivas constituyen la muestra censal descrita previamente.

La institución educativa N° 40705 Peruarbo se encuentra ubicada en la Asociación Urbanizadora de PERUARBO, Sector Bolivia II Mz. Única, Lote Único, distrito de Cerro Colorado el área de la zona del proyecto es de 13,525.00 m², con un perímetro total 455 ml.

La obra “Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo - Cerro Colorado” fue ejecutada bajo la modalidad de administración indirecta por contrata, teniendo como unidad ejecutora a la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, modalidad que permitió que la entidad delegara la ejecución del proyecto a un contratista especializado, lo que favoreció una gestión más eficiente de los recursos y el cumplimiento de los estándares técnicos y de calidad establecidos, asimismo, el sistema de contratación utilizado fue el de suma alzada, mediante el cual se estableció un monto fijo por la totalidad de la obra, garantizando un mayor control financiero y evitando variaciones significativas en el presupuesto durante su ejecución.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica principal fue el análisis documental, complementado con observación técnica de registros de obra y revisión de modelos BIM, esta técnica fue adecuada porque la investigación se basó en información verificable del proyecto, tales como expediente técnico, ACUs, presupuesto, cronograma, valorizaciones, informes de supervisión, registros de no conformidades, reportes de interferencias y documentos de compatibilización.

Tabla 9*Instrumentos de recolección de datos*

INSTRUMENTO	INDICADORES QUE REGISTRA	FUENTE DOCUMENTAL
Ficha de análisis de ACUs y presupuesto	Costo programado, costo real, variación presupuestal, partida crítica	Expediente técnico, presupuesto, ACUs, reportes de ejecución
Ficha de valorizaciones y avance físico	Valorizado programado, valorizado ejecutado, avance físico programado y real	Valorizaciones N.º 01 a N.º 06 y cronograma de obra
Ficha de control de calidad	No conformidades, observaciones, ensayos observados, retrabajos, levantamientos	Informes de supervisión, control de calidad y cuaderno de obra
Matriz de riesgos	Riesgo, causa, probabilidad, impacto, nivel de riesgo, respuesta	Registros técnicos, reuniones, informes y análisis de partidas
Ficha de interferencias BIM	Interferencias detectadas, especialidades, estado de resolución, partida asociada	Modelos BIM, reportes de coordinación y compatibilización

Nota. Elaboración propia

Los instrumentos fueron validados considerando criterios de claridad, pertinencia y relevancia.

Para asegurar la confiabilidad de los registros documentales, se realizó una verificación cruzada entre el expediente técnico, las valorizaciones, los informes de supervisión y los modelos BIM elaborados.

3.5. Procedimiento de investigación

Etapas 1. Diagnóstico pretest

Se recopilaron los documentos base del proyecto y se registraron los valores iniciales de desviación de costo, desviación de plazo, avance físico, no conformidades, retrabajos, interferencias y nivel de riesgo, etapa que sirvió para establecer la línea base del desempeño técnico-económico.

Etapas 2. Diseño del modelo

Se estructuró el modelo de gestión de riesgos integrando matriz de riesgos, control de calidad y coordinación BIM, el modelo definió criterios de identificación, valoración, priorización, respuesta y seguimiento de riesgos técnico-económicos.

La estructuración del componente de gestión de riesgos siguió los procesos establecidos por la Guía del PMBOK (PMI, 2021): la identificación de riesgos, mediante la revisión documental del expediente técnico y el registro de los eventos que afectaron al Pabellón A; el análisis cualitativo de riesgos, mediante la valoración de cada riesgo según su probabilidad e impacto (matriz $P \times I$) y su priorización por nivel de severidad; la planificación de respuestas, mediante la asignación de acciones preventivas y responsables a cada riesgo identificado; y el monitoreo y control, materializado a través de la técnica del valor ganado (EVM) aplicada al desempeño de costo y plazo; el análisis cuantitativo de riesgos por métodos probabilísticos no se incorporó como proceso independiente, dado el carácter censal y documental de la información disponible; en su lugar, el aporte cuantitativo del estudio se concentró en el contraste estadístico de los metrados obtenidos mediante BIM frente a los del expediente técnico.

Etapa 3. Aplicación del modelo

Se aplicó el modelo de forma retrospectiva sobre la información consolidada de las partidas del Pabellón A y los registros documentales del proyecto ya ejecutado, integrando la matriz de riesgos, el control de calidad y la compatibilización mediante BIM.

Etapa 4. Medición postest

Se registraron nuevamente los mismos indicadores medidos en el pretest, asegurando correspondencia por partida, periodo o registro técnico-económico.

Etapa 5. Análisis comparativo e inferencial

Se compararon los valores del pretest y postest mediante estadística descriptiva e inferencial, determinando si la variación observada fue significativa.

En síntesis, el procedimiento siguió una secuencia lógica que partió del diagnóstico documental del estado inicial del Pabellón A, continuó con el diseño y la aplicación retrospectiva del modelo

integrado de gestión de riesgos, control de calidad y BIM, y culminó con la medición posterior y el contraste estadístico de los indicadores, esta estructura permitió evaluar de manera ordenada y trazable el efecto del modelo sobre el desempeño técnico-económico del pabellón, asegurando la correspondencia entre cada indicador medido en el pretest y su equivalente en el postest.

3.6. Indicadores, fórmulas y criterios de mejora

Tabla 10
Indicadores

INDICADOR	FÓRMULA	CRITERIO DE OPTIMIZACIÓN
Desviación de costo (%)	$[(\text{Costo real} - \text{costo programado}) / \text{costo programado}] \times 100$	Se cuantifica en el postest
Desviación de plazo (%)	$[(\text{Días reales} - \text{días programados}) / \text{días programados}] \times 100$	Se cuantifica en el postest
Cumplimiento de avance físico (%)	$(\text{Avance físico real} / \text{avance físico programado}) \times 100$	Se determina en el postest
No conformidades	Número de no conformidades por partida o periodo	Se identifican en el postest
Retrabajos	Número de retrabajos registrados	Se identifican en el postest
Interferencias BIM detectadas	Número de interferencias identificadas por especialidad	Se identifican oportunamente
Interferencias BIM resueltas (%)	$(\text{Interferencias resueltas} / \text{interferencias detectadas}) \times 100$	Se cuantifican en el postest
Nivel de riesgo	Probabilidad x impacto	Se cuantifica en el postest

Nota. Elaboración propia

La mejora se consideró comprobada cuando los indicadores del postest evidenciaron una reducción o un avance favorable respecto al pretest.

En el caso específico de los metrados, dicha mejora se confirma adicionalmente mediante contraste estadístico, con un nivel de significancia de 0.05; mientras que en los demás indicadores (riesgos, costos, plazos, no conformidades e interferencias) la mejora se sustenta mediante comparación descriptiva entre ambas mediciones, este criterio permite evitar afirmaciones generales no sustentadas.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó mediante una base matriz en Excel y SPSS, en la que cada fila representó una partida, valorización o registro técnico-económico pareado, y cada columna correspondió a los indicadores del pretest y del postest.

Previamente, se verificó la consistencia de la información, se depuraron los registros duplicados o incompletos y se codificaron las variables de acuerdo con la matriz de operacionalización.

El análisis descriptivo incluyó frecuencias, porcentajes, medias, desviaciones estándar, mínimos y máximos, según la naturaleza del indicador; este análisis permitió describir la situación inicial y posterior del desempeño técnico-económico del proyecto.

Para el análisis inferencial se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, dada la cantidad limitada de registros pareados. Como los datos presentaron distribución normal, se empleó la prueba t de Student para una muestra, con un nivel de significancia de 0.05. Adicionalmente, se calculó el tamaño del efecto (d de Cohen) para valorar la magnitud de la diferencia observada.

3.8. Validez y confiabilidad de los instrumentos

Dado que la investigación se sustentó en información documental del proyecto, la validez de los datos se garantizó mediante el uso de fuentes oficiales y verificables: el expediente técnico aprobado, el presupuesto contractual, los análisis de costos unitarios, el cronograma valorizado, las valorizaciones de obra y los planos por especialidad, todos ellos documentos formales emitidos y suscritos en el marco de la ejecución de la obra, el uso de estas fuentes primarias aseguró que los indicadores contruidos reflejaran datos reales y trazables, y no apreciaciones subjetivas.

La confiabilidad de la información se sustentó en la trazabilidad documental y en la verificación cruzada entre fuentes, cada valor registrado en las fichas de recolección se contrastó con su

documento de origen, asegurando la correspondencia por partida, periodo y especialidad. Adicionalmente, los metrados del expediente técnico fueron verificados de manera independiente mediante el modelado BIM del Pabellón A, lo que hizo posible comprobar su consistencia y cuantificar de forma objetiva las diferencias entre el metrado documental y el obtenido del modelo tridimensional, el procedimiento de doble fuente reforzó la confiabilidad de los datos empleados en el análisis.

En lo que respecta a la validez del instrumento de registro, la ficha de control de calidad empleada para sistematizar las no conformidades técnicas del Pabellón A fue sometida a validación de contenido por el asesor de la investigación, quien verificó la claridad, la pertinencia, la suficiencia y la coherencia de sus campos respecto de los objetivos del estudio. Por tratarse de un instrumento de registro de datos objetivos de origen documental y métrico, y no de un instrumento de medición de percepciones, la validación se centró en la validez de contenido, no siendo aplicables los coeficientes de consistencia interna propios de las escalas de actitud, la constancia de validación correspondiente se presenta en el anexo correspondiente, adicionalmente mencionar que la cuantificación consignada en cada ficha procede del contraste de metrados entre el expediente técnico y el modelo BIM desarrollado en la presente investigación; las observaciones del control concurrente de la Contraloría General de la República, reproducidas en el anexo correspondiente, constituyen un respaldo externo e independiente de la existencia de las deficiencias documentadas, y no la fuente de dicha cuantificación.

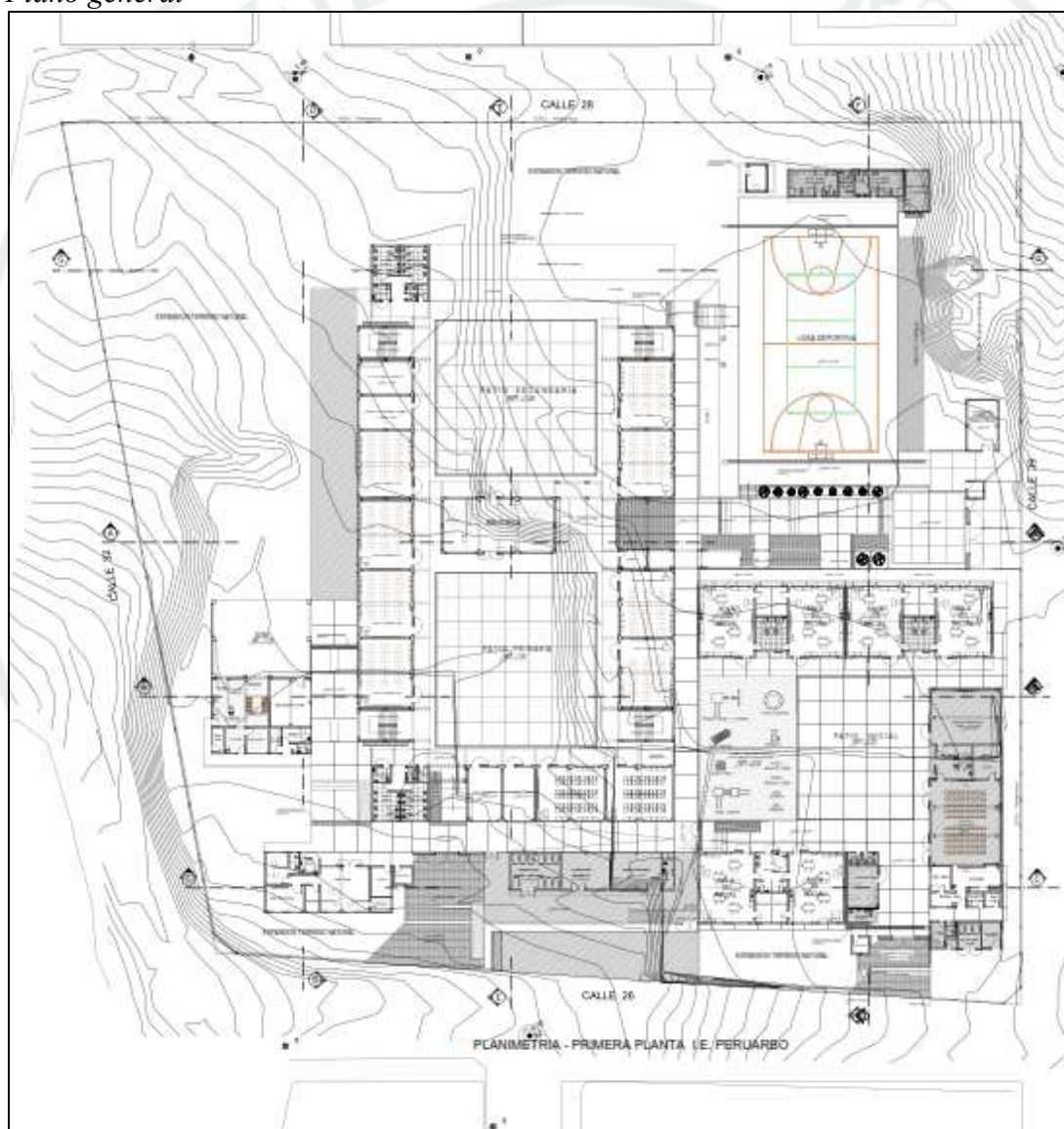
3.9. Aspectos éticos

La investigación se desarrolló respetando los principios de integridad académica, veracidad de la información, confidencialidad documental y uso responsable de los datos técnicos del

proyecto, la información proporcionada por la entidad ejecutora se utilizó únicamente con fines académicos, evitando la alteración o fabricación de datos.

Los resultados se presentarán de manera objetiva, con reconocimiento expreso de las limitaciones del diseño preexperimental y sin generalizaciones que excedan el alcance del caso analizado.

Figura 5
Plano general



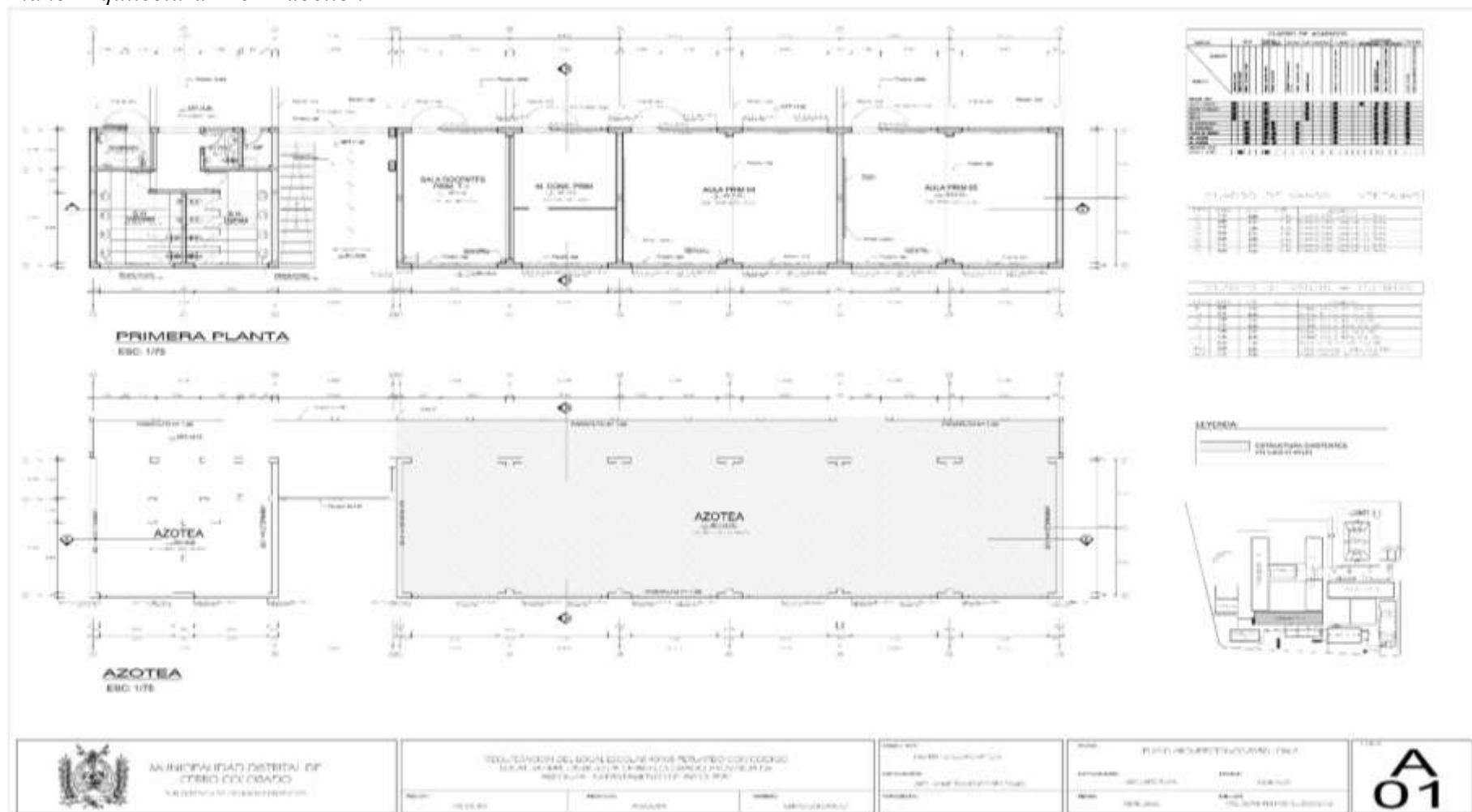
Nota. Plano extraído del Expediente de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Está conformada por pabellones que incluyen diversos ambientes pedagógicos, administrativos, complementarios, de servicios y áreas libres, para los fines de la presente investigación, el análisis se centró exclusivamente en el Pabellón A, seleccionado como unidad de análisis por su representatividad respecto a las partidas y los riesgos evaluados.



Figura 6

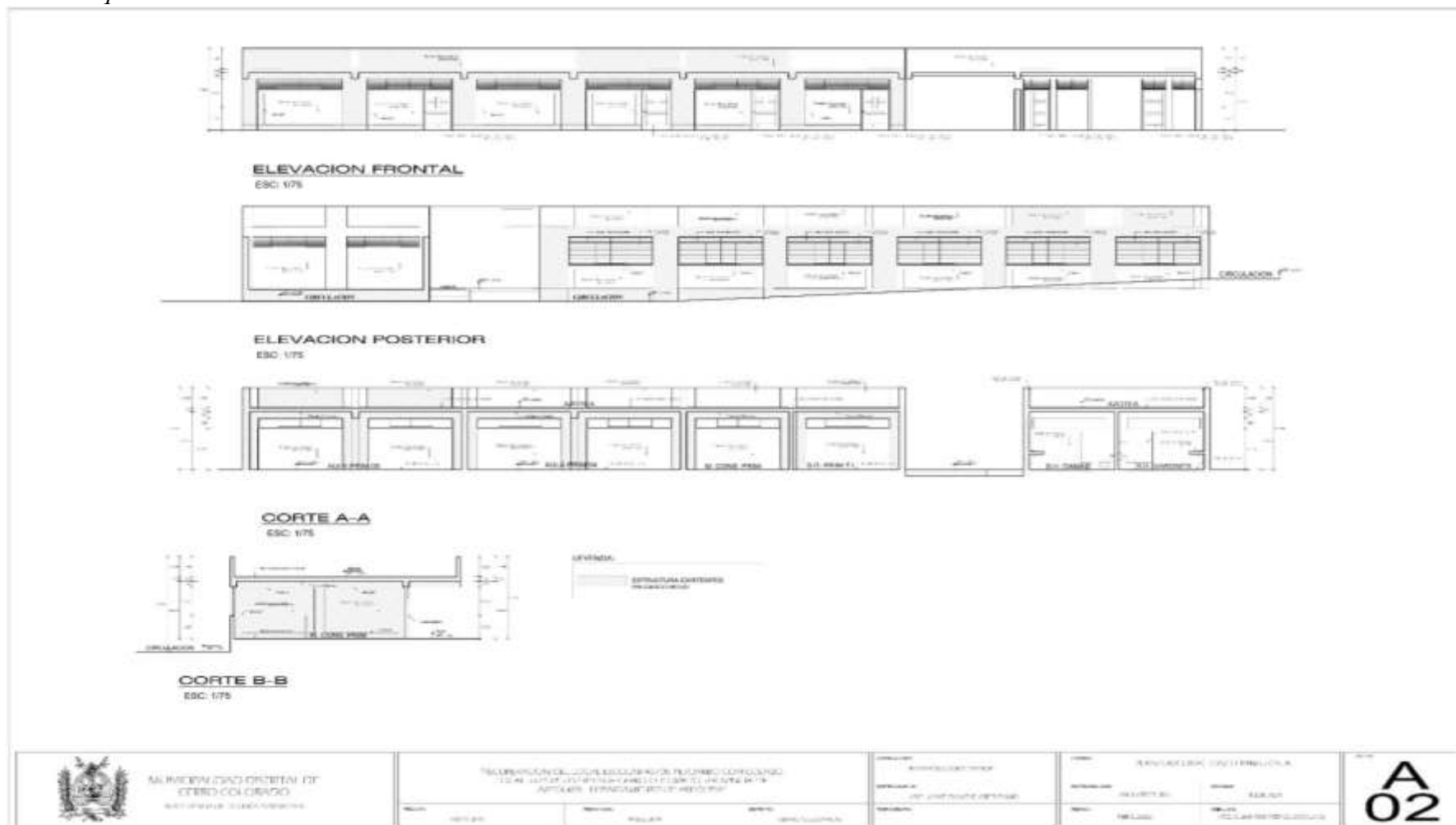
Plano Arquitectura A-01 Pabellón A



Nota. Plano extraído del Expediente de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 7

Plano Arquitectura A-02 Pabellón A



Nota. Plano extraído del Expediente de “Saldo de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Pabellón A: Esta edificación es de un nivel, tiene un área techada de 289 m², cuenta con una estructura en casco rojo, con muros transversales de aparejo de cabeza sin tarrajeo; columnas vaciadas y desencofradas, el techo de tipo aligerado, de 20cm de espesor vaciado y desencofrado, no se encontró vaciado de falso piso, muros longitudinales de aparejo de soga, columnetas, vigas de amarre, pabellón de un nivel, en el cual se dispone de la sala de docentes para el nivel primario, el módulo de consejería del nivel primario y los salones de primaria 4 y 5.

Los muros transversales serán de aparejo de cabeza y los muros longitudinales de aparejo de soga, contó con dos tipos de columnas en el pabellón principal y 6 tipos de columnas en el pabellón de servicios higiénicos, el piso fue de cerámica en los ambientes de servicios higiénicos y depósito y de porcelanato en aulas y otros ambientes; toda la carpintería en vanos será de madera tornillo, con vidrios dobles transparentes en ventanas y fresquillas de puertas. Los techos serán del tipo aligerado, de 20 cm de espesor con pendiente adecuada para la evacuación de agua pluvial, con mayor volado en la parte que da a las canaletas proyectadas. Estos transmitirán sus cargas hacia las vigas, columnas y finalmente a la cimentación armada y conectada por vigas de cimentación; todos los elementos estructurales, así como muros, serán enlucidos y pintados con oleo mate en el interior.

El sistema eléctrico tanto de los ambientes como corredores será empotrado en los techos, con artefactos lumínicos de fluorescente doble tipo LED.

Tabla 11
Estado antes de la ejecución por saldos del pabellón A

ITEM	ESTADO ACTUAL			
	ESTRUCTURAS	ARQUITECTURA	INST. SANITARIAS	INST. ELÉCTRICA
PABELLÓN PRIMER NIVEL				
Sala de docentes.	- Solado.			

	- Viga de cimentación.			
	- Cimiento corrido.			
Módulo de consejería.	- Sobrecimiento.			
	- Zapatas.			
	- Columnas.	- Muros transversales.	- No realizaron trabajos.	se - Entubado en techo y paredes incompleto.
Aula 4.	- Columnetas.			
	- Aligerado.			
	- Vigas.			
Aula 5.				
	- Vigas soleras			

SEGUNDO NIVEL

azotea - techos	- Acero en columnas	- Parapetos incompletos.
-----------------	---------------------	--------------------------

Nota. Elaboración propia

3.10. Métodos de investigación

En este nivel de investigación, el método empleado fue analítico - sintético, por cuanto, se analizaron las variables de su análisis en sus diversos componentes y/o indicadores.

- a. Revisión bibliográfica y/o Documental:** La información sobre los métodos de planificación y control utilizados en proyectos de ingeniería y construcción se recopiló de varias publicaciones de autores calificados. Además, se estudió el uso de herramientas de gestión en proyectos y su aplicación en planificación y control de la supervisión.
- b. Estudios de proyectos:** En los casos con y sin herramientas de gestión para mejorar la productividad de la supervisión del proyecto en estudio, se revisaron los procesos de control y planificación, siendo identificados utilizando las herramientas para la obtención de distintas prácticas.
- c. Análisis de la información y resultados:** Con respecto a todos los datos e información obtenida de los pasos anteriores, se analizaron todos los cambios necesarios en los métodos actuales de control, impacto y planificación.

d. Técnicas de procesamiento de datos: Para la recolección de datos, se emplearon diversas evaluaciones y análisis del proceso de ejecución del proyecto, basándose en estudios experimentales que incluye técnicas de observación y análisis documental.

e. Procedimiento

Procedimiento de gestión de riesgos.

A partir de la revisión documental y del análisis de incompatibilidades, se identificaron los riesgos del Pabellón A y se registraron en una matriz; cada riesgo se valoró mediante el producto de su probabilidad por su impacto, obteniéndose un nivel de severidad que permitió clasificarlos en alto, medio y bajo, y definir las acciones de respuesta correspondientes.

Procedimiento de control de calidad.

Se aplicaron fichas de verificación sobre las partidas del pabellón para registrar las no conformidades y los retrabajos, contrastando lo ejecutado frente a las especificaciones técnicas del expediente y dejando constancia documental trazable de cada incidencia detectada.

Procedimiento de valor ganado.

Se estimó el cronograma valorizado del Pabellón A y, a partir del valor planificado (PV), el valor ganado (EV) y el costo real (AC), se calcularon los índices de desempeño del cronograma (SPI) y del costo (CPI) para cada periodo, lo que permitió cuantificar las desviaciones de plazo y costo.

Preparación para el modelado BIM.

El procedimiento metodológico se desarrolló en cuatro fases generales

- La primera fase, de preparación, comprendió la elaboración del Plan de Ejecución BIM (BEP), la configuración de una plantilla estandarizada, la definición de los niveles y ejes base a partir de las coordenadas topográficas del

proyecto, la subdivisión del modelo por especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas) y el establecimiento de criterios de codificación y parámetros de información para cada elemento.

- La segunda fase consistió en el modelado tridimensional de cada especialidad sobre la base del expediente técnico.
- La tercera fase correspondió a la coordinación interdisciplinaria y al control de calidad del modelo mediante la detección de interferencias (clash detection) y la verificación de metrados.
- La cuarta fase consolidó los resultados para su análisis posterior, el detalle de la aplicación de estas fases sobre el Pabellón A se presenta en el capítulo de resultados.

Figura 8
Flujograma BIM



Nota. En el flujograma, el proceso comienza definiendo cómo se utiliza BIM y quiénes son responsables de cada tarea; luego se construye el modelo digital con la información

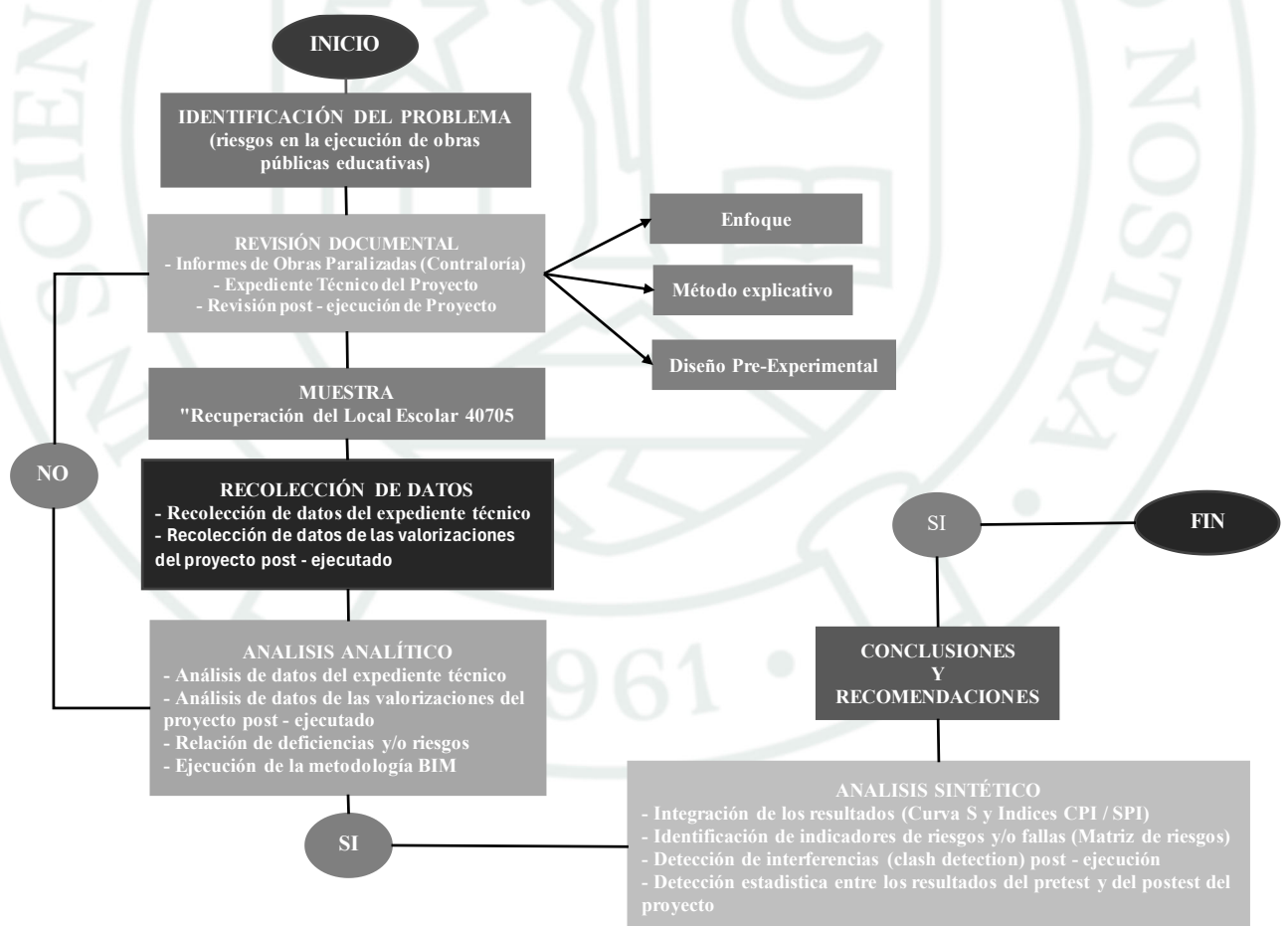
necesaria y se revisa para corregir errores y asegurar su calidad. Finalmente, se entrega el modelo validado listo para su uso.

De manera complementaria al modelado BIM, el procedimiento integró los demás métodos empleados en la investigación, los cuales se resumen a continuación.

Procedimiento del análisis estadístico. La diferencia porcentual entre los metrados del expediente y los obtenidos mediante BIM se evaluó con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y, al confirmarse la normalidad, con la prueba t de Student para una muestra, complementada con el cálculo del tamaño del efecto.

El conjunto del procedimiento metodológico, desde el planteamiento del tema hasta las conclusiones, se sintetiza en el diagrama de flujo general que se presenta en la Figura 9.

Figura 9
Diagrama de flujo general



Nota. Se detalla la metodología de la investigación desde planteamiento del tema hasta conclusiones y recomendaciones, elaboración propia



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Diagnóstico inicial (pretest)

El proyecto “Saldos de Recuperación del Local Escolar N.º 40705 Peruarbo” (Código Local 547444, CUI 2500620) se ejecutó en la Asociación Urbanizadora Peruarbo, Sector Bolivia II, distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa, en beneficio de una institución educativa que atiende aproximadamente a 520 estudiantes de los niveles inicial, primaria y secundaria, por la naturaleza de la intervención y la concurrencia de cuatro especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas), la ejecución presentó modificaciones de obra, ampliaciones de plazo y consultas técnicas recurrentes, condiciones que configuraron el escenario de riesgo evaluado en el presente diagnóstico.

El análisis se centró en el Pabellón A, unidad de análisis de la investigación, sobre la totalidad de sus partidas en las cuatro especialidades, el diagnóstico del nivel inicial del desempeño técnico-económico del Pabellón A se desarrolló en cuatro frentes complementarios:

- Las desviaciones técnico-económicas de sus partidas,
- La desviación de plazo de su ejecución,
- Las deficiencias de calidad expresadas en no conformidades y retrabajos,
- La exposición al riesgo determinada mediante la matriz de probabilidad e impacto.

En conjunto, estos frentes constituyen la línea base (pretest) sobre la cual se evaluó posteriormente el efecto del modelo propuesto.

4.1.1.1. Desviaciones técnico-económicas

Con el propósito de evaluar el comportamiento económico inicial del Pabellón A, se compararon los costos unitarios considerados en el expediente técnico con los costos unitarios recompuestos a partir de los rendimientos y consumos reales observados durante la ejecución, para el conjunto de partidas que conforman el pabellón en sus cuatro especialidades, esta comparación constituye un análisis técnico de los análisis de costos unitarios (ACU), orientado a identificar las partidas con mayor variación entre lo proyectado y lo realmente ejecutado, y es independiente del control contractual del costo: dado que la obra se ejecutó bajo la modalidad de suma alzada, el costo reconocido en las valorizaciones se mantiene igual al contractual (lo que estructuralmente produce un CPI igual a la unidad, como se analiza en la sección de valor ganado). Por ello, las variaciones de la Tabla 12 no reflejan un sobre costo contractual, sino una desviación técnica en la composición de costos de las partidas, útil para el diagnóstico de riesgos.

Los rendimientos y consumos reales empleados en la recomposición de los costos unitarios provienen de la información de ejecución del proyecto, en particular del cuaderno de obra y de las valorizaciones aprobadas, fuentes documentales que registran el avance físico y el consumo efectivo de recursos durante la construcción. En este marco, debe precisarse que una diferencia negativa en el costo unitario, como el -26.31 % observado en determinadas partidas, no representa un ahorro efectivo para la entidad, sino que evidencia que el expediente técnico sobrestimó el costo unitario respecto del comportamiento real de la partida; tal discrepancia, lejos de constituir un beneficio, refleja una deficiencia en la precisión del expediente y, por tanto, un mayor riesgo de imprecisión en la planificación técnico-económica de la obra.

En el concreto estructural de vigas se registró una de las mayores variaciones negativas, con una reducción de 26.31 %, al pasar de S/. 477.01 a S/. 351.48, aunque una diferencia de este

tipo podría interpretarse inicialmente como un ahorro, la revisión técnica evidenció que respondía a ajustes en la logística de vaciado y en los procedimientos constructivos que, lejos de representar una mejora, incrementaron el nivel de riesgo asociado a la partida.

En sentido contrario, algunas partidas presentaron incrementos respecto de los costos previstos, el encofrado y desencofrado de sobrecimientos registró un aumento de 14.28 %, al pasar de S/. 64.63 a S/. 73.86, variación vinculada a pérdidas de productividad y correcciones constructivas ejecutadas durante la obra, estos incrementos sumados a las reducciones señaladas configuran un patrón de inestabilidad en los costos unitarios que evidencia la presencia de riesgos que afectaron el desempeño económico del pabellón.

En las partidas de albañilería se identificaron diferencias relevantes, los muros de ladrillo KK tipo IV presentaron una disminución de 20.00 % respecto del presupuesto inicial, al reducirse de S/. 62.10 a S/. 49.68, no obstante, la revisión documental permitió identificar observaciones relacionadas con el alineamiento, la calidad de las juntas y la uniformidad de los acabados, aspectos que evidenciaron la necesidad de fortalecer los mecanismos de control de calidad sobre estas actividades.

De manera general, las partidas estructurales y de albañilería concentraron las mayores desviaciones técnico-económicas observadas durante el diagnóstico inicial, estas variaciones antes que reflejar una gestión eficiente de costos, evidenciaron condiciones capaces de comprometer el desempeño técnico-económico del pabellón, lo que justificó la implementación de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM como estrategia para mejorar el control de costos, reducir incertidumbres y fortalecer la toma de decisiones durante la ejecución.

Tabla 12*Resumen de desviaciones técnico - económicas de partidas del Pabellón A*

PARTIDA	COSTO PRESUPUESTADO (S/.)	COSTO UNITARIO RECOMPUESTO (S/.)	VARIACIÓN (%)	NIVEL DE RIESGO
Concreto $f_c=210$ kg/cm ² vigas	477.01	351.48	-26.31	Alto
Encofrado y desencofrado	64.63	73.86	14.28	Medio
sobrecimientos				
Muros ladrillo KK tipo IV	62.10	49.68	-20.00	Medio

Nota. Elaboración propia, la tabla presenta las partidas más representativas en términos de desviación técnico-económica del Pabellón A, seleccionadas por su mayor variación respecto del expediente; no constituye el total de las partidas analizadas, sino una muestra ilustrativa del patrón de desviaciones identificado.

4.1.1.2. Desviación de plazo

El diagnóstico del desempeño temporal se realizó sobre el Pabellón A mediante la técnica del valor ganado, contrastando el avance físico realmente ejecutado frente al avance programado en el cronograma valorizado estimado para el pabellón.

Para cada periodo de ejecución se comparó el valor ganado acumulado (EV) con el valor planificado acumulado (PV), lo que dio como resultado el índice de desempeño del cronograma (SPI) como medida objetiva de la desviación temporal, el desarrollo detallado de este análisis se presenta en la sección correspondiente a la técnica del valor ganado.

Los resultados evidenciaron que el avance físico del Pabellón A se mantuvo por debajo de lo programado durante todos los periodos evaluados, con un índice de desempeño del cronograma (SPI) global de 0.705, es decir que, al cierre del periodo analizado, el pabellón había ejecutado únicamente el 70.5 % del valor que debía haberse alcanzado según la programación, este retraso sostenido se asoció a las deficiencias del expediente técnico, las consultas recurrentes al proyectista, las paralizaciones por conflictos sindicales y los factores climáticos, condiciones

que derivaron en la aprobación de adicionales de obra y en las ampliaciones de plazo que prolongaron la ejecución más allá del periodo contractual previsto.

Tabla 13

Resumen del avance físico del Pabellón A según el análisis de valor ganado

PERIODO	PV ACUM. (S/.)	EV ACUM. (S/.)	SPI	ESTADO
Enero	12,842.70	7,239.46	0.564	Atrasado
Febrero	274,405.68	63,920.53	0.233	Atrasado
Marzo	375,694.51	143,779.11	0.383	Atrasado
Abril	485,477.43	251,304.78	0.518	Atrasado
Mayo	709,011.92	449,295.69	0.634	Atrasado
Junio	793,519.67	559,683.48	0.705	Atrasado

Nota. Elaboración propia

4.1.1.3. No conformidades y calidad

El diagnóstico de las deficiencias de calidad del Pabellón A se sustentó en la revisión documental del expediente técnico, los registros de obra y la verificación retrospectiva realizada sobre el modelo BIM del pabellón.

A partir de esta revisión se identificaron no conformidades asociadas principalmente a deficiencias en los procesos constructivos, incompatibilidades de diseño entre especialidades y limitaciones en los mecanismos de aseguramiento de la calidad aplicados durante la ejecución.

Entre las deficiencias de calidad más relevantes identificadas en el pabellón se encontraron observaciones de dosificación y curado del concreto, presencia de cangrejeras en elementos estructurales, errores de alineamiento en muros de albañilería e incompatibilidades entre los planos de las distintas especialidades, estas últimas confirmadas posteriormente mediante la detección de interferencias en el modelo BIM.

El detalle cuantitativo de las no conformidades y de los retrabajos asociados al Pabellón A, así como su clasificación por especialidad, se consolida en la Tabla 14, sobre la base de las fichas de control de calidad elaboradas específicamente para el pabellón.

Las fichas de control de calidad documentan los hallazgos representativos por especialidad (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas) y no la totalidad de las partidas evaluadas; la cuantificación completa del contraste entre el expediente técnico y el modelo BIM para las dieciocho partidas comparables se presenta en la Tabla 30. Cada no conformidad registrada en las fichas encuentra respaldo externo en las observaciones emitidas por la Contraloría General de la República durante el control concurrente ejecutado sobre la obra, las cuales se reproducen en el anexo correspondiente como validación independiente de las deficiencias del expediente técnico.

Estas incidencias generaron pérdidas de productividad, incremento de los tiempos de ejecución y utilización adicional de recursos materiales y mano de obra, lo que reforzó la necesidad de incorporar un sistema de control de calidad dentro del modelo de gestión propuesto.

Tabla 14
Resumen de no conformidades y retrabajos detectados

TIPO DE INCIDENCIA	FRECUENCIA
No conformidades estructurales	12
No conformidades arquitectónicas	9
No conformidades eléctricas	8
No conformidades sanitarias	6
Retrabajos ejecutados	15

Nota. Elaboración propia

Sistematización de las no conformidades mediante fichas de control de calidad

Con el propósito de documentar de manera estandarizada las no conformidades técnicas más representativas del Pabellón A, se elaboraron fichas de control de calidad para cada una de las cuatro especialidades analizadas, cada ficha registra la identificación de la partida, el tipo y la descripción de la no conformidad, la cuantificación del impacto a partir del contraste entre el metrado del expediente técnico (A) y el obtenido del modelo BIM con nivel de desarrollo LOD 300 (B), y el análisis de causas y acciones correctivas; la cuantificación consignada en las fichas

corresponde a un subconjunto representativo de las dieciocho partidas comparables presentadas en la Tabla 30, seleccionado por criterio de especialidad y de criticidad del hallazgo, la Tabla 15 resume la información cuantitativa de las seis fichas elaboradas.

Tabla 15

Resumen cuantitativo de las fichas de control de calidad del Pabellón A

FICHA	ESPECIALIDAD	PARTIDA	METR. EXP. (A)	METR. BIM (B)	VARIACI ÓN (%)	IMPACTO (S/)
FCC-1	Arquitectura	Muro de ladrillo KK tipo IV	60.06	71.00	+18.22%	1,443.42
FCC-2	Inst. Sanitarias	Tubería PVC SAL 4"	39.35	51.15	+29.99%	252.76
FCC-3	Inst. Eléctricas	Tubería PVC-SAP 25 mm	50.30	62.12	+23.50%	118.79
FCC-4	Estructuras	Encofrado y desencofrado de vigas	104.57	147.98	+41.51%	3,672.05
FCC-5	Estructuras	Concreto f _c =210 losa aligerada	6.30	7.50	+19.05%	498.82
FCC-6	Estructuras	Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2 para losa	7935.12	7683.14	-3.18%	-1,635.35

Nota. Elaboración propia, la variación porcentual se calcula como $(B - A) / A$, el impacto en soles corresponde al producto de la diferencia de metrado por el precio unitario de la partida.

Como validación externa e independiente de las deficiencias documentadas en las fichas, varios de los hallazgos obtenidos mediante el modelo BIM coinciden con observaciones emitidas por la Contraloría General de la República en el marco del control concurrente ejecutado sobre la obra (Informe de Control Concurrente N.º 3653-2025-CG/GRAR-SCC e hitos relacionados). Esta convergencia, proveniente de dos métodos independientes (el modelamiento BIM y la auditoría estatal) refuerza la validez de los resultados sobre la calidad del expediente técnico. La Tabla 16 sintetiza dicha correspondencia y las páginas pertinentes del informe se reproducen en el Anexo de observaciones de la Contraloría.

Tabla 16

Convergencia entre los hallazgos del modelo BIM y las observaciones de la Contraloría General de la República

ESPECIALIDAD	HALLAZGO DEL MODELO BIM	OBSERVACIÓN CONTROL CONCURRENTE (CONTRALORÍA)
Estructuras	Subestimación del metrado de acero de refuerzo y de elementos estructurales (losa, vigas, columnas).	Observa que el acero de refuerzo $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y elementos como las columnas C13 y vigas VS01 carecían de planilla de metrados o sustento técnico que justificara su cuantificación.
Arquitectura	Subestimación del metrado de albañilería (muro de ladrillo KK).	Observa deficiencias en el expediente de arquitectura: el precio del ladrillo King Kong sin estudio de mercado y ventanas sin vidrios de seguridad conforme a la Norma Técnica A.040.
Inst. Sanitarias	Subestimación del metrado de tuberías de desagüe (PVC SAL).	Observa que el componente de instalaciones sanitarias presentaba un listado de planos incompleto y la memoria de cálculo no incluía la evacuación de aguas pluviales.
Inst. Eléctricas	Subestimación del metrado de tuberías de canalización (PVC-SAP).	Observa diversas partidas de instalaciones eléctricas (salidas, canalizaciones y artefactos) con análisis de costos unitarios e insumos que requerían corrección.

Nota. Elaboración propia a partir del Informe de Control Concurrente N.º 3653-2025-CG/GRAR-SCC, las observaciones de la Contraloría constituyen un respaldo externo e independiente de las deficiencias del expediente técnico, y no la fuente de la cuantificación de metrados, la cual proviene del modelo BIM.

En conjunto, las fichas de control de calidad y su contraste con las observaciones de la Contraloría evidencian que las deficiencias de cuantificación del expediente técnico no constituyeron hechos aislados, sino un patrón transversal a las cuatro especialidades, el detalle completo de cada ficha se presenta en el Anexo 4 Documentos Administrativos y Técnicos.

4.1.1.4. Exposición al riesgo (pretest)

Con la finalidad de determinar el nivel inicial de exposición al riesgo del Pabellón A, se identificaron, valoraron y priorizaron los principales riesgos capaces de afectar su desempeño técnico-económico, calculando la severidad de cada uno como el producto de su probabilidad

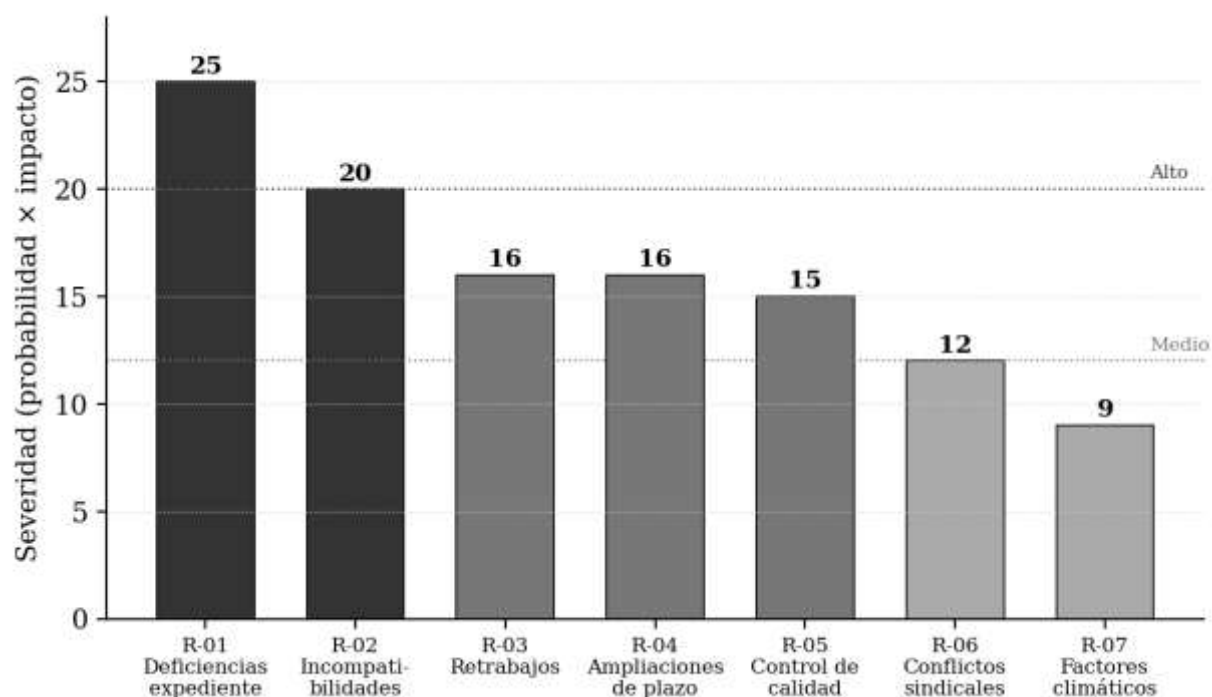
por su impacto, la Figura 8 presenta la severidad de los siete riesgos identificados y la Tabla 17 detalla su valoración.

Los riesgos de mayor severidad correspondieron a las deficiencias del expediente técnico (severidad 25) y a las incompatibilidades entre especialidades (severidad 20), ambos de nivel alto, en un nivel intermedio se ubicaron los retrabajos constructivos y las ampliaciones de plazo (severidad 16 cada uno) y las deficiencias de control de calidad (severidad 15), los riesgos asociados a conflictos sindicales (12) y factores climáticos (9) presentaron una severidad menor.

La exposición total acumulada de los siete riesgos alcanzó un valor de 113, lo que evidenció que el Pabellón A se encontraba predominantemente expuesto a riesgos de origen técnico y de gestión, vinculados a la calidad del expediente y a la coordinación entre especialidades, esta valoración constituyó la línea base (pretest) para evaluar posteriormente el efecto del modelo.

Figura 10

Severidad de los riesgos identificados en el Pabellón A (pretest)



Nota. Elaboración propia, la severidad se calcula como probabilidad × impacto

Tabla 17*Matriz de riesgos identificados*

CÓDIGO	RIESGO IDENTIFICADO	EVIDENCIA ENCONTRADA	PROB.	IMPACTO	NIVEL
R-01	Deficiencias del expediente técnico	Consultas recurrentes al proyectista, adicionales de obra, deductivos vinculantes	5	5	25
R-02	Incompatibilidades entre especialidades	Observaciones técnicas, interferencias BIM detectadas	4	5	20
R-03	Retrabajos constructivos	15 retrabajos identificados	4	4	16
R-04	Ampliaciones de plazo	Aprobación de ampliaciones N°02, N°03 y N°05	4	4	16
R-05	Deficiencias en control de calidad	No conformidades estructurales y problemas en concretos	3	5	15
R-06	Paralizaciones por sindicato	Registros STCCA y toma de obra	3	4	12
R-07	Factores climáticos	Lluvias registradas en valorizaciones N°03 y N°04	3	3	9

Nota. Elaboración propia**4.1.2. Evaluación posterior (postest)**

A partir de los resultados del diagnóstico inicial, se diseñó y aplicó de manera retrospectiva el modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM sobre el Pabellón A.

La sección presenta, en primer lugar, la estructura y los componentes del modelo aplicado; en segundo lugar, la compatibilización de especialidades y las interferencias detectadas mediante BIM como mecanismo de verificación técnica; y finalmente, la evaluación posterior del desempeño técnico-económico, expresada en la comparación de metrados, el análisis de valor ganado y el contraste estadístico.

4.1.2.1. Diseño y aplicación del modelo**4.1.2.1.1. Estructura general del modelo propuesto**

A partir de los resultados del diagnóstico inicial, se diseñó y aplicó de manera retrospectiva un modelo de gestión de riesgos que articula cuatro componentes complementarios sobre el Pabellón A: la estructura general del modelo, la matriz de riesgos, la integración del control de calidad y la compatibilización de especialidades mediante BIM.

Los componentes no operan de forma aislada, sino como un sistema único cuyo resultado global se sintetiza en la Tabla 18 y se desarrolla a continuación, las Figuras 11, 12 y 13 ilustran el flujo integral, la estructura y la lógica conceptual del modelo propuesto.

Tabla 18

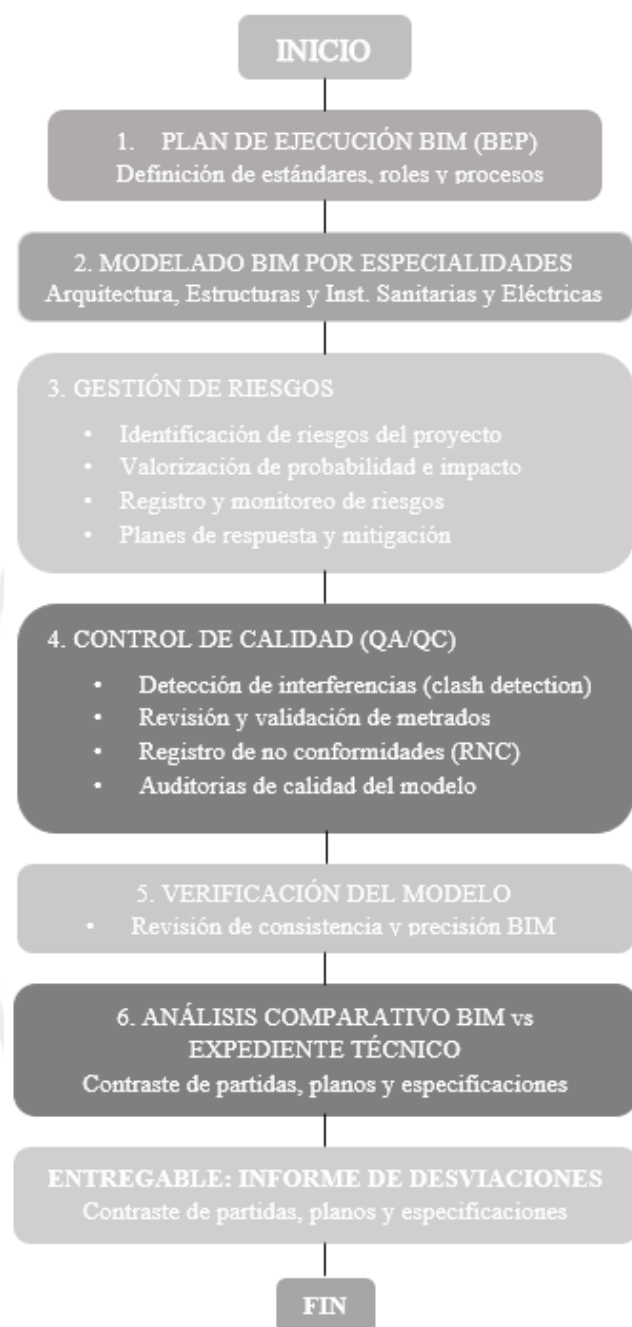
Componentes integrados del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA / SOPORTE
Estructura general	Marco que organiza e integra los componentes del modelo y define el flujo de trabajo aplicado al Pabellón A.	Diagrama de flujo y estructura del modelo
Matriz de riesgos	Identificación, categorización (técnicos, calidad, económicos y de plazo) y valoración de los riesgos mediante probabilidad $\times$ impacto.	Categorización y responsables
Control de calidad	Sistema de controles preventivos y correctivos con trazabilidad documental para verificar el cumplimiento de especificaciones.	Componentes del sistema de calidad
Compatibilización BIM	Integración de los modelos digitales y detección de interferencias entre especialidades, asociando cada conflicto a un riesgo.	Compatibilización y riesgos asociados

Nota. Elaboración propia

Figura 11

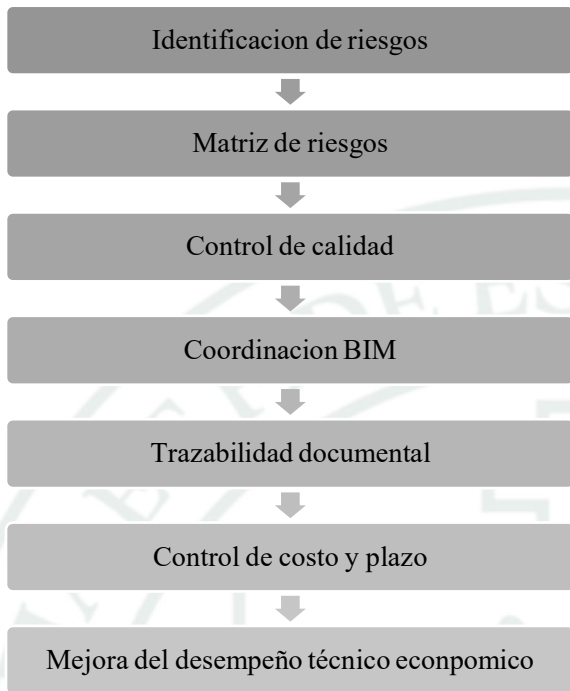
Diagrama de flujo integral: Metodología BIM aplicada a la Gestión de Riesgos y Control de Calidad - Pabellón A de la I.E.



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Estructura general del modelo propuesto



Nota. Elaboración propia

La Figura 11 sintetiza la lógica integradora del modelo propuesto, los tres componentes (gestión de riesgos, control de calidad y BIM) no operan de forma aislada, sino de manera articulada: la gestión de riesgos aporta la identificación y valoración de los eventos críticos, el control de calidad asegura la verificación técnica y la trazabilidad, y BIM proporciona el entorno digital de modelado, detección de interferencias y verificación de metrados, su acción conjunta reduce las interferencias, los retrabajos, los sobrecostos, los retrasos y las no conformidades, lo que se traduce finalmente en una mejora del desempeño técnico-económico del Pabellón A.

Figura 13

Esquema conceptual del modelo propuesto y su efecto en el desempeño técnico-económico

Modelo propuesto de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM



Nota. Elaboración propia

4.1.2.2. Matriz de riesgo

Con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico inicial, se estructuró un sistema de gestión de riesgos orientado a fortalecer el control de las desviaciones técnicas, económicas y operativas identificadas en el proyecto “Salvos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo”.

La finalidad de este sistema fue establecer un mecanismo organizado para la identificación, evaluación, seguimiento y control de los riesgos que afectan el cumplimiento de los objetivos de costo, plazo, calidad y coordinación técnica.

La estructuración del sistema se desarrolló bajo un enfoque preventivo, integrando herramientas de gestión de riesgos, procedimientos de control de calidad y procesos de coordinación BIM.

Esta integración permitió establecer una relación directa entre los riesgos identificados, las acciones de mitigación propuestas y los responsables de su control, promoviendo una gestión más eficiente durante la ejecución del proyecto.

Para facilitar la administración de los riesgos, estos fueron agrupados en cuatro categorías principales: riesgos técnicos, riesgos de calidad, riesgos económicos y riesgos de plazo, la clasificación permitió asignar responsabilidades específicas y definir mecanismos de control acordes con la naturaleza de cada riesgo.

Los riesgos técnicos estuvieron relacionados principalmente con las deficiencias del expediente técnico, incompatibilidades entre especialidades, interferencias detectadas durante la ejecución y consultas recurrentes al proyectista, debido a su incidencia directa sobre el desarrollo constructivo, estos riesgos fueron gestionados mediante procesos de compatibilización BIM y revisiones técnicas periódicas.

Los riesgos de calidad comprendieron las no conformidades detectadas durante la ejecución, los retrabajos constructivos y los incumplimientos de especificaciones técnicas, para su control se establecieron procedimientos de inspección, verificación documental y seguimiento de observaciones, permitiendo garantizar la conformidad de los trabajos ejecutados.

Por su parte, los riesgos económicos estuvieron asociados a desviaciones de costos, adicionales de obra, deductivos vinculantes y variaciones presupuestales, el control de estos riesgos se desarrolló mediante el seguimiento continuo de valorizaciones, análisis de costos unitarios y evaluación periódica del comportamiento financiero del proyecto.

Finalmente, los riesgos de plazo incluyeron ampliaciones de plazo, paralizaciones temporales, restricciones operativas y eventos externos que pudieran afectar la programación contractual,

para su seguimiento se implementaron mecanismos de monitoreo del cronograma y control permanente del avance físico de obra.

Con la estructuración propuesta quedaron definidas las responsabilidades de cada integrante de la gestión del proyecto, junto con canales de comunicación y mecanismos de respuesta que facilitaron decidir a tiempo frente a eventos de riesgo. Esa organización sirvió, a la vez, de base operativa para aplicar después el modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM.

Tabla 19
Categorización de riesgos y responsables dentro del sistema de gestión propuesto

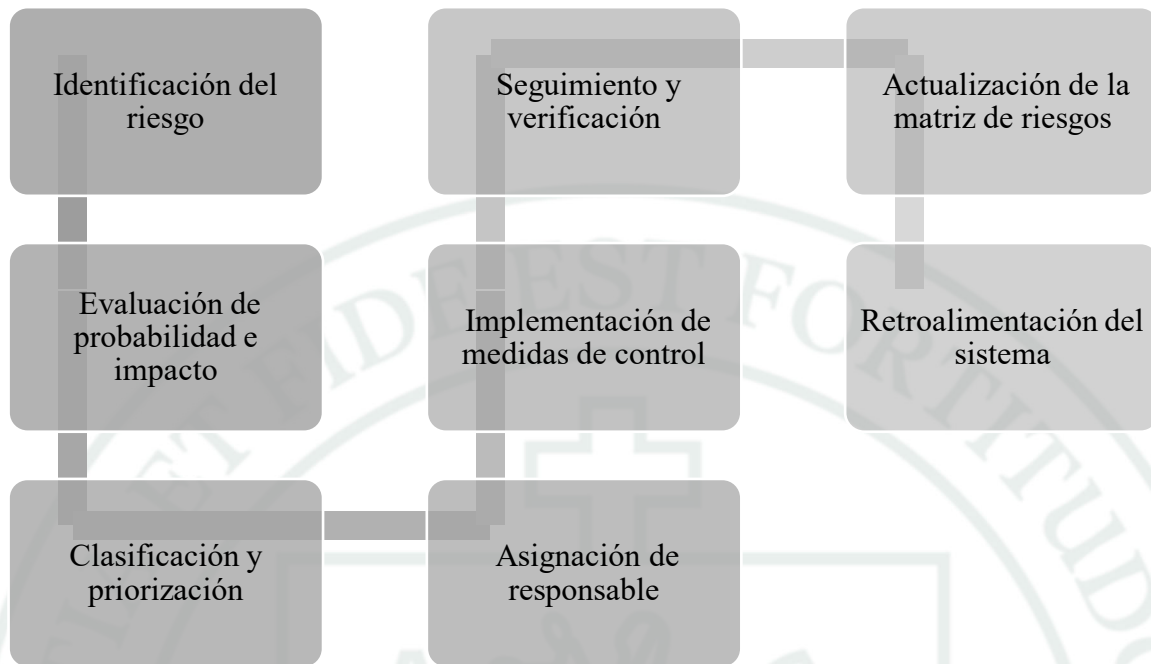
CATEGORÍA DE RIESGO	RIESGOS ASOCIADOS	RESPONSABLE PRINCIPAL	HERRAMIENTA DE CONTROL
Técnico	Deficiencias del expediente técnico, incompatibilidades de diseño, interferencias entre especialidades	Coordinador BIM / Oficina Técnica	Revit, Navisworks, revisión técnica
Calidad	No conformidades, retrabajos, incumplimiento de especificaciones técnicas	Supervisor de calidad / Residente de obra	Checklists, inspecciones, ensayos
Económico	Sobrecostos, adicionales de obra, desviaciones presupuestales	Residente de obra / Administrador de contrato	ACUs, valorizaciones, control presupuestal
Plazo	Ampliaciones de plazo, paralizaciones, restricciones operativas	Gerente de proyecto / Residente	Cronograma de obra y seguimiento de avance

Nota. Elaboración propia

Se estableció también un flujo de gestión de riesgos con el que se sistematizó el tratamiento de cada evento identificado, desde su detección hasta la puesta en marcha de acciones correctivas y preventivas.

Figura 14

Flujo del sistema de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM



Nota. Elaboración propia

Gracias a este flujo, los riesgos mantuvieron trazabilidad a lo largo de todo el ciclo de ejecución, lo que fortaleció el control técnico-económico y mejoró la capacidad de respuesta ante situaciones capaces de afectar el desempeño general de la obra.

4.1.2.3. Integración del control de calidad dentro del modelo de gestión

Como parte del modelo de gestión de riesgos propuesto, se incorporó un sistema de control de calidad orientado a prevenir la ocurrencia de no conformidades, reducir la necesidad de retrabajos y garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas durante la ejecución del proyecto.

La integración del control de calidad respondió a los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial, donde se identificó una cantidad significativa de observaciones técnicas, deficiencias constructivas y actividades correctivas que afectaron el desempeño técnico-económico de la obra.

El sistema diseñado se fundamentó en la aplicación de controles preventivos y correctivos durante las diferentes etapas de ejecución, estableciendo mecanismos de inspección, verificación documental y seguimiento de observaciones; su finalidad fue detectar oportunamente desviaciones respecto a los requisitos técnicos establecidos en el expediente técnico y generar acciones inmediatas de corrección antes de que dichas desviaciones impactaran el costo, plazo o calidad del proyecto.

Para ello, se establecieron procedimientos de control en las partidas consideradas críticas dentro del proyecto, principalmente aquellas relacionadas con estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y acabados arquitectónicos, las actividades fueron priorizadas debido a su incidencia directa en la generación de no conformidades, observaciones de supervisión y retrabajos constructivos identificados durante el diagnóstico inicial.

Se incorporó, además, un sistema de trazabilidad documental para registrar cada observación detectada, asignar responsables de atención, fijar plazos de levantamiento y verificar el cierre efectivo de las incidencias, ese mecanismo dio mayor transparencia a la información e hizo más riguroso el seguimiento de las acciones correctivas implementadas durante la ejecución.

La integración del control de calidad dentro del modelo también contempló la utilización de listas de verificación (checklists) específicas para cada especialidad, las cuales fueron aplicadas de manera periódica durante la ejecución de las actividades constructivas; las herramientas facilitaron la estandarización de los procesos de inspección y permitieron reducir la subjetividad en la evaluación de los trabajos ejecutados.

De manera complementaria, se estableció un procedimiento de seguimiento de no conformidades que permitió clasificar cada incidencia según su nivel de criticidad y definir acciones de respuesta acordes con el riesgo asociado, esta clasificación contribuyó a priorizar

recursos y esfuerzos en aquellas situaciones con mayor potencial de afectar el desempeño técnico-económico del proyecto.

Tabla 20

Componentes del sistema de control de calidad incorporado al modelo

COMPONENTE	OBJETIVO	RESPONSABLE	FRECUENCIA
Inspecciones de campo	Verificar cumplimiento de especificaciones técnicas	Supervisor de obra	Semanal
Checklists de calidad	Controlar la correcta ejecución de partidas críticas	Responsable de calidad	Diaria
Registro de no conformidades	Documentar desviaciones detectadas	Supervisor de calidad	Permanente
Seguimiento de observaciones	Verificar levantamiento de incidencias	Residente de obra	Semanal
Ensayos y pruebas técnicas	Validar calidad de materiales y procesos constructivos	Laboratorio / Supervisor	Según partida
Reportes de calidad	Consolidar información para toma de decisiones	Coordinador de calidad	Mensual

Nota. Elaboración propia

Al aplicar retrospectivamente estos mecanismos sobre la documentación técnica del proyecto ejecutado, la gestión de calidad quedó integrada analíticamente con la gestión de riesgos, y las observaciones detectadas se convirtieron en información útil para prevenir futuras incidencias. El control de calidad dejó así de ser una actividad aislada de supervisión y pasó a operar como apoyo de la gestión preventiva y de la mejora continua del desempeño técnico-económico de la obra.

4.1.2.4. Compatibilización de especialidades mediante BIM

Como parte del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM, se incorporó un proceso de compatibilización digital de especialidades orientado a identificar, evaluar y corregir interferencias técnicas antes de que estas generaran impactos negativos durante la ejecución de la obra; la incorporación de esta estrategia respondió a los resultados obtenidos en

el diagnóstico inicial, donde se evidenció que una parte importante de las desviaciones técnicas, retrabajos y consultas al proyectista estuvieron asociadas a incompatibilidades entre disciplinas.

La compatibilización se desarrolló mediante la integración de los modelos digitales correspondientes a arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas, este proceso permitió analizar simultáneamente los diferentes componentes del proyecto y detectar conflictos espaciales que no habían sido identificados durante la elaboración del expediente técnico, los resultados obtenidos permitieron identificar diversas interferencias que podían afectar la continuidad constructiva, generar modificaciones en campo y ocasionar incrementos de costo o plazo. Entre las principales incompatibilidades detectadas destacaron las relacionadas con cruces entre instalaciones sanitarias y elementos estructurales, insuficiencia de espacios técnicos para el paso de redes, conflictos entre sistemas eléctricos y sanitarios, así como la inexistencia de criterios uniformes de jerarquización de instalaciones.

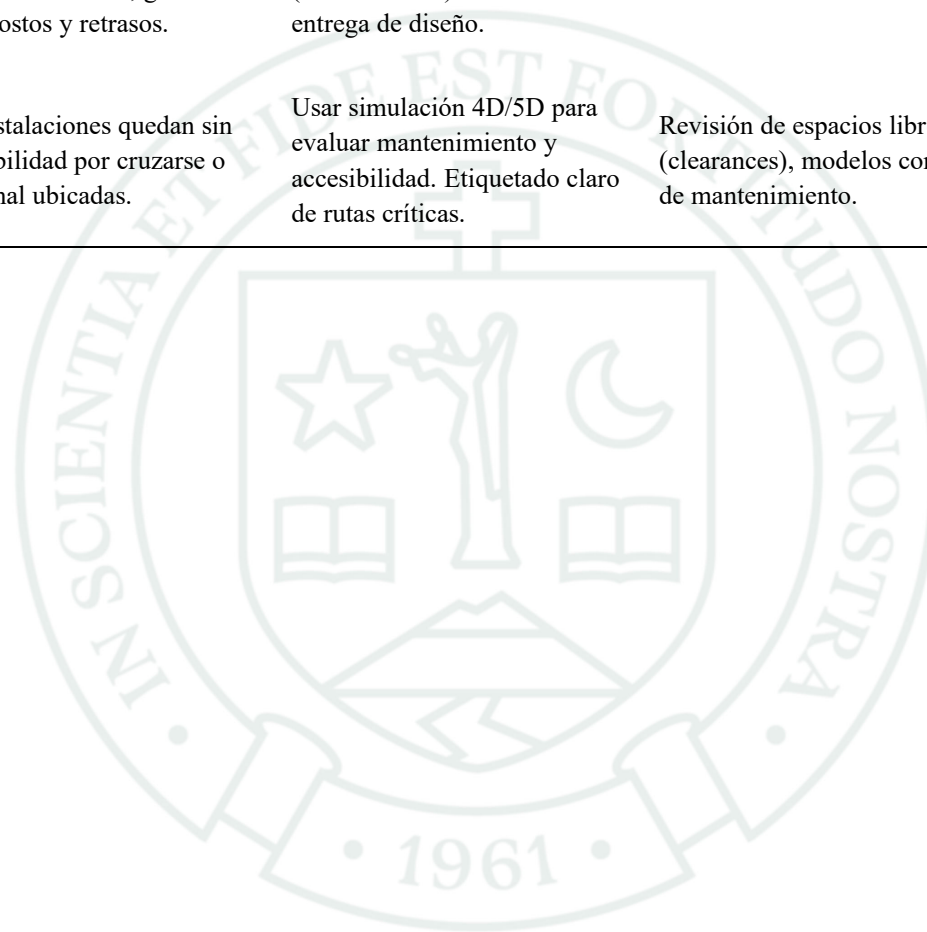
La evaluación de estas interferencias permitió asociar cada conflicto con un riesgo específico dentro del sistema de gestión diseñado; de esta manera, la coordinación BIM dejó de limitarse únicamente a la detección de conflictos geométricos, incorporándose como una herramienta para la gestión preventiva de riesgos técnicos durante la ejecución del proyecto.

Tabla 21*Compatibilización BIM y gestión de riesgos asociados*

DEFICIENCIA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	MEJORA PROPUESTA CON BIM	HERRAMIENTA BIM	RESPONSABLE
1. Interferencia entre bajantes sanitarios y losa estructural	Las tuberías verticales atraviesan la losa sin reservas o coordinación previa, generando choques.	Realizar coordinación temprana entre estructura y MEP. Incluir sleeves en losas desde la etapa de diseño.	Clash detection (Navisworks / Revit), uso de familias con reservas estructurales paramétricas.	Coordinador BIM / Ingeniero estructural / MEP
2. Falta de espacio técnico para instalaciones	Las tuberías sanitarias invaden zonas estructurales o no cuentan con espacio físico suficiente.	Rediseño del shaft técnico considerando jerarquización de instalaciones. Reservar áreas específicas por tipo de sistema.	Zonificación de espacios técnicos en Revit, modelos 4D para visualización constructiva.	Arquitectura / Coordinador BIM
3. Interferencia entre red sanitaria y conducto eléctrico	Un ducto eléctrico cruza directamente una conexión sanitaria, sin separación física ni jerarquía de paso.	Modificar el trazo eléctrico en el modelo BIM, priorizando el recorrido sanitario. Implementar reglas automáticas para evitar cruces.	Clash detection, Reglas de interferencia personalizadas (Navisworks Manage), Revit MEP.	Coordinador eléctrico / Coordinador BIM
4. Inexistencia de jerarquía de instalaciones	No se respeta el orden lógico de instalación (sanitaria sobre eléctrica, etc.), provocando cruces y conflictos.	Establecer una matriz de jerarquía de instalaciones por nivel. Implementar en el modelado.	Plantillas y guías de modelado BIM por disciplina, Matrices de coordinación.	Coordinador BIM / Supervisores de especialidades

5. Riesgo de modificaciones en obra por interferencias no detectadas	Las interferencias no resueltas en el modelo obligan a improvisar en obra, generando sobrecostos y retrasos.	Implementar revisiones periódicas de interferencias (clash reviews) antes de cada entrega de diseño.	Navisworks (clash report), reuniones de coordinación BIM semanales.	Gerente de proyecto / Coordinador BIM
6. Dificultad para mantenimiento futuro	Las instalaciones quedan sin accesibilidad por cruzarse o estar mal ubicadas.	Usar simulación 4D/5D para evaluar mantenimiento y accesibilidad. Etiquetado claro de rutas críticas.	Revisión de espacios libres (clearances), modelos con parámetros de mantenimiento.	

Nota. Elaboración propia



Con la compatibilización de especialidades, los conflictos potenciales se transformaron en oportunidades de mejora antes de materializarse en obra; la disponibilidad de información integrada facilitó, a su vez, la toma de decisiones redujo la incertidumbre asociada a las modificaciones constructivas y estrechó la coordinación entre las disciplinas involucradas en el proyecto.

De manera complementaria, se estableció un procedimiento de revisión periódica de interferencias mediante reuniones de coordinación BIM, donde participaron los responsables de cada especialidad, estas sesiones permitieron validar soluciones técnicas, actualizar los modelos digitales y verificar la eliminación progresiva de los conflictos identificados.

Por ello, la incorporación de BIM dentro del modelo propuesto fortaleció significativamente la capacidad de anticipación del proyecto frente a riesgos técnicos derivados de incompatibilidades de diseño, contribuyendo a mejorar el control de calidad, mejorar la coordinación interdisciplinaria y reducir la probabilidad de ocurrencia de retrabajos, sobrecostos y ampliaciones de plazo.

Plan integral de aplicación del modelo

Sobre la base de los componentes anteriores, se propuso un plan integral que articula el modelado BIM, el control de calidad, la gestión coordinada de costos y avance, y la capacitación del equipo, la Tabla 22 resume sus componentes, acciones y beneficios esperados.

Tabla 22

Plan integral de aplicación del modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM

COMPONENTE	ACCIONES PRINCIPALES
Modelado BIM multidisciplinario	Integrar arquitectura, estructuras e instalaciones en un modelo federado y ejecutar revisiones periódicas de detección de interferencias (clash detection).
Control de calidad	Realizar inspecciones técnicas basadas en el modelo BIM y registrar los resultados en una plataforma

	colaborativa para asegurar la trazabilidad documental.
Gestión coordinada de costos y avance	Integrar el modelo BIM con el control económico y monitorear de forma continua la programación física, el avance valorizado y el valor ganado.
Capacitación y comunicación	Formar al equipo en el manejo de BIM y en protocolos de control de calidad, y promover reuniones periódicas de coordinación interdisciplinaria.

Nota. Elaboración propia

La aplicación de este plan permitiría mejorar la coordinación entre especialidades evitando interferencias, reducir los retrabajos y los errores en obra, fortalecer el control y la trazabilidad de los costos, optimizar la calidad y la seguridad constructiva, y consolidar la gestión del proyecto en un contexto social vulnerable.

4.1.2.5. Interferencias detectadas mediante BIM

Como parte del diagnóstico inicial, se aplicó de manera retrospectiva el modelado BIM sobre el Pabellón A con el fin de evaluar el nivel de coordinación técnica entre sus cuatro especialidades, a partir de la integración de los modelos digitales de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas, se ejecutó un proceso de detección de interferencias (clash detection) que llevó a identificar los conflictos geométricos que no habían sido advertidos durante la elaboración del expediente técnico.

El análisis permitió detectar un total de 57 interferencias activas entre especialidades, distribuidas en 18 entre estructuras y arquitectura, 14 entre arquitectura e instalaciones sanitarias, 11 entre arquitectura e instalaciones eléctricas, 7 entre estructuras e instalaciones sanitarias, 2 entre estructuras e instalaciones eléctricas y 5 entre instalaciones eléctricas y sanitarias, la distribución de estas interferencias se resume en la Tabla 23.

Estas interferencias representaron una fuente importante de riesgo técnico, dado que de no haberse detectado oportunamente habrían generado retrabajos, paralizaciones parciales y modificaciones durante la ejecución, con el consiguiente impacto en el costo y el plazo del pabellón, su identificación mediante BIM constituye, por tanto, una evidencia directa del valor de la verificación técnica anticipada frente al control tradicional basado únicamente en planos bidimensionales, a continuación, se presentan, de manera ilustrativa, las principales interferencias detectadas mediante el modelo BIM del Pabellón A.

Tabla 23

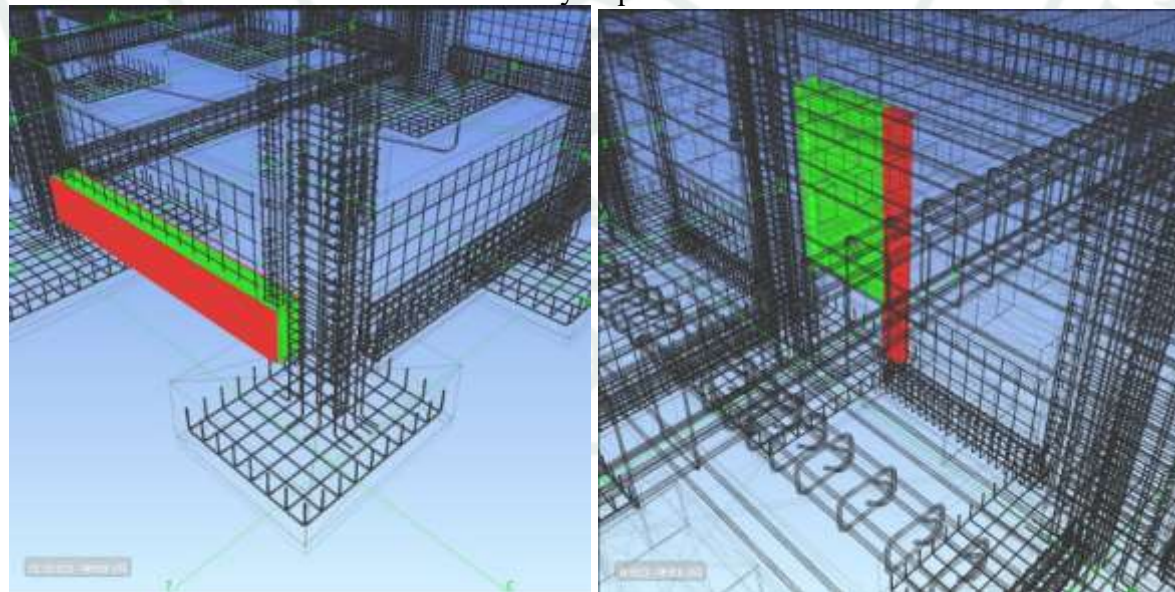
Resumen de interferencias detectadas entre especialidades

ESPECIALIDADES INVOLUCRADAS	INTERFERENCIAS DETECTADAS
Estructuras - Arquitectura	18
Arquitectura - Sanitarias	14
Arquitectura - Eléctricas	11
Estructuras - Sanitarias	7
Eléctricas - Sanitarias	5
Estructuras - Eléctricas	2
TOTAL	57

Nota. Elaboración propia

Figura 15

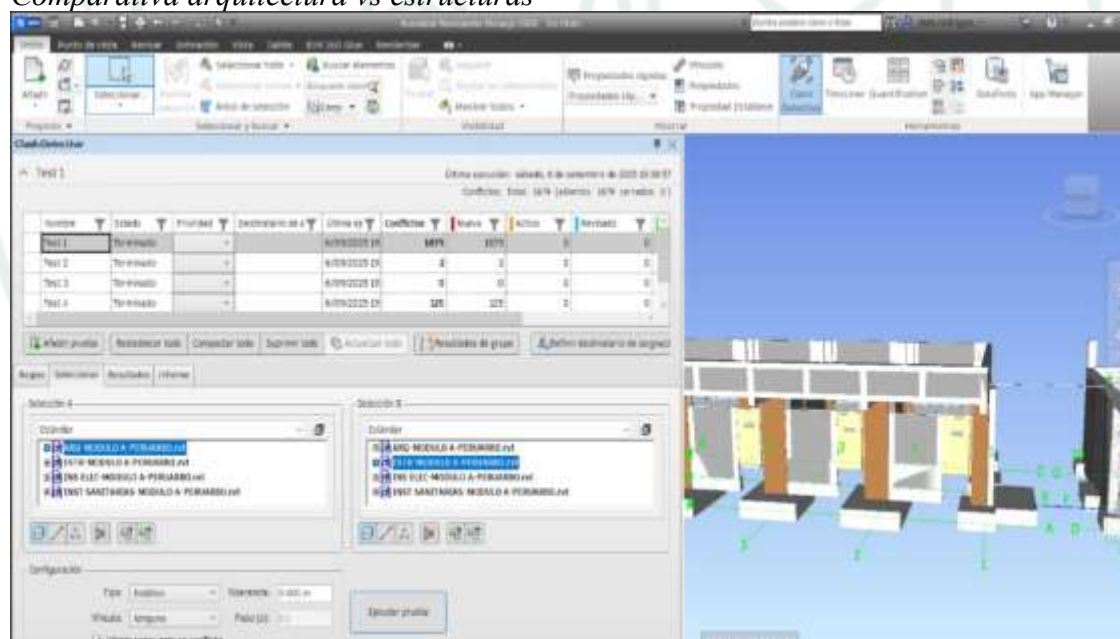
Interferencia entre elementos estructurales y arquitectónicos



Nota. Elaboración propia

En la imagen se observa, mediante el uso de herramientas BIM, la detección de interferencias (clash detection) entre un muro arquitectónico (resaltado en color verde) y un elemento estructural (en color rojo), lo cual evidencia un conflicto geométrico y de diseño, es así que desde el punto de vista arquitectónico, el muro fue proyectado según los criterios de distribución funcional del ambiente; sin embargo, el análisis estructural evidenció que su ubicación interfería con la armadura del pórtico y la cimentación adyacente, comprometiendo la continuidad de los elementos estructurales y el adecuado anclaje del refuerzo, con el modelado BIM, fue posible detectar y corregir tempranamente este tipo de incompatibilidades, evitando retrabajos en obra, desperdicio de materiales y posibles desviaciones en el cronograma, la revisión coordinada entre los modelos permitió ajustar la posición del elemento arquitectónico sin alterar el diseño estructural principal, logrando una solución técnica coherente y segura.

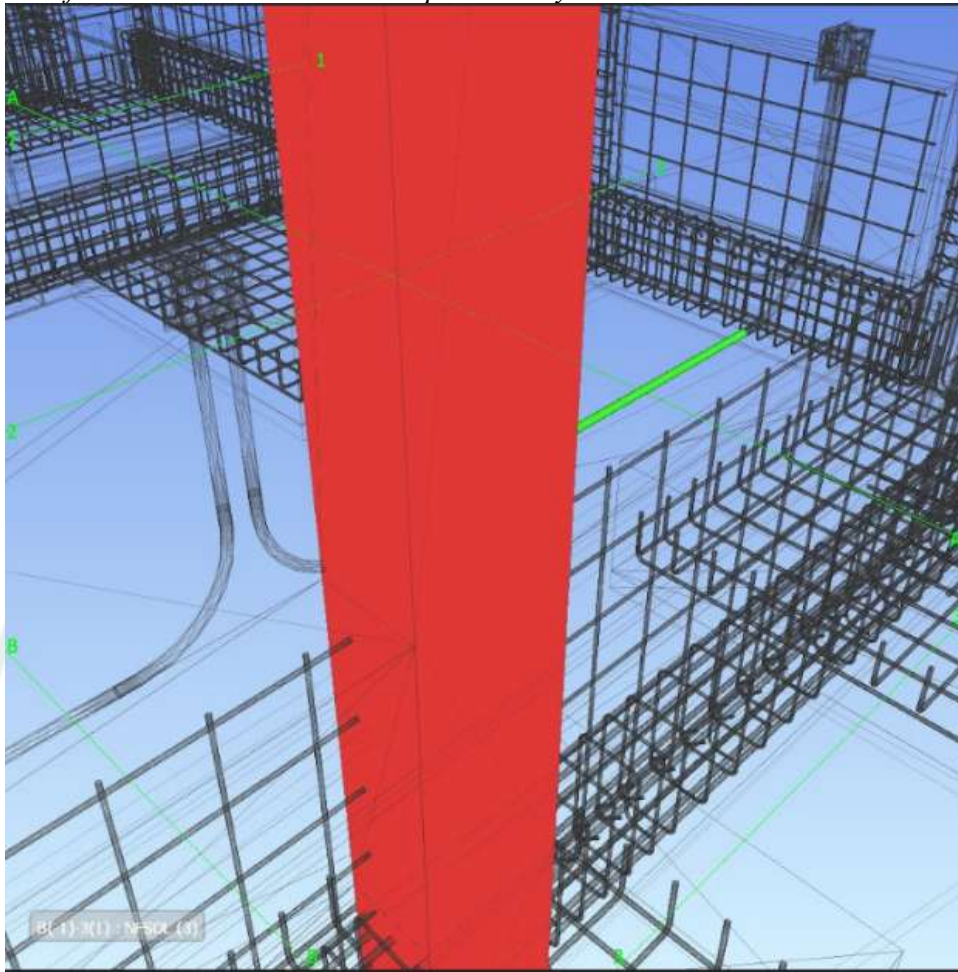
Figura 16
Comparativa arquitectura vs estructuras



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Interferencia entre elementos arquitectura y estructuras

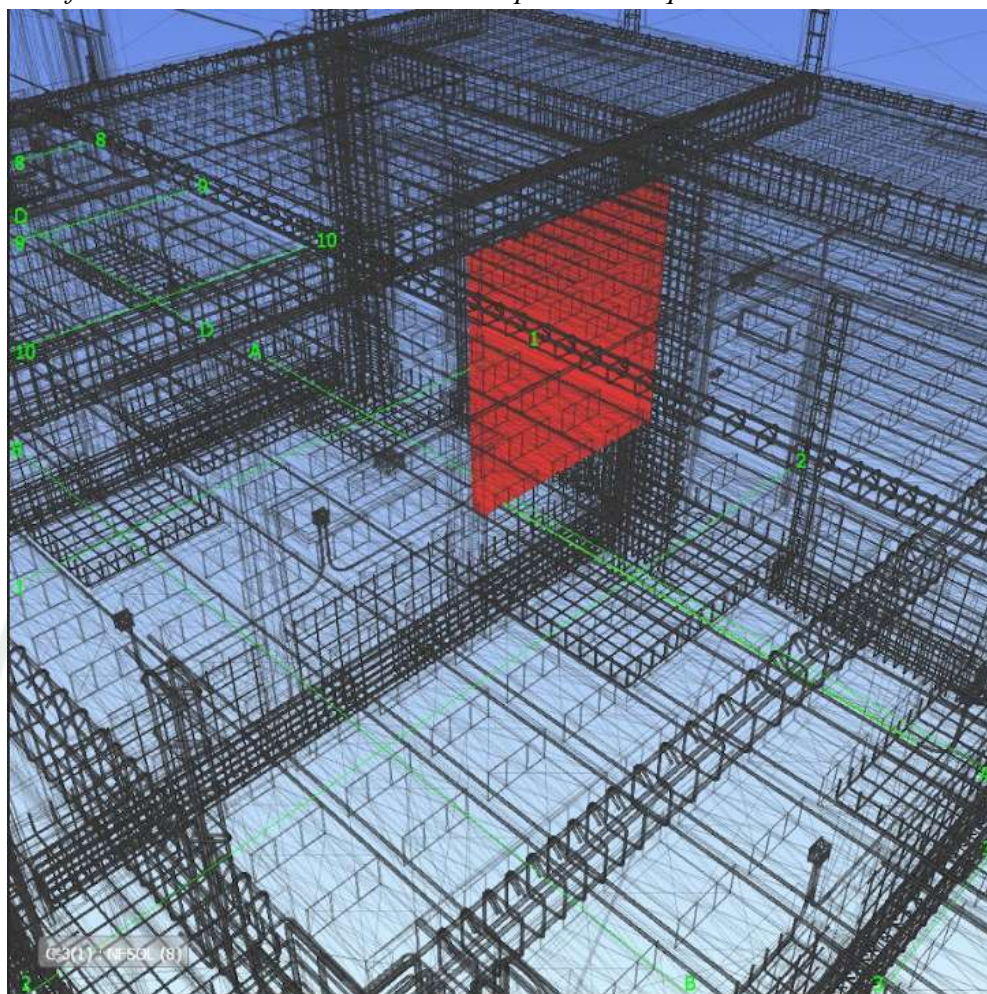


Nota. Elaboración propia

En la figura se evidencia una interferencia directa entre un elemento arquitectónico y un componente estructural del proyecto, además se observa una columna estructural resaltada en color rojo, la cual se superponía parcialmente con un muro arquitectónico proyectado en la misma alineación, esta interferencia fue detectada en la etapa de revisión del modelo tridimensional, antes de la ejecución física, evitando con ello posibles conflictos constructivos que habrían generado retrabajos, pérdidas de material y demoras en el cronograma de obra, donde se evidenció que el elemento arquitectónico invadía el espacio destinado a la estructura portante, afectando la continuidad del refuerzo y la correcta transmisión de cargas hacia la cimentación.

Figura 18

Interferencia entre elementos de la comparativa arquitectura vs sanitarias

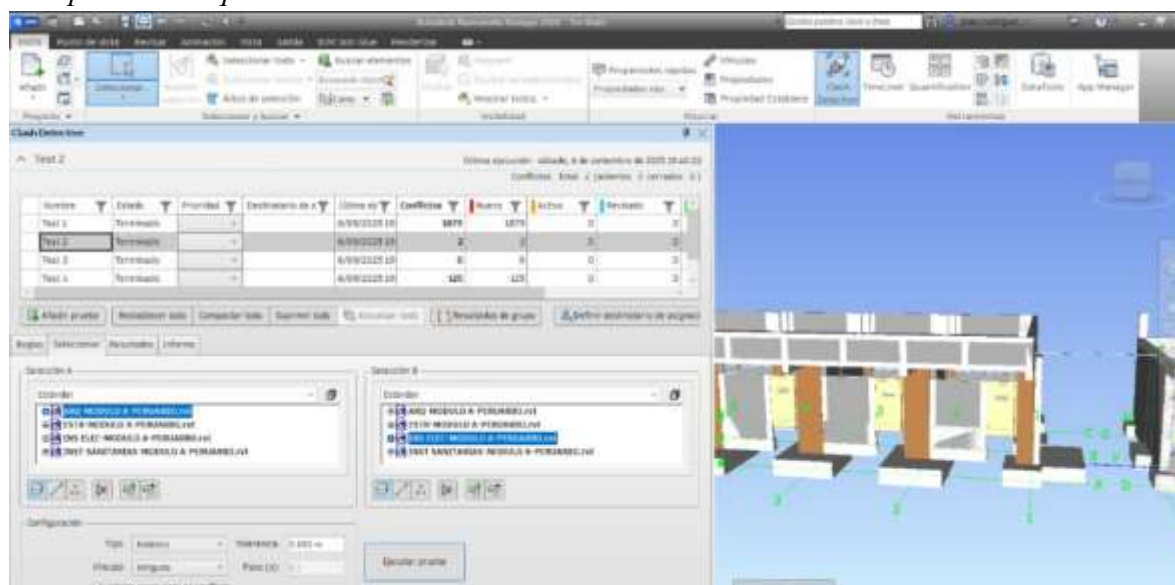


Nota. Elaboración propia

En la imagen se observan elementos estructurales claramente definidos por una red tridimensional de barras, se distinguen tuberías verticales y horizontales, donde se evidencia una interferencia, el modelo BIM permite una integración efectiva entre la arquitectura y las instalaciones sanitarias al ofrecer una representación tridimensional que mejora la coordinación, precisión y detención temprana de errores.

Figura 19

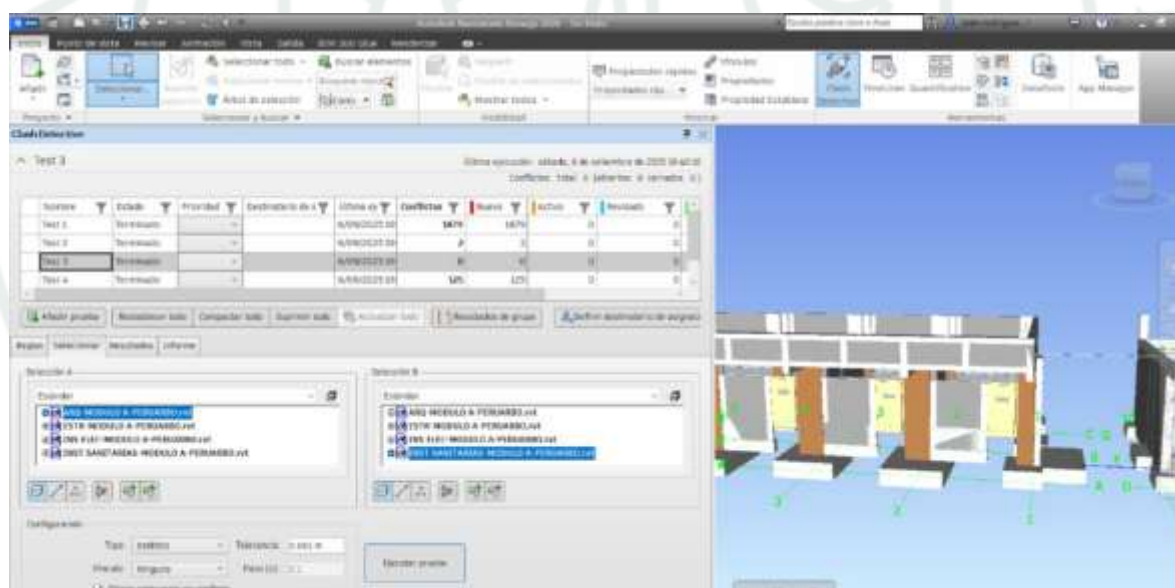
Comparativa arquitectura vs sanitarias



Nota. Elaboración propia

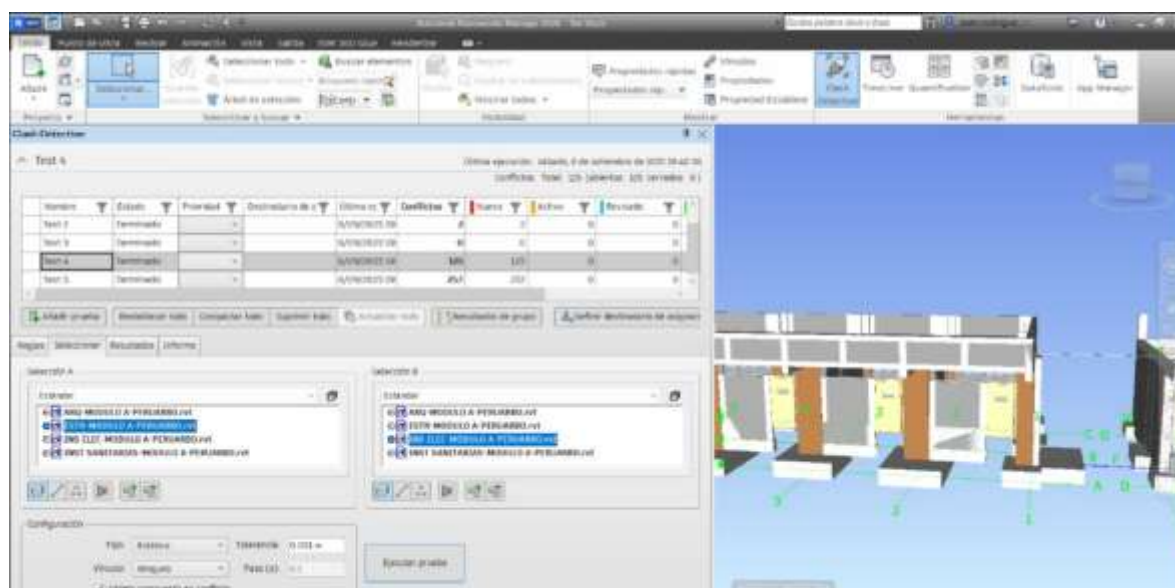
Figura 20

Comparativa arquitectura vs eléctrica



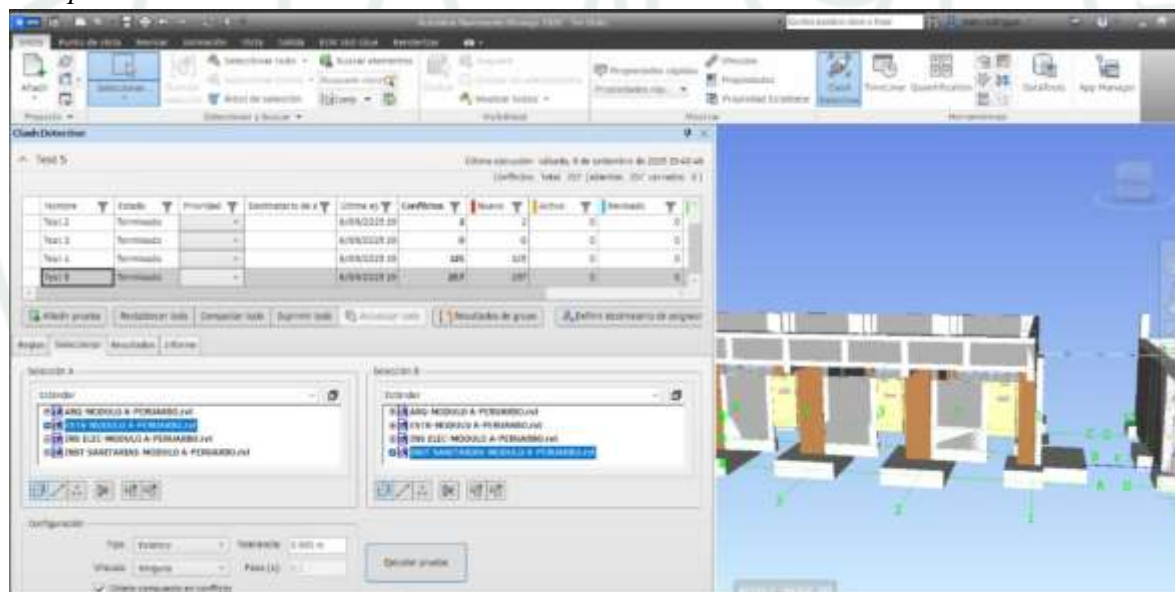
Nota. Elaboración propia

Figura 21
Comparativa estructura vs eléctrica



Nota. Elaboración propia

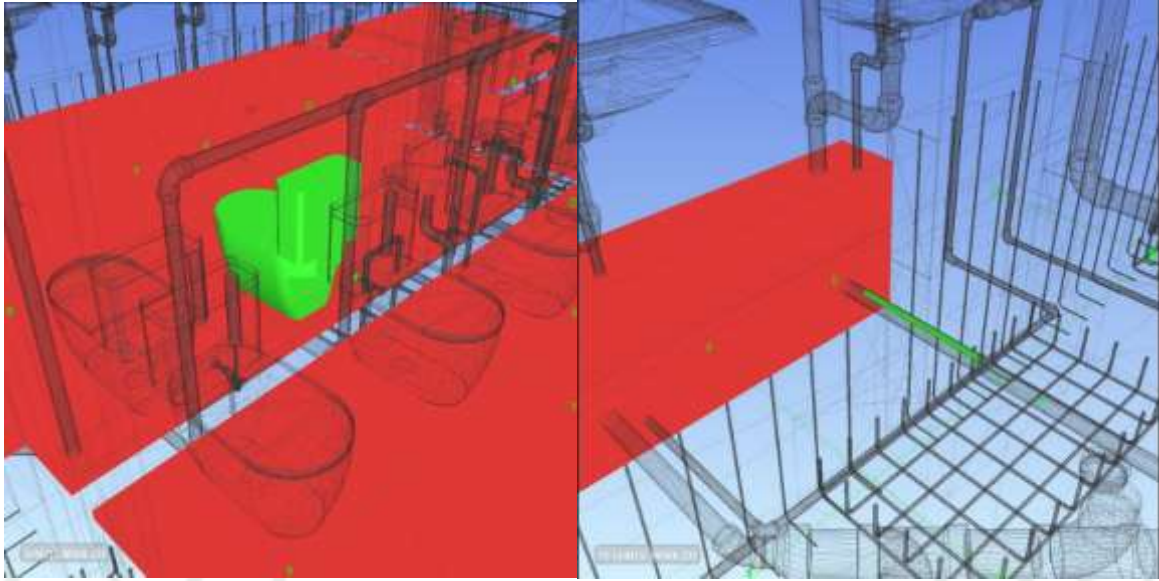
Figura 22
Comparativa estructura vs sanitaria



Nota. Elaboración propia

Figura 23

Interferencia estructura vs sanitaria



Nota. Elaboración propia

Se observa claramente una colisión entre una tubería vertical del sistema sanitario y la losa estructural, lo cual representa un conflicto crítico, este tipo de interferencia ocurre comúnmente cuando no se realiza una coordinación adecuada entre disciplinas durante las etapas de diseño, donde el volumen verde ha sido generado por una herramienta de detección de choques, y su función es señalar gráficamente que un elemento del sistema sanitario atraviesa o invade el espacio ocupado por la estructura, sin considerar los requerimientos físicos ni las tolerancias necesarias para su instalación.

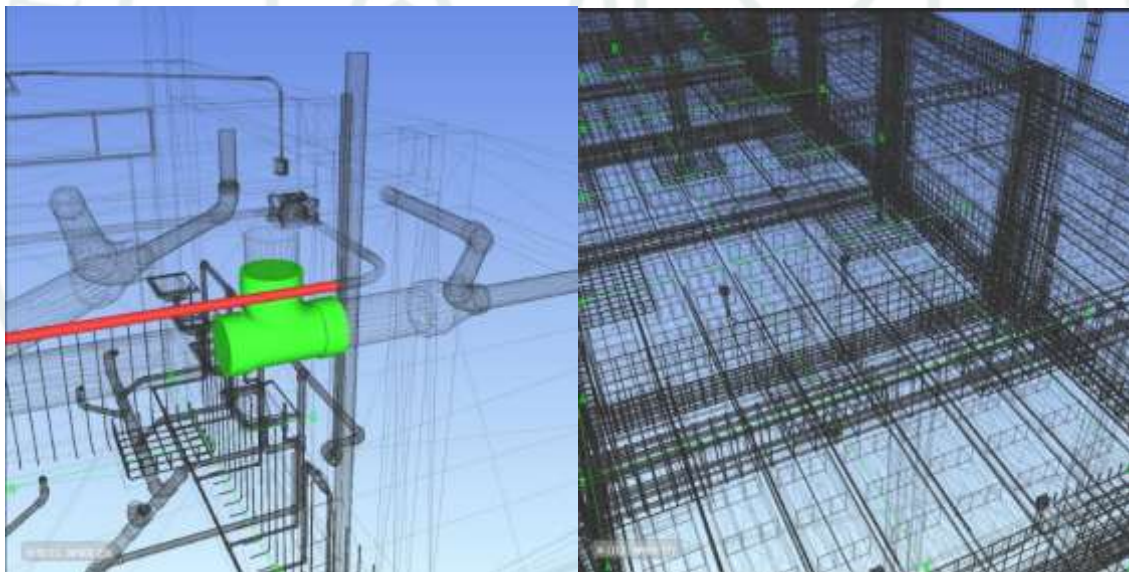
Además, se puede apreciar que varios aparatos sanitarios están alineados a lo largo de un muro, todos conectados a la red sanitaria vertical mediante ramales horizontales, estas conexiones también atraviesan la losa en ciertos puntos, lo que podría generar más conflictos si no se han previsto correctamente las reservas (sleeves) o si se requiere taladrar la losa en obra, lo cual puede comprometer la integridad estructural.

Figura 24
Comparativa eléctrica vs sanitaria



Nota. Elaboración propia

Figura 25
Interferencia comparativa eléctrica y sanitaria



Nota. Elaboración propia

Desde el punto de vista técnico, este tipo de conflicto es inaceptable, ya que los sistemas eléctricos y sanitarios deben mantenerse separados por razones de seguridad, normativas y operatividad. El hecho de que un ducto eléctrico atravesase una línea sanitaria (o viceversa) podría implicar riesgos como cortocircuitos, deterioro de instalaciones por humedad, y

dificultad de acceso para mantenimiento, además, esto podría generar incumplimientos con los reglamentos eléctricos y de instalaciones sanitarias vigentes, este tipo de interferencia revela una falta de coordinación multidisciplinaria en la etapa de modelado, situación que puede solucionarse ajustando los trazos de alguna de las instalaciones, en este caso particular, se recomienda reubicar el ducto eléctrico, ya que las instalaciones sanitarias suelen tener menor flexibilidad en su diseño debido a los requisitos de pendiente y continuidad.



Tabla 24

Incidencias arquitectura y estructuras

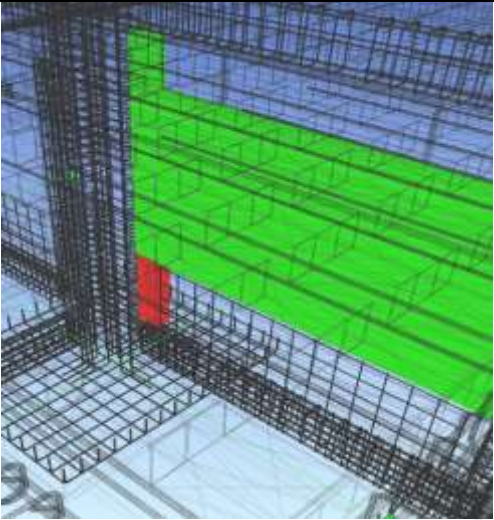
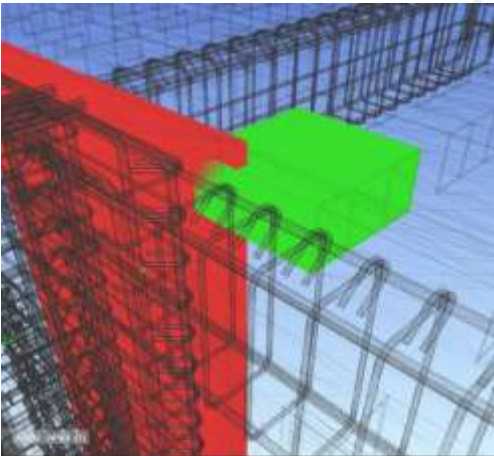
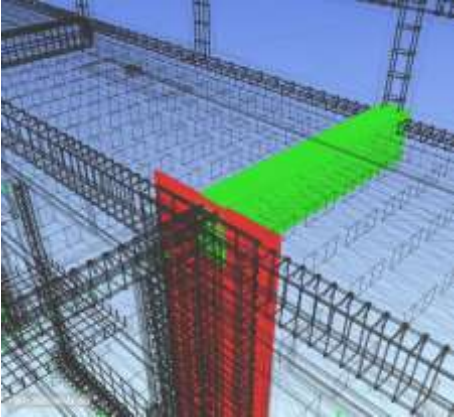
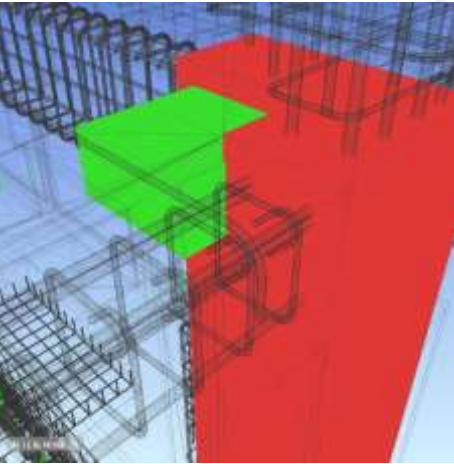
IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Columneta 0.15x0.25m VS Muro King Kong 15cm	Superposición de dos columnetas (roja y verde) en la misma ubicación, generando duplicidad por falta de coordinación entre arquitectura y estructura, lo que afecta la coherencia del sistema portante y puede causar inconsistencias en metrados, planos y ejecución.	-0.09	NLCC+NF SOBRE	Concrete-Rectangular-Column	NLSOBRE	Default Wall
	Muro King Kong de 15cm VS Ladrillo hueco	Interferencia por cruce entre muro y ladrillo de techo en zona de losa aligerada, evidenciando la falta de coordinación entre arquitectura y estructura, con riesgo de incompatibilidades en obra y afectación del comportamiento estructural.	-0.025	NIV ESTRUCT	Muro básico	AZOTEA	Ladrillo hueco

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA A	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Muro King Kong de 15cm VS Viga V-100 0.25X0.50m	Interferencia por muro que invade la viga V-100, evidenciando falta de coordinación entre arquitectura y estructura, con riesgo de incompatibilidades en la interpretación del modelo en obra.	-0.025	NIV ESTRUCT	Muro básico	AZOTEA	Concrete-Rectangular Beam
	Muro King Kong de 15cm VS Viga V-100 0.25X0.50m	Interferencia por muro que traspasa la viga V-100, evidenciando falta de coordinación entre arquitectura y estructura, lo que compromete la interpretación del modelo y puede generar incompatibilidades en obra.	-0.007	NFCC	PINTURA	AZOTEA	Ladrillo hueco

Nota. Elaboración propia

Tabla 25

Incidencias arquitectura e instalaciones eléctricas

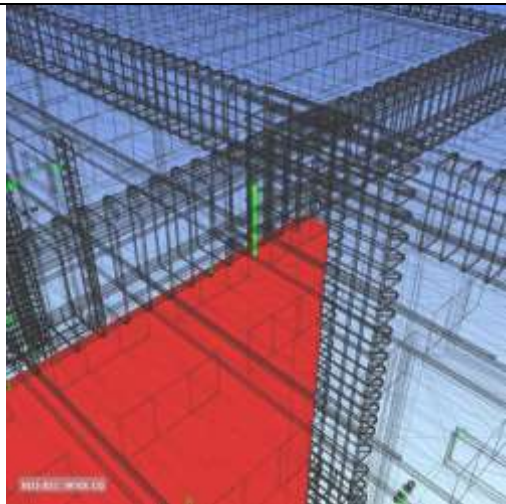
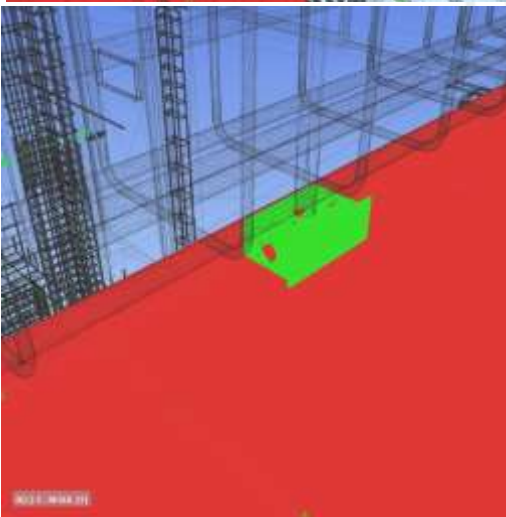
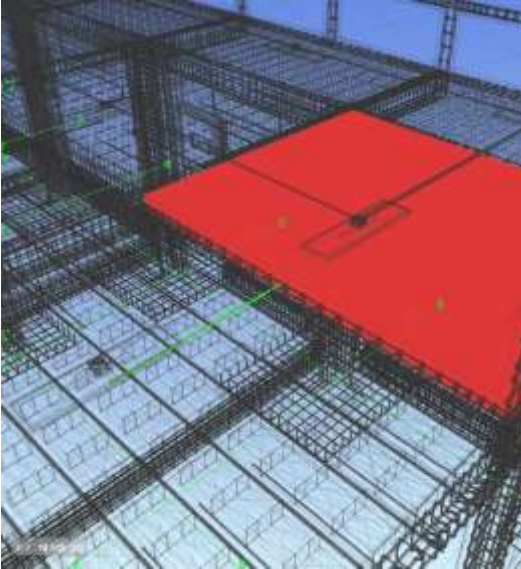
IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTAN CIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Muro King Kong de 15cm VS Tubería Eléctrica Conduit	Tubería conduit de instalaciones eléctricas embebida en muro de albañilería, evidenciando falta de coordinación entre arquitectura e instalaciones; invade la masa resistente, pudiendo afectar el desempeño estructural y generar problemas constructivos.	-0.052	NLSOBRE	Default Wall	Level 0	Tubo uniones sin
	Muro King Kong de 15cm VS Artefacto Emergencia	Artefacto eléctrico de emergencia modelado dentro del muro de albañilería de 15cm, evidenciando falta de coordinación entre arquitectura e instalaciones; invade la masa del muro y puede generar problemas de montaje, debilitamiento e incompatibilidades en obra.	-0.042	NLSOBRE	Default Wall	Level 0	Artefacto de emergencia

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTAN CIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Losa aligerada 250 kg/cm2 VS Tubería Eléctrica Conduit	Tubería conduit eléctrica atraviesa directamente la losa de techo sin reserva ni detalle, evidenciando descoordinación entre instalaciones y estructura; la penetración puede afectar el desempeño de la losa, interferir con armaduras y generar modificaciones improvisadas en obra.	-0.031	AZOTEA	Suelo	Level 0	Tubo uniones sin

Nota. Elaboración propia

Tabla 26

Incidencias arquitectura e instalaciones sanitarias

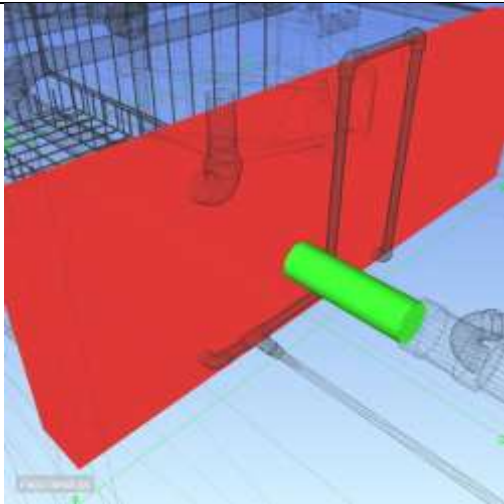
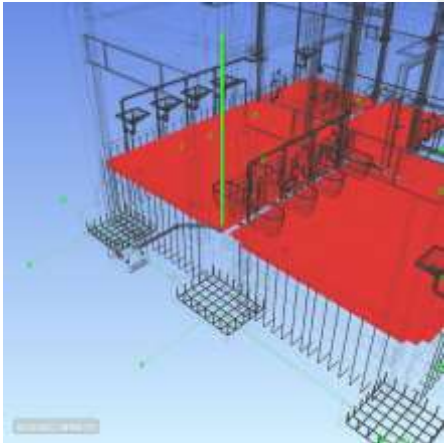
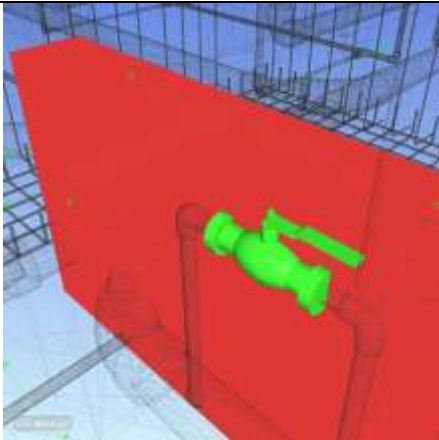
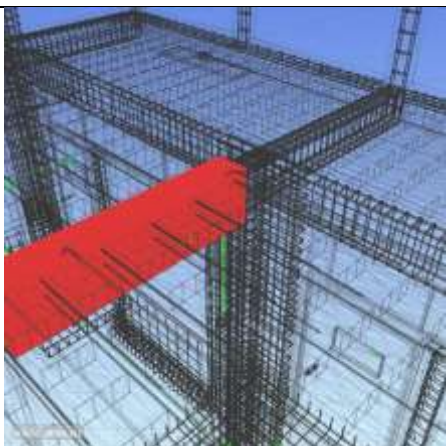
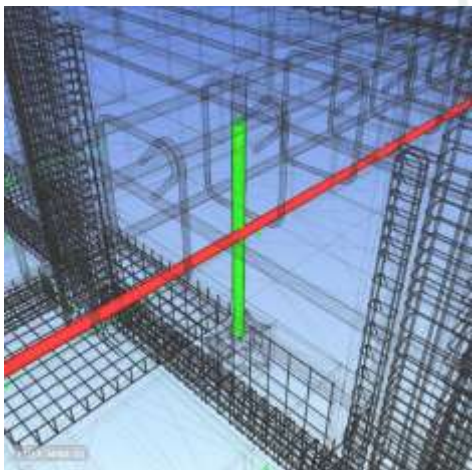
IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTAN CIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Sobrecimiento 15x60cm Tubería Sanitario VS PVC	Tubería sanitaria atraviesa el sobrecimiento sin pase ni solución constructiva, evidenciando descoordinación entre instalaciones y estructura; invade la masa portante, afectando armaduras, continuidad y resistencia, y puede generar problemas en cimentación.	-0.093	NLCC+NF SOBRE	Muro básico	N.P.T.+1.50	Tipos de tubería
	Pisos Porcelanato 60x60cm Tubería Pluvial VS PVC	Tubería PVC pluvial atraviesa el piso cerámico, reflejando descoordinación entre arquitectura e instalaciones y generando una representación constructivamente inviable con posibles interferencias en obra.	-0.087	N.P. T	PISO PORCELA NATO 60X60	N.P.T.+1.50	Tipos de tubería

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTAN CIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Sobrecimiento 15x60cm Accesorios de tuberías	Caño modelado dentro del muro en vez de adosado externamente, evidenciando descoordinación VS entre diseño y construcción; de genera una representación constructivamente inviable y compromete la integridad del cerramiento.	-0.025	NLCC+NF SOBRE	Muro básico	N.P.T.+1.50	50 mm

Nota. Elaboración propia

Tabla 27

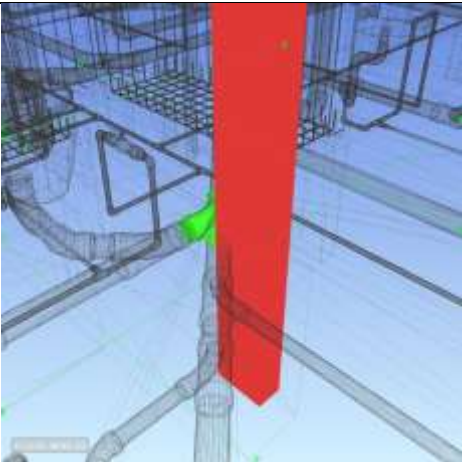
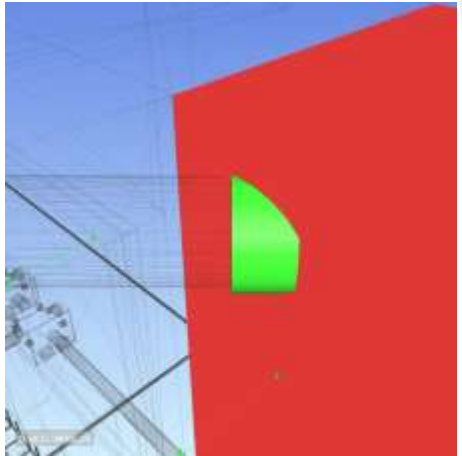
Incidencias estructuras e instalaciones eléctricas

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Viga rectangular de concreto VS Tubería Eléctrica Conduit	Tubería conduit atravesando una viga de concreto, evidenciando descoordinación entre instalaciones y estructura; representa una condición constructivamente inviable, compromete la resistencia y continuidad de la viga, y generaría complicaciones en obra.	-0.052	AZOTE A	Concrete-Rectangular Beam	Level 0	Tubo sin uniones
	Armadura estructural VS Tubería Eléctrica Conduit	Tubería conduit atraviesa la viga de concreto e interseca una barra longitudinal de 5/8", evidenciando grave descoordinación entre instalaciones y estructura; la interferencia compromete la resistencia flexional, debilita el elemento y constituye una condición estructuralmente inaceptable e inviable en obra.	-0.004	<Sin nivel>	Barra de armadura	Level 0	Tubo sin uniones

Nota. Elaboración propia

Tabla 28

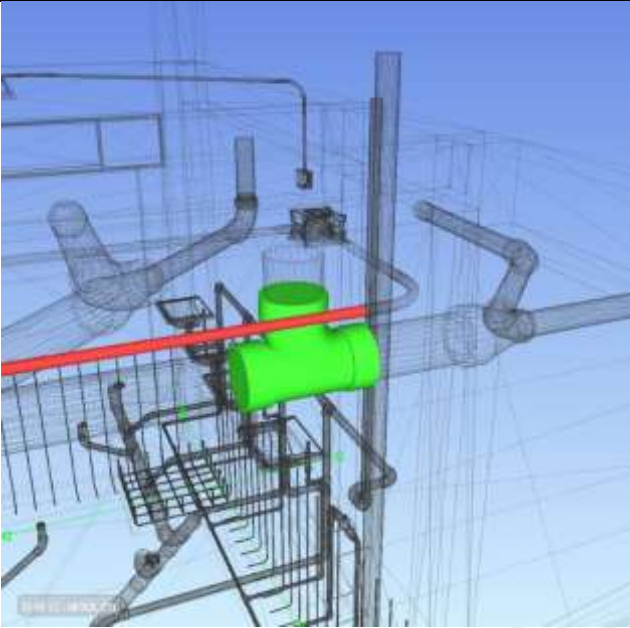
Incidencias estructuras e instalaciones sanitarias

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTAN- NCIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Columna de concreto 15x30 VS Accesorios de Tubería Sanitaria	Accesorio de instalaciones sanitarias atraviesa una columna de concreto, generando una interferencia mayor, compromete la continuidad del elemento, afecta las armaduras internas y constituye una condición estructuralmente inviable y peligrosa en obra.	-0.013	NFCC	Concrete-Rectangular-Column	N.P.T.+1.50	Estándar
	Viga rectangular de concreto VS Accesorios de tubería sanitaria	Accesorio sanitario atraviesa una viga de concreto, generando una interferencia crítica; compromete la continuidad y las armaduras del elemento portante, afectando su capacidad estructural y constituyendo una condición constructivamente inviable.	-0.019	AZOTEA	Concrete-Rectangular-Beam	AZOTEA	Standard

Nota. Elaboración propia

Tabla 29

Interferencias instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias

IMAGEN	CONFLICTO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	ELEMENTO 01		ELEMENTO 02	
				CAPA	NOMBRE	CAPA	NOMBRE
	Tubería Eléctricas Conduit VS Accesorios Instalación Sanitaria	Tubería conduit de instalaciones eléctricas atraviesa un elemento estructural y se aproxima a un accesorio sanitario con pase permitido, generando una interferencia combinada; evidencia descoordinación entre instalaciones y estructura y constituye una condición constructivamente inviable que afecta la interpretación del modelo.	-0.002	Level 0	Tubo sin uniones	AZOTE A	Estándar

Nota. Elaboración propia

Como parte de la aplicación del modelo, se contrastaron los metrados del expediente técnico con los obtenidos del modelado BIM del Pabellón A, para las 18 partidas con metrado comparable de las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas., la Figura 26 compara ambos metrados y la Tabla 30 detalla las diferencias por partida.

El metrado obtenido del modelo BIM se adoptó como referencia de contraste por tres razones metodológicas.

En primer lugar, el modelo se desarrolló con un nivel de desarrollo LOD 300, en el que cada elemento posee geometría, dimensiones y ubicación precisas, lo que permite una extracción de cantidades directa y trazable.

En segundo lugar, las cantidades se obtuvieron por extracción geométrica automática del propio modelo, eliminando los errores de cálculo manual propios del metrado convencional.

En tercer lugar, el modelo se construyó a partir de los planos del expediente técnico y se verificó contra ellos, de modo que las diferencias observadas no provienen de un diseño distinto, sino de una cuantificación más precisa de la misma geometría proyectada.

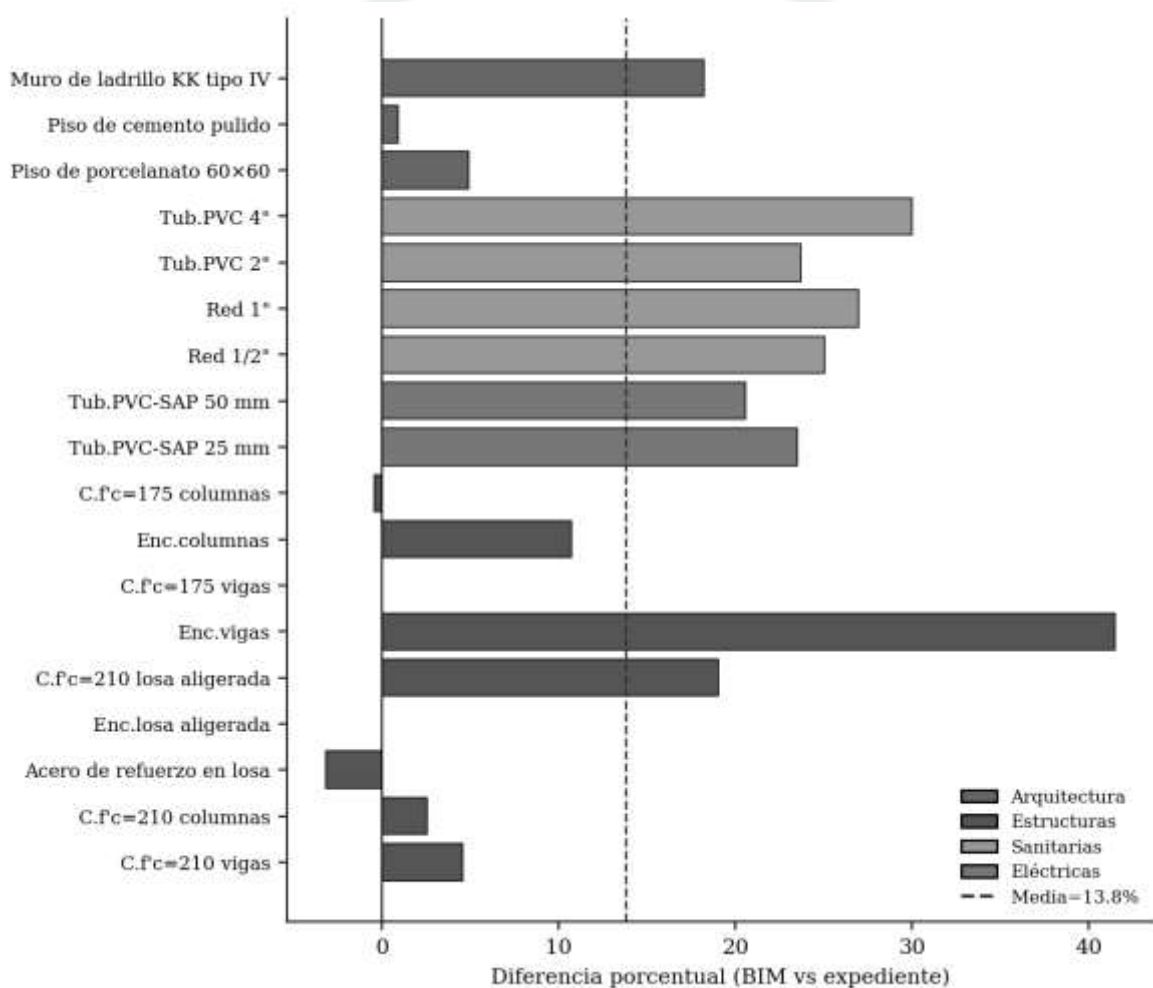
Cabe precisar, además, que las 18 partidas analizadas constituyen la totalidad de las partidas con metrado directamente comparable entre el expediente y el modelo en las cuatro especialidades, y no una selección a conveniencia: son las únicas en las que ambas fuentes expresan la misma unidad y permiten el contraste pareado.

La comparación evidenció que en la mayoría de las partidas el metrado del modelo BIM resultó superior al del expediente técnico, las mayores diferencias porcentuales se concentraron en el encofrado de vigas (+41.51 %), las instalaciones sanitarias (tubería PVC de 4", +29.99 %; redes de distribución, hasta +26.99 %) y las canalizaciones eléctricas (tuberías PVC-SAP, en torno al

+20 %); en las partidas estructurales de concreto las diferencias fueron menores, y solo tres partidas mostraron diferencias negativas de magnitud mínima, la diferencia porcentual promedio entre ambos metrados alcanzó el 13.81 %.

Figura 26

Comparación de metrados del expediente técnico y del modelo BIM en el Pabellón A



Nota. Elaboración propia, las barras representan la diferencia porcentual del metrado BIM respecto del expediente técnico para cada partida, agrupadas por especialidad; la línea discontinua indica la diferencia porcentual media (13.81 %).

Tabla 30

Comparación de metrados del expediente técnico y del modelo BIM en las 18 partidas analizadas

ESPECIALIDAD	PARTIDA	EXPEDIENTE	BIM	DIFERENCIA (%)
Arquitectura	Muro de ladrillo KK tipo IV (m ²)	60.06	71.00	+18.22%
Arquitectura	Piso de cemento pulido (m ²)	325.03	328.00	+0.91%

Arquitectura	Piso de porcelanato 60×60 (m ²)	181.11	190.00	+4.91%
Sanitarias	Tubería PVC 4" (m)	39.35	51.15	+29.99%
Sanitarias	Tubería PVC 2" (m)	46.66	57.72	+23.70%
Sanitarias	Red de distribución 1" (m)	9.82	12.47	+26.99%
Sanitarias	Red de distribución 1/2" (m)	6.54	8.18	+25.08%
Eléctricas	Tubería PVC-SAP 50 mm (m)	227.26	274.06	+20.59%
Eléctricas	Tubería PVC-SAP 25 mm (m)	50.30	62.12	+23.50%
Estructuras	Concreto f'c=175 columnas (m ³)	8.81	8.77	-0.45%
Estructuras	Encofrado de columnas (m ²)	132.80	147.00	+10.69%
Estructuras	Concreto f'c=175 vigas (m ³)	2.35	2.35	+0.00%
Estructuras	Encofrado de vigas (m ²)	104.57	147.98	+41.51%
Estructuras	Concreto f'c=210 losa aligerada (m ³)	6.30	7.50	+19.05%
Estructuras	Encofrado de losa aligerada (m ²)	72.03	72.00	-0.04%
Estructuras	Acero de refuerzo en losa (kg)	7935.12	7683.14	-3.18%
Estructuras	Concreto f'c=210 columnas (m ³)	25.38	26.02	+2.51%
Estructuras	Concreto f'c=210 vigas (m ³)	6.36	6.65	+4.56%

Nota. Elaboración propia, las diferencias porcentuales se calcularon sobre los metrados sin redondear; los valores de la tabla se presentan redondeados a dos decimales

En términos generales, la aplicación del modelo permitió mejorar la confiabilidad de los metrados, fortalecer la coordinación entre especialidades e identificar y cuantificar la exposición a los riesgos técnicos detectados durante el diagnóstico inicial, los resultados evidencian que la verificación basada en el modelo habría permitido anticipar dichas desviaciones, generando condiciones más favorables para el control de costos, calidad y ejecución de obra.

4.1.3. Análisis de valor ganado

Con el propósito de profundizar en la evaluación del desempeño técnico-económico del Pabellón A, se aplicó la técnica del valor ganado (Earned Value Management), que integra alcance, costo y cronograma en indicadores objetivos, para facilitar su lectura, conviene precisar el significado de cada indicador: el valor planificado (PV) es el costo del trabajo que debía estar ejecutado en cada fecha según la programación; el valor ganado (EV) es el costo del

trabajo realmente ejecutado; y el costo real (AC) es lo efectivamente gastado. A partir de ellos se obtienen dos índices: el índice de desempeño del cronograma ($SPI = EV/PV$), que mide el avance frente a lo programado (un valor menor que 1 indica atraso), y el índice de desempeño del costo ($CPI = EV/AC$), que mide la eficiencia del gasto (un valor menor que 1 indica sobre costo).

Cabe precisar la consideración metodológica adoptada ante la ausencia de un cronograma valorizado desagregado exclusivamente para el Pabellón A, este se estimó a partir del cronograma valorizado general del proyecto, aplicando la distribución temporal de cada partida proporcionalmente a los metrados del Pabellón A.

El costo de cada partida se obtuvo multiplicando el metrado del Pabellón A por su precio unitario del expediente técnico, y su reparto mensual se determinó aplicando la misma proporción temporal con que dicha partida figura en el cronograma general, se trabajó con un total de 97 partidas correspondientes al Pabellón A, excluyendo las partidas de redes generales y exteriores (drenaje pluvial, válvulas de red y adoquinado de patio) por no corresponder físicamente al alcance del pabellón evaluado.

La Tabla 31 presenta el cronograma valorizado estimado del Pabellón A, que constituye la línea base del valor planificado (PV) sobre la cual se evaluó el desempeño, el presupuesto total estimado del Pabellón A asciende a S/. 793,519.67, distribuido en seis periodos de ejecución.

Tabla 31
Cronograma valorizado estimado del Pabellón A (valor planificado)

PERIODO	VALOR MENSUAL (S/.)	VALOR ACUMULADO (S/.)	AVANCE ACUMULADO (%)
Enero	12,842.70	12,842.70	1.6%
Febrero	261,562.99	274,405.68	34.6%
Marzo	101,288.83	375,694.51	47.3%

Abril	109,782.92	485,477.43	61.2%
Mayo	223,534.49	709,011.92	89.4%
Junio	84,507.75	793,519.67	100.0%
TOTAL	793,519.67		100.0%

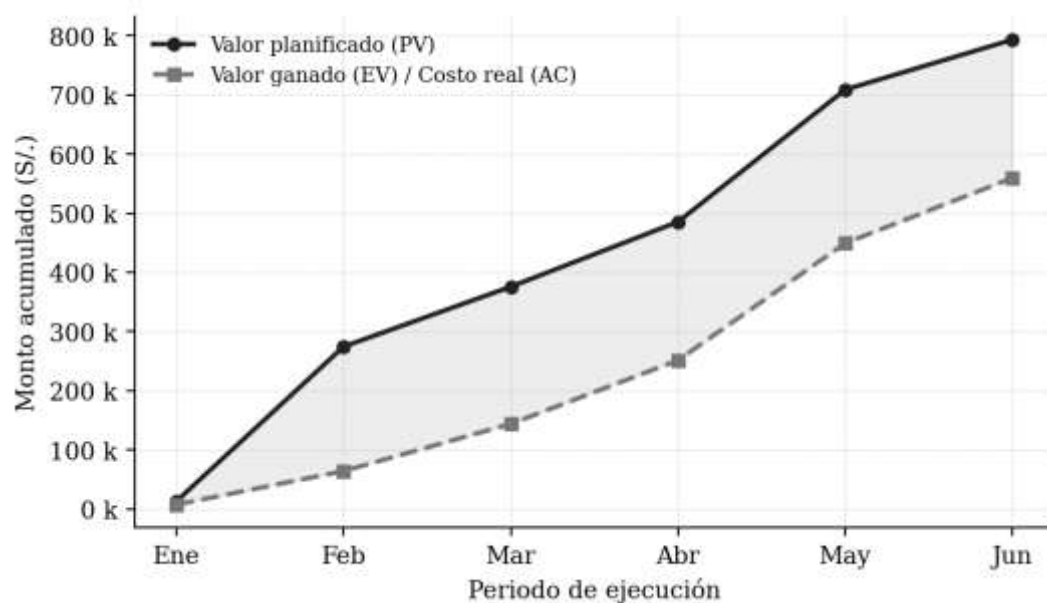
Nota. Elaboración propia, sobre la base del cronograma valorizado del proyecto y los metrados del Pabellón A

La distribución del presupuesto estimado por especialidad evidencia la predominancia de los trabajos de arquitectura con S/. 509,429.32 (64.2 %), seguida de estructuras con S/. 231,390.48 (29.2 %), instalaciones sanitarias con S/. 45,954.09 (5.8 %) e instalaciones eléctricas con S/. 6,745.77 (0.9 %), esta composición es coherente con la naturaleza de un pabellón de aulas, en el que los acabados arquitectónicos y la estructura concentran la mayor parte de la inversión. El reducido porcentaje de las instalaciones eléctricas se explica porque, conforme a los metrados del Pabellón A, esta especialidad comprende únicamente los puntos terminales propios del pabellón (salidas de iluminación y tomacorrientes, interruptores, artefactos de iluminación, cajas de paso y cableado de datos), mientras que la red eléctrica troncal del local educativo (alimentadores, conductores principales, tableros, buzonetes y pozo a tierra) fue presupuestada de manera independiente como parte de las redes generales del proyecto, por alimentar a la totalidad de los pabellones y no de forma exclusiva al Pabellón A.

La representación gráfica del valor planificado frente al valor ganado conforma la denominada curva S, que se muestra en la Figura 27, en ella se aprecia la magnitud y persistencia de la brecha entre lo programado y lo efectivamente ejecutado a lo largo de los seis periodos.

Figura 27

Curva S del Pabellón A: valor planificado frente a valor ganado



Nota. Elaboración propia, la línea continua representa el valor planificado (PV) y la línea discontinua el valor ganado acumulado (EV), coincidente con el costo real (AC) bajo la modalidad contractual de suma alzada.

La Tabla 32 consolida los componentes del valor ganado y los índices de desempeño calculados para cada periodo de ejecución del Pabellón A.

Tabla 32

Componentes del valor ganado e índices de desempeño del Pabellón A

PERIODO	PV ACUM. (S/.)	EV ACUM. (S/.)	AC ACUM. (S/.)	SPI	CPI
Enero	12,842.70	7,239.46	7,239.46	0.564	1.000
Febrero	274,405.68	63,920.53	63,920.53	0.233	1.000
Marzo	375,694.51	143,779.11	143,779.11	0.383	1.000
Abril	485,477.43	251,304.78	251,304.78	0.518	1.000
Mayo	709,011.92	449,295.69	449,295.69	0.634	1.000
Junio	793,519.67	559,683.48	559,683.48	0.705	1.000

Nota. Elaboración propia. PV: valor planificado; EV: valor ganado; AC: costo real; SPI: índice de desempeño del cronograma; CPI: índice de desempeño del costo.

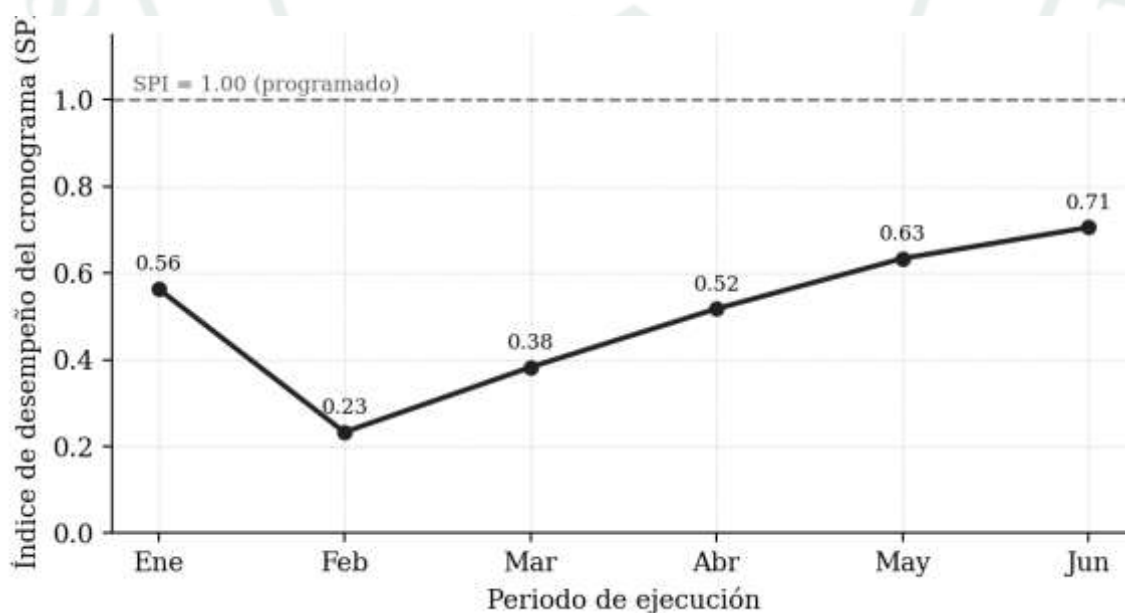
Los resultados, presentados en la Tabla 31 y en la Figura 27 (curva S), evidencian un desempeño deficiente del cronograma durante toda la ejecución, el índice de desempeño del cronograma (SPI) se mantuvo por debajo de la unidad en los seis periodos, con un valor global de 0.705.

En términos simples, esto significa que el Pabellón A solo alcanzó el 70.5 % del avance que debía haber logrado según la programación, acumulando un valor ganado de S/. 559,683.48 frente a los S/. 793,519.67 planificados, la brecha entre el valor planificado y el valor ganado, lejos de cerrarse, se mantuvo persistente durante todo el periodo evaluado.

Este resultado guarda correspondencia directa con la realidad de la ejecución de la obra, la cual requirió ampliaciones de plazo que prolongaron su ejecución más allá del periodo contractual inicialmente previsto, el retraso cuantificado mediante el SPI constituye así una evidencia objetiva del riesgo de ampliación de plazo identificado en el diagnóstico inicial (riesgo R-04), materializando en términos medibles la desviación temporal que el control tradicional solo registraba de manera cualitativa.

Figura 28

Evolución del índice de desempeño del cronograma (SPI) del Pabellón A



Nota. Elaboración propia, la línea discontinua horizontal representa el valor de referencia SPI = 1.00, correspondiente al cumplimiento exacto del cronograma programado.

En contraste con el desempeño del cronograma, el índice de desempeño del costo (CPI) se mantuvo constante e igual a 1.000 en todos los periodos, este resultado antes que reflejar una gestión económica perfecta, responde a la naturaleza del contrato de ejecución bajo la modalidad de suma alzada, en dicha modalidad, las valorizaciones se determinan aplicando el porcentaje de avance realmente ejecutado de cada partida sobre los precios del presupuesto contractual, de manera que el costo real registrado (AC) coincide con el valor ganado (EV) mientras no se aprueben adicionales de obra, produciendo de forma estructural un CPI igual a la unidad, esta constatación reviste especial relevancia para los fines de la presente investigación, pues revela una limitación fundamental del control de costos contractual tradicional: dicho control resulta ciego al sobre costo real del proyecto.

Al valorizar exclusivamente a precios de expediente, el CPI transmite una falsa sensación de control económico: oculta que el sobre costo del proyecto no nace del avance contractual, sino de los mayores metrados realmente requeridos frente a los previstos en el expediente técnico. Esa diferencia es justamente la que el modelado BIM cuantificó de manera objetiva, al poner en evidencia desviaciones de metrado que el seguimiento contractual no registraba y que explican la verdadera fuente del sobre costo detectado.

De este modo, la técnica del valor ganado aplicada al Pabellón A cumple una doble función en el marco del modelo propuesto: por un lado, cuantifica objetivamente la desviación de plazo mediante el SPI; y por otro, al evidenciar la insuficiencia del CPI contractual, justifica la necesidad de complementar el control tradicional con herramientas de verificación técnica como el modelado BIM, capaces de anticipar las desviaciones de metrado y costo antes de que se materialicen durante la ejecución.

4.1.4. Análisis estadístico inferencial

Para el contraste de la hipótesis H4 se trabajó con la variable Dif_BIM, definida como la diferencia porcentual entre el metrado obtenido mediante BIM y el del expediente técnico, calculada para cada una de las 18 partidas con metrado comparable de las cuatro especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas), el uso de la diferencia porcentual, en lugar de la diferencia absoluta, permitió integrar en un mismo análisis partidas medidas en distintas unidades (m^2 , m^3 , metros lineales y kilogramos), expresando todas las variaciones en una escala común y comparable.

Procedimiento del análisis estadístico de los metrados

El contraste estadístico de la hipótesis H4 se desarrolló siguiendo cuatro pasos secuenciales, ejecutados con el apoyo del software IBM SPSS Statistics y de hojas de cálculo en Microsoft Excel, este procedimiento se describe a continuación de manera detallada, con el fin de garantizar su replicabilidad.

Paso 1. Construcción de la base de datos pareada. A partir de la verificación realizada sobre el modelo BIM, se conformó una base de 18 pares de datos, en la que cada par corresponde a una partida con su metrado del expediente y su metrado BIM, y se calculó para cada una la diferencia porcentual (Dif_BIM).

Paso 2. Análisis exploratorio y prueba de normalidad. Antes de seleccionar la prueba de contraste, se describió el comportamiento de la variable Dif_BIM mediante estadísticos descriptivos y gráficos, y se evaluó su normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, adecuada para muestras pequeñas.

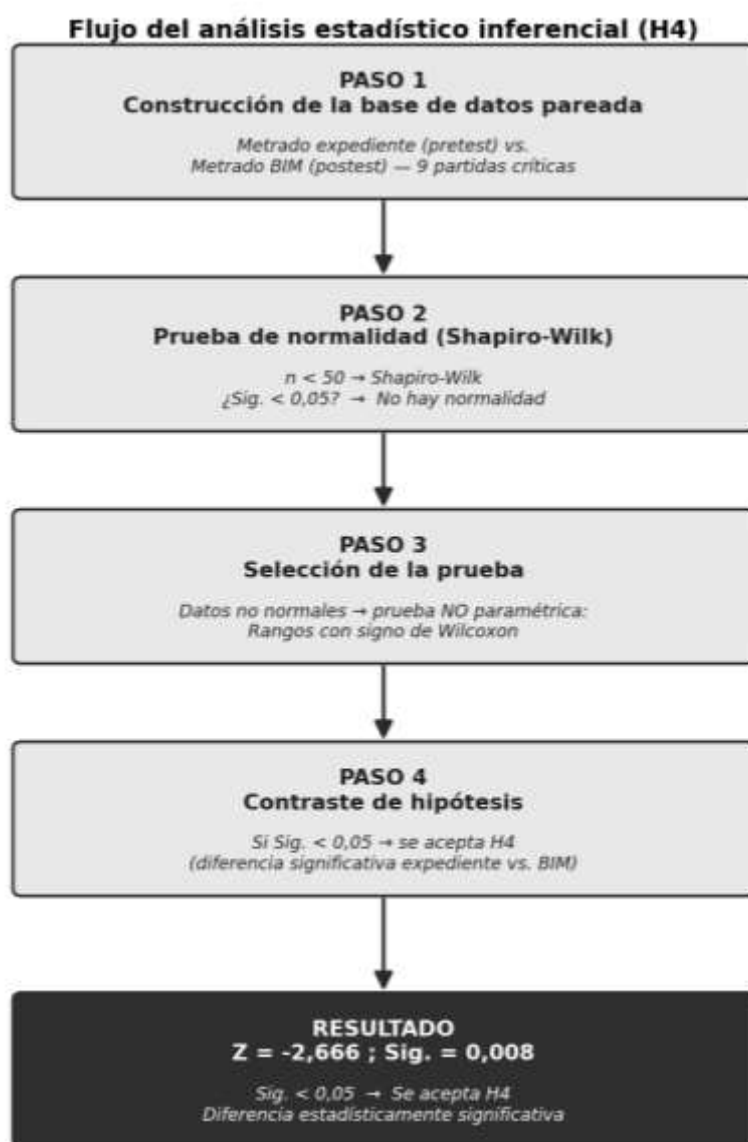
Paso 3. Selección de la prueba estadística. Como la prueba de normalidad indicó que los datos siguen una distribución normal, se seleccionó la prueba t de Student para una muestra, que

permite comparar la media de las diferencias porcentuales frente al valor de referencia cero (ausencia de diferencia).

Paso 4. Contraste de hipótesis y decisión. Finalmente, se ejecutó la prueba t de Student en SPSS, se calculó el tamaño del efecto (d de Cohen) y se contrastó la significancia obtenida frente al nivel de 0.05 para decidir sobre la hipótesis H4.

Figura 29

Flujo del procedimiento del análisis estadístico inferencial



Nota. Elaboración propia

El análisis estadístico inferencial tuvo como objetivo comprobar la hipótesis H4, es decir, determinar si la diferencia entre los metrados del expediente técnico y los obtenidos mediante BIM es estadísticamente significativa, el procedimiento siguió tres etapas: primero se describieron los datos (estadísticos descriptivos), luego se verificó si seguían una distribución normal (prueba de Shapiro-Wilk) y, finalmente, se aplicó la prueba de contraste adecuada (prueba t de Student).

En primer lugar, los estadísticos descriptivos, presentados en la Tabla 33, resumen el comportamiento de la variable Dif_BIM. La media de las diferencias porcentuales fue de 13.81 % y la mediana de 14.45 %, lo que indica que, en promedio, el metrado BIM superó al del expediente en torno al 14 %; la diferencia mínima fue de -3.18 % y la máxima de 41.51 %, con una desviación estándar de 13.19, la cercanía entre la media y la mediana, junto con una asimetría baja (0.39), anticipó un comportamiento aproximadamente simétrico, lo que constituyó la primera señal de que la variable podría seguir una distribución normal.

Este comportamiento se confirmó con el análisis gráfico, presentado en las Figuras 30, 31 y 32. El histograma (Figura 30) muestra que las diferencias se distribuyen de forma aproximadamente simétrica alrededor de la media, ajustándose de manera razonable a la curva normal teórica, el gráfico Q-Q normal (Figura 31) refuerza esta observación, ya que los puntos se alinean en su mayoría sobre la diagonal. Por último, el diagrama de cajas (Figura 32) muestra una distribución equilibrada, sin valores atípicos extremos que comprometan la normalidad.

Tabla 33
Estadísticos descriptivos de la diferencia porcentual de metrado (Dif_BIM)

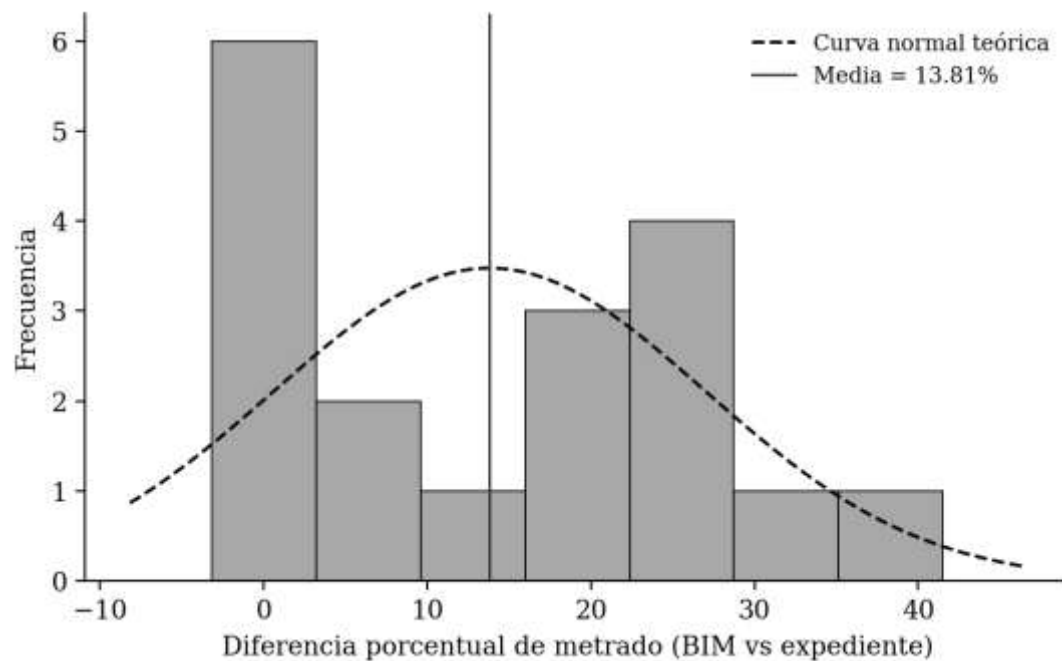
ESTADÍSTICO	VALOR
N (partidas)	18
Media (%)	13.81
Error estándar de la media	3.11
Intervalo de confianza 95% (límite inferior)	7.25

Intervalo de confianza 95% (límite superior)	20.37
Mediana (%)	14.45
Desviación estándar	13.19
Varianza	173.96
Mínimo (%)	-3.18
Máximo (%)	41.51
Rango	44.69
Asimetría	0.39
Curtosis	-0.90

Nota. Elaboración propia, a partir de la salida de IBM SPSS Statistics.

Figura 30

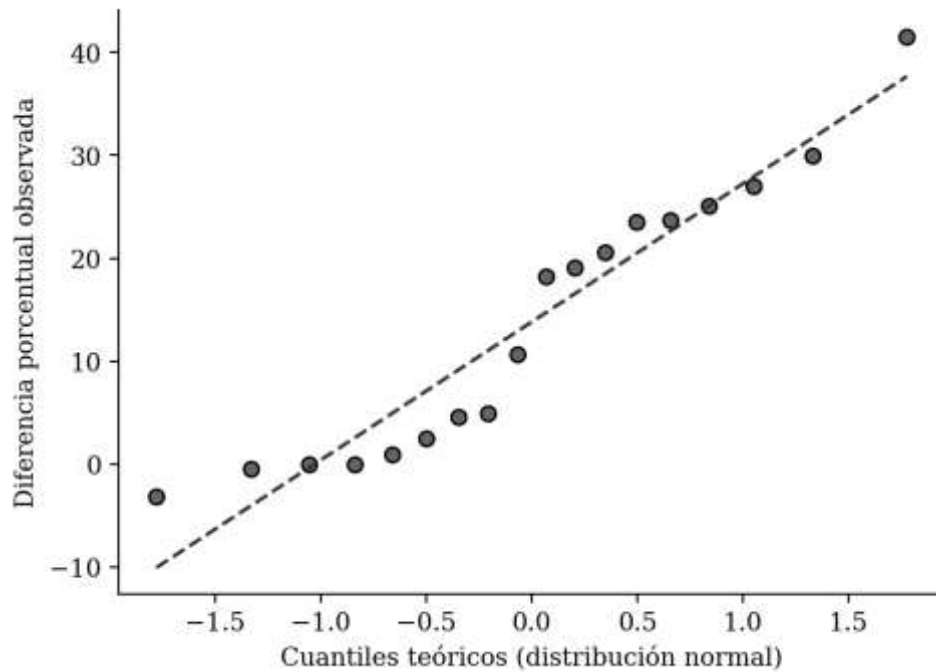
Histograma de la variable Dif_BIM con curva normal teórica



Nota. Elaboración propia, la curva discontinua representa la distribución normal teórica; la distribución aproximadamente simétrica de las diferencias respalda el supuesto de normalidad.

Figura 31

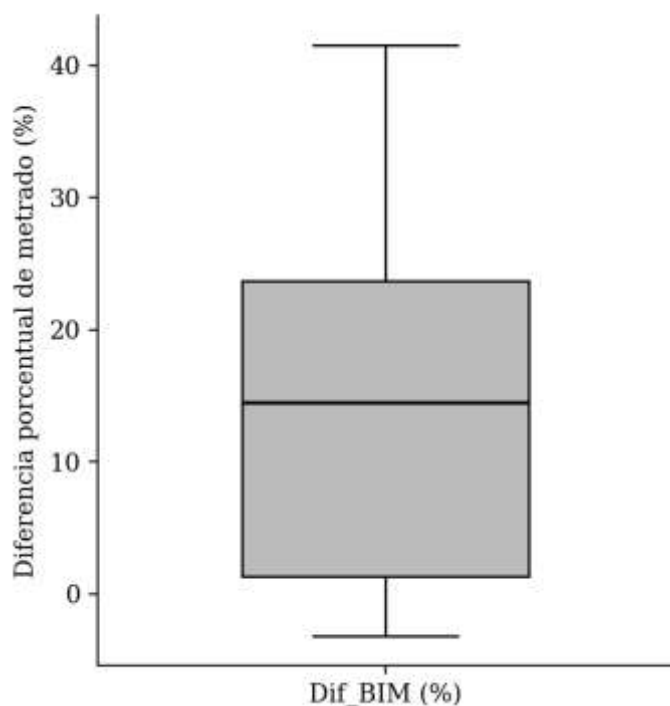
Gráfico Q-Q normal de la variable Dif_BIM



Nota. Elaboración propia, la alineación de los puntos sobre la diagonal indica el ajuste de los datos a la distribución normal.

Figura 32

Diagrama de cajas de la variable Dif_BIM



Nota. Elaboración propia, la distribución equilibrada de la caja y la ausencia de valores atípicos extremos confirman la simetría de las diferencias porcentuales.

Tabla 34*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Dif_BIM*

	SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
Dif_BIM (%)	0.915	18	0.105

Nota. Elaboración propia

Para comprobar formalmente la normalidad se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras pequeñas (menos de 50 casos), la regla de decisión es la siguiente: si la significancia (Sig.) es mayor que 0.05, los datos siguen una distribución normal, como se observa en la Tabla 34, la variable Dif_BIM obtuvo un estadístico $W = 0.915$ con 18 grados de libertad y una significancia de 0.105, valor superior a 0.05. Por lo tanto, se concluye que las diferencias porcentuales de metrado siguen una distribución normal.

Esta conclusión es determinante para elegir la prueba de contraste: al cumplirse el supuesto de normalidad, corresponde aplicar la prueba paramétrica t de Student para una muestra, que compara la media de las diferencias porcentuales frente al valor de referencia cero, si dicha media difiere significativamente de cero, se concluye que existe una diferencia real entre ambos metrados.

Tabla 35*Estadísticas de la muestra para la prueba t de la variable Dif_BIM*

	N	MEDIA (%)	DESV. EST.	ERROR EST.
Dif_BIM (%)	18	13.81	13.19	3.11

Nota. Elaboración propia

La Tabla 35 presenta las estadísticas de la muestra empleadas en la prueba: las 18 partidas registraron una diferencia porcentual media de 13.81 %, con una desviación estándar de 13.19 y un error estándar de la media de 3.11; el hecho de que la media sea claramente positiva anticipa que el metrado BIM tiende a ser mayor que el del expediente.

En efecto, de las 18 partidas analizadas, 14 presentaron un metrado BIM mayor que el del expediente, 3 mostraron diferencias negativas de magnitud mínima (inferiores al 1 % en dos de los tres casos) y 1 resultó prácticamente igual, lo que confirma una tendencia generalizada a la subestimación en la cuantificación convencional.

Tabla 36

Prueba t de Student para una muestra de la variable Dif_BIM

ESTADÍSTICO	VALOR
t	4.441
gl	17
Sig. (bilateral)	< 0.001
Diferencia de medias (%)	13.81
d de Cohen	1.05

Nota. Elaboración propia

La Tabla 36 resume la decisión final; la prueba t de Student para una muestra arrojó un valor $t = 4.441$ con 17 grados de libertad y una significancia bilateral de 0.001, inferior a 0.05. Aplicando la regla de decisión ($\text{Sig.} < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se confirma que la diferencia entre los metrados del expediente y los del modelo BIM es estadísticamente significativa, en consecuencia, se acepta la hipótesis H4.

Para complementar la significancia con una medida de la magnitud de la diferencia, se calculó el tamaño del efecto mediante el coeficiente d de Cohen, obteniéndose $d = 1.05$; según los criterios de interpretación de tamaños del efecto (Fritz, Morris y Richler, 2012), donde 0.2 corresponde a un efecto pequeño, 0.5 a uno mediano y 0.8 a uno grande, este valor representa un efecto grande, lo que indica que la diferencia entre ambos metrados no solo es estadísticamente significativa, sino también de magnitud considerable en términos prácticos.

De este modo, el valor $t = 4.441$ y la significancia obtenida confirman que la diferencia observada no responde al azar, sino que refleja una subestimación sistemática del expediente

técnico frente al modelo BIM, presente de manera transversal en las cuatro especialidades analizadas.

Los resultados muestran, en suma, que con BIM fue posible identificar diferencias significativas y sistemáticas en la cuantificación de los metrados respecto del expediente técnico, ello respalda la hipótesis H4 y acredita la capacidad del modelo para detectar y medir desviaciones que, de otro modo, habrían quedado ocultas en la documentación convencional.



4.2. Discusiones

4.2.1. Discusión sobre el diagnóstico inicial (pretest)

El diagnóstico inicial evidenció un escenario de riesgo elevado en el Pabellón A: una exposición global de 113 puntos distribuida en siete riesgos, encabezados por las deficiencias del expediente técnico (25 puntos) y las incompatibilidades entre especialidades (20 puntos), junto con 50 no conformidades y retrabajos y un desempeño temporal comprometido, expresado en un índice de desempeño del cronograma (SPI) de 0.705; el patrón coincide con lo señalado por Numan (2024), quien sostiene que la fragmentación de la información multidisciplinaria incrementa la incertidumbre en la gestión de proyectos, y con la Contraloría General de la República (2025), que identifica las deficiencias de los expedientes técnicos como una de las principales causas de adicionales, ampliaciones de plazo y paralizaciones en la obra pública peruana.

En consecuencia, el diagnóstico confirmó que la ausencia de mecanismos integrados de coordinación y control durante la elaboración del expediente y la ejecución constituyó la fuente principal de las desviaciones técnico-económicas observadas.

4.2.2. Discusión sobre la evaluación posterior (postest)

Las mayores diferencias identificadas se concentraron en el encofrado de vigas y en las especialidades de instalaciones sanitarias y eléctricas, donde el modelado BIM permitió representar con mayor precisión los recorridos reales de tuberías y canalizaciones y las superficies de encofrado, esta situación evidencia que el modelado tridimensional capta detalles geométricos que el metrado convencional tiende a subestimar.

Por otro lado, la compatibilización digital de las cuatro especialidades permitió identificar interferencias que difícilmente habrían sido detectadas mediante la revisión convencional de

planos bidimensionales, esta detección temprana fortaleció la capacidad preventiva del proyecto, reduciendo la probabilidad de retrabajos, modificaciones en campo y ampliaciones de plazo, en coincidencia con Banerjee, Putta y Mohan (2021), quienes señalan que la gestión moderna de riesgos requiere herramientas capaces de anticipar conflictos técnicos antes de que generen impactos económicos y operativos.

Resulta necesario precisar el alcance de estos hallazgos en función del carácter retrospectivo de la investigación, dado que la obra ya se encontraba ejecutada al momento del estudio, los riesgos, las no conformidades y los retrabajos registrados en el pretest y en el posttest corresponden a los mismos hechos documentales; por lo tanto, el aporte del modelo no consiste en haber reducido efectivamente dichas incidencias en esta obra, sino en haber demostrado su capacidad para detectarlas, cuantificarlas y anticiparlas antes de que se materializaran.

En otras palabras, lo que la presente investigación evidencia es la capacidad de detección y anticipación del modelo (verificable con los datos analizados), y no una reducción real de las incidencias, la cual habría requerido aplicar el modelo durante la ejecución de una obra distinta, esta distinción delimita con precisión el alcance de las conclusiones y evita atribuir al modelo una mejora que no fue objeto de medición en este caso.

4.2.3. Discusión sobre el análisis de valor ganado

El análisis de valor ganado aportó uno de los hallazgos más relevantes de la investigación. Mientras que el índice de desempeño del cronograma ($SPI = 0.705$) cuantificó objetivamente el retraso de la ejecución, el índice de desempeño del costo ($CPI = 1.000$) reveló una limitación estructural del control de costos en los contratos a suma alzada: al valorizarse el avance exclusivamente sobre los precios del presupuesto contractual, el indicador transmite una falsa señal de equilibrio económico y resulta ciego al sobre costo real del proyecto, esta constatación

refuerza el argumento central de la tesis, pues demuestra que el control contractual tradicional, por sí solo, es insuficiente para anticipar las desviaciones, y que se requiere un modelo integrado de gestión de riesgos, control de calidad y BIM para detectarlas oportunamente, su comportamiento es coherente con lo planteado por Numan (2024), quien sostiene que la incorporación de BIM en la gestión de riesgos fortalece la capacidad de anticipación frente a desviaciones de costo y plazo a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La integración entre gestión de riesgos, control de calidad y BIM fortaleció, a su vez, la trazabilidad de la información técnica al reunir cantidades de obra, elementos modelados y observaciones en una misma plataforma, lo que coincide con Shishehgarkhaneh et al. (2024), quien destaca que la trazabilidad de la información es uno de los principales factores para mejorar el control técnico-económico y reducir las desviaciones por errores de coordinación.

Desde la perspectiva de la gestión de riesgos, el modelo permitió identificar y cuantificar la exposición del Pabellón A frente a errores de metrado, incompatibilidades y deficiencias de coordinación, evidenciando que su aplicación oportuna habría reducido dicha exposición. La identificación de discrepancias y la validación mediante BIM fortalecieron la capacidad de respuesta, al permitir fundamentar las decisiones en información más precisa y verificable, en línea con lo reportado por Tabejamaat et al. (2024).

La principal contribución del modelo, entonces, no se agota en detectar diferencias de metrado o interferencias: consiste en convertir información dispersa en conocimiento útil para decidir, con lo que se fortalece el desempeño técnico-económico y se reduce la incertidumbre de la ejecución. Ello confirma que las metodologías colaborativas basadas en BIM son una alternativa viable para mejorar la gestión de proyectos de infraestructura educativa.

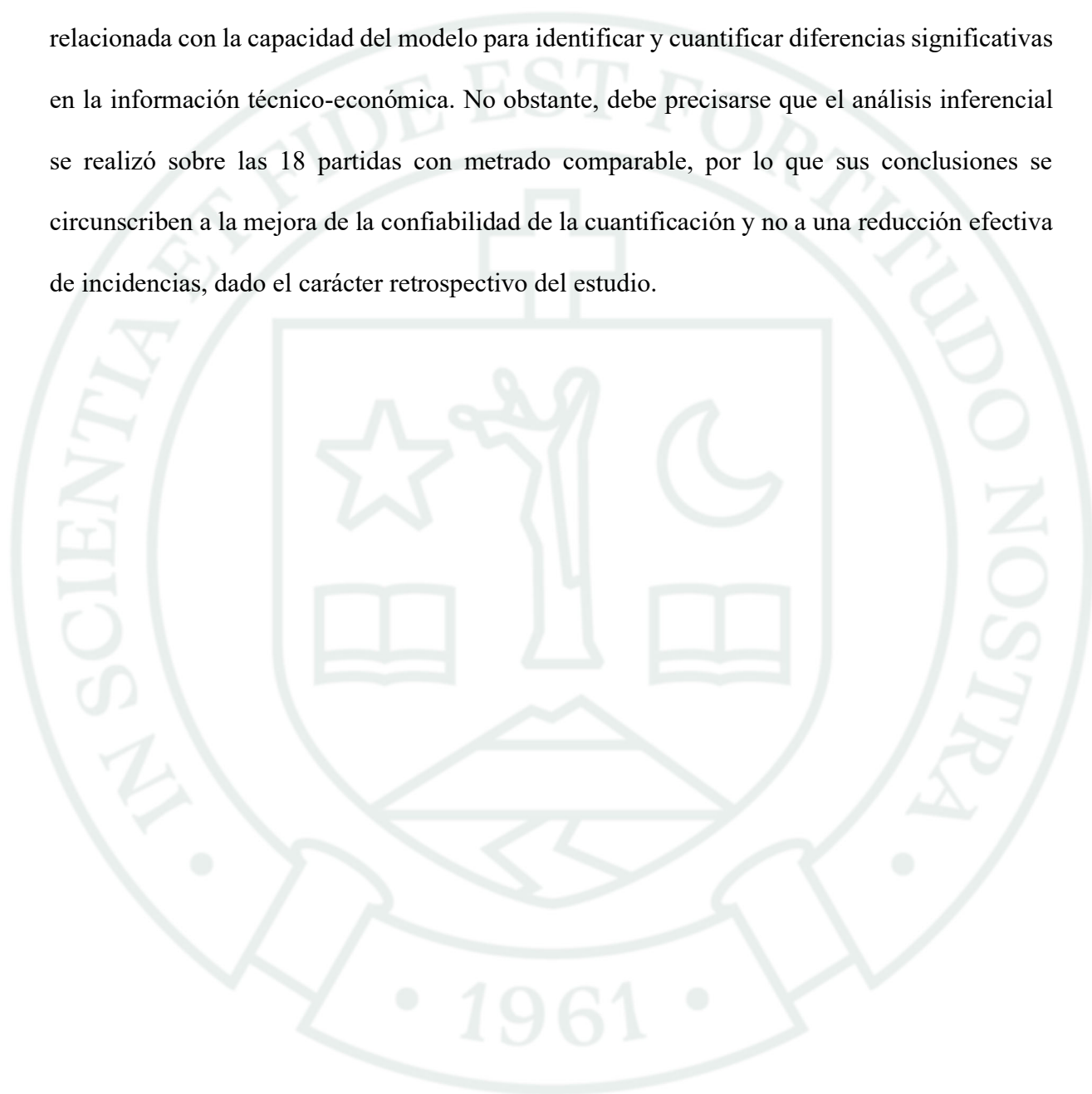
4.2.4. Discusión sobre análisis estadístico inferencial

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a la variable Dif_BIM obtuvo un valor de significancia de 0.105, superior a 0.05, por lo que se confirmó la distribución normal de las diferencias y se optó por la prueba paramétrica t de Student. El contraste de H4 se sustentó en la significancia bilateral de esta prueba ($t = 4.441$; $gl = 17$; $p < 0.001$); al ser menor que 0.05, se rechazó la hipótesis nula y se confirmó que las diferencias entre los metrados del expediente técnico y los obtenidos mediante BIM son estadísticamente significativas, cabe precisar que el hallazgo relevante no reside únicamente en la significancia estadística, sino en la dirección sistemática y la magnitud de la diferencia: en 14 de las 18 partidas el metrado BIM resultó mayor que el del expediente, lo que revela una subestimación consistente del expediente técnico, y el tamaño del efecto obtenido ($d = 1.05$) confirma que dicha diferencia es de magnitud considerable.

Este resultado refuerza la idea de que BIM va más allá de representar tridimensionalmente la edificación: sustenta decisiones preventivas de costo, plazo y calidad; la diferencia significativa hallada demuestra que la herramienta detectó variaciones de metrado cuantificables antes de que derivaran en riesgos de ejecución, en línea con Tabejamaat, Ahmadi y Barmayehvar (2024) y con Chen y Luo (2014), para quienes integrar BIM en la gestión de la calidad y los riesgos ayuda a reducir retrasos y sobrecostos al anticipar incompatibilidades y afinar la precisión de la información técnica.

En la misma línea, los aportes de Velazco Chávez (2022), Chenya et al. (2022), Banerjee et al. (2021) y Shishehgarkhaneh et al. (2024) coinciden en que las herramientas digitales de información estructurada mejoran la gestión de riesgos y la eficiencia operativa en la construcción, mientras que Vargas Cirilo et al. (2024) aporta el enfoque de gestión de riesgos de proyecto aplicado al contexto peruano.

El hecho de que 14 de las 18 partidas presentaran un metrado BIM mayor que el del expediente indica que este último tiende a subestimar las cantidades de obra, discrepancias que, de no haberse identificado oportunamente, habrían constituido fuentes de riesgo presupuestal y de plazo; en conjunto, el resultado de la prueba t de Student respalda la hipótesis específica relacionada con la capacidad del modelo para identificar y cuantificar diferencias significativas en la información técnico-económica. No obstante, debe precisarse que el análisis inferencial se realizó sobre las 18 partidas con metrado comparable, por lo que sus conclusiones se circunscriben a la mejora de la confiabilidad de la cuantificación y no a una reducción efectiva de incidencias, dado el carácter retrospectivo del estudio.



CONCLUSIONES

- **Primera.** Se diagnosticó el nivel inicial del desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, identificándose 7 riesgos técnico-económicos mediante la matriz de riesgos, de los cuales 2 alcanzaron nivel crítico (R-01: deficiencias del expediente técnico, severidad = 25; R-02: incompatibilidades entre especialidades, severidad = 20) y 5 alcanzaron niveles alto y medio (retrabajos y ampliaciones de plazo con severidad = 16; deficiencias en control de calidad con severidad = 15). En las partidas se registraron desviaciones de costo de hasta -26.31 % (concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ para vigas, de S/. 477.01 a S/. 351.48) y de hasta +14.28 % (encofrado y desencofrado de sobrecimientos, de S/. 64.63 a S/. 73.86); asimismo, se registraron 50 no conformidades y retrabajos: 12 estructurales, 9 arquitectónicas, 8 eléctricas, 6 sanitarias y 15 retrabajos ejecutados. En cuanto al desempeño temporal, el Pabellón A presentó un avance físico por debajo de lo programado en todos los periodos evaluados, con un índice de desempeño del cronograma (SPI) global de 0.705, lo que evidenció un retraso sostenido respecto del cronograma previsto.
- **Segunda.** Se diseñó y aplicó un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM para el Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, el cual identificó un total de 57 interferencias entre especialidades mediante la metodología BIM: 18 entre estructuras y arquitectura, 14 entre arquitectura e instalaciones sanitarias, 11 entre arquitectura e instalaciones eléctricas, 7 entre estructuras e instalaciones sanitarias, 2 entre estructuras e instalaciones eléctricas y 5 entre instalaciones eléctricas y sanitarias. El modelo incorporó la categorización de los 7 riesgos identificados en 4 grupos (técnicos, de calidad, económicos y de plazo), con asignación de responsables y acciones de

respuesta para cada uno, estableciendo mecanismos preventivos orientados a reducir las desviaciones técnico-económicas detectadas en el diagnóstico inicial.

- **Tercera.** Se evaluó el nivel posterior del desempeño técnico-económico del Pabellón A mediante la comparación entre los metrados del expediente técnico y los generados por el modelo BIM en las 18 partidas con metrado comparable de las cuatro especialidades, las diferencias porcentuales más relevantes se registraron en encofrado de vigas (+41.51 %), tubería PVC de 4" (+29.99 %), red de distribución de 1" (+26.99 %), red de distribución de 1/2" (+25.08 %), tubería PVC de 2" (+23.70 %), tubería PVC-SAP de 25 mm (+23.50 %) y tubería PVC-SAP de 50 mm (+20.59 %). En las partidas de estructuras de concreto las diferencias fueron menores (entre 0 % y +19 %), y solo tres partidas presentaron diferencias negativas de magnitud mínima (acero de refuerzo en losa, -3.18 %, y dos por debajo del 1 %), en conjunto 14 de las 18 partidas registraron un metrado BIM mayor que el del expediente, con una subestimación porcentual media de 13.81 %, lo que evidencia una subestimación sistemática en la cuantificación convencional capaz de generar desviaciones de costo durante la ejecución, asimismo de manera referencial, que esta subestimación media (13.81 %) guarda coherencia con el incremento del 11.40 % entre el presupuesto inicial y el actualizado del expediente técnico (Tabla 8), aunque se miden sobre parámetros distintos (18 partidas del Pabellón A frente al proyecto en su conjunto) y no constituyen una equivalencia directa, ambos indicadores apuntan en la misma dirección y respaldan de manera indiciaria la magnitud de la subestimación sistemática identificada mediante el modelo BIM.
- **Cuarta.** La aplicación de la técnica del valor ganado al Pabellón A reveló un desempeño deficiente del cronograma, con un índice de desempeño del cronograma (SPI) global de 0.705, lo que confirma objetivamente el retraso asociado a las ampliaciones de plazo

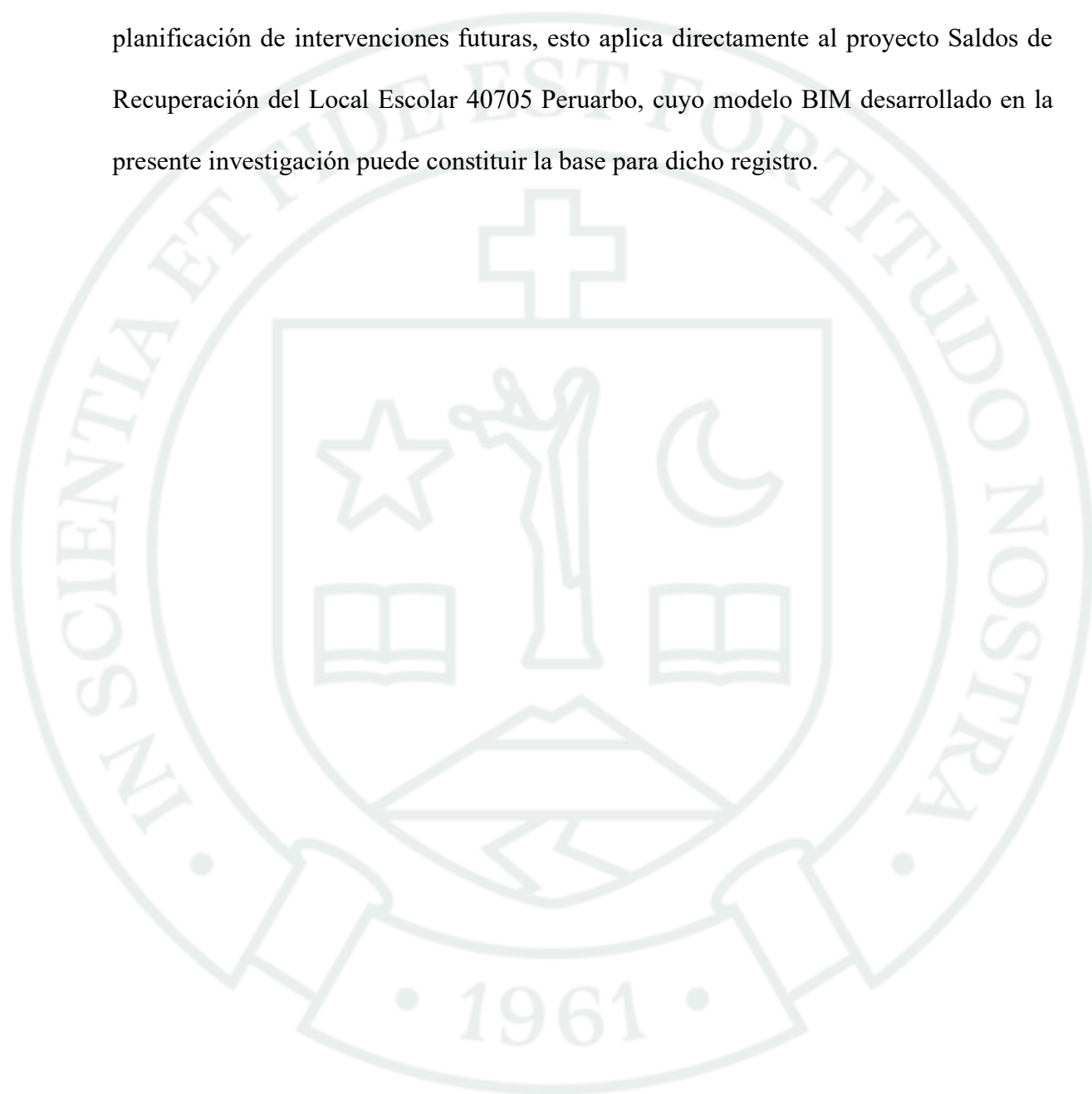
identificadas en el diagnóstico. De manera complementaria, el índice de desempeño del costo (CPI) se mantuvo constante e igual a 1.000 debido a la modalidad de contratación a suma alzada, lo que evidenció una limitación fundamental del control de costos tradicional: su incapacidad para reflejar el sobre costo real del proyecto, este hallazgo justifica la necesidad de complementar el control contractual con un modelo integrado de gestión de riesgos, control de calidad y BIM, capaz de anticipar las desviaciones que el indicador contractual no detecta.

- **Quinta.** El análisis inferencial determinó que las diferencias entre los metrados del expediente técnico y los obtenidos mediante BIM fueron estadísticamente significativas: la prueba t de Student para una muestra arrojó $t = 4.441$ ($gl = 17$) con una significancia de $p < 0.001$, menor a 0.05, y un tamaño del efecto grande (d de Cohen = 1.05). El modelado BIM sacó a la luz, así, variaciones relevantes que el expediente técnico no había advertido; el contraste estadístico confirmó, además, que el uso de BIM fortalece el control técnico-económico del proyecto: hizo posible reconocer diferencias en las partidas evaluadas, ganar precisión en los metrados y reducir el riesgo de omisiones, retrabajos o desviaciones durante la ejecución de la obra.

RECOMENDACIONES

1. Al Ministerio de Educación (MINEDU) se recomienda incorporar la metodología BIM como requisito técnico obligatorio en los expedientes de proyectos de infraestructura educativa, estableciendo un nivel mínimo de desarrollo BIM (LOD 300) para las cuatro especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas), en concordancia con el Plan BIM Perú del Ministerio de Economía y Finanzas y la Ley N.º 32069, ello habría permitido detectar, en etapa de diseño, las 57 interferencias entre especialidades identificadas retrospectivamente en el presente estudio.
2. A la Supervisión de obra se recomienda implementar protocolos de revisión BIM como componente obligatorio del control de calidad durante la revisión del expediente técnico previo al inicio de obra, utilizando herramientas de clash detection (Navisworks o equivalente). De haberse aplicado este protocolo en el proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, las 18 interferencias entre estructuras y arquitectura y las 14 entre arquitectura e instalaciones sanitarias habrían podido resolverse antes de la ejecución, evitando parte de los 15 retrabajos registrados.
3. Al Contratista se recomienda adoptar el Plan de Ejecución BIM (BEP) desde la propuesta técnica, designando un BIM Manager responsable de la coordinación interdisciplinaria, el control de versiones del modelo y la validación de metrados, conforme a los estándares del BIM Fórum Perú. La validación BIM de metrados en las 18 partidas evaluadas en este estudio habría corregido diferencias de cuantificación de hasta +41.51 % en el encofrado de vigas y +29.99 % en la tubería PVC de 4" de instalaciones sanitarias antes del inicio de obra.

4. A las Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL) y Gobiernos Regionales se recomienda exigir, como parte del proceso de liquidación de obra, la entrega de modelos BIM As-Built de la infraestructura ejecutada, de modo que las instituciones educativas cuenten con información digital verificable para el mantenimiento preventivo y la planificación de intervenciones futuras, esto aplica directamente al proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, cuyo modelo BIM desarrollado en la presente investigación puede constituir la base para dicho registro.



REFERENCIAS

- Abdullah, Z. O., Çelik, T., & Çelik, T. (2025). Proposing an affordable real-time camera-based safety and quality management framework for construction industries in developing countries. *Buildings*, 15(2), 156. <https://doi.org/10.3390/buildings15020156>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting EIRL.
- Banerjee Chattapadhyay, D., Putta, J., & Rao P, R. M. (2021). Risk identification, assessments, and prediction for mega construction projects: A risk prediction paradigm based on cross analytical-machine learning model. *Buildings*, 11(4), 172. <https://doi.org/10.3390/buildings11040172>
- Barzola, E. (2019). Gestión de la calidad - PMBOK y costos de calidad de viviendas techo propio (Chilca - Huancayo) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6328>
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research. Rand McNally.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2019). Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales (3.ª versión). CENEPRED.
- Chaves Castro, D. (2020). Metodología para la gestión de proyectos y la trazabilidad de la información en la empresa Jiménez y Chacón Constructores S.A. [Trabajo de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12335>
- Chávez Vásquez, G. Y. (2021). Caracterización de las técnicas y herramientas de gestión de riesgos en proyectos de obras civiles [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Chen, L., & Luo, H. (2014). A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, 46, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>
- Chenya, L., Aminudin, E., Mohd, S., & Yap, L. S. (2022). Intelligent risk management in construction projects: Systematic literature review. *IEEE Access*, 10, 72936-72954. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3189157>
- Congreso de la República del Perú. (2014). Ley N.º 30225, Ley de Contrataciones del Estado. Diario Oficial El Peruano.

- Congreso de la República del Perú. (2024). Ley N.º 32069, Ley General de Contrataciones Públicas. Diario Oficial El Peruano.
- Contraloría General de la República. (2025). Reporte sobre obras públicas paralizadas y deficiencias en expedientes técnicos. Contraloría General de la República del Perú. <https://infobras.contraloria.gob.pe/InfobrasWeb/Infografias/Paralizadas>
- Elsherbeny, H. A., Gunduz, M., & Ugur, L. O. (2025). A hybrid model for enhancing risk management and operational performance of AEC consultants: An integrated PLS-ANN approach. *Sustainability*, 17(4), 1467. <https://doi.org/10.3390/su17041467>
- European Knowledge Center for Information Technology. (2023). Building Information Modeling (BIM) standards and implementation guidelines. EUKCIT.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2-18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gao, N., Touran, A., Wang, Q., & Beauchamp, N. (2024). Construction risk identification using a multi-sentence context-aware method. *Automation in Construction*, 164, 105466. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105466>
- Gómez Sánchez Soto, R. (2025). Modelo integrado de gestión de riesgos para reducir sobrecostos y retrasos en proyectos de construcción pública en Perú. *Revista Fidelitas*, 6(1), 9-20. <https://doi.org/10.46450/revistafidelitas.v6i1.90>
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana.
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018a). ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). ISO.
- International Organization for Standardization. (2018b). ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. ISO.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). Decreto Supremo N.º 289-2019-EF, que aprueba disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Decreto Supremo N.º 108-2021-EF, que modifica el Decreto Supremo N.º 289-2019-EF. Diario Oficial El Peruano.

- Numan, M. (2024). BIM and risk management: A review of strategies for identifying, analysing and mitigating project risks. *Journal of Engineering Research and Sciences*, 3(1), 20-26. <https://doi.org/10.55708/js0301004>
- Paredes Pinto, J. C. (2019). Gestión de riesgos bajo el enfoque del PMI en obras viales existentes - caso: Puente Bajo Grau, Arequipa - 2018 [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8914>
- Poder Ejecutivo del Perú. (2018). Decreto Legislativo N.º 1444, que modifica la Ley N.º 30225, Ley de Contrataciones del Estado. Diario Oficial El Peruano.
- Pučko, Z., Rednak, G., Denac, M., & Šuman, N. (2026). Decision-making framework for building assemblies using nD BIM: Integration of time, cost, and environmental criteria. *Buildings*, 16(10), 1882. <https://doi.org/10.3390/buildings16101882>
- Project Management Institute. (2021). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) (7.ª ed.). Project Management Institute.
- Rivera, A., Saigua, S., Castillo, T., Andrade, A., & Zárate, A. (2024). Consecuencias en el costo y plazo de proyectos de construcción debido al bajo nivel de uso de la metodología BIM. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(2), 151-160. <https://doi.org/10.7764/RIC.00107.21>
- Shishehgarkhaneh, M. B., Moehler, R. C., Fang, Y., Aboutorab, H., & Hijazi, A. A. (2024). Construction supply chain risk management: A review of literature and industry experience. *Automation in Construction*, 162, 105396. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105396>
- Tabejamaat, S., Ahmadi, H., & Barmayehvar, B. (2024). Boosting large-scale construction project risk management: Application of the impact of building information modeling, knowledge management, and sustainable practices for optimal productivity. *Energy Science & Engineering*, 12(5), 2284-2296. <https://doi.org/10.1002/ese3.1746>
- Varela, J. (2015). Metodología para la gestión de riesgos en proyectos de ingeniería civil bajo los lineamientos del PMI [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. <https://repository.umng.edu.co>
- Vargas Cirilo, H. R., Pariona Arangoitia, J. C., Sánchez Deza, F., & Vásquez Rojas, V. A. (2024). Metodología para la gestión de riesgos en el portafolio de una gerencia de ejecución en una empresa constructora bajo los lineamientos del PMI [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621261>

Velazco Chávez, F. M. (2022). Gestión de riesgos para la optimización del sistema constructivo de puentes de grandes luces en el Perú, año 2021 [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5356>

Vidal Sedano, E. M. (2024). La gestión de riesgos en la planificación de ejecución de obra con la metodología del PMI - caso de estudio: saneamiento integral del anexo de Casa Blanca del distrito de Pomacancha, provincia de Jauja - Junín [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16028>



ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

Tabla 37

Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
General: ¿En qué medida la aplicación post-ejecución de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM influye en el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo?	General: Determinar en qué medida la aplicación retrospectiva (post-ejecución) de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM mejora el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo.	General: La aplicación retrospectiva de un modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM mejora el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo.	Independiente (VI): Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM. Dependiente (VD): Desempeño técnico-económico del Pabellón A.	VI: Gestión de riesgos; Control de calidad; Coordinación BIM. VD: Desempeño de costo; Desempeño de plazo; Calidad técnica; Exposición al riesgo.	Nº de riesgos y nivel de exposición; Nº de no conformidades y retrabajos; Nº de interferencias detectadas (clash detection); % de desviación de costo y plazo; diferencia de metros expediente vs. BIM.	Enfoque: Cuantitativo. Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño: Preexperimental (pretest-posttest, un solo grupo). Esquema: G: O1 - X - O2.

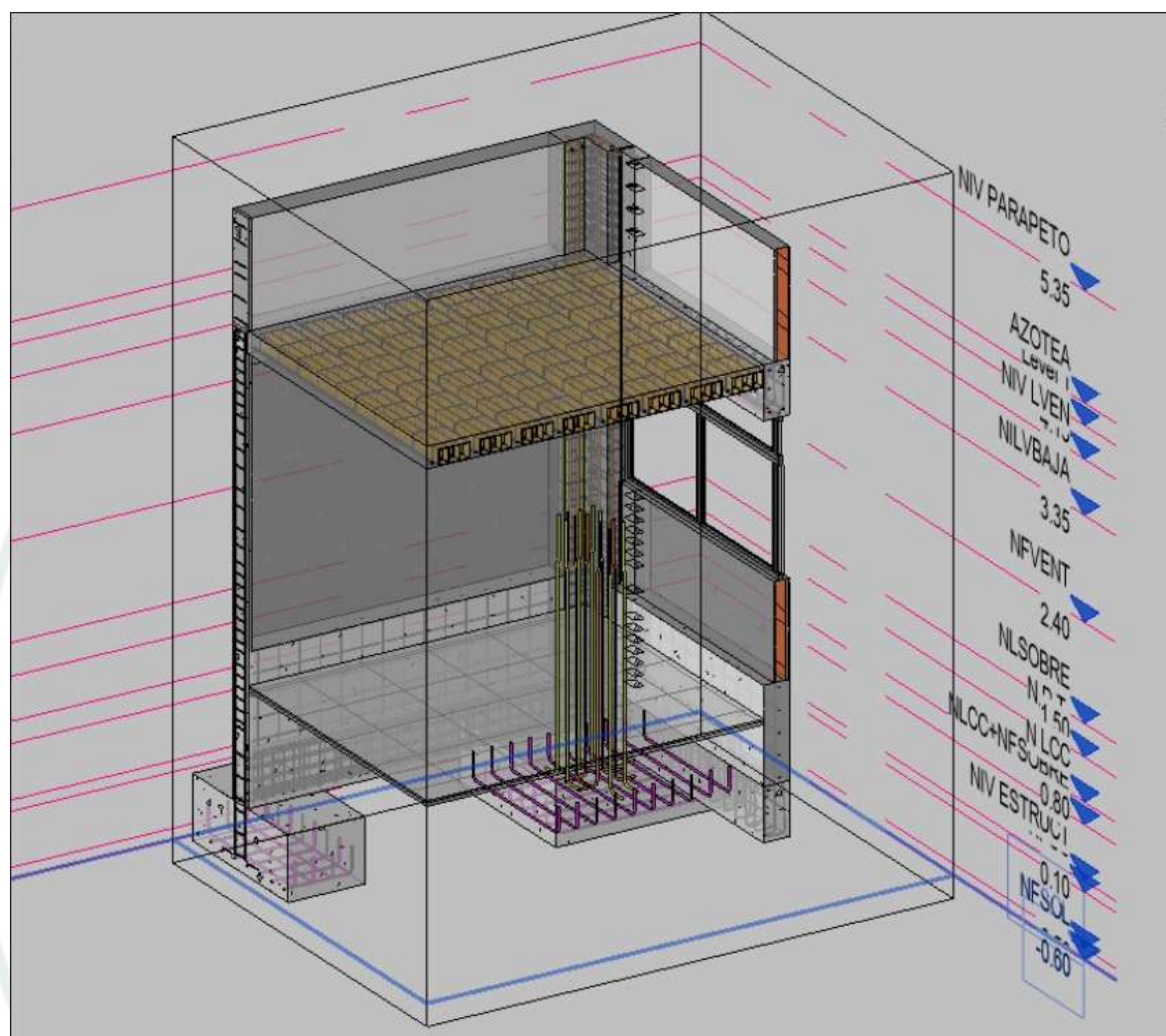
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICAS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
PE1: ¿Cuál es el nivel inicial (pretest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A, considerando desviaciones de costo y plazo, no conformidades, interferencias y exposición al riesgo? PE2: ¿Qué resultados se obtienen en el desempeño técnico-económico del Pabellón A tras la aplicación post-ejecución del modelo (postest)? PE3: ¿Existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados del pretest y del postest del desempeño técnico-económico del Pabellón A?	OE1: Diagnosticar el nivel inicial (pretest) del desempeño técnico-económico del Pabellón A. OE2: Diseñar y aplicar retrospectivamente el modelo sobre el Pabellón A, y evaluar el nivel posterior (postest). OE3: Comparar estadísticamente los resultados del pretest y postest (Shapiro-Wilk; t de Student; $\alpha = 0.05$).	H1: La aplicación del modelo permite identificar y cuantificar el nivel de exposición al riesgo técnico-económico del Pabellón A. H2: La aplicación del modelo permite cuantificar y anticipar las desviaciones de costo y plazo del Pabellón A. H3: La aplicación del modelo permite identificar y anticipar las no conformidades, los retrabajos y las interferencias entre especialidades del Pabellón A. H4: Existe diferencia estadísticamente significativa entre los metrados del expediente técnico (pretest) y los obtenidos mediante BIM (postest).	Análisis documental; fichas de identificación y valoración de riesgos; fichas de ACUs y valorizaciones. Modelado BIM; reportes de clash detection (Navisworks); fichas de control de calidad. Base de datos pareada; software estadístico SPSS

Nota. Elaboración propia

Anexo 2 Modelamiento en BIM

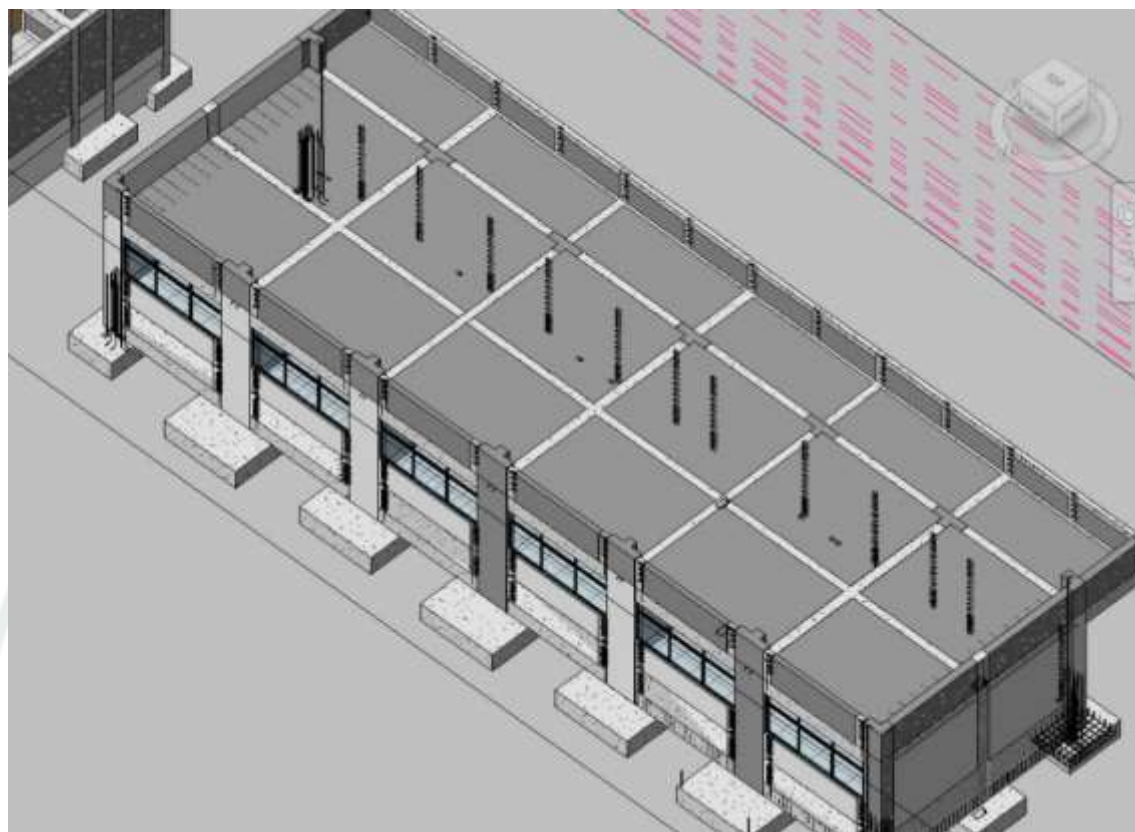
Figura 33

Modelado de vista corte Isométrica Pabellón A



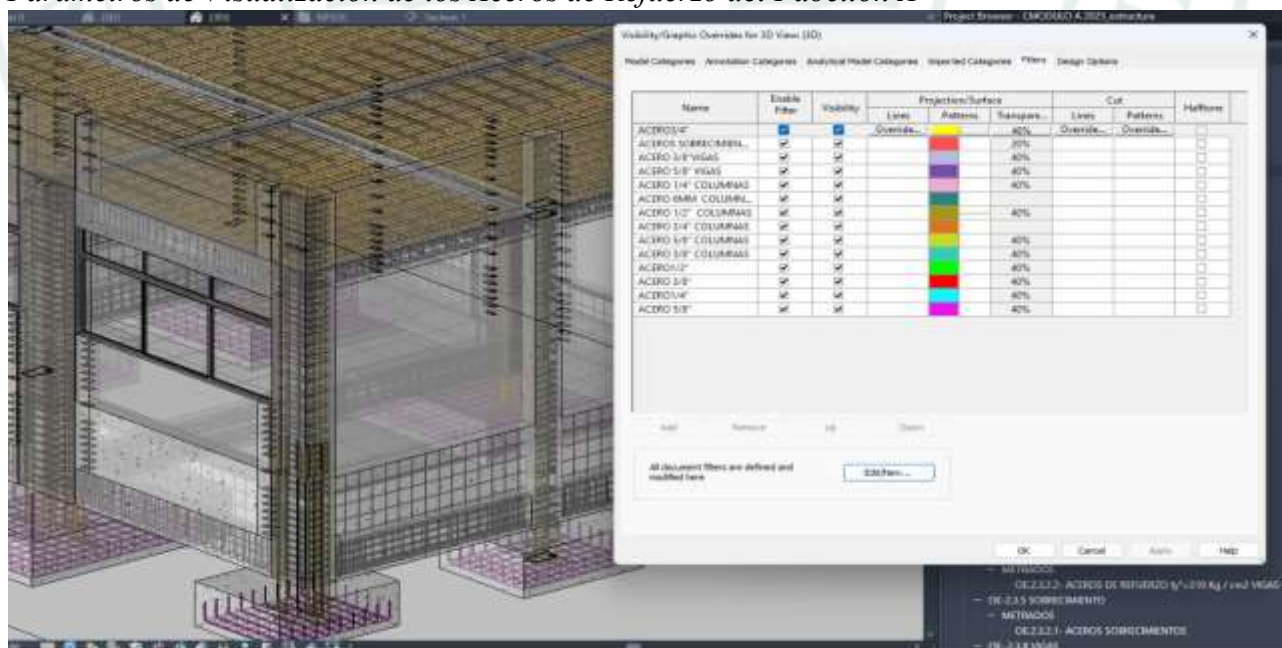
Nota. Elaboración propia

Modelado Pabellón A Estructuras vs Arquitectura



Nota. Elaboración propia

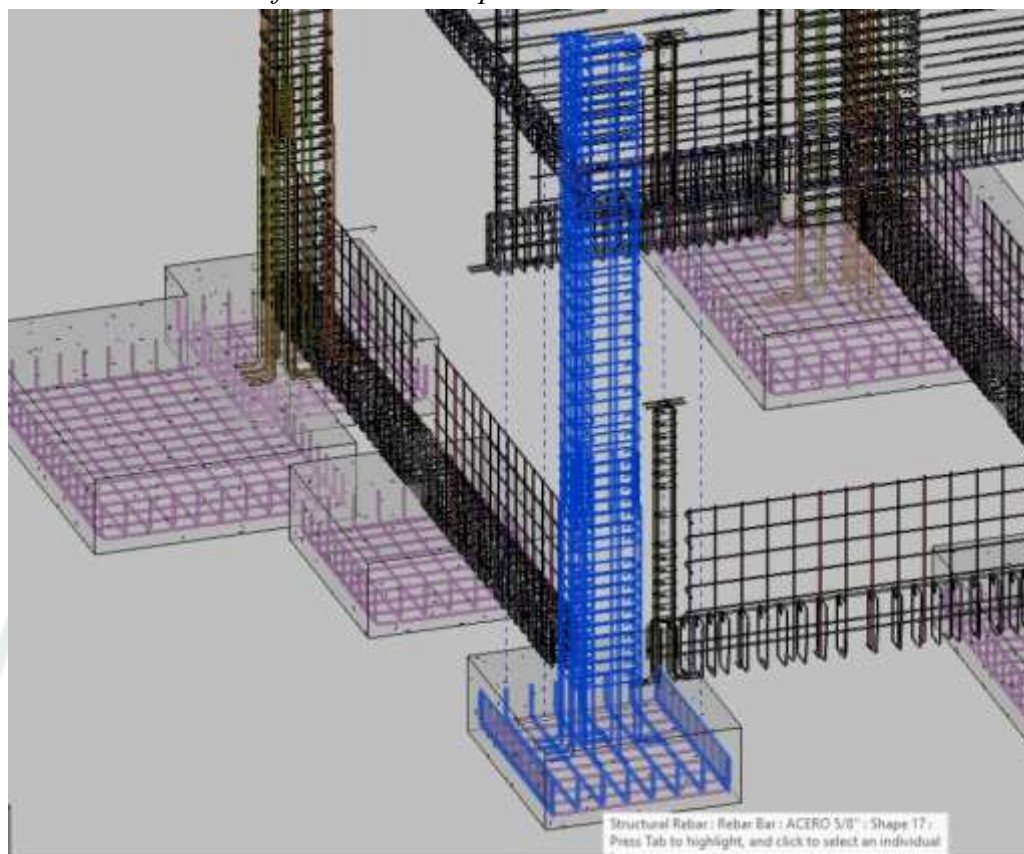
Parámetros de Visualización de los Aceros de Refuerzo del Pabellón A



Nota. Elaboración propia

Figura 36

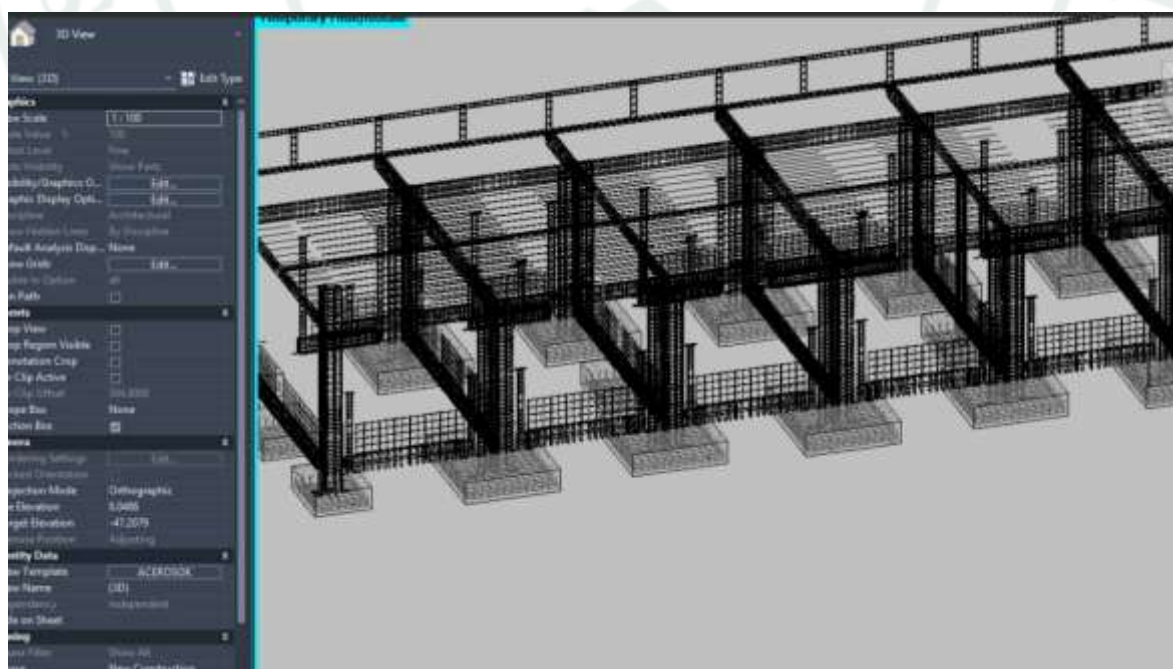
Vista de Acero de Refuerzo de las Zapatas corridas del Pabellón A



Nota. Elaboración propia

Figura 37

Vista 3D del detalle de Acero de Refuerzo del Pabellón A



Nota. Elaboración propia

Anexo 3 Fotos del proyecto

Figura 38

Estado Anterior del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 39

Tarrajeo de Vigas, Muros C: $A=1:5$, $E=1.5\text{cm}$ del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 40

Tarrajeo de Columnas, Mortero C: A=1:5, E=1.5cm del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 41

Tarrajeo de Cielorrasos C: A=1:5, E=1.5cm del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 42

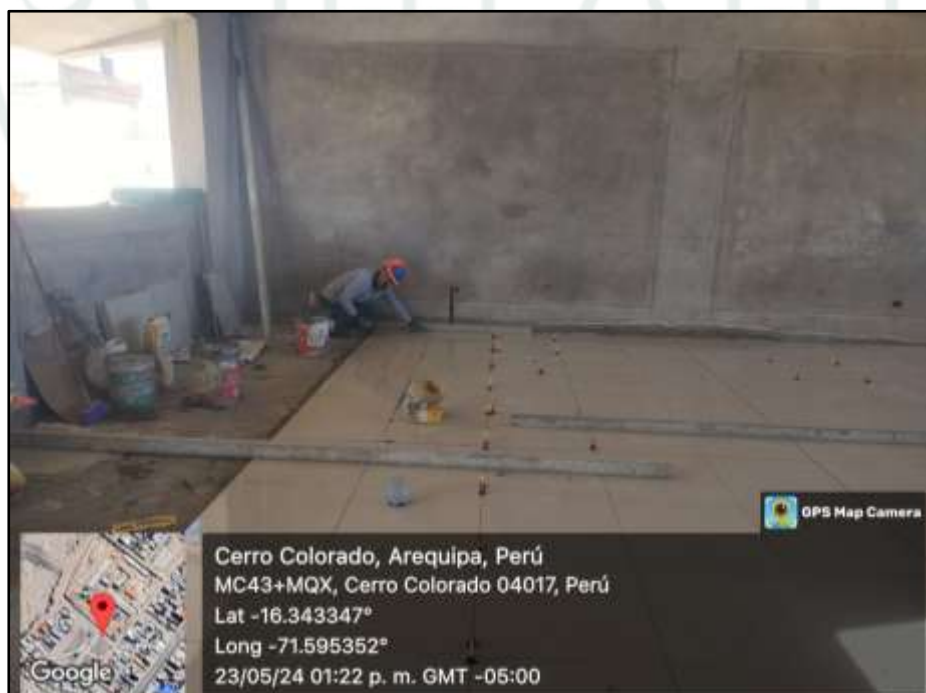
Colocación de concreto en Falso Piso E=0.10m del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 43

Colocación de Piso de Porcelanato de Alto Transito Blanco Marmolizado de 60x60 cm. del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 44

Colocación de Ventanas Metálicas de tubo cuadrado de 1"x1"x1.8mm del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 45

Colocación de Pintura Lavable 02 Manos del Pabellón A



Nota. Foto extraída de la Valorización de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Anexo 4 Documentos Administrativos y Técnicos

Figura 46

Resumen del Presupuesto del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Resumen del Presupuesto		
Proyecto	"SALDOS DE RECUPERACION DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CODIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA. DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"	
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CERRO COLORADO	
Departamento	AREQUIPA	
Provincia	AREQUIPA	
Distrito	AREQUIPA	
Costo a :		Junio - 2023
Item	Descripción Sub presupuesto	Costo Directo
01	ESTRUCTURAS	1,992,248.83
02	ARQUITECTURA	3,200,731.41
03	INSTALACIONES ELECTRICAS	415,187.94
04	INSTALACIONES SANITARIAS	233,985.90
SUB TOTAL COSTO DIRECTO		5,842,154.08
Mano de Obra		2,455,929.81
Materiales		3,017,039.93
Equipo		369,184.34
COSTO DIRECTO		5,851,219.48
GASTOS GENERALES		409,585.36
UTILIDAD		292,560.97
SUB TOTAL		6,553,365.81
IGV.		1,179,605.85
COSTO DE EJECUCION DE OBRA		7,732,971.66
MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO		680,277.71
VALOR REFERENCIAL		8,413,249.37
SUPERVISIÓN DE OBRA		341,137.40
ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO		39,200.00
GASTOS DE GESTION DEL PROYECTO		165,393.00
GASTOS DE LIQUIDACION		30,000.00
FINANCIAMIENTO		8,988,979.77
CONTROL CONCURRENT (2%)		179,779.60
		9,168,759.37
Son : NUEVE MILLONES CIENTO SESENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON 37/100 SOLES		

Nota. Foto extraída del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 47

Riesgo de Diseño y Estudios del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01						
Formato para identificar, analizar y dar respuestas a Riesgos						
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO		Número		1	
			Fecha		13/09/2020	
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO		Nombre del Proyecto		"RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA".	
			Ubicación Geográfica		DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA	
3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS						
3.1 CÓDIGO DE RIESGOS			R1			
3.2 DESCRIPCIÓN DEL RIESGO			RIESGO DE ERRORES O DEFICIENCIAS EN EL DISEÑO AL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA PROYECTADA, TOPOGRAFÍA O ESTUDIO DE SUELOS			
3.3 CAUSA(S) GENERADORA(S)			Causa N° 1		ESTUDIO TOPOGRÁFICO NO COMPATIBLE CON EL TERRENO	
			Causa N° 2		DEFICIENTE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
			Causa N° 3		ERRORES EN LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA PROYECTADA	
4 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS						
4.1 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			4.2 IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA			
Muy baja 0.10			Muy baja 0.05			
Baja 0.30 X			Baja 0.10			
Moderada 0.50			Moderada 0.20			
Alta 0.70			Alta 0.40 X			
Muy alta 0.90			Muy alta 0.80			
Baja 0.300			Alto 0.400			
4.3 PRIORIZACIÓN DEL RIESGO						
Puntuación del Riesgo Probabilidad x impacto			0.120		Prioridad del Riesgo Prioridad moderada	
5 RESPUESTA A LOS RIESGOS						
5.1 ESTRATEGIA			Mitigar Riesgo			
			Aceptar Riesgo X		Evitar riesgo Transferir Riesgo	
5.2 DISPARADOR DE RIESGO			LA MUNICIPALIDAD A TRAVÉS DE LA SUPERVISIÓN REALIZARÁ UN INFORME DETALLADO DE COMPATIBILIDAD DE LA OBRA EXISTENTE CON LOS PLANOS DEL EXPEDIENTE TÉCNICO. ASIMISMO, DEBERÁ ANALIZAR Y EMITIR OPINIÓN TÉCNICA EN REFERENCIA AL ESTUDIO DE SUELOS Y AL DISEÑO DE LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, DURANTE LOS PRIMEROS OCHO DÍAS DE INICIADO EL PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA			
5.3 ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO			REALIZAR UN REPLANTEO SEGÚN DETALLE DE PLANOS ADECUÁNDOSE A LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO PARA EL TENDIDO DE LAS TUBERÍAS, REALIZAR UN NUEVO CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS OBRAS PROYECTADAS			

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 48

Riesgo Por Construcción del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01					
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos					
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	2		
		Fecha	13/09/2020		
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	"RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA".		
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA		
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS				
	3.1 CÓDIGO DE RIESGOS	R2			
	3.2 DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGO DE CONSTRUCCIÓN QUE GENEREN SOBRECOSTOS Y/O SOBREPLOZOS DURANTE EL PERÍODO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA			
	3.3 CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	APROBACIÓN DE ADICIONAL DE OBRA POR DEFICIENCIAS DE EXPEDIENTE TÉCNICO, VICIOS OCULTOS, MAYORES METRADOS, OBRAS COMPLEMENTARIAS		
		Causa N° 2	APROBACIÓN DE AMPLIACIÓN DE PLAZO NO ATRIBUIBLES AL CONTRATISTA		
		Causa N° 3	INCUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRACTUALES POR PARTE DEL CONTRATISTA		
		Causa N° 4	INADECUADO CONTROL DEL ASPECTO PRESUPUESTAL COMO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA		
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS				
	4.1 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	4.2 IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA			
	Muy baja	0.10	Muy baja	0.05	
	Baja	0.30	Baja	0.10	
	Moderada	0.50	Moderada	0.20	X
	Alta	0.70	Alta	0.40	
	Muy alta	0.90	Muy alta	0.80	
	Baja	0.300	Moderado		0.200
	4.3 PRIORIZACIÓN DEL RIESGO				
	Puntuación del Riesgo	Probabilidad x impacto	0.060	Prioridad del Riesgo	Prioridad moderada
5	RESPUESTA A LOS RIESGOS				
	5.1 ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo	
		Aceptar Riesgo		Transferir Riesgo	X
	5.2 DISPARADOR DE RIESGO	ADECUADA SUPERVISIÓN TANTO EN EL ASPECTO PRESUPUESTAL COMO EL DE INGENIERÍA Y VELAR POR EL CUMPLIMIENTO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DEFINITIVOS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL, ENTRE OTROS POR PARTE DE LA ENTIDAD. MANTENER VIGENTE LA CARTA FIANZA DE FIEL CUMPLIMIENTO HASTA EL CONSENTIMIENTO DE LA LIQUIDACIÓN DE OBRA. CONTRATACIÓN DE UN PAQUETE DE SEGUROS CON COBERTURAS DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTE TIPO DE OBRA			
	5.3 ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	EJECUTAR LA CARTA FIANZA DE FIEL CUMPLIMIENTO Y/O DE SER EL CASO LA INTERVENSIÓN ECONÓMICA CON LA FINALIDAD DE CULMINAR LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, GESTIONAR A LA EMPRESA ASEGURADORA, CUBRA LOS RIESGOS OCASIONADOS, SEGÚN EL PAQUETE DE SEGUROS CONTRATADOS, GESTIONAR PRESUPUESTOS PARA ADICIONALES DE OBRA Y VERIFICAR SU CUMPLIMIENTO POR PARTE DE LA ENTIDAD DENTRO DEL MARCO LEGAL DEL RLCE			

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 49

Riesgo de Expropiación de Terrenos del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01					
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos					
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	3		
		Fecha	13/09/2020		
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	"RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA".		
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA		
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS				
	3.1	CÓDIGO DE RIESGOS	R3		
	3.2	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGO DE EXPROPIACIÓN DE TERRENOS PROVOCANDO RETRASO EN EL INICIO DE LA OBRA Y SOBRECOSTO EN LA EJECUCIÓN		
	3.3	CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	QUE EL TERRENO DESTINADO A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA HAYA SIDO INVADIDO POR TERCEROS	
Causa N° 2			NO DISPONIBILIDAD DEL TERRENO DESTINADO A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA		
Causa N° 3					
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS				
	4.1	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	4.2	IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA	
		Muy baja 0.10		Muy baja 0.05	
		Baja 0.30 X		Baja 0.10	X
		Moderada 0.50		Moderada 0.20	
		Alta 0.70		Alta 0.40	
		Muy alta 0.90		Muy alta 0.80	
		Baja 0.300		Bajo 0.100	
	4.3	PROIORIZACIÓN DEL RIESGO			
		Puntuación del Riesgo Probabilidad x impacto	0.030	Prioridad del Riesgo	Baja Prioridad
5	RESPUESTA A LOS RIESGOS				
	5.1	ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo X
			Aceptar Riesgo		Transferir Riesgo
	5.2	DISPARADOR DE RIESGO	VERIFICAR LOS DOCUMENTOS DE PROPIEDAD DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA		
	5.3	ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	REALIZAR EL RECONOCIMIENTO DE LOS LINDEROS Y ÁREAS A INTERVENIR PREVIO A ELABORAR EL ACTA DE ENTREGA DE TERRENO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA EN PRESENCIA Y CIFORMIDAD DE LAS AUTORIDADES, PROFESORES Y PADRES DE FRAMILIA		

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 50

Riesgo Geológico del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01								
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos								
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	4					
		Fecha	13/09/2020					
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	"RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA".					
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA					
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS							
	3.1	CÓDIGO DE RIESGOS	R4					
	3.2	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO QUE SE IDENTIFICA CON DIFERENCIAS SOBRE LO PREVISTO EN LOS ESTUDIOS DE LA FASE DE FORMULACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO					
	3.3	CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	PRESENCIA DE FALLA GEOLÓGICA QUE SE ACTIVE DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA				
			Causa N° 2					
			Causa N° 3					
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS							
	4.1	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			4.2	IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA		
		Muy baja	0.10	X		Muy baja	0.05	
		Baja	0.30			Baja	0.10	
		Moderada	0.50			Moderada	0.20	
		Alta	0.70			Alta	0.40	
		Muy alta	0.90			Muy alta	0.80	X
	Muy baja			0.100	Muy alto			0.800
	4.3	PRIORIZACIÓN DEL RIESGO						
	Puntuación del Riesgo Probabilidad x impacto		0.080	Prioridad del Riesgo	Prioridad moderada			
	5	RESPUESTA A LOS RIESGOS						
5.1	ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo				
		Aceptar Riesgo		Transferir Riesgo	X			
5.2	DISPARADOR DE RIESGO	CONTRATACIÓN DE UN PAQUETE DE SEGUROS DE COBERTURAS DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTE TIPO DE OBRAS						
5.3	ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	GESTIONAR A LA EMPRESA ASEGURADORA CUBRA LOS RIESGOS OCASIONADOS SEGÚN EL PAQUETE DE SEGUROS CONTRATADOS						

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 51

Riesgo de Interferencias del proyecto de “Saldo de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01								
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos								
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	5					
		Fecha	13/09/2020					
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	“RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”.					
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA					
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS							
	3.1	CÓDIGO DE RIESGOS	R5					
	3.2	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGO DE INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS QUE SE TRADUZCA EN LA POSIBILIDAD DE SOBRECOSTOS Y/O SOBREPALZOS DE CONSTRUCCIÓN					
	3.3	CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	HALLAZGOS DE OBRAS CIVILES SUBTERRÁNEAS EN USO PERTENECIENTES A EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIO (LUZ, AGUA, ALCANTARILLADO, TELEFONÍA), CANALES DE REGADÍO Y OTROS				
Causa N° 2								
Causa N° 3								
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS							
	4.1	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			4.2	IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA		
		Muy baja	0.10			Muy baja	0.05	
		Baja	0.30	X		Baja	0.10	X
		Moderada	0.50			Moderada	0.20	
		Alta	0.70			Alta	0.40	
		Muy alta	0.90			Muy alta	0.80	
		Baja	0.300			Bajo	0.100	
	4.3	PROIORIZACIÓN DEL RIESGO						
		Puntuación del Riesgo	Probabilidad x impacto	0.030	Prioridad del Riesgo	Baja prioridad		
5	RESPUESTA A LOS RIESGOS							
	5.1	ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo			
			Aceptar Riesgo	X	Transferir Riesgo			
	5.2	DISPARADOR DE RIESGO	COORDINACIÓN CONSTANTE ENTRE LA ENTIDAD, SUPERVISIÓN Y BENEFICIARIOS DEL PROYECTO A FIN DE DETECTAR LO MAS PRONTO LA EXISTENCIA DE INFRAESTRUCTURA DE PRESTADORA DE SERVICIOS EN GENERAL					
	5.3	ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	EVALUACIÓN DE LA MAGNITUD DE LOS HALLAZGOS A FIN DE DAR SOLUCIÓN TÉCNICA Y/O NOTIFICAR A LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS PARA LA REUBICACIÓN EN CASO DE GENERAR VARIACIONES SUSTANCIALES, SOLICITAR LA OPINIÓN TÉCNICA AL PROYECTISTA					

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldo de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 52

Riesgo Caso Fortuito del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01						
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos						
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	7			
		Fecha	13/09/2020			
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	“RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”.			
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA			
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS					
	3.1	CÓDIGO DE RIESGOS	R7			
	3.2	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGOS DERIVADOS POR EVENTOS DE FUERZA MAYOR O CASO FORTUITO CUYAS CAUSAS NO RESULTAN IMPUTABLES A NINGUNA DE LAS PARTES			
	3.3	CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	EN CASO DE OCURRENCIAS DE EVENTOS FORTUITOS O FUERZA MAYOR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA		
Causa N° 2						
Causa N° 3						
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS					
	4.1	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		4.2	IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA	
		Muy baja	0.10		Muy baja	0.05
		Baja	0.30	X	Baja	0.10
		Moderada	0.50		Moderada	0.20
		Alta	0.70		Alta	0.40
		Muy alta	0.90		Muy alta	0.80
		Baja	0.300		Muy bajo	0.800
	4.3	PROIORIZACIÓN DEL RIESGO				
		Puntuación del Riesgo Probabilidad x impacto	0.240	Prioridad del Riesgo	Alta prioridad	
5	RESPUESTA A LOS RIESGOS					
	5.1	ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo	
			Aceptar Riesgo		Transferir Riesgo	X
	5.2	DISPARADOR DE RIESGO	CONTRATACIÓN DE UN PLAN DE SEGUROS QUE COBERTURE DAÑOS PROVOCADOS POR AGUA INUNDACIONES, INCENDIOS, TERREMOTOS, EXPLOSIONES , TERRORISMO, VANDALISMO, CONMOCIÓN CIVIL U OTROS QUE SE AJUSTEN A LAS BUENAS PRÁCTICAS EN LA MATERIA			
	5.3	ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	GESTIONAR A LA EMPRESA ASEGURADORA CUBRA LOS RIESGOS OCASIONADOS SEGÚN EL PAQUETE DE SEGUROS CONTRATADOS			

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 53

Riesgo Accidentes de Construcción del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Anexo N° 01						
Formato para identificar, analizar y dar respuesta a Riesgos						
1	NÚMERO Y FECHA DEL DOCUMENTO	Número	8			
		Fecha	13/09/2020			
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	Nombre del Proyecto	“RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA – DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”.			
		Ubicación Geográfica	DISTRITO CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, AREQUIPA			
3	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS					
	3.1	CÓDIGO DE RIESGOS	R8			
	3.2	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	RIESGOS VINCULADOS A ACCIDENTES DE CONSTRUCCIÓN Y DAÑOS DE TERCEROS			
	3.3	CAUSA(S) GENERADORA(S)	Causa N° 1	INCUMPLIMIENTO DE PLAN DE SEGURIDAD QUE OCASIONE ACCIDENTES DURANTE EL PROCESO DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA		
Causa N° 2			DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA QUE SE VIENE CONSTRUYENDO POR PARTE DE TERCEROS			
Causa N° 3						
4	ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS					
	4.1	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		4.2	IMPACTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA	
		Muy baja	0.10		Muy baja	0.05
		Baja	0.30		Baja	0.10
		Moderada	0.50	X	Moderada	0.20
		Alta	0.70		Alta	0.40
		Muy alta	0.90		Muy alta	0.80
		Moderado	0.500		Alto	0.400
	4.3	PROIORIZACIÓN DEL RIESGO				
		Puntuación del Riesgo Probabilidad x impacto	0.200	Prioridad del Riesgo	Alta prioridad	
5	RESPUESTA A LOS RIESGOS					
	5.1	ESTRATEGIA	Mitigar Riesgo		Evitar riesgo	
			Aceptar Riesgo		Transferir Riesgo	X
	5.2	DISPARADOR DE RIESGO	CONTRATACIÓN DE SEGUROS MÍNIMOS QUE GENERALMENTE INCLUYEN EN COBERTURAS POR DAÑOS MATERIALES Y RESPONSABILIDAD CIVIL Y MANTENERLAS VIGENTES A LO LARGO DE TODO EL PROCESO HASTA LA RECEPCIÓN DE LA OBRA			
	5.3	ACCIONES PARA DAR RESPUESTA AL RIESGO	GESTIONAR A LA EMPRESA ASEGURADORA CUBRA LOS RIESGOS OCASIONADOS SEGÚN EL PAQUETE DE SEGUROS CONTRATADOS			

Nota. Foto extraída de la evaluación de riesgos del expediente de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 54

Acta de Inicio del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)



Municipalidad Distrital
CERRO COLORADO
"Cuna del Sillar"

ACTA DE INICIO DE PLAZO DE EJECUCION CONTRACTUAL

SALDO DE OBRA: "RECUPERACION DE LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON COD. LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO - PROVINCIA DE AREQUIPA - AREQUIPA", CUI. 2500620

Expediente Técnico	: Resolución Gerencia Municipal N° 514-2023-GM-MDCC de 22.08.2023
Contrato	: N° 636-2023-MDCC de 14.12.23 C.D. N° 001-2023-MDCC
Contratista	: G y A CONTRATISTAS S.R.L.
Sistema de Contratación	: Suma Alzado
Monto del Contrato de Obra	: S/. 7'992,586.90
Acta de Entrega de Terreno	: 28/12/2023
Designación de Supervisor	: R.G.M. N° 669-2023-GM-MDCC de 27.12.2023
Entrega Adelanto Directo	: 22/12/2023
Entrega de Expediente Técnico	: 03/01/2024 Carta N° 001-2024-MDCC-GOPI-SGSLOP
Plazo de Ejecución	: 180 días calendario
Fecha de inicio de obra	: 04/01/2024
Fecha de término programada	: 01/07/2024

En la Ciudad de Arequipa, siendo las 8:00 horas del día 04 de enero del 2024, en las Instalaciones del Local Escolar 40705 PERUARBO, Distrito de Cerro Colorado, se reunieron:

POR PARTE DE LA CONTRATISTA
Representado por el Sr. Mario Hebert Gonzales Aguilar como representante legal de la contratista G y A CONTRATISTAS S.R.L. el Ing. Angel Noe Oviedo Ramos como Residente de Obra, el Ing. Cesar Abel Cabrera Huaco como Ing. Eléctrico, el Ing. Jair Gustavo Luna Escalante como Ing. Sanitario, la Ing. Gina Soledad López Ríos como Especialista en Seguridad y el Ing. Alvaro Rodrigo Gonzales Remond como Ing. de Medio Ambiente

POR PARTE DE LA SUPERVISIÓN DE LA OBRA
En proceso de selección, se cuenta con el Arq. Gustavo Torres Landa como Inspector de obra.

ASPECTOS CONSIDERADOS QUE FUNDAMENTAN DICHO INICIO:

1. Después de revisar toda la documentación y conocer que se ha cumplido con lo establecido en el Artículo 176 "Inicio del Plazo de Ejecución de Obra" inciso 176.1 del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado; se procede con el ACTO DE INICIO DE OBRA, en cumplimiento de los procedimientos administrativos, indicados en la Ley de Contrataciones del Estado para la ejecución del contrato.

Estando de acuerdo ambas partes, lo suscriben en Cerro Colorado a los 04 días del mes de enero del 2024.


Sr. Mario Hebert Gonzales Aguilar
Representante Legal
G y A Contratistas S.R.L.


Ing. Angel Noe Oviedo Ramos
Residente de Obra
G y A Contratistas S.R.L.



Sembrando Progreso

📍 Sede Principal: Calle Mariano Melgar N° 500 Urb. La Libertad, Cerro Colorado
☎ Central Telefónica: 054-382590
🌐 <http://www.municerroc Colorado.gob.pe>

Nota. Foto extraída de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 55

Acta de Entrega de terreno del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)



Municipalidad Distrital
CERRO COLORADO
"Cuna del Sillar"

Cerro Colorado, 22 de diciembre del 2023.

CARTA N° 911-2023-MDCC-GOPI-SGSLOP

Señor (a):
MARIO HEBERT GONZALES AGUILAR
REPRESENTANTE LEGAL
Urb Magisterial II Etapa E – 16, Dpto. 301, distrito de Yanahuara - Arequipa
Correo: gyacontratistas@hotmail.com

Presente. -

Asunto: ENTREGA DE TERRENO
PROYECTO: "RECUPERACION DE LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON COD. LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO – PROVINCIA DE AREQUIPA – AREQUIPA", CUI. 2500620

Referencia: CONTRATO N° 036-2023-MDCC

Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar un cordial saludo a nombre de la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado y el mío propio en mi calidad de Sub Gerente de Supervisión y Liquidación de Obras Públicas.

La presente tiene la finalidad en su calidad de EJECUTOR de la obra, convocarlo y hacer de su conocimiento que el día miércoles 28 de diciembre del 2023 a las 9.00 horas se llevara a cabo la ENTREGA DE TERRENO donde se ejecutara el saldo de la Obra: "RECUPERACION DE LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON COD. LOCAL 547444, DISTRITO DE CERRO COLORADO – PROVINCIA DE AREQUIPA – AREQUIPA", CUI. 2500620, en cumplimiento del Art. 176, inciso 176.1 literal b) del Reglamento de la ley de Contrataciones del Estado (Inicio del Plazo de Ejecución de Obra. Condiciones)

Por lo tanto esperamos contar con su presencia para lo cual solicitamos tome las previsiones del caso.

Sin otro particular, quedo de Ud.

Atentamente,



Jorge Alvarado
Sub Gerente de Supervisión y Liquidación de Obras Públicas



Sede Principal: Calle Mariano Melgar N° 500 Urb. La Libertad, Cerro Colorado
Central Telefónica: 054-382590
<http://www.municerroc Colorado.gob.pe>

Nota. Foto extraída de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 56

Aprobación de Calendario Actualizado del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)


Municipalidad Distrital
CERRO COLORADO
"Cuna del Sillar"

28/06 000336

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Cerro Colorado, 28 de junio del 2024

CARTA N° 256-2024-MDCC-GOPI/SGEOPA1

Señor(a):
MILWAR ANGEL MAMANI BELTRAN
Representante Común CONSORCIO SUPERVISOR MAGNUS
Av. Villa Hermosa Nro. 716, Urb. Miguel Grau, Paucarpata

ARQ. JESUS GORKY MOYA SANIZO
Supervisor de obra

Presente. -

Asunto: **APROBACIÓN DE CALENDARIOS ACTUALIZADOS**
SALDO DE OBRA "RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO CON CÓDIGO LOCAL 547444, CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA" CUI N°2500620

Referencia: (a) Carta N°150-2024-JMS / CONSULTOR / MDCC
(b) Informe N°046-2024-MDCC-GOPI-SGEOPA1-CO/KRFB

Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar un cordial saludo a nombre de la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado y el mío propio en mi calidad de Sub Gerente de Supervisión y Liquidación de Obras Públicas.

En atención al documento de la Referencia (a) suscrito por el Arq. Jesús G. Moya Sanizo en calidad de Supervisor de Obra, en la cual se aprueban los Calendarios de Avance de la Obra en mención, debido a la Ampliación de Plazo N°02.

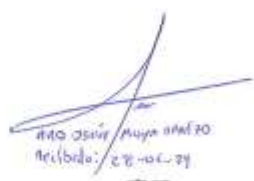
Es por ello, que esta Sub Gerencia da la Aprobación del Cronograma actualizado de avance de obra, en el cual se infiere que el Calendario Valorizado de avance de obra actualizado y Calendario Gantt actualizado, reemplaza a los anteriores aprobados, de acuerdo a lo establecido en el Art. 198 "Procedimiento de Ampliación de Plazo" del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para renovar la estima y consideración especial a su persona.

Atentamente,


MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CERRO COLORADO
Arq. Miluska I. Melo Rantnos
Sub Gerente de Ejecución de Obras Públicas
(por Administración Indirecta)

c.c. archivo
SGSLOP/krfb
Reg.


Arq. Jesús Gorky Moya Sanizo
Revisado: 28-06-24


Sembrando Progreso

📍 Sede Principal: Calle Mariano Melgar N° 500 Urb. La Libertad, Cerro Colorado
☎ Central Telefónica: 054-640500
🌐 <http://www.municerroc Colorado.gob.pe>

Nota. Foto extraída de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Acta de Recepción de Obra del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

Nota. Foto extraída de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 58

Observaciones de Contraloría a la especialidad de Estructuras

N°	Situación Adversa	Documento de la Entidad sobre acciones adoptadas	Acciones preventivas y correctivas	Estado de la situación adversa
			b. Sobre las puertas¹³, se verificó que en el plano PA18 Detalles Carpintería: Carpintería Puertas, sigue sin contemplar las aberturas observadas en la situación adversa. Asimismo, se verificó que la partida "6.02 Portón metálico y puerta metálica" cuenta con especificaciones técnicas, y en su análisis de costos unitarios si considera el insumo de pintura anticorrosiva. Por lo cual esta observación no estaría corregida. c. Sobre los pisos¹⁴, se verificó que, para los ambientes de aulas, biblioteca, SUM, AIP y ambientes administrativos, se utiliza, para los pisos, cemento pulido y porcelanato esmaltado más 60 cm x 60 cm; de este último, según el nombre de su partida: "Piso de porcelanato de alto tránsito blanco antideslizante de 60x60" usando el mismo mismo en su análisis de costos unitarios, cumpliendo con las especificaciones establecidas en la Norma Técnica A.040, Corrigiendo, de esa manera, lo observado. d. Sobre Estacionamiento¹⁵, se verificó que el plano PAD1 Planteamiento general primer nivel, no cuenta con el planteamiento de estacionamientos de ningún tipo. Por lo cual esta observación no estaría corregida. e. Sobre la especialidad de estructuras¹⁶, se verificó que las partidas relacionadas al acero de refuerzo $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de concreto armado, cuentan cada una con su respectiva planilla de metrados de acero. Respecto a la estructura metálica se soporte de cobertura liviana de polícarbonato transparente, se verificó que en el numeral 1.07 Estructura metálica para cobertura liviana, de la memoria de cálculo, cuenta con el respectivo diseño de los elementos metálicos, sin embargo, no se encontró al análisis estructural ni el diseño de las columnas C13 y vigas VS01, que soportan dicha estructura, que figuran en el plano PE45. Por otro lado, se verificó que la partida 07.01 Seguridad y Salud en obra, si cuenta con análisis de costos unitarios y de la revisión del mismo se observó que tiene como insumo "Equipo de Protección Individual EPI", con una cantidad de 24.	

¹³ La situación adversa indica: "En cuanto a las puertas de los ambientes aulas, de gestión administrativa, pedagógica y de biblioteca de acuerdo a la Norma Técnica antes mencionada, estas deben permitir el registro visual hacia el interior del ambiente: sin embargo, de acuerdo al plano PA18 Detalles carpintería puertas" no contemplan las mencionadas aberturas, los cuales corresponden que sea una ventana fija, con vidrio de seguridad (templado, laminado o otro), con una superficie mínima de 0,10 m² y a una altura mínima de 1,20 m; elementos que no han sido considerados en el diseño de puertas de los ambientes mencionados." y "Asimismo, la partida 6.02 Portón metálico y puerta metálica no cuenta con especificación técnica, además de no considerarse la aplicación de anticorrosivo en su acabado, que protege los materiales metálicos a las condiciones climáticas."

¹⁴ La situación adversa indica: "Respecto a los pisos, considerados para las aulas, biblioteca, SUM, AIP y ambientes administrativos, en la memoria descriptiva y presupuesto se considera piso de cemento pulido barnizado; sin embargo, en los planos de arquitectura (PA05, PA07, PA08, PA11, PA13, PA15) completo "Porcelanato esmaltado más 60 cm x 60 cm", cabe precisar que la Norma Técnica A.040 del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que los pisos deben ser antideslizantes y resistente al tránsito liviano."

¹⁵ La situación adversa indica: "La Norma Técnica A.040 Edificación, del Reglamento Nacional de Edificaciones establece que las edificaciones de uso educativo deben tener estacionamientos para distintos tipos de vehículos; al respecto, las Normas Técnicas Criterios de Diseño para Locales Educativos de Nivel de Educación Inicial, y "Criterios de Diseño para Locales Educativos de Primaria y Secundaria, establecen el cálculo de las plazas de estacionamiento."

¹⁶ La situación adversa indica: "Las partidas (...) relacionadas al acero de refuerzo $f_y=4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de concreto armado, no cuentan con planilla de metrados que justifiquen su cuantificación; (...)". Respecto a la estructura metálica de soporte de la cobertura liviana de polícarbonato transparente, graficada en el plano PE-45 Estructura general de aulas; así como, las columnas C13 y vigas VS01 que soportan dicha estructura que figuran en el plano PE-45, no cuenta con el asiento técnico del diseño de la estructura, que justifique el dimensionamiento de los elementos de la misma. "Las partidas asociadas al componente "Estructuras" del presupuesto, 07.01 Seguridad y Salud en obra, 07.02 Plan de vigilancia, prevención y control de Covid-19 en el trabajo, 05.01 Mitigación ambiental, se cuentan con análisis de costos unitarios (ACU) que permite identificar la deficiencia del precio unitario individualizado por sus componentes;" y "Cabe precisar que, la partida Seguridad y salud en obra, en el presupuesto figura con un subtotal de S/ 88 604,54, sin embargo, tiene un precio de S/ 86 000,00 con un metrado de 1,00; habiendo un monto de S/ 8 607,54 que estaría incrementando el presupuesto. (...) entre otras y dado que, en el presupuesto de gastos generales se incluye "EPI" por un monto de S/ 7 500,00, se precisa el riesgo, de no contar con el detalle de los componentes de la partida Seguridad y salud, en obra se puede duplicar sus componentes y por ende elevar el monto del presupuesto."

Control Concurrente a la IRI: "Reconstrucción del local escolar 60785 Paruro con código local 947444, del distrito de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa", Municipalidad Distrital de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa.

Nota. Fuente: Informe de Control Concurrente N.º 3653-2025-CG/GRAR-SCC, observación sobre el acero de refuerzo $F_y=4200\ \text{kg/cm}^2$ y la planilla de metrados de elementos estructurales (columnas C13, vigas VS01).

Figura 59

Observaciones de Contraloría a la especialidad de Arquitectura

N°	Situación Adversa	Documento de la Entidad sobre acciones adoptadas	Acciones preventivas y correctivas	Estado de la situación adversa
			especificaciones técnicas; sin embargo, sigue sin contar con planos ni cotizaciones del mobiliario y equipamiento completo. Por lo cual esta observación no estaría corregida. i. De la determinación del presupuesto de obra¹¹, se verificó que se actualizaron los precios unitarios, de acuerdo a las cotizaciones presentadas, de los insumos observados a excepción del insumo "Ladrillo King Kong maquinado tipo 18 huecos"; y por otra parte, sigue sin contar con algún estudio de mercado que justifique los precios de las horas máquinas de los equipos. Por lo cual esta observación no estaría corregida. La Comisión de Control, a través del Oficio n.° 186-2023-CA-MDCC de 15 de septiembre de 2023, recibió el Expediente Técnico de Obra, del procedimiento de Contratación Directa n.° DIRECTA-PROC-1-2023-MDCC-1, publicado el 1 de diciembre de 2023, con el cual se pudo verificar, con respecto a la situación adversa, lo siguiente: a. Sobre las ventanas, se verificó que ahora se considera, en el ítem 02.08 Vidrio, Cristales y Similares, las partidas "02.08.01 Ventana sistema directo con vidrio templado de 10mm con perfiles de aluminio anodizado", "Mampara de vidrio templado de 10mm con perfiles de aluminio" y "Puerta de cristal de doble hoja de vidrio templado de 10mm con perfiles de aluminio", que usan como insumo, en sus análisis de costos unitarios, vidrio templado incoloro de e=8mm y e=10 mm, según corresponda. Asimismo, de la revisión del plano A05, se verificó que las áreas: "Aula de Innovación Pedagógica Primaria" y "Aula de Innovación Pedagógica Secundaria", llevan, en sus ventanas posteriores, una "reja de protección" de tubo cuadrado 1"x1", 1/8mm, según el plano de detalle D05; para el caso de las ventanas frontales y para todas las ventanas del área de "Biblioteca" se verificó que están consideradas en la planilla de metrados de la partida "02.08.04 Ventana metálica de tubo cuadrado de 1"x1", 1/8mm - según diseño", Corrigiendo, de esa manera, lo observado. b. Sobre las puertas, se verificó que la partida "02.05.02 Portón metálico y puerta metálica" cuenta con especificaciones técnicas, y en su análisis de costos unitarios sí considera el insumo de pintura anticorrosiva. Asimismo, se verificó que, según los planos A02, A05 y A11, las puertas-correspondientes a las áreas: "Aula de Innovación Pedagógica Primaria", "Aula de Innovación Pedagógica Secundaria" y "Dirección" siguen sin contemplar las aberturas observadas en la situación adversa. Por lo cual esta observación no estaría corregida. c. Sobre los pisos, se verificó que, para los ambientes de aulas, bibliotecas, SUM, AIP y ambientes administrativos, se usará, para los pisos, porcelanato 60 cm x 60 cm, que según el nombre de su partida: "Piso de porcelanato de alto tránsito blanco maquinado de 60x60 cm", usando "Porcelanato de alto	

¹¹ La situación adversa indica: "i. el valor consignado como precio unitario de los materiales no guarda relación con el precio de las cotizaciones adjuntas al expediente técnico; j. -".

Control Concurrente a la RI: "Recuperación del local vector 48719 Puroño con código local 547444, del distrito de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa", Municipalidad Distrital de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa.

Nota. Fuente: Informe de Control Concurrente N.° 3653-2025-CG/GRAR-SCC, observación sobre el precio del ladrillo King Kong (sin estudio de mercado) y las ventanas con vidrios de seguridad (Norma Técnica A.040).

Figura 60

Observaciones de Contraloría a las especialidades de Estructuras, Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Sanitarias

N°	Situación Adversa	Documento de la Entidad sobre acciones adoptadas	Acciones preventivas y correctivas	Estado de la situación adversa
			transito blanco entitadizante" de insumo en su análisis de costos unitarios, corrigiendo, de esa manera, lo observado. d. Sobre Estacionamientos, no se pudo encontrar en ningún plano que el proyecto cuente con el planamiento de estacionamientos de ningún tipo. Por lo cual esta observación no estaría corregida. e. Sobre la especialidad de estructuras, se verificó que las partidas relacionadas al acero de refuerzo $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales de concreto armado, cuentan con una con su respectiva planilla de metros de acero. Respecto a la estructura metálica se soporte de cobertura liviana, se verificó que en el numeral 1.07 Estructura metálica para cobertura liviana, de la memoria de cálculo, cuenta con el respectivo diseño de los elementos metálicos, incluidos las columnas C13 y vigas VS01. Por otro lado, se verificó que la partida 01.06.01 Seguridad y Salud en obra, si cuenta con análisis de costos unitarios y de la revisión del mismo se observó que tiene como insumo "Equipo de Protección Individual EPP", con una cantidad de 24 unidades, esta vez sin duplicarse, debido a que en los gastos generales no se incluyen EPPS; la partida 07.02 Plan de vigilancia, prevención y control de Covid-19 en el trabajo, se reemplazó por la partida "01.06.02 Elaboración, implementación y administración del plan de seguridad y salud en el trabajo", el cual si cuenta con análisis de costos unitarios; de igual manera la partida "01.07.01 Mitigación ambiental", también cuenta con análisis de costos unitarios. Finalmente se verificó que la partida 01.06.01 Seguridad y salud en obra, ahora tiene un precio de S/ 12 778,27 con un metrado de 6.00, que da como resultado S/ 76 669,62, como figura en el presupuesto, Corrigiendo, de esa manera, lo observado. f. Sobre las instalaciones eléctricas, se verificó que el expediente cuenta con planos de instalaciones eléctricas y con memoria de cálculo de la especialidad. Asimismo, se verificó que las partidas "03.04.01 Salida para interior", "03.04.02 Salida para campanilla timbre" y "03.14.01 Campanilla de timbre de 6" con traseo 220/12V", si cuentan con análisis de costos unitarios. De igual manera se verificó que en el análisis de costos unitarios de la partida "03.07.03 Cable UTP Multifilar negro para interior" ahora define al insumo como categoría 6. Por otra parte, las partidas referentes a Interruptores Termomagnéticos, en sus especificaciones técnicas hacen referencia a la partida "03.06.15 Interruptor diferencial 2x25 a 30 Ma". Finalmente, se verificó que en el análisis de costos unitarios de la partida "03.09.06 Artefacto tipo RAS A 2x40W", utiliza el insumo "Artefacto tipo RAS a 2x40w con fluorescente tipo led", Corrigiendo, de esa manera, lo observado. g. Sobre instalaciones sanitarias, se verificó que las especificaciones técnicas de la partida "04.10.05 Caja de inspección 15"x15", ahora indican: "Descripción: Las cajas de inspección serán de 38x38 cm, (15"x15")". Por otro lado, se verificó que el expediente cuenta con planos de instalaciones sanitarias, sin embargo, sigue sin contar con memoria de cálculo referida a la evacuación de aguas pluviales. Asimismo, se verificó que la partida "04.01.14 Electrobomba 1 HP" cuenta con especificaciones técnicas y la memoria de cálculo sigue describiendo "Se suministrará con 02 electrobombas monofásicas (---)", Por lo cual esta observación no estaría corregida.	

Control Concurrente a la IRI: "Reocupación del local escolar 48793 Pucallpa", código local 547446, del distrito de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa, Municipalidad Distrital de Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa.

Nota. Fuente: Informe de Control Concurrente N.º 3653-2025-CG/GRAR-SCC. Observaciones por especialidad: acero y metrados (estructuras), partidas de canalización y artefactos (eléctricas), y cajas de inspección y memoria de cálculo (sanitarias).

Figura 61

Constancia de Validación de Instrumentos 01

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los profesionales que suscriben, especialistas en Ingeniería Civil y/o Arquitectura, mediante el presente documento dejan constancia de haber revisado y validado los instrumentos de recolección de datos empleados en la tesis titulada: ***"Modelo de gestión de riesgos basado en control de calidad y BIM para mejorar el desempeño técnico-económico del Pabellón A del proyecto Saldos de Recuperación del Local Escolar 40705 Peruarbo, Cerro Colorado, Arequipa"***, desarrollada por los bachilleres:

- **Bach. Jimmy Luciano Mendoza Carrillo**
- **Bach. Andrés Enrique Salcedo Rebaza**

Con fines de obtención del título profesional de Ingeniero Civil, los instrumentos validados son:

(1) la ficha de control de calidad - no conformidad; (2) el cuadro de comparación de metrados entre el expediente técnico y el modelo BIM; (3) el registro de interferencias entre especialidades; y (4) el formato de análisis de valor ganado (EVM); la evaluación se efectúa marcando con un aspa (X) en la casilla correspondiente, según el instrumento cumpla o no cada criterio:

N°	Criterio	Descripción	Si	No
1	Claridad	Los instrumentos están formulados con lenguaje técnico claro y comprensible.	X	
2	Objetividad	Los instrumentos permiten registrar datos objetivos, verificables y medibles.	X	
3	Pertinencia	Los instrumentos son pertinentes respecto a las variables e indicadores del estudio.	X	
4	Coherencia	Existe coherencia entre los instrumentos, los objetivos y las hipótesis de la investigación.	X	
5	Suficiencia	Los instrumentos son suficientes para recolectar la información requerida.	X	
6	Consistencia	Los instrumentos guardan consistencia metodológica con el diseño de la investigación.	X	

Observaciones:

En mérito de lo expuesto, los especialistas declaran que los instrumentos reúnen las condiciones de **validez de contenido** necesarias y los consideran **APTOS** para su aplicación.

Arequipa, 04 de Mayo del 2026

Nota. Constancia de validación de Instrumentos, emitida y suscrita por Ing. Edson Rosas y Arq. Alvaro Casani

Figura 62

Constancia de Validación de Instrumentos 02

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DATOS Y FIRMA DE LOS ESPECIALISTAS

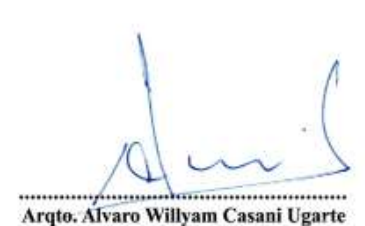
ESPECIALISTA N° 01

APELLIDOS Y NOMBRES	ROSAS RODRIGUEZ EDSON
PROFESIÓN	Ingeniero Civil / Arquitecto
GRADO ACADÉMICO	TITULADO
CIP / CAP N°	CIP N° 63486
INSTITUCIÓN	GRTC - AQP


ING. EDSON ROSAS RODRIGUEZ
CIP N° 63486

ESPECIALISTA N° 02

APELLIDOS Y NOMBRES	Casani Ugarte Willyam Alvaro
PROFESIÓN	Ingeniero Civil / Arquitecto
GRADO ACADÉMICO	Maestría
CIP / CAP N°	CAP. 12174
INSTITUCIÓN	Trabajador Independiente


Arqto. Alvaro Willyam Casani Ugarte
CAP N° 12174

Nota. Constancia de validación de Instrumentos, emitida y suscrita por Ing. Edson Rosas y Arq. Alvaro Casani

Anexo 5. Valorizaciones

Tabla 38

Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 01

VALORIZACIÓN N°01 CONTRACTUAL - ENERO (04 ENERO AL 31 ENERO)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	12 de Febrero de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°01
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual C/IGV (quitando Adelanto de Directo (10%))	S/ 222,277.150
	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 781,971.790
Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 102,850.790
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	-S/ 559,694.640
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista	S/ 119,426.360
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	3.51% (ADELANTADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	0 d.c.
	RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA VALORIZACIÓN	
	-Insuficiencia de calidad en el Expediente Técnico	
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	-Factores climáticos
		-Accidentes y/o Incidentes en obra
		-Huelga (Sindicato de Trabajadores de Construcción Civil)
		-Incorrecta resistencia de compresión luego de haber verificado pruebas de calidad (roturas de probetas)

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Salvos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 39

Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 02

VALORIZACIÓN N°02 CONTRACTUAL - FEBRERO (01 FEBRERO AL 29 FEBRERO)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	5 de Marzo de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°02
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual (quitando Adelanto de Directo (10%))	S/ 542,526.550
Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 2,418,677.450

	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 807,722.070
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	-S/ 1,876,150.900
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista	-S/ 265,195.520
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	8.57% (ATRASADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	0 d.c.
		ASIENTO DE CUADERNO DE OBRA N° 84 Y 85
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	Inicio de Ocurrencia de Ampliación de Obra: Incurrencia del Sindicato de Trabajadores de Construcción Civil toma de la obra día 26 de febrero

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 40

Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 03

VALORIZACIÓN N°03 CONTRACTUAL - MARZO (01 MARZO AL 31 MARZO)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	12 de Abril de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°03
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual (quitando Adelanto de Directo (10%) y Adelanto de Materiales (S/. 316,711.01))	S/ 467,503.860
	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 1,200,424.970
Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 1,137,345.420
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	-S/ 732,921.110
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista	-S/ 669,841.560
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	13.29% (ATRASADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	0 d.c.
		PREVENCIÓN ANTE TEMPORADA DE LLUVIAS
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	-Prevenir deterioro de materiales (acero, cemento, agregados, etc) debido a las lluvias en la temporada -Se vienen presentando consultas al

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Saludos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 41

Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 04

VALORIZACIÓN N°04 CONTRACTUAL - ABRIL (01 ABRIL AL 30 ABRIL)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	15 de Mayo de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°04
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual (quitando Adelanto de Directo (10%) y Adelanto de Materiales (S/. 263,841.59))	S/ 669,494.900
Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 887,447.990
	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 1,474,487.000
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	-S/ 217,953.090
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista	-S/ 804,992.100
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	15.49% (ATRASADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	1 d.c. (04 abril - SUSPENSIÓN)
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	PREVENCIÓN ANTE TEMPORADA DE LLUVIAS -Prevenir deterioro de materiales (acero, cemento, agregados, etc.) debido a las lluvias en la temporada -Se vienen presentando consultas al proyectista y a la UGEL debido a temas sobre el Expediente Técnico.

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Saludos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 42

Análisis de valorizaciones y avance físico de la valorización N° 05

VALORIZACIÓN N°05 CONTRACTUAL - MAYO (01 MAYO AL 31 MAYO)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	17 de Junio de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°05
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual (quitando Adelanto de Directo (10%) y Adelanto de Materiales (S/. 89,741.06))	S/ 330,222.870

Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 1,965,639.380
	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 2,759,661.170
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	-S/ 1,635,416.510
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista	-S/ 2,429,438.300
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	6.89% (ATRASADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	0 d.c.
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	-Se viene presentando consultas al proyectista y a la UGEL debido a temas sobre el Expediente Técnico (Deficiencias en las Inst. Eléctricas).

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Saludos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 43

Análisis de valorizaciones y avance físico de a valorización N° 06

VALORIZACIÓN N°06 CONTRACTUAL - JUNIO (01 JUNIO AL 30 JUNIO)		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de registro	Fecha en que se registra la información	15 de Julio de 2024
Número de valorización	N.º de valorización	CONTRACTUAL N°06
Monto valorizado (S/.)	Monto económico aprobado en valorización contractual (quitando Adelanto de Directo (10%) y Adelanto de Materiales (S/. 316,431.26))	S/ 600,549.740
Monto ejecutado (S/.)	Costo real según obra ejecutada según expediente técnico	S/ 478,810.080
	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	S/ 1,671,074.900
	Costo real según obra ejecutada según calendario de obra programado contratista con Ampliaciones de Plazo	S/ 31,715.820
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según expediente técnico	S/ 121,739.660
Diferencia (S/.)	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista (según fecha de inicio)	-S/ 1,070,525.160
	Diferencia entre valorizado y ejecutado según calendario de obra programado contratista con Ampliaciones de Plazo	S/ 568,833.920
Avance físico (%)	Porcentaje de avance físico reportado	15.38% (ATRASADA)
Retraso (días)	Días de retraso con respecto al cronograma	0 d.c.
Incidencia de riesgos	Descripción breve de riesgos o eventos que afectan la ejecución	-Se viene presentando consultas al proyectista debido a temas sobre el Expediente Técnico (Deficiencias).

Nota. Valorización extraída de la Obra de “Saludos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Anexo 6 ACU's del proyecto

Tabla 44

ACUs partida de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para vigas

CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ PARA VIGAS		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23
Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc.)	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para Vigas
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 477.01
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 351.48
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	S/ 125.53
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	26%
Observaciones técnicas	Comentarios sobre causas de desviación	RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA - Mezcla defectuosa que no tenga la resistencia deseada del concreto. - Mala ejecución del vaciado al verter la mezcla desde mucha altura, haciendo que el agregado grueso se separe y dañando el encofrado. - Falta de vibrado haciendo que se produzcan cangrejeras. - Factores climáticos que pueden acelerar o retrasar el fraguado.
		- Retrasos de llegada de los mixer con la mezcla haciendo que la mezcla empiece a tener reacciones químicas antes del propio vaciado. - Mala gestión de personal y tiempos, haciendo que el mixer espere para iniciar el vaciado. - Mal colocado de puntales - Curado inadecuado del concreto que podrían generar fisuras - Al vaciar parcialmente las vigas, se pueden generar juntas frías que afecten la resistencia de las vigas - Caídas de altura del personal que está encargado del vaciado de las vigas

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 45

ACUs partida de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para vigas

CONCRETO $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ PARA VIGAS		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23

Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc.)	Concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para Vigas
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 445.56
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 534.67
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	-S/ 89.11
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	-20%
RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA		
Observaciones técnicas	Comentarios sobre causas de desviación	- Mezcla defectuosa que no tenga la resistencia deseada del concreto.
		- Mala ejecución del vaciado al verter la mezcla desde mucha altura, haciendo que el agregado grueso se separe y dañando el encofrado.
		- Falta de vibrado haciendo que se produzcan cangrejeras.
		- Factores climáticos que pueden acelerar o retrasar el fraguado.
		- Retrasos de llegada de los mixer con la mezcla haciendo que la mezcla empiece a tener reacciones químicas antes del propio vaciado.
		- Mala gestión de personal y tiempos, haciendo que el mixer espere para iniciar el vaciado.
		- Mal colocado de puntales
		- Curado inadecuado del concreto que podrían generar fisuras
		- Al vaciar parcialmente las vigas, se pueden generar juntas frías que afecten la resistencia de las vigas
		- Caídas de altura del personal que está encargado del vaciado de las vigas

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 46

ACUs partida de encofrado y desencofrado para vigas

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23
Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc)	Encofrado y Desencofrado de Vigas
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 84.59
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 73.31
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	S/ 11.28
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	13%

Observaciones técnicas

Comentarios sobre causas de desviación

RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA

- Uso de madera en mal estado, preferiblemente se deben usar fenólicos, para tener acabado cara vista,
- Falta de uso de petróleo para poder desencostrar adecuadamente
- Deficiencia de logística haciendo que el personal se quede sin material provocando tiempos muertos
- Daño de material que no podrá ser reutilizado

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 47

ACUs partida de Acero de Refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para Vigas

ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ PARA VIGAS		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23
Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc)	Acero de Refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para Vigas
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 6.49
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 6.81
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	-S/ 0.32
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	-5%
RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA		
Observaciones técnicas	Comentarios sobre causas de desviación	-Mala habilitación y colocado de acero, comprometiendo el recubrimiento mínimo a considerar y diseño estructural.
		- Malas ataduras con alambres en el armado de acero, lo que puede producir desplazamientos durante el vaciado de concreto, y más si la mezcla se echa desde mucha altura.
		- Uso de acero corrido reutilizado, lo que perjudica la resistencia
		- Falta de recubrimiento mínimo que puede provocar la corrosión del acero y deterioro prematuro de la estructura
		- Falta de protección y mal uso de herramientas manuales o eléctricas como esmeriles o dobladoras.

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 48

ACUs partida de Muro de Ladrillo KK Tipo IV Cabeza M: 1:1:4 E=1.5CM

MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA M: 1:1:4 E=1.5CM		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23

Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc.)	Muro de Ladrillo KK Tipo IV Cabeza M: 1:1:4 E=1.5CM
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 131.94
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 105.55
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	S/ 26.39
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	20%

RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA

Observaciones técnicas	Comentarios sobre causas de desviación	- Mezcla mal dosificada que no tenga la correcta adherencia y sea débil - Juntas que no respeten 1.5cm - Muros mal alineados y plomados que deben ser demolidos y rehechos - Falta de mechas de acero que permite el funcionamiento estructural de la columna con el muro - Factores climáticos haciendo que por altas temperaturas seque rápido el mortero y se reduzca la adherencia, o por lluvias que laven el muro y debilite las juntas - Incoherencias con los planos y cambios de última hora respecto al tipo de asentado de ladrillo que desean que sea considerado
------------------------	--	--

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Tabla 49

ACUs partida de Muro de Ladrillo KK Tipo IV Soga M: 1:1:4 E=1.5CM

MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M: 1:1:4 E=1.5CM		
Campo	Descripción / Indicaciones	Dato registrado
Fecha de revisión	Fecha en que se realiza la revisión	Jun-23
Partida evaluada	Nombre o código de la partida (Estructura, Arquitectura, etc.)	Muro de Ladrillo KK Tipo IV Soga M: 1:1:4 E=1.5CM
ACU Presupuestado (S/.)	Costo unitario previsto en expediente	S/ 83.73
ACU Real (S/.)	Costo unitario calculado o ejecutado	S/ 72.81
Diferencia (S/.)	Diferencia entre ACU real y presupuestado	S/ 10.92
Diferencia (%)	Diferencia porcentual	13%

RIESGOS QUE PODRÍAN AFECTAR A LA EJECUCIÓN EN ESTA PARTIDA

Observaciones técnicas

Comentarios sobre causas de desviación

- Mezcla mal dosificada que no tenga la correcta adherencia y sea débil
- Juntas que no respeten 1.5cm
- Muros mal alineados y plomados que deben ser demolidos y rehechos
- Falta de mechas de acero que permiten el funcionamiento estructural de la columna con el muro
- Factores climáticos haciendo que por altas temperaturas seque rápido el mortero y se reduzca la adherencia, o por lluvias que laven el muro y debilite las juntas
- Incoherencias con los planos y cambios de última hora respecto al tipo de asentado de ladrillo que desean que sea considerado.

Nota. ACU extraída del expediente aprobado de la Obra de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620), Municipalidad de Cerro Colorado

Figura 64

Calendario de Avance de Obra Valorizado Pabellón A Estimado del proyecto de “Saldos de Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo” (CUI 2500620)

CRONOGRAMA VALORIZADO DE AVANCE DE OBRA — PABELLÓN A											
(Estimado, elaborado sobre la base del cronograma estimado del expediente técnico)											
Obra: “SALDOS DE RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 40705 PERUARBO” — PABELLÓN A											
Ubicación: CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA											
Cliente: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CERRO COLORADO CUI: 2500620											
Corte a: Jun - 2023 Plazo de ejecución: 180 días (6 períodos de 30 días)											
Item	Descripción	Unid.	Metrado	Precio Unitario (S/)	Parcial (S/)	30 Días Enero	30 Días Febrero	30 Días Marzo	30 Días Abril	30 Días Mayo	30 Días Junio
01 ESTRUCTURAS											
01.04.07	CONCRETO EN FALSO PISO 5-0-20 M	m2	181.11	29.18	5,281.17	247.88	1,560.96	1,560.96	2,071.76	258.62	48.83
01.05.01.01	CONCRETO f _c = 200 kg/cm ² PARA COLUMNAS	m3	250.78	5,95.75	1,494.94	6,361.14	43,172.88	27,428.81	93,502.88	1,318.34	1,256.27
01.05.01.02	CONCRETO f _c = 175 kg/cm ² PARA COLUMNAS	m3	8.82	532.25	4,522.32	311.83	1,333.95	810.51	1,778.42	244.93	41.70
01.05.01.03	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE COLUMNAS	m2	122.48	83.58	11,089.47	525.88	3,776.84	2,238.37	4,354.28	882.33	102.57
01.05.06.01	CONCRETO f _c = 200 kg/cm ² PARA VIGAS	m3	8.36	477.02	3,983.78	142.43	886.47	812.08	1,180.03	184.82	26.43
01.05.06.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE VIGAS	m2	2.38	445.58	1,061.07	49.12	306.42	211.29	410.78	58.82	9.68
01.05.06.03	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE VIGAS	m2	104.57	84.58	8,845.58	435.18	2,813.83	1,784.64	3,470.13	680.87	81.74
01.06.07.01	CONCRETO f _c = 200 kg/cm ² PARA LOSA ALIGERADA	m3	8.38	415.88	3,484.84	122.87	774.15	528.57	1,027.78	142.18	24.21
01.06.07.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE LOSA ALIGERADA	m2	72.03	72.02	5,187.53	245.48	1,552.89	1,048.81	2,038.98	281.54	47.94
01.06.07.03	LADRELO LIGERO DE ARCILLA DE 150X30X10 cm PARA LOSA ALIGERADA	unf	612.25	0.78	2,394.24	108.63	683.86	466.42	907.88	125.48	21.38
01.06.07.04	ACERO DE REFUERZO f _y =4200 kg/cm ² PARA LOSA ALIGERADA	kg	7,895.12	0.48	3,789.64	2,417.23	15,217.74	10,380.18	20,202.83	2,784.88	475.88
SUBTOTAL ESTRUCTURAS					231,296.46	33,868.88	88,374.88	46,686.24	90,774.82	12,558.34	2,138.25
02 ARQUITECTURA											
02.01.01	MURO DE LADRELO KK TIPO IV CABEZA M 1.1-1.1 E+1.3CM	m2	27.08	131.84	3,572.48	8.85	1,580.02	408.33	184.41	1,881.62	638.80
02.01.02	MURO DE LADRELO KK TIPO IV SOGA M 1.1-1.1 E+1.3CM	m2	126.88	80.73	10,212.32	18.32	3,454.58	887.15	3,577.02	4,305.41	1,388.21
02.02.01	TAMPAZO PRIMARIO Y RAYADO / MEDIDA EN MUROS	m2	88.88	27.21	2,398.34	4.25	780.18	186.22	78.78	847.41	305.48
02.02.02	TAMPAZO PRIMARIO RAYADO MESAS	m2	13.46	31.25	421.25	0.77	136.78	35.13	14.18	170.47	54.98
02.02.03	TAMPAZO EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES, MORTERO C.A+1.5	m2	788.21	37.18	29,342.75	54.12	9,675.93	2,484.72	5,081.71	12,058.58	5,888.08
02.02.04	TAMPAZO DE CIELORASOS C-A+1.5, E+1.5cm	m2	2,587.22	45.72	118,500.32	212.77	38,818.41	8,763.31	3,536.06	47,282.14	15,277.62
02.02.11	VESTIDURA DERRAMES DE VANDOS	m	152.02	10.52	1,597.16	3.44	871.17	249.40	100.54	1,210.30	380.20
02.03.01	CONTRAPISO E=8cm BASE 3 CM MEZCL. 1:5 ACAB. TOM PASTA 1	m2	229.04	36.42	8,357.88	15.18	2,713.27	898.78	280.92	1,381.91	1,088.12
02.03.02	PISO CEMENTO PULIDO BRILLADO	m2	325.02	42.28	13,747.46	25.83	4,574.38	1,174.72	473.58	5,701.03	1,838.20
02.03.04	PISO DE CERAMICA NACIONAL BLANCO 30x30 Cm	m2	47.88	72.68	3,472.88	6.34	1,132.31	280.78	117.28	1,411.18	488.01
02.03.05	PISO DE PORCELANATO EXTRA FORTI 30x30 cm ALTO TRAFICATO	m2	181.11	76.44	13,888.68	25.18	4,504.78	1,106.08	466.07	5,610.52	1,838.02
02.03.06.01	CAMA DE ARENA E=4cm	m2	280.88	33.78	9,489.78	12.32	2,086.24	566.57	228.41	2,749.81	888.57
02.03.06.02	PISO DE AGUAFUJO DE CONCRETO COLOR 25X10X4mm	m2	200.88	80.42	16,833.04	28.40	9,252.08	1,348.01	543.85	8,548.82	2,110.82
02.05.01	CONTRAZOCALO CEMENTO SEMPULG H+ 0.30 m	m	42.17	15.98	675.28	1.25	104.85	57.54	23.30	279.23	80.23
02.05.02	CONTRAZOCALO CERAMICA COLOR H+ 3cm	m	175.70	11.88	2,087.52	3.85	879.32	176.42	75.32	848.83	272.88
02.05.03	ENCHAPE EN MUROS CON CERAMICA NACIONAL BLCA 20x30	m2	388.88	87.80	25,744.64	47.83	8,541.50	2,183.50	884.30	10,545.17	3,432.17
02.05.04	ENCHAPE EN MESADA CON CERAMICA NACIONAL BLCA 20x30	m2	58.28	88.25	5,153.88	6.98	1,172.50	381.13	121.38	1,461.17	471.18
02.06.01	PUERTA DE MADERA TORNILLO TIPO TABLERO	m2	18.74	305.64	5,718.34	11.88	2,089.82	536.61	216.14	2,864.31	838.72
02.06.04	VENTANA METALICA DE TUBO CUADRADO DE 3"X1"CL.8mm+SEGUN DES	m2	52.02	389.28	20,258.96	88.81	15,833.75	4,388.18	1,838.30	18,732.42	6,362.73
02.06.08	BARRAS DE SEGURIDAD PARA DISCAPACITADOS	unf	4.00	148.85	595.40	1.08	185.81	48.72	25.04	241.30	77.80
02.06.10	PUERTA DE MELAMINE EN CUBICULOS SIN H INC ACCESOR	m2	7.02	180.14	1,260.82	2.08	385.58	85.88	57.88	485.88	148.80
02.06.15	TAPAJUNTA DE 3"	m	13.10	17.72	234.14	0.44	78.94	20.27	8.17	88.38	31.72
02.07.01	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA 4" x 1.5"	unf	388.00	13.42	5,205.32	8.88	1,605.91	412.41	168.28	2,081.43	645.33
02.07.02	CERRADURA EXTERIOR DE 2 GOLPES EN PUERTAS DE MADERA	unf	9.00	111.74	1,005.66	1.83	387.82	85.88	58.88	487.88	135.40
02.07.03	CERRADURA INTERIOR DE 2 GOLPES EN PUERTAS DE MADERA	unf	88.00	88.50	7,788.00	7.87	1,405.58	388.88	145.32	1,751.78	584.83
02.07.04	MANEJO DE BRONCE PARA PUERTAS	unf	88.00	58.28	5,105.84	8.82	1,384.82	409.12	185.08	1,887.88	543.88

Nota. Elaboración propia