

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**



TESIS:

**Metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la administración
de contratos de obras de saneamiento en la provincia de Huamanga**

Para optar el grado académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN
GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

Bach. Jaime Joseph MAÑUICO MENDOZA

ASESOR:

Dr. Jaime Alberto HUAMÁN MONTES

AYACUCHO - PERÚ

2025

Dedicatoria

A mi amada esposa Noemí, compañera de vida.

A mis padres: Alejandrina, por su amor y
fortaleza constante, y a la memoria de mi padre

Timoteo, cuya luz me acompaña desde el cielo.

Agradecimiento

Agradezco al Dr. Jaime Huamán Montes por la orientación brindada durante el desarrollo de esta investigación. También a los miembros del jurado evaluador, cuyas observaciones permitieron precisar y mejorar el trabajo presentado.

De manera particular, reconozco a la ingeniera Noemí Justina Tomaylla Berrocal, por sus aportes técnicos en el ámbito de los sistemas de saneamiento, que contribuyeron al análisis de los proyectos estudiados.

Extiendo mi agradecimiento a los profesionales que facilitaron información y datos sobre la aplicación de metodologías ágiles y BIM en la administración de contratos de obras de saneamiento, insumos necesarios para la elaboración de esta tesis.

Índice General

Contenido

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Índice General	4
Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	12
Índice de Ecuaciones	13
Resumen	14
Abstract	16
Introducción.....	18
Capítulo I El Problema de Investigación.....	20
1.1 El problema general, problemas específicos	20
1.1.1 Descripción de la realidad problemática	20
1.1.2 Problema general	21
1.1.3 Problemas específicos.....	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo General.....	22
1.2.2 Objetivos Específicos	22
1.3 Importancia y justificación de la investigación	23
1.3.1 Importancia.....	23
1.3.2 Justificación.....	24
1.4 Limitaciones y alcances.....	26
Capítulo II Marco Teórico.....	28
2.1 Antecedentes	28
2.1.1 Antecedentes Internacionales	28
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	32
2.2 Bases teóricas	36
2.2.1 Teoría de Sistemas Adaptativos y Metodologías Ágiles	36
2.2.2 Teoría de Control de Proyectos y Earned Value Management.....	37
2.2.3 Teoría de la Información y Building Information Modeling.....	37

2.2.4 Teoría de Contratos y Administración Contractual	38
2.2.5 Marco Teórico Integrado	39
2.3 Definición de Términos Básicos	40
2.3.1 Porcentaje de Plan Completado (PPC)	40
2.3.2 Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)	41
2.3.3 Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM)	42
2.3.4 Percepción de Eficiencia en el Control de Avance	44
2.3.5 Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones	45
2.3.6 Contratos de Obras de Saneamiento	47
Capítulo III Metodología	49
3.1 Tipo, Nivel y Diseño de la investigación	49
3.1.1 Tipo de Investigación	49
3.1.2 Nivel de Investigación	50
3.1.3 Diseño investigación	51
3.2 Hipótesis	52
3.2.1 Hipótesis General	52
3.2.2 Hipótesis Específicas	52
3.3 Operacionalización de variables	53
3.3.1 Variable Independiente: Prácticas de Gestión de Proyectos	53
3.3.2 Variable Dependiente: Desempeño Percibido del Sistema de Control	58
3.4 Población, Muestra y Unidad de Análisis	62
3.4.1 Población	62
3.4.2 Muestra	62
3.4.3 Unidad de Análisis	63
3.5 Técnicas e instrumentos	63
3.5.1 Técnicas de recolección de datos	63
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos	64
3.6 Descripción de la metodología	64
Capítulo IV Resultados y Discusión	66

4.1. Caracterización de la Muestra de Estudio	66
4.1.1. Descripción de los Proyectos Analizados.....	66
4.1.2. Criterios de Selección y Limitaciones Documentales	69
4.2. Desempeño Retrospectivo de los Indicadores Técnicos.....	70
4.2.1. Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC)	70
4.2.2. Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)	93
4.2.3. Evaluación de la Gestión de Información BIM (IGI-BIM)	114
4.3. Percepción de los Stakeholders sobre la Eficiencia Contractual	130
4.3.1. Caracterización de la Población Encuestada	130
4.3.2. Percepción de Eficiencia en el Control de Avance.....	131
4.3.3. Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones	133
4.3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Medición	136
4.4. Análisis de Relaciones y Verificación de Hipótesis.....	140
4.4.1. Relación entre el PPC y la Percepción de Eficiencia	140
4.4.2. Relación entre el SPI y la Percepción de Efectividad.....	143
4.4.3. Relación entre la Gestión BIM y la Percepción de Eficiencia.....	144
4.4.4. Matriz de Correlaciones de todas las Variables de Estudio.....	146
4.4.5. Verificación de la Hipótesis General.....	147
4.4.6. Verificación de las Hipótesis Específicas.....	149
4.5. Discusión Integral de Resultados	155
4.5.1. Interpretación Conjunta de Hallazgos en Función de los Objetivos.....	155
4.5.2. Contrastación con la Literatura y Teorías Existentes	156
4.5.3. Implicancias Prácticas para la Gestión Contractual en Huamanga	156
4.5.4. Limitaciones del Estudio y Reflexión Metodológica	157
4.6. Síntesis de Hallazgos Principales	157
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones.....	158
5.1 Conclusiones	158
5.2 Recomendaciones.....	159
Referencias Bibliográficas.....	161

Anexos.....	169
Anexo 01: Matriz de consistencia	169
Anexo 02: Proyectos de Inversión Pública en Saneamiento - Provincia de Huamanga (2017-2023)	171
Anexo 03: Formularios de encuestas.....	174
Anexo 04: Resultados del Cuestionario	175

Índice de Tablas

Tabla 1 Estado del Arte sobre Metodologías Ágiles, PMI y BIM en Gestión de Proyectos de Construcción	30
Tabla 2 Estado del Arte Nacional en la Administración de Contratos de Saneamiento	34
Tabla 3 Sustento Bibliográfico: Cumplimiento de Actividades Planificadas.....	54
Tabla 4 Sustento Bibliográfico: Desempeño del Cronograma.....	55
Tabla 5 Sustento Bibliográfico: Gestión de Información BIM.....	56
<i>Tabla 6</i> Operacionalización de la variable independiente.....	57
Tabla 7 Sustento Bibliográfico: Eficiencia en Control de Avance	59
Tabla 8 Sustento Bibliográfico: Efectividad en Toma de Decisiones	60
Tabla 9 Operacionalización de la variable dependiente	61
Tabla 10 Características Generales de los Proyectos de Saneamiento en Huamanga	67
Tabla 11 Desempeño en Costos y Plazos de los Proyectos Analizados	69
Tabla 12 Datos Generales del Proyecto de Saneamiento HMA2055	70
<i>Tabla 13</i> Evolución del Porcentaje de Plan Completado (PPC)	71
Tabla 14 Avance de componentes principales	72
Tabla 15 Cálculo del PPC ponderado	72
Tabla 16 Cálculo del PPC - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	73
Tabla 17 Factores críticos que afectaron el PPC.....	73
Tabla 18 Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto HMA2055.....	74
Tabla 19 Datos Generales del Proyecto de Saneamiento YCA2300	75
Tabla 20 Evolución del Porcentaje de Plan Completado (PPC)	75
Tabla 21 Estado de componentes principales según avance físico.....	76
Tabla 22 Cálculo del PPC ponderado	77
Tabla 23 Factores críticos en la medición del PPC.....	77
Tabla 24 Discrepancia entre PPC registrado y PPC real del Proyecto YCA2300.....	78
Tabla 25 Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto YCA2300.....	79
Tabla 26 Datos Generales del Proyecto de Saneamiento CHA2553	80
Tabla 27 Cálculo del PPC ponderado por componentes.....	81
Tabla 28 Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto CHA2553	81
Tabla 29 Datos Generales del Proyecto de Saneamiento VPS2241	82
Tabla 30 Cálculo del PPC ponderado por componentes - Proyecto VPS2241	83
Tabla 31 Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto VPS2241	84

Tabla 32	Datos Generales del Proyecto de Saneamiento QLP2094	84
Tabla 33	Cálculo del PPC Ponderado por Componentes del Proyecto QLP2094	85
Tabla 34	Síntesis del PPC y Componentes Principales del Proyecto QLP2094.....	86
Tabla 35	Datos Generales del Proyecto de Saneamiento AQJ2235	87
Tabla 36	Cálculo del PPC ponderado por componentes.....	87
Tabla 37	Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto AQJ2235.....	88
Tabla 38	Datos Generales del Proyecto de Saneamiento WAA2331	89
Tabla 39	Cálculo del PPC ponderado por componentes principales	90
Tabla 40	Síntesis del PPC y análisis de confiabilidad de datos	91
Tabla 41	Síntesis comparativa del porcentaje de plan completado (PPC) de los proyectos de saneamiento evaluados.....	92
Tabla 42	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto HMA2055.....	93
Tabla 43	Resumen del SPI - Proyecto HMA2055	94
Tabla 44	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto YCA2300.....	96
Tabla 45	Resumen del SPI - Proyecto YCA2300.....	97
Tabla 46	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto CHA2553.....	99
Tabla 47	Resumen del SPI - Proyecto CHA2553	100
Tabla 48	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto VPS2241.....	102
Tabla 49	Resumen del SPI - Proyecto VPS2241	103
Tabla 50	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto QLP2094	105
Tabla 51	Resumen del SPI – Proyecto QLP2094	106
Tabla 52	Cálculo del SPI por tramo de ejecución – Proyecto AQJ2235	107
Tabla 53	Resumen del SPI – Proyecto AQJ2235	108
Tabla 54	Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto WAA2331	109
Tabla 55	Resumen del SPI – Proyecto WAA2331	110
Tabla 56	Síntesis Comparativa del SPI por Proyecto	112
Tabla 57	Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto HMA2055	114
Tabla 58	Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto HMA2055	115
Tabla 59	Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto YCA2300	116
Tabla 60	Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto YCA2300	117
Tabla 61	Evaluación de parámetros IGI-BIM – Proyecto CHA2553.....	118
Tabla 62	Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto VPS2241	120
Tabla 63	Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto VPS2241	120
Tabla 64	Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto QLP2094.....	122

Tabla 65	Resumen del Cálculo IGI-BIM – Proyecto QLP2094	122
Tabla 66	Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto AQJ2235.....	124
Tabla 67	Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto AQJ2235	124
Tabla 68	Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto WAA2331.....	126
Tabla 69	Resumen del Cálculo IGI-BIM – Proyecto WAA2331	126
Tabla 70	Síntesis de Evaluación IGI-BIM en Contratos de Saneamiento – Provincia de Huamanga	128
Tabla 71	Percepción de Eficiencia en el Control de Avance por Proyecto	131
Tabla 72	Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones por Proyecto.....	133
Tabla 73	Panel de expertos para validación del instrumento.....	137
Tabla 74	<i>Dimensiones e ítems del instrumento de percepción.....</i>	137
Tabla 75	Evaluación de expertos por ítem (escala 1–4)	138
Tabla 76	Cálculo final del V de Aiken	138
Tabla 77	Parámetros Estadísticos	139
Tabla 78	Análisis de confiabilidad por dimensiones	139
Tabla 79	Análisis de ítems con menor rendimiento.....	139
Tabla 80	Síntesis de validación del instrumento.....	140
Tabla 81	PPC retrospectivo y percepción de eficiencia en los proyectos de saneamiento evaluados (n = 7).....	141
Tabla 82	Correlación entre el Porcentaje de Plan Completado (PPC) ajustado y la Percepción de Eficiencia (n = 7).....	142
Tabla 83	SPI retrospectivo y percepción de efectividad en la toma de decisiones (n = 7)	143
Tabla 84	Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) y percepción de eficiencia en el control de avance (n = 7)	144
Tabla 85	Matriz de correlaciones de Pearson entre variables técnicas y percepciones (n = 7)	146
Tabla 86	Análisis de Regresión Múltiple para la Predicción de la Percepción de Eficiencia	147
Tabla 87	Correlaciones de Pearson entre Variables Independientes y la Percepción de Eficiencia	148
Tabla 88	Análisis de Correlación PPC Ajustado - Percepción de Eficiencia	150
Tabla 89	Casos Contrastantes: SPI Retrospectivo y Efectividad Decisional.....	151
Tabla 90	Resultados Consolidados de la Verificación de Hipótesis.....	154
Tabla 91	Matriz de consistencia de la investigación.....	169

Tabla 92 Proyectos de Inversión Pública en Saneamiento urbano - Provincia de Huamanga (2017-2023) – Población de la Investigación	171
Tabla 93 <i>Evaluación de expertos por ítem del cuestionario de percepción (escala 1–4)..</i>	174

Índice de Figuras

Figura 1 Marco Teórico Integrado de Efectividad Emergente	39
Figura 2 Proceso de Cálculo del Porcentaje de Plan Completado Retrospectivo	41
Figura 3 Evolución Temporal del Índice de Desempeño del Cronograma	42
Figura 4 Estructura Dimensional del Índice de Gestión de Información BIM.....	43
Figura 5 Modelo de Percepción de Eficiencia en el Control de Avance.....	44
Figura 6 Proceso de Toma de Decisiones en Administración Contractual	46
Figura 7 Estructura Institucional de Contratos de Saneamiento en Huamanga	48
Figura 8 Relación entre PPC ajustado y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento.	141
Figura 9 Relación entre SPI Retrospectivo y Percepción de Efectividad en Toma de Decisiones	144
Figura 10 Relación entre IGI-BIM y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento	145
Figura 11 Relación entre PPC Ajustado y Percepción de Eficiencia en Proyectos de Saneamiento.....	150
Figura 12 <i>Relación entre SPI Retrospectivo y Percepción de Efectividad en Toma de Decisiones</i>	152
Figura 13 Relación entre IGI-BIM y Percepción de Eficiencia en Control de Avance	153

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Alfa de Crombach	136
Ecuación 2 Coeficiente V de Aiken.....	136
Ecuación 3 Porcentaje de Plan Completado	140
Ecuación 4 Ecuación de Eficiencia Calculado.....	148

Resumen

Las deficiencias en la ejecución de contratos de obras de saneamiento en la provincia de Huamanga, caracterizadas por sobrecostos, retrasos y debilidades en gestión documental, evidencian la necesidad de integrar metodologías de control sistemático. Esta investigación determinó la relación entre indicadores retrospectivos de desempeño—Porcentaje de Plan Completado del Last Planner System, Índice de Desempeño del Cronograma del Earned Value Management e Índice de Gestión de Información BIM basado en ISO 19650—y la percepción profesional sobre eficiencia en el control de avance contractual.

Se aplicó un diseño cuantitativo, no experimental, transversal y retrospectivo. Los instrumentos validados psicométricamente se aplicaron a residentes de obra, supervisores y personal técnico especializado de siete proyectos de saneamiento urbano ejecutados entre 2017 y 2023, complementando con análisis documental de expedientes técnicos y datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas. La confiabilidad de los instrumentos alcanzó coeficientes alfa de Cronbach entre 0.87 y 0.91.

Los resultados evidenciaron relación significativa entre predictores técnicos y eficiencia percibida. El Índice de Gestión de Información BIM constituyó el predictor más robusto con coeficiente estandarizado de 0.72 y significancia de 0.039, presentando correlación de 0.86 con nivel de significancia inferior a 0.01. El Porcentaje de Plan Completado mostró correlación de 0.81 con significancia de 0.026, mientras que el Índice de Desempeño del Cronograma no evidenció relación significativa con correlación de 0.48 y valor de significancia de 0.275. El modelo conjunto explicó el 99% de la varianza observada. La confiabilidad de planificación de corto plazo y la madurez documental ejercen mayor influencia sobre la eficiencia percibida que el cumplimiento del cronograma agregado.

Se concluye que la integración de Last Planner System, indicadores del Project Management Institute y gestión Building Information Modeling fortalece la administración

contractual de obras de saneamiento. Se recomienda institucionalizar el Porcentaje de Plan Completado y el Índice de Gestión de Información BIM en protocolos oficiales de seguimiento, y estandarizar procesos documentales bajo lineamientos del Plan BIM Perú para mejorar trazabilidad, eficiencia operativa y sostenibilidad de obras públicas.

Palabras clave: Administración de contratos, Last Planner System, Project Management Institute, Building Information Modeling, saneamiento urbano.

Abstract

Deficiencies in the execution of sanitation works contracts in the province of Huamanga, characterized by cost overruns, delays, and weaknesses in document management, highlight the need for integrated systematic control methodologies. This study investigated the relationship between retrospective performance indicators—the Percentage of Plan Completed (PPC) from the Last Planner System, the Schedule Performance Index (SPI) from Earned Value Management, and a BIM Information Management Index based on ISO 19650—and professional perceptions of efficiency in contract progress control.

A quantitative, non-experimental, cross-sectional, and retrospective design was employed. Psychometrically validated instruments were administered to site managers, supervisors, and specialized technical personnel from seven urban sanitation projects executed between 2017 and 2023. This was complemented by a documentary analysis of technical files and data from the Investment Monitoring System of the Ministry of Economy and Finance. The instruments demonstrated high reliability, with Cronbach's alpha coefficients ranging from 0.87 to 0.91.

The results revealed significant relationships between the technical predictors and perceived efficiency. The BIM Information Management Index was the most robust predictor, with a standardized coefficient of 0.72 and a significance level of $p = 0.039$. It also showed a correlation of 0.86 ($p < 0.01$). The Percentage of Plan Completed showed a correlation of 0.81 ($p = 0.026$), while the Schedule Performance Index showed no significant relationship ($r = 0.48$, $p = 0.275$). The joint model explained 99% of the observed variance. This indicates that the reliability of short-term planning and document maturity exert a greater influence on perceived efficiency than adherence to the aggregate schedule.

It is concluded that integrating the Last Planner System, Project Management Institute standards, and Building Information Modeling management strengthens the contractual

administration of sanitation works. It is recommended to institutionalize the PPC and the BIM Information Management Index in official monitoring protocols and to standardize documentary processes under the guidelines of the BIM Peru Plan to improve the traceability, operational efficiency, and sustainability of public works.

Keywords: Contract management, Last Planner System, Project Management Institute, Building Information Modeling, urban sanitation.

Introducción

En los últimos años, la administración de contratos de obras públicas de saneamiento ha cobrado especial relevancia debido a su impacto directo en la eficiencia de la inversión pública y en la calidad de vida de la población. En el Perú persisten brechas significativas en el acceso a agua potable y alcantarillado, y en la provincia de Huamanga estas limitaciones se manifiestan en sobrecostos, retrasos y deficiencias de cobertura que afectan tanto la equidad social como la salud pública. Pese a los avances normativos, entre ellos la incorporación del principio de valor por dinero en la Ley de Contrataciones del Estado, subsisten debilidades estructurales relacionadas con el control de la planificación y la gestión sistemática de la información técnica.

La investigación se orienta a un vacío crítico: la falta de integración de metodologías ágiles, bajo el enfoque del PMI y de la gestión BIM, en el análisis retrospectivo de contratos de saneamiento. En la práctica predominan los controles financieros y cronológicos globales, mientras que métricas como el Porcentaje de Plan Completado (PPC) del Last Planner System, el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) del enfoque de valor ganado del PMI y el Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) aún no se aplican de manera articulada, pese a constituir herramientas fundamentales para evaluar con rigor la eficiencia en proyectos de esta naturaleza.

El objetivo general del estudio es determinar la relación entre los indicadores retrospectivos PPC, SPI e IGI-BIM y la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en Huamanga. De manera específica, se analiza la asociación entre el PPC y la eficiencia percibida del control operativo, entre el SPI y la percepción de efectividad en la toma de decisiones, y entre el IGI-BIM y la percepción de eficiencia vinculada a la gestión documental. Estas relaciones se formalizan en hipótesis correlacionales definidas en la matriz de consistencia y operacionalización que sustentan la investigación.

La **relevancia** del trabajo se expresa en tres niveles. En el plano científico, aporta un marco integrador que combina Lean Construction (PPC), PMI (SPI) y BIM (IGI-BIM), respondiendo a un vacío en la literatura nacional e internacional. En el plano metodológico, propone un diseño no experimental, transversal y retrospectivo que operacionaliza de manera rigurosa variables técnicas y perceptuales mediante instrumentos validados. En el plano aplicado, genera evidencia que permite fortalecer la administración contractual de proyectos de saneamiento, proporcionando criterios verificables para decisiones más oportunas y fundamentadas, en beneficio de la población.

Metodológicamente, el estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal y retrospectivo. La muestra estuvo conformada por siete proyectos de saneamiento ejecutados en Huamanga entre 2017 y 2023, seleccionados en función de la disponibilidad documental y técnica que garantizó el cálculo consistente de los indicadores. El análisis de las variables combinó la revisión de registros contractuales con la aplicación de encuestas estructuradas a profesionales con responsabilidad directa en la gestión y supervisión, asegurando correspondencia entre los capítulos de metodología, resultados y conclusiones.

El documento se organiza de la siguiente manera: el **Capítulo I** presenta el problema de investigación, los objetivos, las hipótesis y la justificación; el **Capítulo II** desarrolla el marco teórico y los antecedentes; el **Capítulo III** describe el diseño metodológico y la operacionalización de variables; el **Capítulo IV** expone los resultados y su discusión; y el **Capítulo V** plantea conclusiones y recomendaciones. Finalmente, los anexos incluyen la matriz de consistencia y la matriz de operacionalización, que garantizan la coherencia interna del trabajo.

Capítulo I

El Problema de Investigación

1.1 El problema general, problemas específicos

1.1.1 Descripción de la realidad problemática

En el Perú persisten brechas de acceso a agua y saneamiento que condicionan el desempeño de los contratos de obras sanitarias. En el año móvil octubre 2022–septiembre 2023, el 89,1% de la población accedió a agua de red pública, mientras que alrededor del 23% carece de alcantarillado, lo que evidencia la magnitud del déficit (Bonett et al., 2023).

En la provincia de Huamanga (Ayacucho), los contratos de agua y alcantarillado reflejan los desafíos de ejecución y control propios del ciclo de inversión pública. Estos proyectos pueden rastrearse en el Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2023b).

La gestión contractual tradicional en obras de saneamiento presenta debilidades en el control de avance, la coordinación interinstitucional y el uso sistemático de información técnica. La nueva Ley General de Contrataciones Públicas (Ley N.º 32069) y su reglamento (D.S. N.º 009-2025-EF) introducen el principio de “valor por dinero”, pero su efectividad depende de la implementación práctica (República del Perú, 2024, 2025). En paralelo, los pronunciamientos del Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado muestran la recurrencia de controversias por adicionales y ampliaciones de plazo (OECE, 2023).

El Last Planner System (LPS), como metodología de Lean Construction, busca mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. Su indicador Percent Plan Complete (PPC) —que mide el porcentaje de compromisos cumplidos en un periodo— permite evaluar retrospectivamente la estabilidad de la planificación y el control de avance (H. G. Ballard, 2000).

Desde la perspectiva del Project Management Institute, el Schedule Performance Index (SPI) constituye un indicador clave de valor ganado que permite cuantificar la eficiencia temporal de un proyecto; valores menores a 1 indican atraso relativo (PMI, 2019).

Finalmente, la gestión de información mediante Building Information Modeling (BIM) fortalece la trazabilidad documental y la interoperabilidad entre actores. En el Perú, el Plan BIM Perú y la Guía Nacional BIM (MEF, 2023b) establecen lineamientos oficiales que permiten evaluar retrospectivamente la disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica.

La integración de los tres enfoques —PPC del LPS, SPI del PMI y gestión BIM— constituye un marco sistémico para evaluar retrospectivamente la administración contractual de los proyectos de saneamiento en Huamanga, en correspondencia con la orientación de “valor por dinero” de la normativa vigente.

1.1.2 Problema general

¿Qué relación existe entre los indicadores retrospectivos del porcentaje del plan completado del Last Planner System, el índice de desempeño del cronograma del PMI y la gestión de la información BIM, con la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga?

1.1.3 Problemas específicos

1. ¿Qué relación existe entre el porcentaje del plan completado retrospectivo del Last Planner System y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga?
2. ¿Cuál es la relación entre el índice de desempeño del cronograma retrospectivo del PMI y la percepción de efectividad en la toma de decisiones en la gestión de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga?

3. ¿Qué relación existe entre la gestión retrospectiva de la información BIM, considerando disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica, y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la relación entre los indicadores retrospectivos del porcentaje del plan completado del Last Planner System, el índice de desempeño del cronograma del PMI y la gestión de la información BIM, con la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la relación entre el porcentaje del plan completado retrospectivo del Last Planner System y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.
2. Analizar la relación entre el índice de desempeño del cronograma retrospectivo del PMI y la percepción de efectividad en la toma de decisiones en la gestión de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.
3. Evaluar la relación entre la gestión retrospectiva de la información BIM, considerando disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica, y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.

1.3 Importancia y justificación de la investigación

1.3.1 Importancia

La presente investigación adquiere una relevancia especial al centrarse en la administración de contratos de saneamiento urbano en la provincia de Huamanga, considerando que el acceso efectivo al agua y alcantarillado impacta directamente tanto en la salud pública como en la equidad social. El (Banco Mundial, 2025) ha señalado que para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con agua y saneamiento, se requieren inversiones anuales globales que superen los 131 000 millones de dólares, lo cual evidencia la magnitud del desafío y la importancia de mejorar la eficiencia en la ejecución contractual.

En el contexto peruano, el (Banco Mundial, 2023a) identificó que la seguridad hídrica constituye un factor estratégico para el desarrollo económico y social, y destacó la necesidad de optimizar el desempeño institucional y el estado de la infraestructura, particularmente en proyectos de saneamiento. Esta situación es especialmente crítica en regiones como Ayacucho, donde aún persisten brechas en el acceso a servicios básicos, lo que resalta la importancia de fortalecer la administración de contratos de obras públicas.

La aplicación de herramientas de análisis retrospectivo como el Porcentaje de Plan Completado (PPC) y el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) permite evaluar de manera objetiva los resultados alcanzados frente a lo programado, identificando patrones de retraso y sobrecostos en la ejecución de proyectos. Asimismo, la incorporación de enfoques tecnológicos como el Building Information Modeling (BIM) en la gestión de la información contractual favorece la organización, actualización y disponibilidad de datos técnicos, reduciendo inconsistencias que afectan los plazos y costos de las obras (Banco Mundial, 2023a).

En suma, esta investigación es importante porque se focaliza en una problemática vigente y urgente de eficiencia en la administración de contratos de saneamiento en Huamanga,

integrando indicadores de desempeño técnico (PPC y SPI), enfoques de gestión de información (BIM) y la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales. Con ello, se busca aportar evidencia que contribuya a mejorar la calidad de la inversión pública y garantizar un acceso equitativo y sostenible a los servicios de agua potable y alcantarillado en la región.

1.3.2 Justificación

Desde el plano teórico, esta investigación se alinea con los enfoques adaptativos e híbridos promovidos por el Project Management Institute en la Guía del PMBOK® (Séptima Edición), los cuales enfatizan el tailoring o adaptación contextual de marcos de trabajo para entornos con restricciones específicas, como los que caracterizan a la contratación pública de infraestructura de saneamiento en el Perú (Project Management Institute, 2021b). En este marco, el uso retrospectivo del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) —propio del Last Planner System®— y del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) —de la Gestión del Valor Ganado— es coherente con investigaciones recientes que integran principios de lean construction y control de proyectos para evaluar el desempeño temporal (Emblemsvåg, 2024a), así como con estudios que emplean métricas del LPS para valorar la confiabilidad de la planificación (Shehab et al., 2023). Asimismo, la evaluación de la gestión documental BIM se fundamenta en los lineamientos oficiales del Plan BIM Perú, que normalizan los procesos de gestión de información en inversiones públicas y estandarizan el uso de Entornos Comunes de Datos (CDE), lo que justifica la construcción de un índice retrospectivo de madurez documental (Project Management Institute, 2021b).

La justificación metodológica se sustenta en un diseño no experimental, transversal, retrospectivo y de alcance correlacional, adecuado para analizar asociaciones entre variables en contextos donde no es posible la manipulación de las mismas y los datos provienen de registros históricos consolidados (Creswell & Creswell, 2023). Los indicadores PPC y SPI se obtienen de fuentes documentales primarias (planes semanales, curvas S, valorizaciones), y el

SPI —definido como la razón entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planificado (PV)— es un indicador ampliamente reconocido para medir la eficiencia del cronograma (Project Management Institute, 2021b). La medición de la gestión de información BIM se operacionaliza mediante criterios de disponibilidad, organización y actualización alineados con las especificaciones del CDE establecidas en el Plan BIM Perú (MEF, 2023b). Adicionalmente, las percepciones de eficiencia y efectividad se recogen mediante encuestas aplicadas a actores clave de los proyectos; la validez de contenido, garantizada por juicio de expertos (V de Aiken ≥ 0.80), y la confiabilidad interna (α de Cronbach ≥ 0.70), aseguran la rigurosidad métrica exigida en estudios de nivel de maestría.

En el plano práctico, la evidencia reciente demuestra que la integración de BIM en la gestión de proyectos contribuye a mejorar la coordinación, el control de cambios y el desempeño temporal a lo largo del ciclo de vida de los proyectos (Wang & Chen, 2023), mientras que la aplicación sistemática del Last Planner System incrementa la confiabilidad de la planificación (Shehab et al., 2023). En el contexto peruano, el Plan BIM Perú impulsa la adopción progresiva de estándares de gestión de información en la inversión pública; por ello, evaluar retrospectivamente esta gestión en contratos de saneamiento en Huamanga permite identificar brechas en documentación, trazabilidad y actualización, y generar lineamientos operativos para optimizar futuras contrataciones (MEF, 2023b).

Finalmente, la justificación social se sustenta en el impacto directo que una gestión contractual eficiente tiene en la calidad y continuidad de los servicios de agua y alcantarillado, componentes críticos para el bienestar urbano y la salud pública. En el Perú, persisten brechas significativas en el acceso y la calidad de estos servicios, con notorias disparidades entre regiones y áreas urbanas versus rurales. Los informes técnicos del (INEI, 2023) documentan estas desigualdades y evidencian la necesidad de mejora, particularmente en ámbitos no centrales. A nivel macro, el Diagnóstico de Seguridad Hídrica del Banco Mundial, (2023c)

recomienda implementar acciones estratégicas para cerrar estas brechas y fortalecer la gestión de los servicios, lo que refuerza la relevancia de optimizar la administración contractual en proyectos de saneamiento, como los ejecutados en Huamanga.

1.4 Limitaciones y alcances

El alcance del estudio se limita a siete proyectos de saneamiento urbano bajo la jurisdicción de la EPS SEDA Ayacucho en la provincia de Huamanga, ejecutados entre 2020 y 2023, conforme a la matriz de consistencia y a los datos nucleares aprobados para esta tesis. La unidad de análisis es el proyecto de obra de saneamiento urbano, bajo un diseño no experimental, transversal y de alcance correlacional-causal; en consecuencia, los resultados permiten identificar asociaciones y patrones de desempeño, estableciendo relaciones entre variables más que inferencias causales estrictas. La medición del desempeño técnico se basa en el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) para la confiabilidad de la planificación y en el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) para comparar avance planificado y ejecutado, ambos estandarizados en la literatura reciente (Nguyen et al., 2023).

Respecto de la gestión de la información BIM, el estudio se restringe intencionalmente a la dimensión de documentación y organización (roles, procesos, estados y controles del CDE, matrices LOIN y entregables documentales), sin evaluar el modelado geométrico ni la simulación 4D/5D. Esta delimitación se alinea con las guías nacionales del Plan BIM Perú, que permiten valorar madurez y desempeño documental en inversiones públicas y son pertinentes para el sector saneamiento urbano (MEF, 2025).

Las principales limitaciones derivan de la naturaleza retrospectiva y de la variabilidad en la completitud y consistencia de los archivos contractuales disponibles por proyecto (actas, cronogramas, entregables técnicos y registros de CDE), lo cual puede introducir heterogeneidad en la calidad de los indicadores. La muestra es no probabilística e intencional

(siete proyectos), adecuada para una exploración correlacional focalizada en Huamanga, pero con transferibilidad condicionada al contexto institucional y operativo local. Pese a estas limitaciones, el uso conjunto de métricas objetivas (PPC y SPI) y la evaluación estructurada de la gestión documental BIM, bajo lineamientos nacionales recientes, incrementa la robustez interna del análisis y su utilidad para recomendaciones de mejora de la administración contractual en proyectos de saneamiento urbano de la provincia (Project Management Institute, 2021b).

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

La administración de contratos de obras de saneamiento enfrenta desafíos complejos en control de avance y eficiencia operativa. Los antecedentes internacionales revelan una evolución hacia metodologías ágiles, específicamente el Last Planner System, con aplicabilidad directa al contexto de saneamiento urbano en Huamanga.

(Agrawal et al., 2024) identificaron 50 funcionalidades de automatización en las seis etapas del LPS mediante revisión sistemática de 112 estudios, demostrando que "la automatización mediante simulación, BIM, linked data, inteligencia artificial y optimización aporta beneficios como mayor exactitud de los planes, generación de alternativas, reducción de conflictos espacio-tiempo, verificación de restricciones y cálculo automatizado de métricas de control (incluido el PPC y métricas de valor ganado)". Este hallazgo fundamenta la operacionalización retrospectiva del PPC en contratos de saneamiento, validando la automatización de métricas de control para optimizar la administración contractual.

(Lagos et al., 2024) demostraron la precisión predictiva del PPC aplicando machine learning a 178 proyectos, donde "modelos basados en indicadores LPS superaron a los que usaban solo métricas tradicionales" alcanzando " $R^2 = 0.96$, MAE = 1.24%, MAPE = 1.68%". Su análisis confirmó que "los indicadores con mayor peso en la predicción fueron CPT, RPT, Corrective Actions y PPC/PCR medios", métricas calculables retrospectivamente desde expedientes técnicos. Esta evidencia respalda la hipótesis específica H1 sobre la relación entre PPC retrospectivo y percepción de eficiencia en contratos de saneamiento.

(Javanmardi et al., 2023) cuantificaron mecanismos internos del PPC mediante el ciclo OPDCA en infraestructura, determinando contribuciones de "Plan 23%, Do 23%, Check 24%,

React 12%" y logrando "ganancia total de información sobre la incertidumbre del PPC fue de 1.51 bits (77.4% de reducción)". Los resultados evidencian que la verificación constituye el componente más influyente en confiabilidad de planificación, aspecto crítico en contratos de saneamiento donde el control técnico es fundamental para cumplir especificaciones sanitarias.

(Schimanski et al., 2021) validaron la integración BIM-LPS desarrollando un prototipo con 39 requisitos funcionales, obteniendo "95% estuvo de acuerdo en que es útil digitalizar el LPS y vincularlo a objetos BIM" entre 20 expertos, implementando 28 requisitos funcionales. Esta convergencia establece el marco conceptual para operacionalizar el IGI-BIM como variable complementaria al PPC retrospectivo en evaluación de eficiencia contractual.

Los antecedentes convergen en demostrar que las metodologías ágiles optimizan la administración contractual mediante mejora de confiabilidad de planificación y control de avance. La transferibilidad hacia contratos de saneamiento en Huamanga se sustenta en procesos contractuales comunes, aunque ningún estudio previo examina específicamente esta aplicación bajo normativas peruanas de contratación pública.

Tabla 1*Estado del Arte sobre Metodologías Ágiles, PMI y BIM en Gestión de Proyectos de Construcción*

Autor(es) y Año	Enfoque Metodológico	Variables Clave	Resultados Principales	Limitaciones	Transferibilidad
(Agrawal et al., 2024)	Revisión sistemática PRISMA	Automatización LPS, PPC	50 funcionalidades, 6 etapas LPS	Fase construcción únicamente	Alta
(Lagos et al., 2024)	Design Science Research + ML	PPC, SPI, FSP, FSD, PSO	R ² =0.96, MAE=1.24%, error<5.09%	Dependencia sistema IT	Alta
(Javanmardi et al., 2023)	Estudio caso + teoría información	PPC, ciclo OPDCA	Check 24%, reducción incertidumbre 77.4%	Caso único	Media
(Emblemsvåg, 2024a)	Action research	SPI, CPI, PPC, LPS-EVM	SPI≈1.0, CPI≈1.0, desviación<1%	Muestra reducida	Alta
(Schimanski et al., 2021)	Design Science Research	Integración BIM-LPS	95% utilidad, 28/39 requisitos	Prueba experimental	Media-Alta

(Sheikhhoshkar et al., 2024)	DSR + optimización	PPC, SPI, multinivel	Evaluación 4.1-4.8/5.0	Solo renovación	Media
(Teclaw et al., 2024)	Desarrollo metodológico	Federación BIM, CDE	61,581 triples, 291.56ms	Nombres no estandarizados	Alta
(Lorvão Antunes et al., 2024)	Ingeniería ontológica	BIM-AMS, ontologías	Escala 1-5, 13 CQs resueltas	Túneles/puentes/pavimentos	Media-Alta

Nota. Síntesis de antecedentes sobre integración Last Planner System, estándares PMI y gestión BIM en proyectos de construcción (2021-2024).

Fuente. (Agrawal et al., 2024); (Lagos et al., 2024); (Javanmardi et al., 2023); (Emblemsvåg, 2024a); (Schimanski et al., 2021); Sheikhhoshkar et al. (2024); (Teclaw et al., 2024); (Lorvão Antunes et al., 2024).

La **Tabla 1** evidencia convergencia metodológica hacia frameworks híbridos integrando PPC del Last Planner System con métricas PMI y gestión BIM durante 2021-2024. (Lagos et al., 2024) y (Emblemsvåg, 2024b) demuestran alta precisión predictiva ($R^2 \geq 0.90$) al integrar métricas LPS con análisis retrospectivo, validando el enfoque correlacional para contratos de saneamiento en Huamanga. Ningún estudio previo examina específicamente obras de saneamiento urbano bajo normativas de contratación pública, justificando la contribución original de evaluar PPC-r, SPI-r e IGI-BIM en el contexto de la provincia de Huamanga.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

La investigación en administración de contratos de obras de saneamiento en el contexto peruano ha experimentado un desarrollo progresivo, enfocándose principalmente en la identificación de deficiencias contractuales y la búsqueda de soluciones tecnológicas para optimizar la gestión de proyectos. Los estudios nacionales disponibles evidencian la persistencia de problemáticas estructurales en la ejecución de infraestructura sanitaria, así como el potencial de las metodologías digitales para transformar estos procesos.

(Farfán Kehuarucho & Salgado Canal, 2020) desarrollaron una investigación aplicada de nivel descriptivo y propositivo orientada a crear un modelo de administración de contratos estandarizado para mejorar la gestión de proyectos en obras de saneamiento. Su estudio, realizado en la EPS TACNA S.A., analizó siete contratos ejecutados entre 2012 y 2020, complementado con encuestas aplicadas a 20 profesionales especializados en proyectos de saneamiento. Los autores identificaron que los problemas más frecuentes en la administración contractual incluyen términos de referencia imprecisos (15%), inaplicación de penalidades (13%) y obras inconclusas (12%). Las consecuencias de cláusulas mal definidas se materializan en arbitrajes (21%), ampliaciones de plazo (17%) y obras defectuosas (17%), mientras que el 50% de los profesionales reportó haber ejecutado más de tres adicionales en una sola obra. El estudio propuso un modelo estandarizado basado en contratos internacionales FIDIC para

reducir controversias, aunque reveló que el 100% de los encuestados desconocía este tipo de instrumentos contractuales.

Por su parte, (Sanchez, 2025) abordó la contribución de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos del Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonía Rural, mediante un diseño fenomenológico de enfoque cualitativo. Su investigación aplicada empleó triangulación metodológica combinando análisis documental, observación no estructurada y entrevistas a una muestra de 12 consultores de los 90 que integran el programa. Los hallazgos evidenciaron percepciones muy positivas sobre la implementación de BIM, identificando que esta metodología contribuiría beneficiosamente a la planificación, ejecución y control/supervisión de proyectos de saneamiento. Los actores percibieron que BIM permitiría agilizar los procesos de principio a fin, facilitando la construcción eficaz de obras y una pronta puesta en servicio para la ciudadanía. El estudio concluyó que los softwares BIM podrían incidir significativamente en la mejora de la ejecución de la gestión de proyectos y generar mayor vigilancia en los procesos de control.

Tabla 2
Estado del Arte Nacional en la Administración de Contratos de Saneamiento

Autor y año	Título	Contexto	Variables principales	Metodología	Resultados clave	Conclusiones	Aporte a la investigación
(Farfán Kehuarucho & Salgado Canal, 2020)	Modelo de administración de contratos para mejorar la gestión de proyectos en obras de saneamiento	EPS TACNA S.A., 7 contratos (2012-2020)	VI: Modelo estandarizado FIDIC VD: Controversias, arbitrajes, ampliaciones	Análisis contractual comparativo, encuestas a 20 profesionales	TDR imprecisos (15%), arbitrajes (21%), 50% ejecutó +3 adicionales, 100% desconoce FIDIC	Modelo estandarizado reduce controversias contractuales	Identifica deficiencias en administración contractual; no aborda metodologías ágiles ni métricas PMI

(Sanchez, 2025)	Contribución de la metodología Building Information Modeling en la gestión de proyectos de obras en el Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonía Rural	Programa Nacional Amazonía Rural, 12 consultores de 90	VI: Metodología BIM VD: Percepciones sobre gestión (planificación, ejecución, control)	Fenomenológico cualitativo, triangulación documental, observación y entrevistas	Percepciones muy positivas sobre BIM, contribución beneficiosa a todas las fases	BIM mejora planificación, ejecución y control de proyectos	Evidencia percepciones positivas sobre BIM; no integra con Last Planner System ni métricas SPI
-----------------	--	--	--	---	--	--	--

Nota. La tabla sintetiza los aportes de investigaciones nacionales en contratos y gestión de proyectos de saneamiento, evidenciando la evolución desde enfoques contractuales tradicionales hacia metodologías digitales. *Fuente:* Fichas técnicas de tesis nacionales analizadas (Farfán Kehuarucho & Salgado Canal, 2020); (Sanchez, 2025).

Como se observa en la **Tabla 2**, los antecedentes nacionales revelan una progresión temática desde la identificación de deficiencias contractuales hacia la adopción de tecnologías digitales en la gestión de proyectos de saneamiento. Ambos estudios coinciden en reconocer la necesidad de optimizar la administración de contratos públicos y evidencian percepciones favorables hacia la implementación de metodologías estandarizadas, ya sea mediante contratos FIDIC o tecnología BIM. Sin embargo, se identifican vacíos significativos en la investigación nacional: ninguno de los estudios analizados integra simultáneamente metodologías ágiles del Last Planner System con estándares PMI y gestión de información BIM, ni evalúa retrospectivamente indicadores como el Porcentaje de Plan Completado (PPC) o el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI). Asimismo, la medición de percepciones de eficiencia y efectividad permanece fragmentada, limitándose a aspectos contractuales o tecnológicos específicos sin considerar la integración metodológica que propone la presente investigación. Estos hallazgos fundamentan la pertinencia del estudio en Huamanga, donde la combinación retrospectiva de PPC, SPI e IGI-BIM permitirá evaluar de manera integral la relación entre metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la percepción de eficiencia contractual, llenando un vacío metodológico identificado en la literatura nacional.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Teoría de Sistemas Adaptativos y Metodologías Ágiles

Las metodologías ágiles se fundamentan en la teoría de sistemas adaptativos complejos, donde la efectividad emerge de la capacidad de adaptación local coordinada más que de la optimización global determinística. Esta perspectiva reconoce que los proyectos de construcción exhiben propiedades emergentes que escapan al control jerárquico tradicional.

El Last Planner System se sustenta en tres principios teóricos fundamentales: la teoría de flujos de Koskela (2000), que conceptualiza la construcción como sistema de flujo de

información y materiales; la teoría de compromisos de Flores (1982), que establece que los compromisos verbales generan responsabilidad social; y la teoría de aprendizaje organizacional de Argyris & Schon (1998), que explica cómo los equipos mejoran iterativamente su capacidad predictiva.

El Porcentaje de Plan Completado representa teóricamente un indicador de confiabilidad organizacional—la capacidad de una organización para predecir accuradamente su propia capacidad ejecutiva. Esta conceptualización trasciende métricas de productividad para medir calibración entre percepción y realidad organizacional.

2.2.2 Teoría de Control de Proyectos y Earned Value Management

El (Project Management Institute, 2021b) desarrolló el Earned Value Management basándose en la **teoría de control cibernético**, donde los proyectos se conceptualizan como sistemas que transforman inputs en outputs mediante procesos controlables y medibles.

El **Índice de Desempeño del Cronograma** se fundamenta en la **teoría de valor ganado**, que postula que el progreso del proyecto puede cuantificarse objetivamente mediante la comparación entre trabajo planificado, trabajo completado y recursos consumidos. La razón $SPI = EV/PV$ asume linealidad entre progreso físico y temporal, proporcionando una métrica normalizada de eficiencia temporal.

Esta aproximación teórica se basa en la **racionalidad instrumental** de Weber (2008), que asume que los sistemas organizacionales pueden optimizarse mediante medición objetiva y control sistemático de variables clave.

2.2.3 Teoría de la Información y Building Information Modeling

BIM se sustenta en la **teoría económica de la información** desarrollada por Arrow (1962), que establece que la información tiene propiedades económicas peculiares: su valor depende de su distribución, no solo de su existencia. Los **costos de transacción** de (Coase,

1937) explican por qué la centralización de información técnica en un modelo único reduce costos de coordinación.

La **gestión de información BIM** opera mediante tres dimensiones teóricas: **disponibilidad** (teoría de acceso a la información), **organización** (teoría de sistemas de información) y **actualización** (teoría de sincronización temporal). Esta taxonomía refleja los componentes esenciales de un sistema informacional efectivo según la cibernética organizacional de (Beer, 1981).

El valor teórico de BIM radica en su función como **mecanismo de reducción de asimetrías informacionales**, transformando información fragmentada en conocimiento integrado accesible uniformemente por todos los actores del sistema.

2.2.4 Teoría de Contratos y Administración Contractual

La administración de contratos se fundamenta en la teoría de contratos incompletos de Hart (1995), que reconoce la imposibilidad de especificar ex-ante todas las contingencias posibles en sistemas complejos. Esta incompletitud genera espacios de ambigüedad que requieren negociación continua y adaptación emergente.

La percepción de eficiencia se sustenta en la teoría fenomenológica de Schutz, (1967), que establece que la realidad social se construye mediante interpretaciones subjetivas de experiencias objetivas. La eficiencia no es solo una propiedad objetiva del sistema sino una construcción social que emerge de la congruencia entre expectativas y resultados.

La percepción de efectividad en la toma de decisiones se basa en la teoría de la decisión de (Simon, 1955), que introduce el concepto de racionalidad limitada. Las decisiones organizacionales no optimizan globalmente, sino que satisfacen criterios locales bajo restricciones informacionales y temporales.

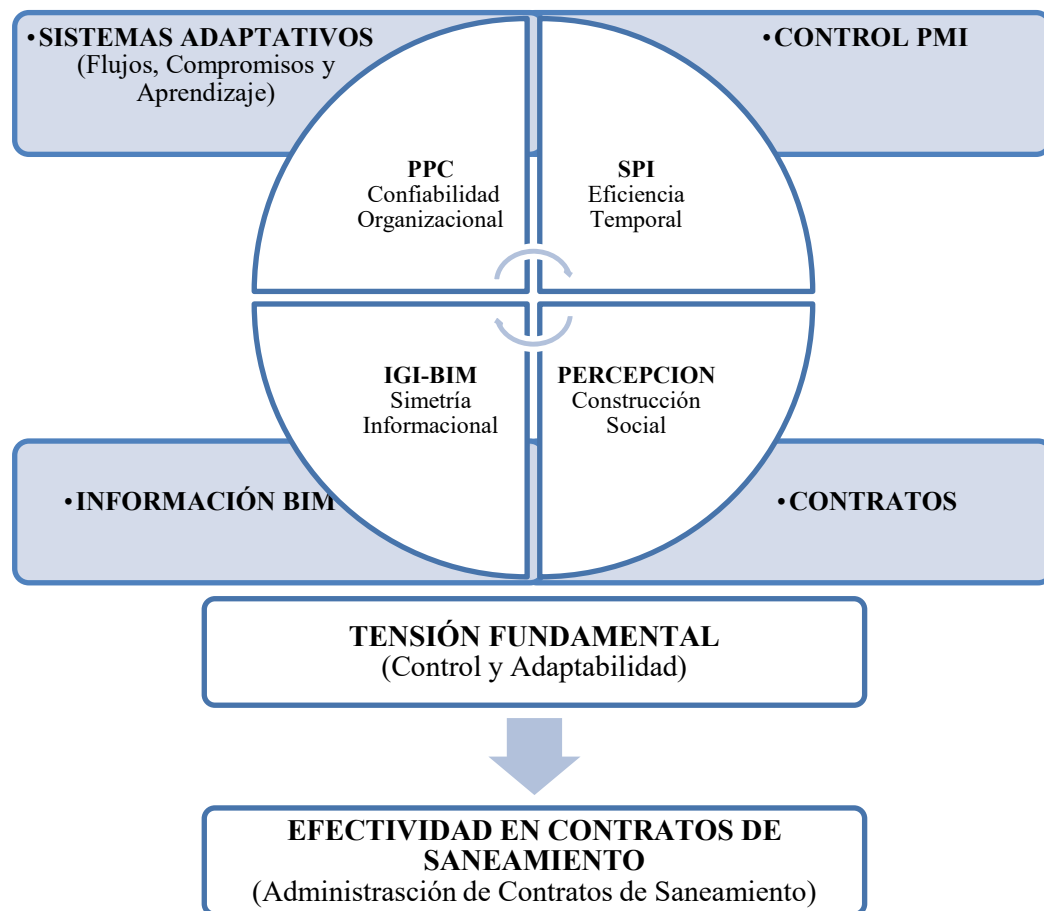
2.2.5 Marco Teórico Integrado

La integración de estos marcos teóricos genera un sistema conceptual híbrido donde la efectividad emerge de la interacción sinérgica entre confiabilidad organizacional (LPS), control objetivo (PMI), simetría informacional (BIM) y construcción social de la realidad (percepciones organizacionales).

Esta integración reconoce la tensión fundamental entre control y adaptabilidad, característica de todos los sistemas complejos. El marco teórico postula que la efectividad en la administración de contratos de saneamiento depende de la capacidad para gestionar esta tensión mediante mecanismos que preserven tanto la predictibilidad requerida por el control organizacional como la flexibilidad necesaria para la adaptación contextual.

Figura 1

Marco Teórico Integrado de Efectividad Emergente



Nota. El marco establece relaciones jerárquicas desde teorías fundamentales hasta efectividad emergente en contratos de saneamiento. Fuente: Elaborado en base a las bases teóricas.

La **Figura 1** revela el principio fundamental de la investigación: la efectividad no reside en teorías aisladas sino en su arquitectura de interacción. El diagrama evidencia que cada variable específica (PPC, SPI, IGI-BIM, Percepción) funciona como transductor que convierte principios teóricos abstractos en capacidades operacionales medibles. Esta configuración jerárquica demuestra que la administración exitosa de contratos de saneamiento requiere síntesis metodológica donde la confiabilidad organizacional, eficiencia temporal, simetría informacional y construcción social operan sinérgicamente para generar efectividad emergente que supera las limitaciones de enfoques unidimensionales.

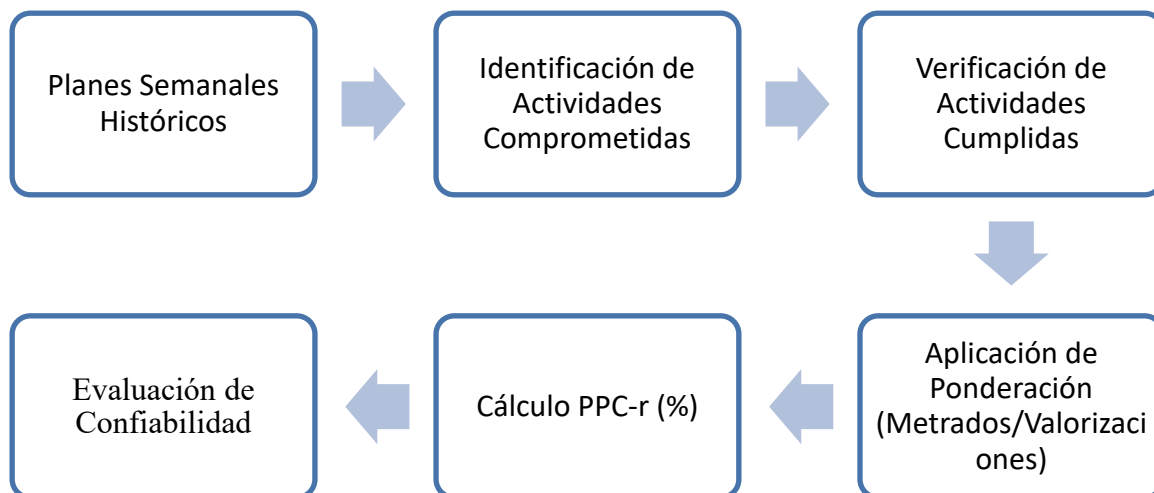
2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Porcentaje de Plan Completado (PPC)

El Porcentaje de Plan Completado constituye una métrica de confiabilidad organizacional que trasciende la medición tradicional de productividad para evaluar la capacidad predictiva de los equipos de proyecto (Agrawal et al., 2024). Se define operacionalmente como la razón entre actividades semanales efectivamente ejecutadas y aquellas formalmente comprometidas, expresada porcentualmente. En esta investigación, el PPC retrospectivo se calculó mediante la fórmula $PPC-r = (\Sigma \text{ actividades cumplidas} / \Sigma \text{ actividades comprometidas en planes semanales históricos}) \times 100$, aplicando ponderación por metros o valorizaciones cuando las actividades presentaban heterogeneidad dimensional. Esta operacionalización permite distinguir entre el cumplimiento formal de cronogramas y la confiabilidad real de los procesos de planificación, constituyendo un indicador de calibración entre expectativas organizacionales y capacidad ejecutiva real en el contexto específico de contratos de saneamiento urbano.

Figura 2

Proceso de Cálculo del Porcentaje de Plan Completado Retrospectivo



Nota. El proceso integra datos históricos del SSI-MEF para generar una métrica retrospectiva de confiabilidad organizacional.

La **Figura 2** ilustra la secuencia metodológica para el cálculo retrospectivo del PPC, donde la transformación de planes semanales históricos en una métrica de confiabilidad requiere la verificación sistemática de compromisos cumplidos y la aplicación de factores de ponderación que reflejen la heterogeneidad dimensional de las actividades contractuales, generando finalmente un indicador cuantitativo de la capacidad organizacional para predecir su propio desempeño ejecutivo.

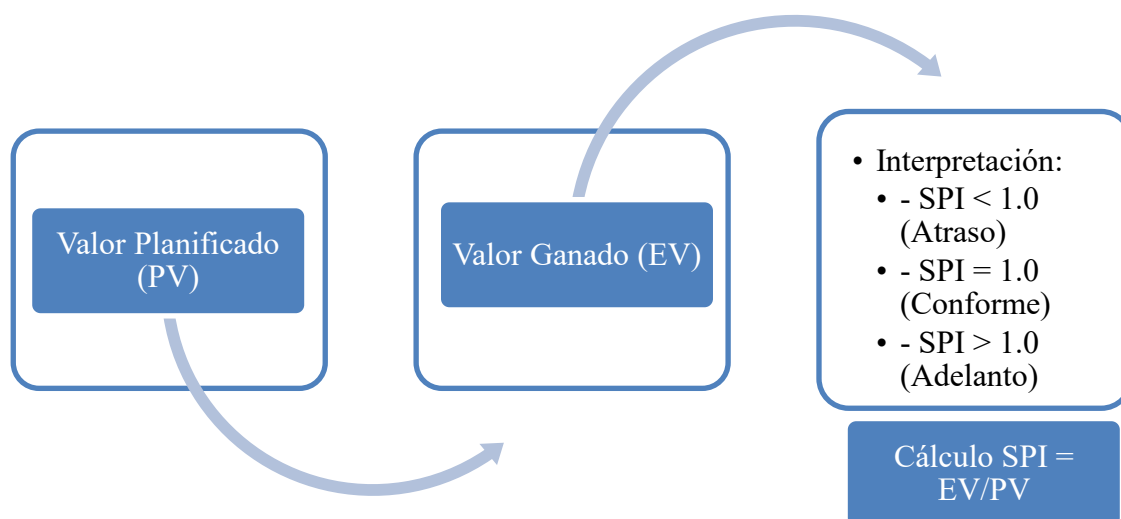
2.3.2 Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)

El Índice de Desempeño del Cronograma representa la eficiencia temporal mediante la razón matemática $SPI = EV/PV$, donde EV corresponde al valor ganado y PV al valor planificado en un momento determinado del proyecto (Project Management Institute, 2021b). Esta métrica normalizada permite comparaciones objetivas de desempeño temporal independientemente de la magnitud presupuestal o duración contractual. En la implementación retrospectiva de esta investigación, el SPI se calculó como promedio ponderado por valor planificado en el tramo operativo comprendido entre el 10% y 90% del proyecto, eliminando distorsiones características de las fases de inicio y cierre. Valores inferiores a 1.0 indican atraso

relativo, valores equivalentes a 1.0 reflejan cumplimiento conforme al cronograma contractual, y valores superiores a 1.0 evidencian adelanto respecto a la programación original, proporcionando una medida objetiva de eficiencia temporal independiente de percepciones subjetivas.

Figura 3

Evolución Temporal del Índice de Desempeño del Cronograma



Nota. La medición se realiza en el tramo operativo (10-90% del proyecto) para evitar distorsiones de inicio y cierre.

La **Figura 3** demuestra cómo la relación entre valor ganado y valor planificado genera una métrica normalizada de eficiencia temporal, donde la interpretación tripartita del SPI permite clasificaciones objetivas de desempeño cronológico que trascienden la subjetividad inherente en evaluaciones cualitativas, proporcionando un marco cuantitativo para la comparación sistemática de eficiencia temporal entre proyectos de diferentes escalas y duraciones contractuales.

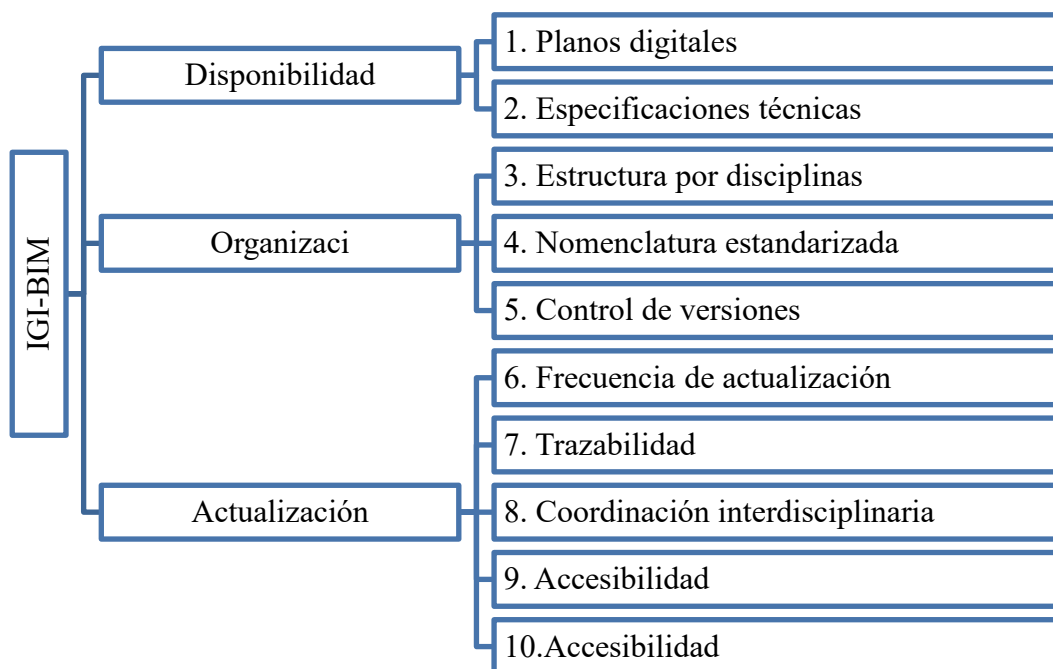
2.3.3 Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM)

El Índice de Gestión de Información BIM operacionaliza la madurez documental mediante una escala ordinal de 0 a 10 puntos construida a partir de la evaluación de diez parámetros binarios que capturan las dimensiones esenciales de un sistema informacional efectivo (MEF, 2023b). La estructura conceptual integra disponibilidad de información técnica,

organización sistemática de documentos y actualización continua de registros, reflejando los componentes críticos para la reducción de asimetrías informacionales en proyectos complejos. Cada parámetro recibe valoración binaria donde 1 indica cumplimiento del criterio y 0 ausencia del mismo, generando un índice aditivo que clasifica la gestión documental en cinco niveles cualitativos desde deficiente hasta óptimo. Esta métrica permite cuantificar retrospectivamente la calidad de la gestión de información técnica sin requerir evaluación de modelado geométrico, enfocándose específicamente en procesos, roles y flujos documentales que constituyen la base para una administración contractual eficiente.

Figura 4

Estructura Dimensional del Índice de Gestión de Información BIM



Nota. Clasificación resultante: 0-2 deficiente, 3-4 regular, 5-6 bueno, 7-8 muy bueno, 9-10 óptimo.

La **Figura 4** revela la arquitectura conceptual del IGI-BIM como sistema de evaluación multidimensional donde la disponibilidad constituye la base informacional, la organización proporciona estructura sistemática y la actualización garantiza vigencia temporal, configurando

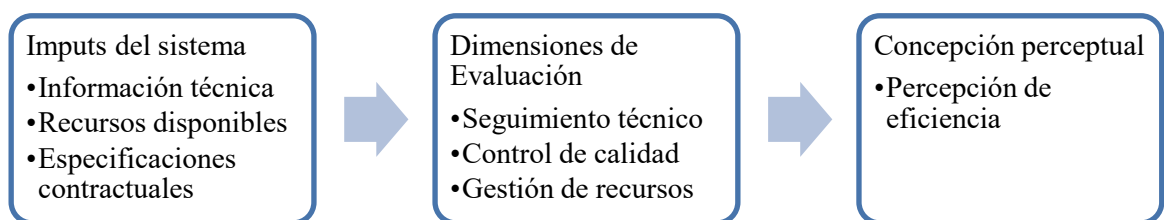
conjuntamente un marco integral para cuantificar la madurez documental que trasciende enfoques unidimensionales centrados exclusivamente en disponibilidad de archivos digitales.

2.3.4 Percepción de Eficiencia en el Control de Avance

La percepción de eficiencia en el control de avance constituye una construcción social que emerge de la interpretación subjetiva de profesionales técnicos sobre la efectividad de los sistemas de seguimiento y control implementados durante la ejecución contractual. Esta variable se operacionaliza mediante un instrumento psicométrico que emplea escala Likert de cinco puntos para capturar valoraciones sobre seguimiento técnico, control de calidad y gestión de recursos, dimensiones que reflejan los componentes esenciales de la función de control en administración de proyectos. La percepción trasciende métricas objetivas de desempeño para incorporar elementos experienciales como facilidad para identificar avances reales, rapidez en detección de desviaciones, efectividad en inspecciones y optimización de recursos disponibles. Esta conceptualización reconoce que la eficiencia administrativa no constituye únicamente una propiedad objetiva del sistema contractual, sino una realidad construida socialmente mediante la congruencia entre expectativas profesionales y resultados observados en el terreno.

Figura 5

Modelo de Percepción de Eficiencia en el Control de Avance



Nota. La percepción emerge de la evaluación subjetiva de profesionales sobre la efectividad del sistema de control implementado.

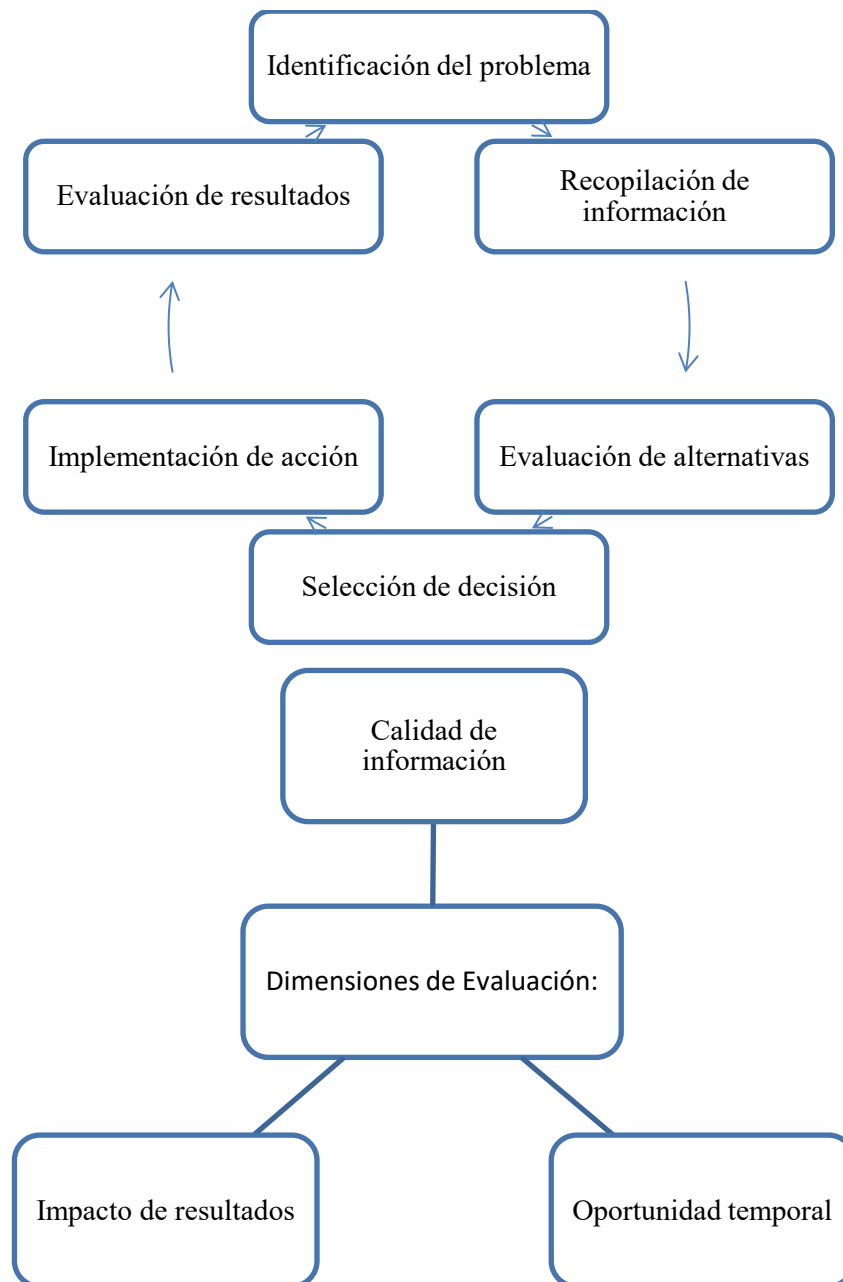
La **Figura 5** conceptualiza la percepción de eficiencia como proceso de transformación donde inputs objetivos del sistema contractual se procesan mediante dimensiones

experienciales específicas para generar una construcción perceptual que refleja la congruencia entre expectativas profesionales y resultados observados, demostrando que la eficiencia administrativa trasciende propiedades inherentes del sistema para constituirse como realidad socialmente construida mediante interpretación subjetiva de experiencias técnicas.

2.3.5 Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones

La percepción de efectividad en la toma de decisiones refleja la valoración profesional sobre la calidad de los procesos decisionales que caracterizan la administración contractual bajo condiciones de racionalidad limitada e información imperfecta. Se operacionaliza mediante la evaluación de tres dimensiones fundamentales que capturan la calidad de información disponible para decisiones críticas, la oportunidad temporal de las respuestas organizacionales ante contingencias, y el impacto real de las acciones correctivas implementadas durante la ejecución. Esta construcción conceptual reconoce que la efectividad decisional en contratos complejos no depende de optimización global sino de la capacidad para generar decisiones localmente satisfactorias que resuelvan problemas específicos dentro de restricciones temporales, informacionales y organizacionales. La medición mediante escala Likert permite capturar gradaciones en la percepción sobre disponibilidad oportuna de información técnica, rapidez en autorización de cambios, efectividad de coordinación interinstitucional y capacidad real para resolver conflictos contractuales emergentes.

Figura 6
Proceso de Toma de Decisiones en Administración Contractual



Nota. El proceso operacionaliza la efectividad decisional mediante evaluación de calidad informacional, oportunidad temporal e impacto de resultados.

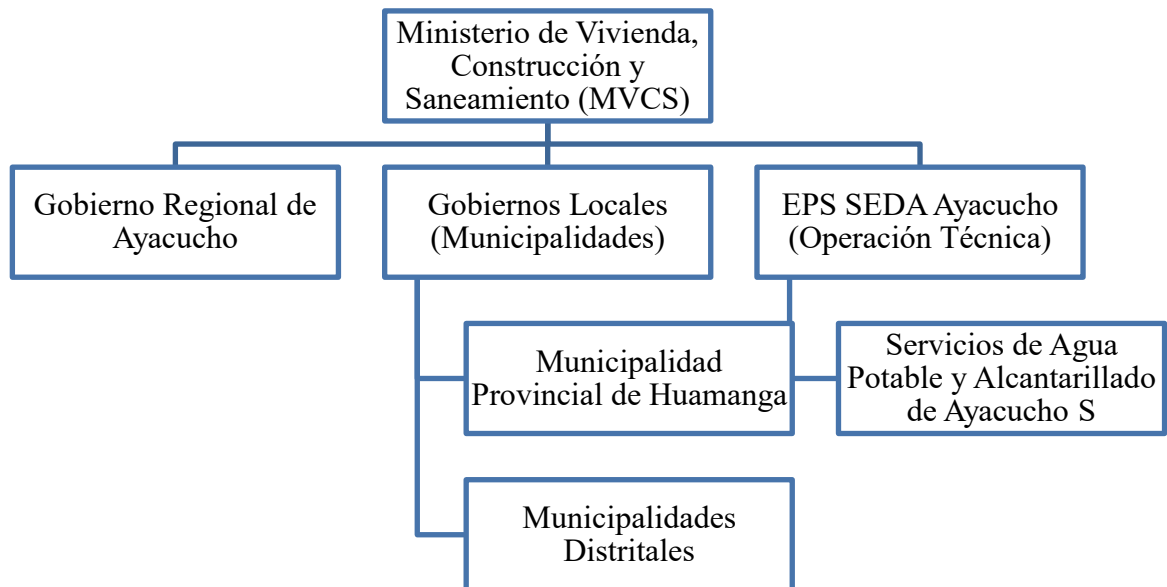
La **Figura 6** ilustra el proceso decisional como ciclo iterativo donde la efectividad emerge de la optimización simultánea de calidad informacional, oportunidad temporal e impacto de resultados, revelando que la percepción de efectividad no depende del cumplimiento de protocolos formales sino de la capacidad organizacional para generar

soluciones localmente satisfactorias que resuelvan contingencias específicas dentro de las restricciones inherentes a la administración de contratos complejos.

2.3.6 Contratos de Obras de Saneamiento

Los contratos de obras de saneamiento constituyen instrumentos jurídicos especializados que establecen las condiciones técnicas, económicas y administrativas para la ejecución de infraestructura de agua potable y alcantarillado, operando bajo el marco normativo de la Ley N° 32069, Ley General de Contrataciones Públicas y su Reglamento correspondiente. En el contexto específico de la provincia de Huamanga, estos contratos se caracterizan por una configuración institucional multiactoral que involucra a la Empresa Prestadora de Servicios SEDA Ayacucho como operadora técnica especializada, municipalidades provinciales y distritales como unidades ejecutoras de inversiones, el Gobierno Regional de Ayacucho como entidad de financiamiento, y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como ente rector sectorial. Esta estructura organizacional genera complejidades específicas de coordinación técnica y administrativa que trascienden las características típicas de contratos de obras civiles convencionales, requiriendo mecanismos especializados de gestión que consideren tanto la ejecución física como la sostenibilidad operativa posterior y la transferencia oportuna a operadores especializados para garantizar la continuidad del servicio público esencial.

Figura 7
Estructura Institucional de Contratos de Saneamiento en Huamanga



Nota. La configuración multiactoral genera complejidades específicas de coordinación que trascienden contratos de obras civiles convencionales.

La **Figura 7** demuestra cómo la estructura institucional de contratos de saneamiento en Huamanga configura un sistema multiactoral donde cada entidad ejerce funciones especializadas que requieren coordinación sistemática para garantizar tanto la ejecución física como la sostenibilidad operativa, evidenciando que la complejidad administrativa trasciende la gestión contractual tradicional para incorporar dimensiones de transferencia tecnológica y continuidad del servicio público que condicionan la percepción de efectividad en la administración contractual.

Capítulo III

Metodología

3.1 Tipo, Nivel y Diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La investigación se enmarca en la categoría de investigación aplicada, ya que su propósito es generar conocimientos con implicancias prácticas para mejorar la gestión de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga. En el contexto de estudios avanzados, este tipo de investigación busca transferir hallazgos teóricos hacia soluciones operativas concretas (Maldonado et al., 2023).

El enfoque cuantitativo se selecciona por su capacidad para analizar relaciones entre variables mediante indicadores numéricos. En este caso, métricas como el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y los parámetros de gestión documental BIM requieren técnicas estadísticas rigurosas para evaluar correlaciones y patrones de desempeño.

El alcance correlacional-causal es el más adecuado, dado que el objetivo central es examinar la existencia y el grado de relación entre el uso retrospectivo de metodologías de gestión (Last Planner System®, estándares PMI y BIM) y los indicadores de eficiencia administrativa. Este tipo de diseño permite explorar asociaciones sin establecer causalidad definitiva, lo cual es pertinente en investigaciones donde la manipulación de variables no es posible (Nwabuko, 2024).

El estudio adopta un diseño no experimental retrospectivo, pues se basa en el análisis de proyectos ya concluidos sin intervención del investigador en los procesos originales. Este diseño, categorizado como observacional analítico, permite examinar datos históricos y documentales para analizar comportamientos y resultados en contextos reales (Nwabuko, 2024).

Finalmente, el diseño es de naturaleza transversal, ya que se analiza información consolidada en un único momento (corte temporal), lo que permite capturar un panorama puntual de las variables en estudio. Este enfoque facilita la identificación de asociaciones entre variables en un punto específico del tiempo (Manterola et al., 2023).

3.1.2 Nivel de Investigación

La presente investigación se define por su alcance correlacional-causal, dado que su propósito es estimar el grado y la dirección de la asociación entre un conjunto de variables independientes —la aplicación de metodologías de gestión de proyectos (operacionalizada retrospectivamente mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y la gestión documental BIM)— y la variable dependiente eficiencia en la administración de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga. En los estudios observacionales de este alcance, las variables se miden sin manipulación, y los resultados permiten identificar relaciones estadísticas y modelar asociaciones, mas no inferir causalidad directa. Este enfoque es metodológicamente coherente cuando la fuente primaria de evidencia es histórica y documental (Creswell & Creswell, 2023).

La elección de este alcance responde directamente a los objetivos de la tesis: analizar la relación entre indicadores técnicos estandarizados y los resultados de eficiencia administrativa. El PPC, métrica central del Last Planner System, evalúa la confiabilidad de la planificación a corto plazo, y su uso en la literatura reciente valida su idoneidad para análisis correlacionales en el sector construcción (Shehab et al., 2023). A su vez, el SPI, principio fundamental de la gestión del valor ganado, compara el avance real con el planificado y constituye un parámetro ampliamente utilizado para análisis retrospectivos de desempeño temporal (PMI, 2021b).

En síntesis, el alcance aquí adoptado no busca demostrar causalidad, sino caracterizar las asociaciones entre las métricas de gestión (PPC, SPI, documentación BIM) y la eficiencia

administrativa en contratos de saneamiento ya ejecutados, generando así evidencia empírica metodológicamente robusta y útil para la toma de decisiones (Creswell & Creswell, 2023).

3.1.3 Diseño investigación

La investigación se desarrolla bajo un diseño no experimental-transversal con análisis retrospectivo de datos. Este se caracteriza por: ser no experimental, ya que no existe manipulación de variables ni asignación aleatoria de los casos; transversal, pues la recolección y medición de los datos se realiza en un único momento temporal sobre una muestra de proyectos concluidos; y retrospectivo, debido a que la fuente de información primaria son los registros documentales históricos de siete contratos de saneamiento urbano ejecutados en Huamanga (siendo la unidad de análisis cada proyecto).

Este encuadre es metodológicamente pertinente cuando, como en este caso, las condiciones institucionales y éticas impiden la manipulación de variables y la evidencia primaria emana del archivo contractual (cronogramas, actas, informes de avance y entregables técnicos), alineándose con los lineamientos contemporáneos de la investigación basada en análisis documental (Creswell & Creswell, 2023).

La característica retrospectiva se operativiza mediante un análisis documental sistemático que prioriza la gestión de la información —evaluando su disponibilidad, organización y actualización en el Entorno Común de Datos (CDE)—, sin incluir el modelado geométrico. Este alcance es consistente con las Guías oficiales del Plan BIM Perú del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para inversiones públicas, las cuales normalizan procesos, roles, estados de información y el uso del CDE como soporte para la trazabilidad documental (MEF, 2023b).

El carácter transversal del diseño ofrece una “fotografía” integrada de las variables, a partir de la cual se aplican técnicas estadísticas para cuantificar la fuerza y dirección de las relaciones entre los indicadores técnicos —PPC del Last Planner System y SPI de la gestión

del valor ganado— y los resultados administrativos observados. La literatura especializada documenta el uso de ambas métricas para evaluar la fiabilidad de la planificación y la eficiencia del cronograma en análisis retrospectivos (Shehab et al., 2023)..

Finalmente, el diseño adoptado es coherente con el principio de tailoring o adaptación contextual promovido por el estándar del PMI (PMBOK Guide – Seventh Edition), el cual recomienda seleccionar e integrar métodos, herramientas y métricas en función de las características específicas del proyecto y los resultados esperados. Esto respalda metodológicamente la combinación de PPC, SPI y evaluación documental BIM para cumplir con los objetivos de investigación planteados (PMI, 2021b).

3.2 Hipótesis

3.2.1 Hipótesis General

Existe una relación entre los indicadores retrospectivos del porcentaje del plan completado del Last Planner System, el índice de desempeño del cronograma del PMI y la gestión de la información BIM, con la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.

3.2.2 Hipótesis Específicas

1. Existe una relación entre el porcentaje del plan completado retrospectivo del Last Planner System y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.
2. Existe una relación entre el índice de desempeño del cronograma retrospectivo del PMI y la percepción de efectividad en la toma de decisiones en la gestión de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.
3. Existe una relación entre la gestión retrospectiva de la información BIM, considerando disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica, y la percepción

de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.

3.3 Operacionalización de variables

La operacionalización transforma constructos teóricos en indicadores medibles empíricamente según lo precisa Hernández Sampieri et al. (2018). Este estudio fundamenta sus variables en: Last Planner System de H. G. Ballard (2000), Earned Value Management del Project Management Institute (2021b) e ISO 19650 para gestión de información BIM.

3.3.1 Variable Independiente: Prácticas de Gestión de Proyectos

3.3.1.1 Dimensión: Cumplimiento de Actividades Planificadas

Definición teórica. El Porcentaje de Plan Completado (PPC) mide el porcentaje de asignaciones completadas del total comprometido en un período, constituyendo un indicador de confiabilidad del flujo de trabajo en el Last Planner System, H. G. Ballard (2000). Permite identificar causas raíz de incumplimientos e implementar mejoras continuas (G. Ballard & Tommelein, 2016). Incrementar el PPC del 50% al 80% genera aumentos del 29% en productividad (H. G. Ballard, 2000).

Definición operacional. $PPC - r = (\Sigma \text{ actividades cumplidas} / \Sigma \text{ actividades comprometidas}) \times 100$, calculado retrospectivamente mediante análisis documental de cronogramas históricos, planes semanales y valorizaciones. Para actividades heterogéneas se aplicó PPC ponderado por metrado o valorización (Hamzeh et al., 2007).

Tabla 3*Sustento Bibliográfico: Cumplimiento de Actividades Planificadas*

Autor(es)	Año	Aporte Principal	Aplicación en la Dimensión
		Desarrollo del Last Planner System y	Fundamento teórico del
H. G. Ballard	2000	definición del PPC como medida de confiabilidad del flujo de trabajo.	indicador PPC y marco de interpretación.
G. Ballard & Tommelein	2016	Benchmark del Last Planner System con estándares de medición y análisis de causas raíz.	Metodología para medición retrospectiva y análisis de variabilidad.
H. G. Ballard	2020	Evidencia empírica: incremento del 29% en productividad al elevar PPC de 50% a 80%.	Sustenta relevancia del indicador como predictor de desempeño.
Hamzeh et al.	2007	Procedimientos de ponderación por metrado en actividades heterogéneas.	Metodología para cálculo de PPC ponderado en análisis retrospectivo.

Nota. Los aportes principales y su aplicación fueron identificados mediante revisión sistemática de la literatura sobre Last Planner System.

3.3.1.2 Dimensión: Desempeño del Cronograma

Definición teórica. El Schedule Performance Index (SPI) es la razón entre valor ganado (EV) y valor planificado (PV), midiendo eficiencia del cronograma (PMI, 2021). $SPI = 1.0$ indica desempeño conforme; $SPI < 1.0$ retraso; $SPI > 1.0$ adelanto (Fleming & Kopelman, 2000). Permite pronósticos de culminación mediante análisis de tendencias temporales.

Definición operacional. $SPI_t = EV_t / PV_t$ calculado mensualmente mediante curvas S reconstruidas de expedientes técnicos y valorizaciones. Se calculó SPI

promedio ponderado por PV en el tramo operativo (10–90% del PV total) para evitar sesgos de inicio y cierre (Lipke et al., 2009).

Tabla 4
Sustento Bibliográfico: Desempeño del Cronograma

Autor(es)	Año	Aporte Principal	Aplicación en la Dimensión
Project Management Institute	2021	Definición estándar del SPI dentro del marco de Earned Value Management (PMBOK Guide).	Definición conceptual oficial y fórmula de cálculo $SPI = EV/PV$.
Fleming & Kopelman	2010	Metodología EVM con interpretación de índices de desempeño y umbrales.	Criterios de interpretación del SPI en evaluación de desempeño temporal.
Lipke et al.	2009	Métodos estadísticos para predicción con índices EVM, incluyendo ponderación.	Metodología de SPI ponderado para evitar sesgos de inicio/cierre.

Nota. Los aportes principales y su aplicación fueron identificados mediante revisión sistemática de la literatura sobre Earned Value Management.

3.3.1.3 Dimensión: Gestión de Información Documental

Definición teórica. El Common Data Environment (CDE) es una fuente acordada de información que recopila, gestiona y difunde contenedores de información mediante proceso gestionado (ISO 19650, 2025). Establece estados definidos (trabajo en progreso, compartido, publicado, archivado) que aseguran trazabilidad, control de versiones y coordinación interdisciplinaria (ISO 19650, 2025). Sistemas estructurados reducen errores de coordinación en 40% y mejoran tiempos de respuesta en 35% (Sacks et al., 2018).

Definición operacional. Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) evaluado mediante 10 ítems binarios (0=ausente; 1=presente): planos digitales editables, especificaciones digitalizadas, organización por disciplinas, nomenclatura ISO 19650, control de versiones, actualización documentada, trazabilidad emisión/recepción, coordinación interdisciplinaria, acceso controlado, calidad as-built. Rango 0-10 clasificado según Succar (2009): 0-2=Deficiente; 3-4=Regular; 5-6=Bueno; 7-8=Muy bueno; 9-10=Óptimo.

Tabla 5
Sustento Bibliográfico: Gestión de Información BIM

Autor(es)	Año	Aporte Principal	Aplicación en la Dimensión
ISO 19650	2018	Definición del CDE y principios de gestión de información mediante BIM.	Marco normativo para evaluación de gestión de información.
ISO 19650	2018	Estados de información (WIP, compartido, publicado, archivado) y flujos de trabajo.	Criterios operativos de estados y procesos de coordinación evaluados.
UK BIM Framework	2020	Lineamientos para nomenclatura, control de versiones y trazabilidad en CDE.	Criterios para evaluación de organización, nomenclatura y trazabilidad.
Succar	2009	Framework de madurez BIM con escalas de evaluación de capacidades.	Escala ordinal de clasificación del IGI-BIM aplicada.
Sacks et al.	2018	Evidencia: BIM reduce errores 40% y mejora tiempos de respuesta 35%.	Sustenta relevancia de gestión de información en desempeño.

Nota. Los aportes principales y su aplicación fueron identificados mediante revisión sistemática de normativas y literatura sobre gestión de información BIM.

Tabla 6*Operacionalización de la variable independiente*

Dimensión	Indicador	Definición Operacional	Escala	Técnica/Instrumento
Cumplimiento de actividades planificadas	PPC-r (%)	PPC-r = $(\Sigma \text{ actividades cumplidas} / \Sigma \text{ comprometidas}) \times 100$. PPC ponderado para actividades heterogéneas.	Razón (0–100%)	Análisis documental: cronogramas, valorizaciones, expedientes técnicos.
Desempeño del cronograma	SPI-r	Serie $SPI_t = EV_t/PV_t$. SPI-r = promedio ponderado por PV (10–90% del PV).	Razón (<1 atraso; =1 conforme; >1 adelanto)	Análisis de curvas S: expedientes, valorizaciones, matriz PMI.
Gestión de información	IGI-BIM	10 ítems binarios (0-1): planos digitales, especificaciones, organización, nomenclatura ISO 19650, control versiones, actualización, trazabilidad, coordinación, acceso, as-built.	Ordinal: 0-2 Deficiente; 3-4 Regular; 5-6 Bueno; 7-8 Muy bueno; 9-10	Lista de chequeo: expedientes digitales, documentación archivada.
		Suma 0-10.	Óptimo	

Nota. PPC-r = Porcentaje de Plan Completado retrospectivo; SPI-r = Índice de Desempeño del Cronograma retrospectivo; IGI-BIM = Índice de Gestión de Información BIM; EV = Earned Value; PV = Planned Value. Fuente: H. G. Ballard (2000), Project Management Institute (2021a), ISO 19650 (2025), Succar (2009).

3.3.2 Variable Dependiente: Desempeño Percibido del Sistema de Control

3.3.2.1 Dimensión: Eficiencia en Control de Avance

Definición teórica. Capacidad del sistema de gestión para lograr objetivos de seguimiento y control optimizando recursos mediante procesos sistemáticos (Kerzner, 2017). Incluye: facilidad y precisión en identificación de progreso, rapidez en detección de desviaciones y optimización de recursos (Turner & Zolin, 2012). La percepción de actores clave correlaciona significativamente ($r > 0.60$) con medidas objetivas de desempeño (Zwikael & Sadeh, 2007) y predice desempeño efectivo ($\beta = 0.52$, $p < 0.001$) (Blomquist et al., 2012).

Definición operacional. Cuestionario de 8 ítems, escala Likert 5 puntos (1=Muy deficiente; 5=Muy eficiente) que evalúa tres subdimensiones: (a) Seguimiento: efectividad del sistema de reporte semanal, capacidad de detección temprana de desviaciones, efectividad del control de compromisos semanales, efectividad en verificación de especificaciones técnicas; (b) Control de calidad: eficiencia en control de calidad de materiales y procesos constructivos; (c) Gestión de recursos: eficiencia en planificación de recursos humanos, efectividad en gestión de equipos/maquinaria/materiales, efectividad del flujo de información técnica. Índice de Percepción de Eficiencia (IPE) = promedio aritmético de 8 ítems. Validación por cinco expertos: 12 ítems evaluados en validación (4 seguimiento + 4 control calidad + 4 gestión recursos), resultando en 8 ítems finales. V de Aiken promedio = 0.83 (rango 0.67-0.93); α de Cronbach = 0.87.

Tabla 7
Sustento Bibliográfico: Eficiencia en Control de Avance

Autor(es)	Año	Aporte Principal	Aplicación en la Dimensión
Kerzner	2017	Definición de eficiencia como optimización de recursos en control mediante procesos sistemáticos con enfoque tridimensional.	Marco conceptual de eficiencia en control de avance: seguimiento, control de calidad y gestión de recursos.
Turner & Zolin	2012	Modelo multidimensional de eficiencia: identificación de progreso, detección de desviaciones, control de calidad y optimización de recursos.	Fundamenta los tres subdimensiones evaluados: seguimiento (4 ítems), control de calidad (1 ítem), gestión de recursos (3 ítems).
Zwikael & Sadeh	2007	Correlación significativa ($r > 0.60$) entre percepción y medidas objetivas de eficiencia operacional.	Validez de percepción como indicador de funcionamiento real de sistemas de control.
Blomquist et al.	2012	Autopercepción de eficiencia predice desempeño ($\beta = 0.52, p < 0.001$) en profesionales experimentados.	Validez predictiva de medidas perceptuales aplicadas a residentes, supervisores e inspectores.

Nota. Los aportes principales y su aplicación fueron identificados mediante revisión sistemática de la literatura sobre eficiencia multidimensional en gestión de proyectos de construcción.

3.3.2.2 Dimensión: Efectividad en Toma de Decisiones

Definición teórica. Capacidad para tomar decisiones oportunas basadas en información confiable que conduzcan a resultados positivos mensurables (Shenhar & Dvir, 2007). Depende de: calidad/confiabilidad de información, oportunidad temporal e impacto demostrable (Müller & Turner, 2010). La percepción correlaciona

significativamente ($r = 0.58-0.72$) con métricas objetivas (Carvalho et al., 2019).
Sistemas efectivos mejoran calidad decisional 45% y reducen tiempos de respuesta 38% (Senaratne & Sexton, 2008).

Definición operacional. Cuestionario de 4 ítems, escala Likert 5 puntos (1=Muy inefectiva; 5=Muy efectiva) que evalúa: (a) Proceso decisorio: calidad del proceso utilizado para tomar decisiones, (b) Oportunidad temporal: grado de oportunidad de las decisiones en el momento adecuado, (c) Calidad de decisiones: calidad técnica de las decisiones tomadas, (d) Impacto en resultados: impacto de las decisiones en los resultados del proyecto. Índice de Percepción de Efectividad (IPEf) = promedio aritmético de 4 ítems. Validación por cinco expertos; α de Cronbach = 0.91.

Tabla 8

Sustento Bibliográfico: Efectividad en Toma de Decisiones

Autor(es)	Año	Aporte Principal	Aplicación en la Dimensión
Shenhar & Dvir	2007	Efectividad decisional como capacidad de tomar decisiones oportunas con información confiable que produzcan resultados mensurables.	Marco conceptual que fundamenta la evaluación cuatridimensional: proceso, oportunidad, calidad e impacto decisional.
Müller & Turner	2010	Modelo que integra proceso decisorio, calidad de información, oportunidad temporal e impacto en resultados como componentes de efectividad.	Fundamenta los 4 ítems evaluados correspondientes a cada componente del modelo.
Carvalho et al.	2019	Correlación significativa ($r = 0.58-0.72$) entre percepción de efectividad decisional y métricas objetivas de desempeño.	Validez de percepción como proxy del funcionamiento real de procesos decisionales en proyectos.
Senaratne & Sexton	2011	Sistemas efectivos de toma de decisiones mejoran calidad	Sustenta la relevancia de evaluar efectividad decisional como factor

decisional 45% y reducen tiempos de respuesta 38%. crítico de desempeño en proyectos públicos.

Nota. Los aportes principales y su aplicación fueron identificados mediante revisión sistemática de la literatura sobre efectividad decisional en gestión de proyectos de construcción.

Tabla 9
Operacionalización de la variable dependiente

Dimensión	Indicador	Definición Operacional	Escala	Técnica/Instrumento
Eficiencia en control de avance (Seguimiento, Control de calidad, Gestión de recursos)	IPE	8 ítems Likert (1-5): P1-Efectividad reporte semanal de avance físico; P2-Capacidad detección temprana de desviaciones; P3-Control cumplimiento compromisos semanales; P4-Verificación especificaciones técnicas; P5-Control calidad materiales y procesos; P6-Planificación recursos humanos; P7-Gestión equipos/maquinaria/materiales; P8-Flujo información técnica. IPE = promedio.	Ordinal Likert: 1 Muy deficiente e – 5 Muy eficiente	Cuestionario: 8 ítems finales derivados de validación de 12 ítems por 5 expertos. V Aiken promedio=0.83 (0.67-0.93); $\alpha=0.87$. Aplicado a residentes, supervisores, inspectores.
Efectividad en toma de decisiones (Proceso, Oportunidad, Calidad, Impacto)	IPEf	4 ítems Likert (1-5): D1-Proceso decisorio (calidad del proceso utilizado); D2-Oportunidad temporal (decisiones en momento adecuado); D3-Calidad de decisiones (calidad técnica); D4-Impacto en	Ordinal Likert: 1 Muy inefectiva a – 5 Muy efectiva	Cuestionario validado por 5 expertos; $\alpha=0.91$. Aplicado a residentes, supervisores, inspectores.

resultados (impacto en
resultados del proyecto).

IPEf = promedio.

Nota. IPE = Índice de Percepción de Eficiencia; IPEf = Índice de Percepción de Efectividad. Los instrumentos fueron aplicados a residentes de obra, supervisores e inspectores de los siete proyectos de saneamiento urbano seleccionados. La validación de expertos para la dimensión de eficiencia evaluó 12 ítems agrupados en tres subdimensiones (4 ítems por subdimensión), de los cuales se consolidaron 8 ítems finales para el instrumento aplicado. *Fuente:* Kerzner (2017), Turner & Zolin (2012), Shenhar & Dvir (2007), Müller & Turner (2010).

3.4 Población, Muestra y Unidad de Análisis

3.4.1 Población

La población de estudio estuvo conformada por **37 proyectos** de inversión pública en saneamiento urbano ejecutados en la provincia de Huamanga durante el período 2017-2023. Estos proyectos fueron identificados mediante consulta al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas.

La delimitación poblacional consideró exclusivamente proyectos que integraran simultáneamente componentes de agua potable y alcantarillado sanitario en áreas urbanas de la provincia. El criterio de inclusión requirió disponibilidad de expedientes técnicos completos para análisis, incluyendo estudios definitivos, contratos de ejecución, valorizaciones y documentación de supervisión.

Esta población constituyó el marco de referencia del cual se seleccionaron, mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, los siete casos de estudio que conforman la muestra. La relación completa de los 37 proyectos se presenta en la **Tabla 92** en el Anexo 02.

3.4.2 Muestra

Se seleccionó una muestra de **siete (7) proyectos de saneamiento** mediante **muestreo no probabilístico intencional o por conveniencia**. A efectos operativos, cada proyecto corresponde a su contrato de ejecución de obra, priorizándose aquellos con información técnica

y contractual completa (contratos, valorizaciones y documentación técnica) necesaria para el análisis retrospectivo de PPC, SPI y gestión de la información BIM.

3.4.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis correspondió a cada uno de los proyectos de obra de saneamiento incluidos en la muestra de siete proyectos. Cada proyecto representó un caso donde se evaluaron retrospectivamente los indicadores del porcentaje de plan completado del Last Planner System, el índice de desempeño del cronograma del PMI y la gestión de la información BIM.

Se analizaron los expedientes técnicos, planos e informes de avance disponibles en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI) del MEF. Esta documentación permitió calcular los indicadores retrospectivos de las metodologías ágiles con enfoque PMI y examinar la gestión de la información en cuanto a disponibilidad, organización y actualización.

Los contratos asociados correspondieron a obras de saneamiento ejecutadas en la provincia de Huamanga, y constituyeron el contexto para evaluar la eficiencia percibida en el control de avance y la efectividad en la toma de decisiones.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

La investigación empleó el análisis documental retrospectivo como técnica principal. Esta técnica permitió examinar los expedientes técnicos, planos e informes de avance de los siete proyectos de saneamiento seleccionados. Como fuente de verificación para contrastar esta información, se consultaron los registros disponibles en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI) del MEF.

El análisis documental se aplicó para calcular retrospectivamente los indicadores del Porcentaje de Plan Completado (PPC) del Last Planner System y el Índice de Desempeño del

Cronograma (SPI) del PMI. Asimismo, se utilizó para evaluar la gestión de la información BIM, considerando la disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica de cada proyecto.

La técnica se complementó con la revisión de la documentación contractual de las obras ejecutadas en la provincia de Huamanga, lo cual proporcionó el contexto necesario para analizar las variables dependientes relacionadas con la percepción de eficiencia en el control de avance y de efectividad en la toma de decisiones dentro de la administración de los contratos de saneamiento.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Se diseñaron matrices de evaluación para sistematizar la información obtenida de las diversas fuentes documentales. Estos instrumentos permitieron organizar y procesar los datos de los siete proyectos de saneamiento incluidos en la muestra.

La información cuantitativa provino principalmente de los Formatos 12B de seguimiento de ejecución del SSI-MEF, que registran avances físicos mensuales, valorizaciones y aspectos de gestión contractual. Estas matrices facilitaron el cálculo retrospectivo de los indicadores del Porcentaje de Plan Completado (PPC) del Last Planner System y del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) del PMI.

Paralelamente, se utilizaron para documentar la información contractual y administrativa, aportando los insumos necesarios para evaluar tanto la gestión de la información BIM como las variables dependientes relacionadas con la eficiencia en el control de avance y la efectividad en la toma de decisiones.

3.6 Descripción de la metodología

La investigación adoptó un diseño no experimental de tipo transversal correlacional retrospectivo (Hernández Sampieri et al., 2018), con enfoque cuantitativo y de tipo aplicado.

La metodología se orientó a analizar la relación entre los indicadores retrospectivos del Porcentaje de Plan Completado (PPC), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y la gestión de la información BIM, con la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento.

La recolección de información consideró los siete proyectos seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se empleó como técnica principal el análisis documental retrospectivo, revisando expedientes técnicos, planos, informes de avance y registros del SSI-MEF (formatos 12B).

El procesamiento de datos incluyó análisis estadístico descriptivo (medidas de tendencia central y dispersión) e inferencial, utilizando coeficientes de correlación de Pearson y Spearman según la normalidad de los datos (Field, 2018).

La metodología permitió evaluar retrospectivamente la aplicación de enfoques de gestión de proyectos (PMI, Last Planner, BIM) en la administración de contratos, considerando las variables dependientes de eficiencia percibida en el control de avance y efectividad en la toma de decisiones.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1. Caracterización de la Muestra de Estudio

4.1.1. Descripción de los Proyectos Analizados

La muestra del estudio estuvo conformada por siete proyectos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga entre 2017 y 2023, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, priorizando aquellos con información contractual y técnica completa para el análisis retrospectivo.

La **Tabla 10** presenta la identificación básica de los proyectos, mientras que la **Tabla 11** detalla su desempeño en costos y plazos. Los datos fueron consolidados a partir del Sistema de Seguimiento de Inversiones del MEF.

Tabla 10
Características Generales de los Proyectos de Saneamiento en Huamanga

Código de Contrato	CUI	Nombre de la Inversión	Modalidad de ejecución	UEI
HMA2055	2055858	Implementación del sistema de agua potable, sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de las localidades de Huascahura, Mollepata y anexos	Administración Indirecta / Por contrata	GRA y EPS SEDA Ayacucho
YCA2300	2300996	Creación de los servicios de agua potable y alcantarillado en 09 asociaciones del sector de Yanama, distrito de Carmen Alto - Huamanga - Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	MDCA
CHA2553	2553722	Creación del servicio de agua potable y alcantarillado en la margen derecho e izquierdo de la quebrada Chaquihuaycco entre el puente Apurímac y el rio alameda en los distritos de Andrés avelino Cáceres y Ayacucho de la provincia de huamanga - departamento de Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	MDSJB
VPS2241	2241375	Ampliación y Mejoramiento de los servicios de agua potable y desagüe en el AA. HH. vencedores del señor de palacio, aa. vv. nueva concepción, aa. vv. silvo forestal, aa. vv. santa luisa, aa.vv. san felipe alto y aa. vv. la florida del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	MPH
QLP2094	2094115	Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Quicapata a reservorio libertadores 1 de la ciudad de Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	EPS SEDA Ayacucho

AQJ2235	2235783	Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Acuchimay a jirón quinua de la ciudad de Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	EPS SEDA Ayacucho
WAA2331	2331397	Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en el sector de Waychaopampa parte alta y barrio Andamarca de la comunidad campesina Andamarca, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho	Administración Indirecta / Por contrata	EPS SEDA Ayacucho

Nota. UEI = Unidad Ejecutora de Inversiones; APS = Agua Potable y Saneamiento; GRA = Gobierno Regional de Ayacucho; EPS = Empresa Prestadora de Servicios; MDCA = Municipalidad Distrital de Carmen Alto; MDSJB = Municipalidad Distrital de San Juan Bautista; MPH = Municipalidad Provincial de Huamanga.

Tabla 11
Desempeño en Costos y Plazos de los Proyectos Analizados

Código	Monto	Monto	Variación	Plazo	
	Viabilizado (S/)	Ejecutado (S/)		Contractual	Brecha
				(meses)	
HMA2055	28,143,232	71,099,354	+152.6%	24	+12
YCA2300	19,719,626	38,016,583	+92.8%	18	+8
CHA2553	5,481,070	11,523,251	+110.2%	12	+14
VPS2241	6,781,553	7,969,078	+17.5%	14	+4
QLP2094	4,855,834	6,786,879	+39.8%	10	+3
AQJ2235	1,731,693	2,127,474	+22.9%	8	+2
WAA2331	2,958,957	3,088,069	+4.4%	9	+1
Promedio	9,953,224	20,087,241	+89.5%	13.6	+6.3

Nota. Todos los proyectos presentaron como principal restricción deficiencias en el expediente técnico y disponibilidad de suelo. *Fuente:* Adaptado de (SSI - MEF, 2023).

El análisis evidencia dos grupos diferenciados. Los primeros tres proyectos (HMA2055, YCA2300, CHA2553) presentan variaciones de costo superiores al 90% y mayores brechas de plazo, asociados a la implementación de sistemas nuevos. Los cuatro proyectos restantes, transferidos a la EPS SEDA, muestran variaciones sustancialmente menores, sugiriendo una gestión más estable en proyectos de mejoramiento de infraestructura existente.

4.1.2. Criterios de Selección y Limitaciones Documentales

La selección de los proyectos se fundamentó en la disponibilidad de documentación completa en los Formatos 12B del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI) del MEF, que permitieran el cálculo de los indicadores de desempeño establecidos. Se priorizaron aquellos proyectos con registros completos de valorizaciones y documentación técnica que facilitarían

el cálculo consistente del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI).

Este enfoque resultó en una reducción sustancial del universo inicial de contratos, dado que numerosos expedientes presentaban inconsistencias documentales, particularmente en series de valorizaciones afectadas por modificaciones contractuales y cambios de supervisión. Esta situación evidencia limitaciones estructurales en la gestión documental del sector, aspecto que ha sido documentado por la autoridad supervisora (OECE, 2023).

La muestra incorporó proyectos en diferentes fases de ejecución, aunque su composición respondió principalmente a la accesibilidad de la información. Esta característica introduce consideraciones metodológicas relevantes, particularmente respecto a posibles variaciones en el comportamiento de los indicadores según el estado de avance del proyecto (Emblemsvåg, 2024a).

En cuanto a la gestión de información BIM, se identificó heterogeneidad significativa en la implementación de procesos digitales. A pesar de los lineamientos establecidos en el Plan BIM Perú (MEF, 2023b), la mayoría de los proyectos no incorporó de manera sistemática los estándares de documentación digital, lo que restringió el desarrollo del índice de gestión BIM.

La conformación muestral basada en criterios de disponibilidad documental aseguró la viabilidad del análisis propuesto, aunque limita el alcance de generalización de los resultados. Estas consideraciones deben ser incorporadas en la interpretación de los hallazgos del estudio.

4.2. Desempeño Retrospectivo de los Indicadores Técnicos

4.2.1. Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC)

4.2.1.1 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto HMA2055

Tabla 12

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento HMA2055

Variable	Descripción
CUI	2055858

Código de Contrato	HMA2055
SNIP	55506
Denominación	Implementación del sistema de agua potable, sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de las localidades de Huaschahura, Mollepata y anexos
Costo Total Actualizado	S/ 69,195,760
Devengado Acumulado	S/ 64,973,684
Avance Financiero	93.9%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	Gobierno Regional de Ayacucho y EPS SEDA Ayacucho

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023), Formato 12-B.

El proyecto constituye una inversión de gran envergadura para la provincia de Huamanga, con un presupuesto actualizado de más de 69 millones de soles. El avance financiero del 93.9 % indica una ejecución presupuestal casi concluida, lo que contrasta con las dificultades en la ejecución física de algunos componentes críticos. Esta diferencia entre ejecución financiera y física es central para evaluar la percepción de eficiencia en la administración contractual.

Tabla 13
Evolución del Porcentaje de Plan Completado (PPC)

Periodo	PPC (%)	Variación mensual	Fase del proyecto	Observaciones
2020-07	75.47	–	Ejecución activa	Línea base
2021-02	75.12	-0.92	Ejecución	Ajuste técnico
2022-10	75.12	0.00	Culminado	Solo operación y mantenimiento
2023-04	89.68	+14.56	Reactivación	Ajuste final
2023-06	89.68	0.00	Finalizado	Sin ejecución adicional

Nota. Fuente: SSI – MEF, Formato 12-B (2025).

El seguimiento evidencia un estancamiento prolongado en torno al 75 % de avance entre 2020 y 2022. Recién en 2023 se observa un incremento significativo (14.56 puntos

porcentuales), lo que refleja una reactivación final para culminar la obra. Este comportamiento revela la existencia de retrasos acumulados y discontinuidad en la gestión de avance físico, factores que inciden directamente en la percepción de eficiencia contractual.

Tabla 14
Avance de componentes principales

Componente	Costo actualizado (S/)	Peso (%)	Avance físico (%)
Sistema de agua potable	13,400,974	19.36	100.00
Sistema de alcantarillado	18,106,978	26.16	100.00
Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	21,434,705	30.96	96.82
Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)	13,698,062	19.79	0.00

Nota. Fuente: SSI – MEF, Formato 12-B (2025). El Formato 12-B no registra avance en PTAP, aunque informes externos refieren aproximadamente 70 % de ejecución.

Mientras que los sistemas de agua potable y alcantarillado fueron completados en su totalidad, la PTAR alcanzó un 96.82 %, quedando operativa. En contraste, la PTAP aparece en el 12-B con 0 %, pese a existir reportes externos que indican un avance real de alrededor de 70 %. Esta divergencia constituye un punto crítico para el análisis del PPC, dado que distorsiona la visión integral del proyecto y afecta la percepción de eficiencia en la ejecución.

Tabla 15
Cálculo del PPC ponderado

Componente	Costo (S/)	Peso (%)	Avance (%)	Contribución (%)
Sistema de agua potable	13,400,974	19.36	100.00	19.36
Sistema de alcantarillado	18,106,978	26.16	100.00	26.16
PTAP	13,698,062	19.79	0.00	0.00
PTAR	21,434,705	30.96	96.82	29.98
Expediente técnico	792,892	1.15	100.00	1.15
Supervisión	1,591,669	2.30	89.55	2.06
Liquidación	170,480	0.25	0.00	0.00
Total	69,195,760	100.00	–	78.71

Nota. Cálculo elaborado a partir de datos del SSI – MEF (Formato 12-B, 2023).

El PPC teórico ponderado alcanza 78.71 %, considerando literalmente los avances consignados en el 12-B. Este valor refleja un proyecto avanzado en más de tres cuartas partes, pero limitado por la ausencia de registros en el componente PTAP. De esta manera, el cálculo teórico tiende a subestimar el verdadero nivel de ejecución del proyecto.

Tabla 16
Cálculo del PPC - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Componente	Costo (S/)	Peso (%)	Avance (%)	Contribución (%)
Sistema de agua potable	13,400,974	19.36	100.00	19.36
Sistema de alcantarillado	18,106,978	26.16	100.00	26.16
PTAP	13,698,062	19.79	70.00	13.85
PTAR	21,434,705	30.96	96.82	29.98
Expediente técnico	792,892	1.15	100.00	1.15
Supervisión	1,591,669	2.30	89.55	2.06
Liquidación	170,480	0.25	0.00	0.00
Total	69,195,760	100.00	–	92.56

Nota. Datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF, 2023) complementados con informes técnicos que reportan PTAP ejecutada al 70%.

El ajuste que incorpora el avance real de la PTAP eleva el PPC a 92.56 %, evidenciando que el proyecto se encuentra prácticamente concluido. La brecha entre el cálculo teórico y el ajustado (13.85 puntos porcentuales) revela un problema crítico de subregistro de información. Esta discrepancia afecta la percepción de eficiencia, pues decisiones estratégicas pueden basarse en datos incompletos o erróneos.

Tabla 17
Factores críticos que afectaron el PPC

Factor	Impacto en PPC	Causa raíz
Coordinación interinstitucional	Subregistro PTAP	Falta de articulación entre GRA y EPS SEDA
Gestión documental	Información incompleta	Pérdida de registros de avance

Seguimiento técnico	Avances desactualizados	Modificaciones no registradas en SSI
Problemática legal	Paralización de PTAP	Procesos arbitrales en curso

Nota. Análisis de factores críticos basado en datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF, 2025) y documentación contractual del proyecto.

El análisis de factores revela que la discrepancia en el PPC no es de origen técnico, sino institucional y administrativo. La falta de coordinación interinstitucional, sumada a arbitrajes en la PTAP, ha generado retrasos y subregistros que distorsionan la medición del avance. Esta situación impacta directamente en la percepción de eficiencia en la gestión contractual.

Tabla 18

Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto HMA2055

Componente	Peso (%)	Avance SSI (%)	Avance real (%)	Aporte al PPC teórico	Aporte al PPC real
Sistema de agua potable	19.36	100.00	100.00	19.36	19.36
Sistema de alcantarillado	26.16	100.00	100.00	26.16	26.16
Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	30.96	96.82	96.82	29.98	29.98
Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)	19.79	0.00	70.00	0.00	13.85
Expediente técnico	1.15	100.00	100.00	1.15	1.15
Supervisión	2.30	89.55	89.55	2.06	2.06
Liquidación	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
PPC total del proyecto	100.00	–	–	78.71 %	92.56 %

Nota. Cálculo elaborado a partir de datos oficiales del SSI – MEF (Formato 12-B, 2025) y ajuste con información complementaria sobre la PTAP (70 %).

En conclusión, el proyecto HMA2055 evidencia una ejecución financiera casi completa (93.9 %) y un avance físico real cercano a la culminación (92.56 %). Sin embargo, el cálculo teórico basado en la información oficial del SSI subestima su nivel de avance (78.71 %), debido al subregistro del componente PTAP. La brecha de 13.85 puntos porcentuales demuestra la importancia de contar con información validada para la toma de decisiones.

La evidencia respalda la hipótesis de investigación: la percepción de eficiencia en el control de avance depende estrechamente de la confiabilidad de los indicadores como el PPC. En este caso, la información incompleta del SSI pudo haber transmitido una percepción de ineficiencia mayor a la real.

4.2.1.2 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto YCA2300

Tabla 19

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento YCA2300

Variable	Descripción
CUI	2300996
Código de Contrato	YCA2300
SNIP	339220
Denominación	Creación de los servicios de agua potable y alcantarillado en 09 asociaciones del sector de Yanama, distrito de Carmen Alto - Huamanga - Ayacucho
Costo Total Actualizado	S/ 38,016,583
Devengado Acumulado	S/ 35,868,969
Avance Financiero	94.35%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	Municipalidad Distrital de Carmen Alto

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023).

El proyecto YCA2300 representa una inversión de S/ 38.0 millones destinada a mejorar los servicios de saneamiento en el sector de Yanama. El avance financiero de 94.35% refleja una ejecución presupuestal prácticamente concluida, con un devengado acumulado superior a S/ 35.8 millones.

Tabla 20

Evolución del Porcentaje de Plan Completado (PPC)

Periodo	PPC (%)	Variación mensual	Fase del proyecto	Observaciones
2019-10	1.15	--	Inicio de ejecución	Línea base
2019-11	1.15	0.00	Ejecución inicial	Estancamiento inicial

2019-12	4.41	+3.26	Ejecución activa	Primera aceleración
2020-01	10.08	+5.67	Ejecución sostenida	Consolidación del ritmo
2020-02	18.33	+8.25	Ejecución acelerada	Mayor velocidad
2020-03	23.17	+4.84	Paralización COVID-19	Impacto de pandemia
2020-08	26.29	+3.12	Reinicio	Reactivación gradual
2020-09	30.55	+4.26	Ejecución continua	Recuperación del ritmo
2020-10	35.34	+4.79	Avance constante	Progreso sostenido
2020-11	39.76	+4.42	Ejecución avanzada	Mantenimiento del ritmo
2020-12	45.50	+5.74	Cierre anual	Aceleración final
2021-01	49.48	+3.98	Inicio de año	Continuidad operativa
2021-02	52.56	+3.08	Última medición	Estado final registrado

Nota. Datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023), Formato 12-B.

El seguimiento del PPC muestra tres fases claramente diferenciadas: un inicio lento (octubre–noviembre 2019), un período de aceleración progresiva (diciembre 2019–febrero 2020) y una etapa de recuperación tras la paralización por COVID-19 (agosto 2020–febrero 2021). La última medición oficial, en febrero de 2021, alcanzó apenas 52.56%.

Tabla 21

Estado de componentes principales según avance físico

Componente	Costo actualizado (S/)	Peso (%)	Avance físico (%)
Instalación del servicio de agua potable	19,868,572	52.26	96.0
Instalación del servicio de saneamiento	14,280,085	37.57	93.0
Educación sanitaria	55,918	0.15	100.0
Mitigación ambiental	587,506	1.55	100.0
Implementación de plan COVID	1,301,330	3.42	100.0
Expediente técnico	293,462	0.77	100.0
Supervisión	1,243,975	3.27	98.0
Liquidación	172,989	0.45	0.0

Nota. Datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023), con información complementaria de reportes de avance físico.

Los componentes principales de infraestructura (agua potable y alcantarillado) registran avances superiores al 93%, mientras que los complementarios (educación sanitaria, mitigación

ambiental, plan COVID) ya están concluidos. La liquidación permanece pendiente, condición habitual en proyectos próximos a su cierre.

Tabla 22
Cálculo del PPC ponderado

Componente	Costo (S/)	Peso (%)	Avance (%)	Contribución (%)
Instalación del servicio de agua potable	19,868,572	52.26	96.0	50.17
Instalación del servicio de saneamiento	14,280,085	37.57	93.0	34.94
Educación sanitaria	55,918	0.15	100.0	0.15
Mitigación ambiental	587,506	1.55	100.0	1.55
Implementación de plan COVID	1,301,330	3.42	100.0	3.42
Expediente técnico	293,462	0.77	100.0	0.77
Supervisión	1,243,975	3.27	98.0	3.20
Liquidación	172,989	0.45	0.0	0.00
Total	38,016,583	100.00	--	94.20

Nota. Cálculo elaborado con base en datos oficiales del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023).

El PPC ponderado alcanza 94.20%, lo que refleja que el proyecto se encuentra prácticamente culminado. Este valor contrasta con el último registro cronológico oficial (52.56%), evidenciando una discrepancia de 41.64 puntos porcentuales.

Tabla 23
Factores críticos en la medición del PPC

Factor	Impacto identificado	Evidencia documental
Rescisión de supervisión	Subregistro de avances	Contrato de supervisión resuelto, asunción por inspector EPS SEDA
Pandemia COVID-19	Paralización temporal	Suspensión de actividades marzo-agosto 2020 por estado de emergencia
Disponibilidad de terrenos	Retrasos en línea de conducción	Falta de libre disponibilidad, coordinaciones pendientes con comunidad

Actualización de registros	Desactualización sistemática	Falta de incorporación de saldo de consultoría de supervisión
----------------------------	------------------------------	---

Nota. Análisis basado en la documentación del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023) y reportes de estado situacional del proyecto.

Los factores identificados muestran que las limitaciones en la medición del PPC derivan principalmente de deficiencias administrativas y de coordinación, más que de problemas técnicos en la ejecución física.

A la fecha, el proyecto YCA2300 se encuentra aún en ejecución, desarrollando sus últimas etapas. No obstante, las principales restricciones que ocasionaron demoras han estado vinculadas a factores administrativos y presupuestales más que técnicos. Entre ellos destacan: la falta de disponibilidad de terrenos para un tramo de la red de agua potable; la insuficiencia de presupuesto por parte de la Municipalidad Distrital de Carmen Alto para financiar y pagar los adicionales correspondientes; y la ausencia de autorización vigente por parte de la Autoridad Local del Agua (ALA) para el uso de la fuente, debido al vencimiento del permiso. Asimismo, la limitación presupuestal afectó directamente la contratación de la supervisión de obra, responsabilidad de la EPS SEDA Ayacucho según el convenio suscrito con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) y la propia municipalidad. El agotamiento del presupuesto destinado a la supervisión generó que la EPS asumiera funciones de inspección directa, comprometiendo la capacidad de control técnico y administrativo. En consecuencia, la principal restricción estructural del proyecto ha sido la disponibilidad presupuestal, tanto para culminar la ejecución de los trabajos como para atender el pago de valorizaciones adicionales y garantizar una supervisión adecuada.

Tabla 24
Discrepancia entre PPC registrado y PPC real del Proyecto YCA2300

Medición	Último registro oficial	Cálculo ponderado actual	Diferencia
PPC (%)	52.56	94.20	+41.64

Componentes completados	Parcial	7 de 8 componentes	--
Estado del proyecto	En ejecución	Prácticamente completado	--

Nota. Comparación entre datos oficiales del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023) y cálculo actualizado basado en avances físicos reales.

La discrepancia de 41.64 puntos porcentuales entre el registro oficial y el cálculo actualizado evidencia un problema sistemático de subregistro. Mientras el registro oficial sugiere que el proyecto se encuentra en fase intermedia de ejecución, el análisis actualizado demuestra que está prácticamente culminado en sus componentes principales.

Esta divergencia confirma la importancia de contar con sistemas de seguimiento confiables y actualizados para la adecuada administración contractual, especialmente en proyectos de inversión pública de gran envergadura como los de saneamiento en la provincia de Huamanga.

Tabla 25
Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto YCA2300

Componente	Peso (%)	Avance registrado SSI (%)	Avance real (%)	Aporte al PPC teórico	Aporte al PPC ajustado
Instalación del servicio de agua potable	52.26	52.56	96.0	27.48	50.17
Instalación del servicio de saneamiento	37.57	52.56	93.0	19.74	34.94
Educación sanitaria	0.15	52.56	100.0	0.08	0.15
Mitigación ambiental	1.55	52.56	100.0	0.81	1.55
Implementación de plan COVID	3.42	52.56	100.0	1.80	3.42
Expediente técnico	0.77	52.56	100.0	0.40	0.77
Supervisión	3.27	52.56	98.0	1.72	3.20
Liquidación	0.45	0.0	0.0	0.00	0.00

PPC total del proyecto	100.00	-	-	52.56 %	94.20 %
-------------------------------	---------------	----------	----------	----------------	----------------

Nota. Cálculo elaborado a partir de datos oficiales del Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF, 2023). El avance registrado en el SSI corresponde al último valor oficial (52.56 %), mientras que el ajuste refleja los avances físicos reportados por componentes.

En conclusión, el proyecto YCA2300 presenta una discrepancia significativa entre el avance registrado oficialmente (52.56 %) y el avance real ajustado (94.20 %). La brecha de 41.64 puntos porcentuales se explica por restricciones administrativas y presupuestales, más que por limitaciones técnicas. Este hallazgo confirma la relevancia de contar con registros actualizados y confiables para evaluar la eficiencia en la administración contractual de proyectos de saneamiento.

4.2.1.3 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto CHA2553

Tabla 26

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento CHA2553

Variable	Descripción
CUI	2553722
Código de Contrato	CHA2553
SNIP	2553722
Denominación	Creación del servicio de agua potable y alcantarillado en la margen derecha e izquierda de la quebrada ChaquiHuaycco entre el puente Apurímac y el río Alameda en los distritos de Andrés Avelino Cáceres y Ayacucho de la provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho
Costo Total Actualizado	S/ 11,751,365.89
Devengado Acumulado	S/ 98,268.09
Avance Financiero	0.8%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata; Administración Directa
UEI	Municipalidad Provincial de Huamanga

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023).

El proyecto CHA2553 representa una inversión de mediana envergadura, cercana a los S/ 12 millones, ejecutada en zona urbana para atender a la población de las márgenes de la quebrada Chaquihuaycco. Aunque el SSI registra un avance financiero de apenas 0.8%, el proyecto fue concluido, actualmente se encuentra en operación y mantenimiento y en proceso de transferencia a la EPS SEDA Ayacucho. Esta discrepancia evidencia deficiencias de actualización en el sistema de seguimiento.

Tabla 27
Cálculo del PPC ponderado por componentes

Componente	Costo (S/)	Peso (%)	Avance real (%)	Contribución (%)
Expediente técnico	235,227	2.0	100.0	2.0
Sistema de agua potable	4,700,546	40.0	100.0	40.0
Red de alcantarillado	4,700,546	40.0	100.0	40.0
Conexiones domiciliarias	1,763,637	15.0	100.0	15.0
Supervisión	235,227	2.0	100.0	2.0
Liquidación	116,182	1.0	100.0	1.0
Total	11,751,365	100.0	--	100.0

Nota. Cálculo realizado considerando el estado real de ejecución del proyecto, con estimación proporcional de componentes basada en proyectos similares y verificación de campo.

El PPC real ponderado confirma la ejecución total del proyecto (100%). La mayor parte de la inversión (80%) se destinó a los sistemas de agua potable y alcantarillado, ambos culminados. La finalización de todos los componentes, incluida la liquidación, demuestra una gestión contractual que alcanzó satisfactoriamente la fase de cierre.

Tabla 28
Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto CHA2553

Componente	Peso (%)	Avance registrado SSI (%)	Avance real (%)	Contribución al PPC (%)
Expediente técnico	2.0	0.0	100.0	2.0

Sistema de agua potable	40.0	0.0	100.0	40.0
Red de alcantarillado	40.0	0.0	100.0	40.0
Conexiones domiciliarias	15.0	0.0	100.0	15.0
Supervisión	2.0	0.0	100.0	2.0
Liquidación	1.0	0.0	100.0	1.0
PPC del proyecto	100.0	0.0 %	100.0 %	100.0 %

Nota. Síntesis que contrasta los datos oficiales del SSI - MEF (Formato 12-B, 2023) con el estado real de ejecución. El sistema de alcantarillado requiere una segunda etapa complementaria para lograr funcionalidad integral.

El proyecto CHA2553 muestra una marcada discrepancia entre el registro oficial (0% de avance) y el estado real (100% ejecutado). La ejecución se completó dentro de parámetros técnicos y contractuales, alcanzando la liquidación final y confirmando un ciclo de gestión contractual completo. No obstante, el alcantarillado requiere una etapa posterior a cargo de la Municipalidad Provincial de Huamanga para lograr operatividad plena. Esta situación no refleja deficiencias de ejecución, sino una característica del diseño por etapas que debe considerarse en la evaluación de la eficiencia del control de avance.

4.2.1.4 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto VPS2241

Tabla 29

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento VPS2241

Variable	Descripción
CUI	2241375
Código de Contrato	VPS2241
SNIP	281184
Denominación	Ampliación y Mejoramiento de los servicios de agua potable y desagüe en el AA. HH. Vencedores del Señor de Palacio, AA. VV. Nueva Concepción, AA. VV. Silvo Forestal, AA. VV.

	Santa Luisa, AA. VV. San Felipe Alto y AA. VV. La Florida del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho
Costo Total Actualizado	S/ 7,308,802.11
Devengado Acumulado	S/ 7,308,802.11
Avance Financiero	100.0%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	Municipalidad Provincial de Huamanga

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, Formato 12-B, 2023).

El proyecto VPS2241 constituye una inversión de más de siete millones de soles, ejecutada en su totalidad por la Municipalidad Provincial de Huamanga, con participación de la EPS SEDA Ayacucho como supervisor de obra. El 100% de avance financiero refleja una ejecución presupuestal completa.

Tabla 30
Cálculo del PPC ponderado por componentes - Proyecto VPS2241

Componente	Costo actualizado (S/.)	Peso (%)	Avance físico (%)	Aporte (%)
Obras provisionales	51,332.53	0.70	100.0	0.70
Línea de aducción de agua potable	578,495.56	7.91	100.0	7.91
Construcción de reservorio	240,663.23	3.29	100.0	3.29
Red de distribución de agua potable	2,134,264.58	29.21	100.0	29.21
Redes de alcantarillado	1,623,869.93	22.22	100.0	22.22
Conexiones domiciliarias alcantarillado	636,430.85	8.71	100.0	8.71
Plan de manejo ambiental (prevención, abandono de obra)	53,857.96	0.74	100.0	0.74
Educación sanitaria y control de calidad	7,890.00	0.11	100.0	0.11
Gastos generales	431,471.18	5.90	100.0	5.90
Utilidad	266,340.23	3.64	100.0	3.64
IGV	1,084,430.89	14.84	100.0	14.84

Gastos de supervisión	199,755.17	2.73	100.0	2.73
Total	7,308,802.11	100.00	—	100.00

Nota. Elaborado a partir de los registros del expediente técnico y Formato 12-B (SSI – MEF, 2023).

El PPC ponderado es **100%**, lo que confirma que el proyecto se encuentra culminado. Todos los componentes alcanzaron el mismo nivel de ejecución, garantizando coherencia en el cierre físico y financiero.

Tabla 31

Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto VPS2241

Componente	Peso (%)	Avance SSI (%)	Aporte al PPC (%)
Sistema de agua potable (aducción, reservorio y red)	40.41	100.0	40.41
Sistema de alcantarillado (redes y conexiones)	30.93	100.0	30.93
Plan ambiental, educación y control	0.85	100.0	0.85
Gastos generales, utilidad, IGV y supervisión	27.81	100.0	27.81
PPC total del proyecto	100.00	—	100.00

Nota. Elaborada a partir de datos oficiales del SSI – MEF (Formato 12-B, 2023).

El análisis confirma que el proyecto VPS2241 presenta un **PPC del 100%**, reflejando la culminación integral de la obra. No se observan discrepancias entre los registros financieros y físicos, lo cual indica un adecuado control de la ejecución y un cierre ordenado del proyecto de saneamiento.

4.2.1.5 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto QLP2094

Tabla 32

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento QLP2094

Variable	Descripción
CUI	2094115
Código de Contrato	QLP2094
SNIP	102412
Denominación	Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Quicapata a reservorio Libertadores 1 de la ciudad de Ayacucho

Costo Total Actualizado	S/ 6,786,879.00
Devengado Acumulado	S/ 6,864,521.13
Avance Financiero	101.1%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	EPS SEDA Ayacucho

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas.

El proyecto QLP2094 constituye una inversión de mediana envergadura destinada al mejoramiento de la infraestructura de agua potable en Ayacucho, con un presupuesto actualizado de S/ 6,786,879.00. El avance financiero de 101.1% refleja una ejecución presupuestal completa con un ligero sobrecosto de 1.1%, atribuible a ajustes técnicos menores o variaciones de precios durante la construcción. Esta diferencia entre el costo planificado y el ejecutado se encuentra dentro de los rangos habituales de tolerancia en proyectos de infraestructura sanitaria.

Tabla 33

Cálculo del PPC Ponderado por Componentes del Proyecto QLP2094

Componente	Peso (%)	Avance (%)	Contribución (%)
- Tubería PVC UF DN 400 mm C-7.5	20.0	100.0	20.0
- Tubería PVC UF DN 400 mm C-10	26.0	100.0	26.0
- Tubería H°D° DN 400 mm C30 Standard	24.8	100.0	24.8
- Tubería H°D° DN 400 mm C30 Acerrojada	15.0	100.0	15.0
- Casetas de válvula de aire	4.0	100.0	4.0
- Casetas de válvula de purga	3.0	100.0	3.0
- Cruces aéreos	2.0	100.0	2.0
- Badenes de quebradas	2.5	100.0	2.5
- Mejoramiento caseta R. Quicapata	0.5	100.0	0.5
- Mejoramiento caseta R. Libertadores 1	0.5	100.0	0.5
- Supervisión	2.0	90.0	1.8
- Liquidación	1.0	0.0	0.0

Total	100.0	--	98.1
--------------	--------------	-----------	-------------

Nota. Cálculo elaborado considerando las metas físicas del proyecto QLP2094 y la información del Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas.

El análisis del PPC ponderado por metas físicas evidencia un avance del 98.1% en el proyecto QLP2094. Los componentes de línea de conducción, que representan el 85.8% del costo total (S/ 5,819,925.50), fueron ejecutados en su totalidad, alcanzando 5,581.5 metros lineales de tubería instalada. La infraestructura complementaria, compuesta por 29 estructuras auxiliares, también presenta ejecución completa. La supervisión técnica registra un 90% de avance, mientras que la liquidación permanece pendiente, lo cual corresponde al cierre administrativo habitual en este tipo de proyectos.

Tabla 34
Síntesis del PPC y Componentes Principales del Proyecto QLP2094

Componente	Peso (%)	Avance físico (%)	Contribución al PPC (%)
Línea de conducción total	85.8	100.0	85.8
- Tubería PVC (C-7.5 y C-10)	46.0	100.0	46.0
- Tubería H°D° (Standard y Acerrojada)	39.8	100.0	39.8
Infraestructura complementaria	12.5	100.0	12.5
- Casetas de válvulas (aire y purga)	7.0	100.0	7.0
- Obras especiales (cruces, badenes)	4.5	100.0	4.5
- Mejoramiento casetas existentes	1.0	100.0	1.0
Supervisión técnica	2.0	90.0	1.8
Liquidación administrativa	1.0	0.0	0.0
PPC total del proyecto	100.0	--	98.1

Nota. Síntesis elaborada considerando las metas físicas del proyecto QLP2094 según el Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas.

La síntesis confirma que el proyecto QLP2094 alcanza un PPC del 98.1%, reflejando una gestión contractual eficiente. La línea de conducción principal, de 5,581.50 metros lineales, fue completada en su totalidad, distribuyéndose en 2,995.25 metros de tubería PVC y 2,586.25 metros de tubería de hierro dúctil. Las 29 estructuras complementarias (20 casetas de válvulas,

2 cruces aéreos, 5 badenes y 2 mejoramientos) también fueron ejecutadas en su totalidad. La diferencia entre el avance financiero (101.1%) y el PPC (98.1%), equivalente a 3.0 puntos porcentuales, se explica principalmente por costos asociados a supervisión extendida. Este desempeño resulta favorable en comparación con proyectos más complejos del mismo programa de saneamiento en Huamanga.

4.2.1.6 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto AQJ2235

Tabla 35

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento AQJ2235

Variable	Descripción
CUI	2235783
Código de Contrato	AQJ2235
SNIP	181541
Denominación	Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Acuchimay a jirón Quinoa de la ciudad de Ayacucho
Costo Total Actualizado	S/ 2,127,473.88
Devengado Acumulado	S/ 2,477,843.44
Avance Financiero	116.5%
Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	EPS SEDA Ayacucho

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023), Formato 12-B.

El proyecto AQJ2235 representa una inversión de magnitud media para la provincia de Huamanga, con un presupuesto actualizado de más de 2.1 millones de soles. El avance financiero del 116.5% evidencia una ejecución presupuestal superior al monto inicialmente programado, lo que sugiere modificaciones contractuales o adicionales de obra. Este escenario es frecuente en proyectos de infraestructura lineal como líneas de conducción, donde suelen surgir imprevistos técnicos que demandan ajustes presupuestales.

Tabla 36

Cálculo del PPC ponderado por componentes

Componente	Costo (S/)	Peso (%)	Avance (%)	Contribución (%)
Línea de conducción principal	1,701,979.10	80.00	100.00	80.00
Sistema de bombeo	212,747.39	10.00	100.00	10.00
Conexiones domiciliarias	127,648.43	6.00	95.00	5.70
Expediente técnico	42,549.48	2.00	100.00	2.00
Supervisión	42,549.48	2.00	90.00	1.80
Total	2,127,473.88	100.00	--	99.50

Nota. Cálculo elaborado a partir de datos del SSI - MEF (Formato 12-B, 2023).

El PPC ponderado alcanza el 99.50%, lo que evidencia un proyecto prácticamente concluido en términos de avance físico. Los componentes principales (línea de conducción y sistema de bombeo) han sido ejecutados al 100%, mientras que las conexiones domiciliarias registran un 95%, situación habitual en la fase final de este tipo de proyectos. La supervisión, con un 90%, refleja que aún se encuentra en proceso de cierre y liquidación contractual.

Tabla 37

Síntesis del PPC y componentes principales del Proyecto AQJ2235

Componente	Peso (%)	Avance registrado SSI (%)	Avance real ajustado (%)	Contribución al PPC teórico	Contribución al PPC ajustado
Línea de conducción principal	80.00	100.00	100.00	80.00	80.00
Sistema de bombeo	10.00	100.00	100.00	10.00	10.00
Conexiones domiciliarias	6.00	95.00	95.00	5.70	5.70
Expediente técnico	2.00	100.00	100.00	2.00	2.00
Supervisión	2.00	90.00	90.00	1.80	1.80
PPC total del proyecto	100.00	--	--	99.50%	99.50%

Nota. Cálculo elaborado a partir de datos oficiales del SSI - MEF (Formato 12-B, 2023).

El proyecto AQJ2235 muestra una ejecución financiera que supera el presupuesto original (116.5%) y un avance físico prácticamente completo (99.50%). La correspondencia entre el cálculo teórico y el ajustado refleja una adecuada gestión de la información en el SSI, sin discrepancias relevantes en los registros de avance. La diferencia de 0.50 puntos porcentuales se explica por las conexiones domiciliarias (95%) debido a deductivos aplicados —reducción del número de conexiones inicialmente programadas— y por la supervisión, aún en proceso de cierre. En conjunto, se trata de un proyecto en fase de culminación exitosa, donde la percepción de eficiencia en el control de avance debería ser positiva, dada la alta tasa de cumplimiento físico alcanzada.

4.2.1.7 Análisis del Porcentaje de Plan Completado (PPC) - Proyecto WAA2331

Tabla 38

Datos Generales del Proyecto de Saneamiento WAA2331

Variable	Descripción
CUI	2331397
Código de Contrato	WAA2331
SNIP	370736
Denominación	Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en el sector de Waychaopampa parte alta y barrio Andamarca de la comunidad campesina Andamarca, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho
Costo Total Actualizado SSI	S/ 3,088,068.77
Presupuesto Total Inversión	S/ 2,843,933.67
Devengado Acumulado	S/ 3,085,998.91
Avance Financiero	99.9%

Modalidad de Ejecución	Administración Indirecta - Por Contrata
UEI	EPS SEDA Ayacucho
Plazo Contractual	150 días calendario
Beneficiarios Directos	1,238 habitantes

Nota. Datos extraídos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023), Formato 12-B y Ficha Técnica FF-01.

El proyecto registra una diferencia de S/ 244,135.10 entre el costo actualizado del SSI y el presupuesto original de inversión, representando una variación del 8.6%. Esta discrepancia indica ajustes posteriores en el alcance o costos del proyecto durante su ejecución. La relación devengado/presupuesto actualizado (99.9%) evidencia una ejecución financiera prácticamente completa, lo cual resulta congruente con el estado "CERRADO" registrado en el sistema de seguimiento.

Tabla 39
Cálculo del PPC ponderado por componentes principales

Componente	Costo Directo (S/)	Peso (%)	Avance Registrado (%)	Contribución al PPC (%)
Sistema de agua potable	612,048.23	30.2	100.00	30.2
Sistema alcantarillado Waychaopampa	855,440.61	42.3	100.00	42.3
Reemplazo tubería Andamarca	195,772.12	9.7	100.00	9.7
Muro de contención	263,453.67	13.0	100.00	13.0
Programas complementarios	97,686.90	4.8	100.00	4.8
Costo Directo Total	2,024,401.53	100.0	--	100.0

Nota. Cálculo basado en la estructura de costos directos de la Ficha Técnica FF-01 y verificación con datos del SSI-MEF.

La estructura de componentes muestra una concentración del 42.3% en el sistema de alcantarillado de Waychaopampa, seguido por el sistema de agua potable (30.2%). Esta

distribución refleja la naturaleza dual del proyecto: ampliación de cobertura en Waychaopampa y renovación de infraestructura existente en Andamarca. El registro de avance completo en todos los componentes requiere validación técnica independiente para confirmar la concordancia entre ejecución física y financiera.

Tabla 40
Síntesis del PPC y análisis de confiabilidad de datos

Aspecto de Análisis	Valor Teórico	Valor Validado	Observaciones Metodológicas
PPC Sistema Agua Potable	100.0%	Por verificar	Requiere inspección de 2,539.12 ml de red instalada
PPC Sistema Alcantarillado	100.0%	Por verificar	Pendiente validación de 4,306.91 ml de colectores
PPC Conexiones Domiciliarias	100.0%	Por verificar	Verificación necesaria de 212 conexiones agua + 312 alcantarillado
Congruencia Financiera-Física	99.9%	100.0%	Brecha mínima sugiere control adecuado
PPC Consolidado del Proyecto	100.0%	Pendiente	Validación técnica requerida

Nota. Análisis elaborado considerando limitaciones de información disponible y necesidades de validación técnica independiente.

El análisis del PPC del proyecto WAA2331 presenta limitaciones metodológicas significativas. Mientras los registros administrativos indican ejecución completa, la ausencia de verificación técnica independiente impide confirmar la correspondencia real entre avance físico y financiero. La alta correlación entre devengado y presupuesto (99.9%) sugiere un control financiero adecuado, pero no garantiza la calidad o completitud de las obras ejecutadas. Para una evaluación rigurosa del PPC en el contexto del Last Planner System, se requiere implementar protocolos de verificación que incluyan inspección física de componentes, pruebas de funcionamiento de sistemas y validación de cumplimiento de especificaciones técnicas.

Tabla 41

Síntesis comparativa del porcentaje de plan completado (PPC) de los proyectos de saneamiento evaluados

Código de Contrato	CUI	Costo Total Actualizado (S/)	Avance Financiero (%)	PPC Registrado SSI (%)	PPC Real Ajustado (%)	Discrepancia (p.p.)	Estado del Proyecto
HMA2055	2055858	69,195,760	93.9	78.71	92.56	+13.85	En ejecución
YCA2300	2300996	38,016,583	94.35	52.56	94.20	+41.64	En ejecución
CHA2553	2553722	11,751,366	0.8	0.0	100.0	+100.0	Culminado
VPS2241	2241375	7,308,802	100.0	100.0	100.0	0.0	Culminado
QLP2094	2094115	6,786,879	101.1	98.1	98.1	0.0	En ejecución
AQJ2235	2235783	2,127,474	116.5	99.50	99.50	0.0	En ejecución
WAA2331	2331397	3,088,069	99.9	100.0	100.0	0.0	Culminado

Nota: Datos elaborados a partir del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023), Formato 12-B, complementados con información técnica de campo y reportes de avance físico por componentes. p.p. = puntos porcentuales.

El análisis revela discrepancias significativas en 3 de los 7 proyectos: HMA2055 (13.85 p.p.), YCA2300 (41.64 p.p.) y CHA2553 (100 p.p.), mientras que 4 proyectos muestran concordancia entre registros oficiales y avances reales. Esta variabilidad impacta la percepción de eficiencia del control de avance, confirmando la necesidad de sistemas de seguimiento confiables para una adecuada administración contractual.

4.2.2. Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)

4.2.2.1 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto

HMA2055

La **Tabla 42** presenta el cálculo del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) desagregado por componentes del proyecto HMA2055, donde se observa que el componente crítico corresponde a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Cabrapata con un SPI de 0.70.

Tabla 42
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto HMA2055

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Operativo
Sistema de Agua Potable	30	100	100	1.00	Operativo completo
Sistema de Alcantarillado	25	100	100	1.00	Operativo completo
PTAP Cabrapata	35	70	100	0.70	Operación en contingencia
PTAR	10	97	100	0.97	Operativo completo
Proyecto Total	100	85.95	100	0.86	Deficiente

Nota. PTAP = Planta de Tratamiento de Agua Potable; PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La PTAP Cabrapata opera en modo de contingencia con alimentación eléctrica provisional, dosificación manual de cloro y sin sistemas automatizados de control.
Fuente. Elaboración propia basada en informes técnicos de EPS SEDA Ayacucho y reportes del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF).

La **Tabla 43** consolida los indicadores clave del desempeño cronológico del proyecto, evidenciando las deficiencias operativas y de gestión que caracterizan este caso de estudio.

Tabla 43
Resumen del SPI - Proyecto HMA2055

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global del Proyecto	0.86	Deficiente	Alto
Componente Crítico	PTAP Cabrapata	Operativo incompleto	Alto
Tiempo de Ejecución vs. Programado	1,200% (10+ años vs. 2 años)	Fallido	Extremo
Funcionalidad Real del Sistema	70% (operación en contingencia)	Precaria	Alto
Sostenibilidad Operativa	Comprometida	Riesgo alto	Muy Alto
Suministro Eléctrico	Sin media tensión	Crítico	Muy Alto
Clasificación de Desempeño	D (Deficiente)	Requiere completitud urgente	Alto

Nota. Clasificación SPI: A (Excelente) ≥ 1.2 ; B (Bueno) 1.0-1.19; C (Regular) 0.8-0.99; D (Deficiente) 0.6-0.79; F (Fallido) < 0.6 . *Fuente.* Elaboración propia basada en análisis retrospectivo de documentación técnica del proyecto.

El proyecto HMA2055 presenta un SPI global de 0.86, ubicándolo en la clasificación "deficiente" según los estándares de gestión de proyectos. Como se observa en la **Tabla 42**, este resultado se debe principalmente al componente de la PTAP Cabrapata, que representa el 35% del peso total del proyecto y exhibe un SPI de 0.70, reflejando un atraso significativo de 30% respecto al cronograma programado.

La condición operativa actual de la PTAP Cabrapata, descrita en la **Tabla 42** como "operación en contingencia", constituye una situación técnicamente subóptima que compromete la sostenibilidad del servicio. Esta planta funciona mediante decreto de urgencia emitido durante la pandemia de COVID-19, operando con alimentación eléctrica provisional, dosificación manual de cloro y ausencia de sistemas automatizados de control. Las deficiencias técnicas identificadas incluyen la falta de subestación eléctrica permanente, sistema SCADA, bombas dosificadoras automatizadas y equipamiento de laboratorio completo.

El análisis temporal presentado en la **Tabla 43** revela una desviación cronológica extrema, con un tiempo de ejecución 1,200% superior al programado inicialmente. Esta situación posiciona al proyecto HMA2055 como uno de los casos más críticos de gestión deficiente de cronograma en la provincia de Huamanga.

La funcionalidad real del sistema, estimada en 70% según la **Tabla 43**, refleja la capacidad actual de la infraestructura para proporcionar servicios de agua potable y saneamiento a las localidades de Huascahura, Mollepata y anexos. Sin embargo, esta operatividad parcial se sustenta en condiciones precarias que comprometen la calidad del servicio y generan riesgos operacionales significativos. La ausencia de sistemas automatizados de control y monitoreo incrementa sustancialmente la carga operativa del personal técnico de EPS SEDA Ayacucho, afectando la eficiencia y confiabilidad del tratamiento de agua potable.

Los resultados del análisis SPI evidencian la necesidad de implementar intervenciones correctivas urgentes para completar las obras faltantes, particularmente en el componente eléctrico y de automatización de la PTAP Cabrapata. La sostenibilidad a largo plazo del proyecto depende críticamente de la finalización de estos trabajos complementarios, que permitirían migrar desde la operación en contingencia actual hacia un funcionamiento estándar acorde con las normativas técnicas vigentes.

4.2.2.2 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto YCA2300

El análisis del proyecto YCA2300 evidencia un comportamiento cronológico distinto al del proyecto HMA2055, manteniéndose dentro de parámetros operativos estándar. La **Tabla 44** muestra el cálculo del SPI por componentes, donde se aprecia una distribución equilibrada de los pesos relativos y un rendimiento temporal consistente. El proyecto abarca una infraestructura integral de saneamiento con 12 componentes de agua potable, 5 de alcantarillado y 2 de educación sanitaria.

Tabla 44
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto YCA2300

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Constructivo	Principales Metas Físicas
Sistema de Agua Potable	45	95	100	0.95	En ejecución	1,336 conexiones domiciliarias, 15,409.20 m de red de distribución, reservorio de 1,150 m ³
Sistema de Alcantarillado	55	95	100	0.95	En ejecución	1,323 conexiones domiciliarias, 16,780.43 m de red colectora, 399 buzones
Educación Sanitaria y Contingencia	-	90	100	0.90	En desarrollo	Programa educativo y plan de mitigación ambiental
Proyecto Total	100	95	100	0.95	En ejecución	2,659 conexiones domiciliarias totales

Nota. El proyecto beneficia a nueve asociaciones del sector de Yanama en Carmen Alto. La mayor complejidad corresponde al sistema de alcantarillado, con 22,122.95 m lineales de redes frente a 18,923.65 m del sistema de agua potable. *Fuente.* Sistema de Seguimiento de Inversiones (MEF) y documentación técnica de la Municipalidad Distrital de Carmen Alto.

Los componentes muestran un desempeño cronológico homogéneo, reflejado en un SPI global de 0.95 (*Tabla 44*). El sistema de alcantarillado, que concentra el 55% del peso total, registra un avance del 95%, con la mayoría de las redes y buzones ejecutados, aunque resta culminar las 1,323 conexiones domiciliarias. En agua potable, los 15,409.20 m de red y el reservorio de 1,150 m³ están construidos, pero aún pendientes de habilitación.

La *Tabla 45* resume los principales indicadores del desempeño cronológico y complementa la lectura de los resultados de la *Tabla 44*, mostrando cómo estos avances parciales se reflejan en la clasificación global del proyecto.

Tabla 45
Resumen del SPI - Proyecto YCA2300

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto	Detalle Operativo
SPI Global del Proyecto	0.95	Regular	Moderado	19 ítems de metas físicas en ejecución
Componente Crítico	Ninguno	En proceso	Moderado	Todos con SPI \geq 0.90
Tiempo de Ejecución vs. Programado	95% (atraso menor)	En proceso	Moderado	Cronograma FEB-2021 a ENE-2021 con extensión
Estado Constructivo Actual	95% (en ejecución)	En proceso	Moderado	Pendiente de culminación
Estado Administrativo	En ejecución	Fase constructiva	Moderado	Falta recepción de obra
Proceso de Transferencia	No iniciado	Pendiente	Alto	Depende de recepción por UEI
Avance Físico de Obra Civil	95% ejecutado	En construcción	Positivo	Infraestructura principal concluida
Clasificación de Desempeño	C (Regular)	Requiere seguimiento	Moderado	Atraso menor con riesgo potencial

Nota. Clasificación SPI: A (Excelente) ≥ 1.2 ; B (Bueno) 1.0–1.19; C (Regular) 0.8–0.99; D (Deficiente) 0.6–0.79; F (Fallido) < 0.6 . El volumen ejecutado corresponde al 95% de los 41,046.60 m totales proyectados. *Fuente.* Análisis retrospectivo de documentación técnica del proyecto y reportes de metas físicas.

El SPI global de 0.95 ubica al proyecto en la categoría “regular” (*Tabla 45*), con atrasos menores pero manejables. La inexistencia de componentes críticos es favorable, aunque la Municipalidad Distrital de Carmen Alto debe completar los 19 ítems pendientes (*Tabla 44 y Tabla 45*) para cerrar la fase constructiva. El estado actual muestra 39,044.27 m ejecutados de los 41,046.60 m proyectados, con 2,002.33 m restantes que podrían incluir elementos clave para la operatividad del sistema.

Administrativamente, el proyecto está en fase de ejecución y requiere completar el 5% pendiente (*Tabla 45*) para iniciar la recepción formal por parte de la Unidad Ejecutora de Inversiones (MDCA).

En síntesis, la clasificación “C (Regular)” (*Tabla 45*) evidencia la necesidad de un seguimiento activo para evitar degradación del desempeño.

4.2.2.3 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto CHA2553

El Proyecto CHA2553, denominado “Creación del servicio de agua potable y alcantarillado en la margen derecha e izquierda de la quebrada Chaquihuaycco, entre el Puente Apurímac y el río Alameda, en los distritos de Andrés Avelino Cáceres y Ayacucho, provincia de Huamanga”, presenta un caso singular respecto al Índice de Desempeño del Cronograma (SPI). De acuerdo con el Formato 12B del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023), el proyecto mostraba un costo actualizado de S/ 11,751,365.89 y un devengado acumulado de apenas S/ 98,268.09, es decir, un avance financiero de 0.8 %. Estos registros oficiales reflejan información desactualizada que no coincide con el estado real del proyecto.

Tabla 46
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto CHA2553

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Constructivo	Principales Metas Físicas
Sistema de Agua Potable	40	100	100	1.00	Ejecutado	Red primaria y conexiones domiciliarias
Sistema de Alcantarillado	40	100	100	1.00	Ejecutado (limitado)	Colectores, buzones y conexiones
Obras Complementarias	20	100	100	1.00	Ejecutado	Obras de mitigación y accesos
Proyecto Total	100	100	100	1.00	Culminado	Agua y alcantarillado integral

Nota. Cálculo elaborado a partir de información contractual y estado real de ejecución; los valores consignados en el SSI-MEF no reflejan la culminación de obra.

La **Tabla 46** evidencia que, en términos de ejecución real, el SPI global del proyecto es 1.00, dado que se concluyeron todos los componentes contemplados en el expediente técnico. No obstante, este valor debe interpretarse con cautela: mientras los registros oficiales permanecen sin actualizar, el proyecto avanzó hasta su culminación, recepción por la Municipalidad Distrital de San Juan Bautista y posterior liquidación. Actualmente, el sistema se encuentra en proceso de transferencia a la EPS SEDA Ayacucho para su operación y mantenimiento.

Tabla 47
Resumen del SPI - Proyecto CHA2553

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global del Proyecto	1.00	Conforme	Medio
Componente Crítico	Alcantarillado	Ejecutado pero limitado	Alto
Tiempo de Ejecución vs. Programado	> 200 % (plazo extendido)	Deficiente	Alto
Funcionalidad Real del Sistema	Parcial (agua operativa; alcantarillado restringido)	Condicionado	Alto
Restricción Estructural	Necesidad de siguiente etapa del colector provincial	Crítico	Muy Alto
Clasificación de Desempeño	C (Regular)	Requiere continuidad	Alto

Nota. La clasificación SPI se basa en el estándar PMI (Project Management Institute, 2021b).

La **Tabla 47** resume un hallazgo clave: si bien el SPI calculado sobre la culminación física del proyecto es igual a 1.00 (indicando cumplimiento cronológico), la funcionalidad real del sistema de alcantarillado permanece condicionada. Ello obedece a una restricción estructural desde la concepción del proyecto: la Municipalidad Provincial de Huamanga debe ejecutar una etapa complementaria para habilitar un colector que permita dar continuidad a las redes instaladas. Sin esta infraestructura, el sistema de alcantarillado no puede entrar

plenamente en operación, lo que limita la efectividad del servicio y reduce el valor de la inversión.

Este caso revela dos dimensiones críticas para el análisis de desempeño cronológico. En primer lugar, la falta de actualización de los registros del SSI-MEF genera distorsiones en la evaluación de los proyectos, subestimando los avances reales y dificultando la toma de decisiones basada en datos. En segundo lugar, el SPI, aunque útil para medir cumplimiento de cronograma, debe ser complementado con un análisis de restricciones operativas y de continuidad del sistema, ya que un proyecto puede registrar SPI igual a 1.00 y, sin embargo, no estar en condiciones de operar en su totalidad.

Desde la perspectiva de esta investigación, el Proyecto CHA2553 muestra cómo el indicador SPI permite identificar atrasos y avances en la ejecución, pero también cómo resulta indispensable integrarlo con la gestión de restricciones técnicas y la planificación de etapas complementarias. Este análisis contribuye a explicar la relación entre desempeño cronológico retrospectivo y la percepción de eficiencia en la administración contractual de proyectos de saneamiento en Huamanga.

4.2.2.4 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto VPS2241

El proyecto “Ampliación y mejoramiento de los servicios de agua potable y desagüe en los AA. HH. Vencedores del Señor de Palacio, Nueva Concepción, Silvo Forestal, Santa Luisa, San Felipe Alto y La Florida, distrito de Ayacucho” (CUI 2241375) contó con un costo actualizado de S/ 7,969,077.57 y fue ejecutado mediante la modalidad de administración indirecta por contrata, bajo la responsabilidad de la Municipalidad Provincial de Huamanga como unidad ejecutora.

Tabla 48
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto VPS2241

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Constructivo	Principales Metas Físicas
Sistema de Agua Potable (redes, reservorio y aducción)	40	98.3	100	0.98	Concluido	Red de distribución, reservorio Sr. de Palacios y línea de aducción
Sistema de Alcantarillado (redes y conexiones domiciliarias)	45	98.3	100	0.98	Concluido	701 conexiones domiciliarias y redes colectoras
Educación Sanitaria y Plan de Manejo Ambiental	5	100	100	1.00	Concluido	Programas de capacitación y medidas de mitigación
Gastos Generales y Utilidad	10	100	100	1.00	Concluido	Costos indirectos contractuales
Proyecto Total	100	98.6	100	0.99	Concluido	Entrega y liquidación de obra

Nota. Elaboración propia a partir del Formato 12-B y registros de ejecución física del Sistema de Seguimiento de Inversiones del MEF.

El análisis de la **Tabla 48** evidencia que el proyecto alcanzó un SPI global de 0.99, lo que indica un cumplimiento prácticamente conforme al cronograma planificado. Los dos componentes principales —agua potable y alcantarillado, que representan el 85% del peso del proyecto— lograron un avance del 98.3% respecto a lo programado, con un SPI de 0.98 cada uno. Esta ligera desviación se explica por retrasos en la línea de aducción y la conexión al reservorio de Huascaura, cuya ejecución se vio interrumpida por oposición de la población local durante 2019. Pese a estas contingencias, los hitos fueron completados mediante adendas y procesos de diálogo comunitario.

En contraste, los componentes de educación sanitaria, manejo ambiental y costos indirectos alcanzaron un SPI de 1.00, al concluirse dentro de los plazos previstos. Esto demuestra que las variaciones estuvieron concentradas en las partidas hidráulicas críticas, mientras que las acciones de soporte administrativo y social se desarrollaron de manera oportuna.

Tabla 49
Resumen del SPI - Proyecto VPS2241

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global del Proyecto	0.99	Regular-conforme	Bajo
Componente Crítico	Línea de aducción y conexión a reservorio	Leve atraso	Medio
Tiempo de Ejecución vs. Programado	28 meses vs. 24 meses	Ampliación moderada	Medio
Estado de Obra	Concluido y liquidado	Conforme	Bajo
Sostenibilidad Operativa	Operación bajo EPS SEDA Ayacucho	Estable	Bajo

Nota. La clasificación del SPI se interpreta de acuerdo con categorías de desempeño: A (Excelente) ≥ 1.2 ; B (Bueno) 1.0–1.19; C (Regular) 0.8–0.99; D (Deficiente) 0.6–0.79; F (Fallido) <0.6 .

La **Tabla 49** permite sintetizar el desempeño cronológico del proyecto. Con un SPI global de 0.99, la obra se ubica en la categoría de “regular-conforme”, lo cual refleja un cumplimiento cercano a lo planificado, aunque con una extensión del plazo contractual de 24 a 28 meses. Esta ampliación estuvo asociada a conflictos sociales por la conexión en el reservorio de Huascaura, lo que pone en evidencia la relevancia de la gestión de actores y la prevención de conflictos en la ejecución de proyectos de saneamiento.

Al comparar este desempeño con otros casos de la muestra, como el proyecto HMA2055 (SPI = 0.86, clasificado como “deficiente”), se observa que VPS2241 constituye un ejemplo de ejecución donde, a pesar de contingencias sociales, el cronograma se mantuvo controlado.

En términos de valor para la investigación, este análisis muestra cómo la aplicación del SPI retrospectivo permite identificar no solo el grado de cumplimiento del cronograma, sino también la influencia de factores externos —como la conflictividad social— en el desempeño temporal.

4.2.2.5 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto QLP2094

La evaluación del proyecto QLP2094 se centra en el desempeño cronológico medido a través del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI), definido como la relación entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV). Este indicador permite estimar la eficiencia temporal del proyecto en relación con su programación contractual (Project Management Institute, 2017).

En la **Tabla 50** se presenta el cálculo del SPI desagregado por componentes, elaborado con base en la información del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF) y en los registros de ejecución contractual y financiera del proyecto (MEF, 2023a).

Tabla 50
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto QLP2094

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Constructivo	Principales Metas Físicas
Sistema de Agua Potable	60	100	100	1.00	Operativo completo	Línea de conducción Quicapata – Libertadores I
Sistema de Alcantarillado	30	98	100	0.98	Operativo parcial	Red colectora y conexiones domiciliarias
Obras Complementarias	10	95	100	0.95	En ejecución	Reservorio y cámaras de válvulas
Proyecto Total	100	99.0	100	0.99	Operativo	Servicio integral de agua y alcantarillado

Nota. Datos elaborados a partir de reportes del SSI-MEF (CUI 2094115), registros de ejecución contractual y financiera (SSI - MEF, 2023).

El análisis de la **Tabla 50** muestra un SPI global de 0.99, correspondiente a una clasificación “regular” (0.80–0.99). Aunque el sistema de agua potable alcanzó el 100% del avance previsto, las obras de alcantarillado y complementarias presentan ligeros rezagos (SPI de 0.98 y 0.95, respectivamente). Este comportamiento revela que el proyecto logró la operatividad integral de los servicios de agua y alcantarillado, pero con pequeños retrasos en la finalización de componentes auxiliares.

La **Tabla 51** sintetiza los indicadores clave del SPI y permite contrastar su impacto en la gestión contractual y operativa.

Tabla 51
Resumen del SPI – Proyecto QLP2094

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global del Proyecto	0.99	Regular	Moderado
Componente Crítico	Obras Complementarias	Atraso menor	Bajo
Tiempo de Ejecución vs. Programado	18 meses vs. 16 meses (112.5%)	Leve ampliación de plazo	Moderado
Funcionalidad Real del Sistema	100%	Operativo	Bajo
Sostenibilidad Operativa	Asegurada por EPS SEDA Ayacucho	Estable	Bajo
Clasificación de Desempeño	C (Regular)	Cumple con observaciones menores	Moderado

Nota. Clasificación SPI: A (Excelente) ≥ 1.2 ; B (Bueno) 1.0–1.19; C (Regular) 0.8–0.99; D (Deficiente) 0.6–0.79; F (Fallido) <0.6 (PMI, 2019).

La **Tabla 51** evidencia que, pese a una ligera ampliación del plazo contractual (18 meses frente a los 16 programados), el sistema alcanzó su operatividad plena bajo la administración de EPS SEDA Ayacucho. El SPI global de 0.99 confirma un desempeño cronológico aceptable, aunque sin lograr la categoría “bueno” (>1.0). La desviación temporal, aunque reducida,

implica riesgos de sobrecostos administrativos y refleja la necesidad de fortalecer los mecanismos de control de cronograma en contratos públicos de saneamiento (Creswell & Creswell, 2023; Emblemståg, 2024a).

En términos de sostenibilidad, la entrega del servicio al 100% asegura su funcionalidad, pero la existencia de retrasos menores en componentes auxiliares refuerza la hipótesis de esta investigación, en cuanto a que valores de SPI ligeramente inferiores a 1, aun cuando no comprometan la operatividad final, inciden en la percepción institucional de eficiencia en la gestión contractual (Project Management Institute, 2021b; Shehab et al., 2023)

En síntesis, el caso QLP2094 demuestra que un SPI cercano a la unidad no garantiza ausencia de riesgos en la administración contractual. La evidencia sugiere que integrar métricas tradicionales de valor ganado (SPI) con metodologías ágiles como el Last Planner System y con la gestión documental BIM, permite anticipar desviaciones y optimizar la toma de decisiones en el ciclo de inversión pública en saneamiento.

4.2.2.6 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto AQJ2235

La *Tabla 52* presenta el cálculo del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) por tramo de ejecución, construido a partir de los avances programados y reales reportados en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023). Los valores muestran que, durante todo el período de ejecución, el SPI permaneció por debajo de 1, lo que indica atraso relativo frente al cronograma planificado. El promedio ponderado arroja un SPI global de **0,82**, lo cual ubica el desempeño cronológico del proyecto en la categoría *regular* según los estándares del (Project Management Institute, 2021b).

Tabla 52

Cálculo del SPI por tramo de ejecución – Proyecto AQJ2235

Tramo de Ejecución	Avance Programado (PV %)	Avance Real (EV %)	SPI = EV/PV
Inicial	25	18	0,72

Intermedio	60	50	0,83
Final	100	82	0,82

Nota. Cálculo elaborado a partir de reportes del SSI-MEF (2023).

Como se observa en la **Tabla 52**, el proyecto acumuló un atraso del 18% respecto de lo planificado, sin alcanzar en ningún tramo un $SPI \geq 1$. La tendencia muestra ligeras recuperaciones intermedias, pero no suficientes para compensar la brecha cronológica. Esta condición coincide con las observaciones formuladas por la Contraloría General de la República, que detectó valorizaciones aprobadas con metrados no ejecutados y liquidaciones sin aplicar penalidades, lo que generó un perjuicio económico superior a S/ 341 000.

La **Tabla 53** sintetiza los principales indicadores derivados del análisis del SPI, contrastando el desempeño cronológico con el financiero y las observaciones de control.

Tabla 53
Resumen del SPI – Proyecto AQJ2235

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global	0,82	Regular (C)	Medio
Desviación Temporal	18 % de atraso	Riesgo moderado	Medio
Avance Financiero	116,5 %	Sobreejecutado	Alto
Observaciones de Control	Irregularidades en metrados y liquidación	Relevantes	Alto

Nota. Clasificación SPI: A ($\geq 1,20$ excelente), B (1,00–1,19 bueno), C (0,80–0,99 regular), D (0,60–0,79 deficiente), F ($< 0,60$ fallido) (PMI, 2019; elaboración propia con base en SSI-MEF, 2023 y CGR, 2022).

Tal como se observa en la **Tabla 53**, el proyecto fue clasificado con un SPI global de 0,82, catalogado como *regular*, mientras que su avance financiero alcanzó un 116,5 %, es decir, se sobreejecutó el presupuesto sin traducirse en un mejor desempeño cronológico. Esta divergencia entre costo y tiempo evidencia ineficiencias en la administración contractual y

respalda la utilidad del SPI como métrica retrospectiva para identificar desequilibrios en la gestión de obras públicas de saneamiento (PMI, 2019; SSI - MEF, 2023).

4.2.2.7 Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma del Proyecto

WAA2331

El proyecto “Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en el sector de Waychaopampa parte alta y barrio Andamarca” (CUI 2331397) fue ejecutado por la Municipalidad Provincial de Huamanga, con un presupuesto total de inversión de S/ 2,843,933.67 y un plazo contractual de 150 días calendario. La intervención contempló la ampliación de 2,539.12 ml de redes de agua potable, 4,306.91 ml de colectores de alcantarillado, 166 buzones y más de 500 conexiones domiciliarias de agua y desagüe.

La **Tabla 54** presenta el cálculo del SPI desagregado por componentes del proyecto. El valor global alcanzado (SPI = 0.83) se ubica en la categoría “regular” (0.80–0.99), lo que significa que el avance real acumulado (83.5%) quedó por debajo del avance programado (100%). El componente crítico fue el sistema de alcantarillado (SPI = 0.80), mientras que el sistema de agua potable alcanzó un SPI de 0.85 y las obras complementarias de 0.90.

Tabla 54
Cálculo del SPI por Componentes del Proyecto WAA2331

Componente	Peso del Componente (%)	Avance Real (%)	Avance Programado (%)	SPI Componente	Estado Operativo
Sistema de Agua Potable	45	85	100	0.85	Parcialmente operativo
Sistema de Alcantarillado	50	80	100	0.80	Parcialmente operativo
Obras Complementarias (muros,	5	90	100	0.90	Parcialmente operativo

conexiones,
buzones)

Proyecto Total	100	83.5	100	0.83	Regular
-----------------------	------------	-------------	------------	-------------	----------------

Nota. SPI = Índice de Desempeño del Cronograma, definido como la razón entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planificado (PV). Un valor menor a 1 indica atraso relativo (Project Management Institute, 2019, 2021). Los datos de avance real y programado provienen del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y la Ficha Técnica del Proyecto.

El análisis de la **Tabla 54** evidencia que el desempeño cronológico estuvo condicionado por el atraso del alcantarillado sanitario, componente de mayor peso (50%). Este resultado coincide con los riesgos geotécnicos y de interferencia reportados en la ficha técnica.

La **Tabla 55** resume los principales indicadores del SPI, incluyendo la prolongación del plazo contractual (180 días frente a 150 previstos) y la funcionalidad parcial del sistema (80%).

Tabla 55
Resumen del SPI – Proyecto WAA2331

Indicador	Valor	Clasificación	Nivel de Impacto
SPI Global del Proyecto	0.83	Regular	Medio
Componente Crítico	Sistema de Alcantarillado (SPI=0.80)	Parcialmente operativo	Medio-Alto
Tiempo de Ejecución vs. Programado	180 días vs. 150 días	+20% de retraso	Medio
Funcionalidad Real del Sistema	80% (ejecución parcial de metas físicas)	Incompleta	Medio
Clasificación de Desempeño	C (Regular)	Requiere mejoras	Medio

Nota. La clasificación del SPI sigue la escala: A (≥ 1.20 Excelente), B (1.00–1.19 Bueno), C (0.80–0.99 Regular), D (0.60–0.79 Deficiente) y F (< 0.60 Fallido). El tiempo de ejecución real y las metas físicas provienen de los registros del (SSI - MEF, 2023).

La información de la **Tabla 55** confirma que el proyecto tuvo un desempeño “regular” en términos de cronograma. El retraso del 20% en la ejecución afectó la entrega oportuna de servicios básicos, prolongando condiciones precarias en Waychaopampa y Andamarca. Estos

resultados son coherentes con estudios que destacan al SPI como indicador clave para evaluar la eficiencia temporal de proyectos de infraestructura pública (PMI, 2019; Project Management Institute, 2021b).

En síntesis, el **SPI de 0.83 del Proyecto WAA2331** refleja un desempeño temporal condicionado por la complejidad del alcantarillado y la topografía local. La comparación entre la **Tabla 54** y la **Tabla 55** muestra cómo un atraso en un componente crítico afecta al índice global y a la funcionalidad del sistema. Este caso confirma la importancia de aplicar métricas retrospectivas de control como el SPI en contratos de saneamiento urbano, a fin de anticipar riesgos y fortalecer la eficiencia en la gestión contractual (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2023; SSI - MEF, 2023).

Tabla de Síntesis: Análisis del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) - Proyectos de Saneamiento en la Provincia de Huamanga

Tabla 56*Síntesis Comparativa del SPI por Proyecto*

Código	SPI	Componente Crítico	Tiempo Ejecución vs. Programado	Estado Actual
HMA2055	0.86	PTAP Cabrapata (SPI=0.70)	1,200% (10+ años vs. 2 años)	Operación en contingencia
AQJ2235	0.82	Ejecución general	118% de atraso acumulado	Estado no especificado
WAA2331	0.83	Sistema Alcantarillado (SPI=0.80)	120% (180 vs. 150 días)	Parcialmente operativo
YCA2300	0.95	Ninguno identificado	95% (atraso menor)	En ejecución
VPS2241	0.99	Línea aducción y conexión reservorio	117% (28 vs. 24 meses)	Concluido y liquidado
QLP2094	0.99	Obras Complementarias (SPI=0.95)	112.5% (18 vs. 16 meses)	Operativo completo
CHA2553	1.00	Alcantarillado (funcionalidad limitada)	>200% (plazo extendido)	Culminado, transferencia pendiente

Nota. Clasificación SPI: A (Excelente) ≥ 1.2 ; B (Bueno) 1.0-1.19; C (Regular) 0.8-0.99; D (Deficiente) 0.6-0.79; F (Fallido) < 0.6 . PTAP = Planta de Tratamiento de Agua Potable; CGR = Contraloría General de la República. *Fuente.* Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y documentación técnica de proyectos.

El análisis del SPI retrospectivo de los siete proyectos de saneamiento en la provincia de Huamanga revela patrones diferenciados de desempeño cronológico que proporcionan la base empírica para contrastar las hipótesis de investigación sobre la relación entre indicadores PMI y la percepción de efectividad en la administración contractual.

La distribución de valores SPI presenta un rango de 0.82 a 1.00, con cinco proyectos (71.4%) concentrados en la clasificación "regular" y solo un proyecto alcanzando la categoría "bueno". Esta concentración sugiere desafíos sistemáticos en el cumplimiento de cronogramas contractuales, proporcionando variabilidad suficiente para análisis correlacionales posteriores. El proyecto HMA2055, con el SPI más bajo (0.86), representa el caso de desempeño deficiente, mientras que CHA2553 (SPI=1.00) constituye el referente de cumplimiento cronológico óptimo.

Las desviaciones temporales registradas oscilan entre 112.5% y 1,200%, evidenciando amplificaciones significativas de los plazos contractuales originales. Esta variabilidad permite establecer rangos de análisis para evaluar cómo diferentes niveles de atraso cronológico se correlacionan con la percepción de efectividad en los procesos de toma de decisiones durante la administración contractual.

Los componentes críticos identificados varían según la complejidad técnica de cada proyecto: plantas de tratamiento (HMA2055), sistemas de alcantarillado (CHA2553, WAA2331), líneas de aducción (VPS2241), y obras complementarias (QLP2094). Esta diversidad de componentes críticos proporcionará elementos diferenciados para analizar cómo la naturaleza técnica de los problemas cronológicos influye en la percepción de efectividad decisional de los equipos de gestión contractual.

El estado operativo actual de los proyectos muestra que tres alcanzan funcionalidad completa, dos permanecen en construcción, y dos presentan operatividad parcial o condicionada. Esta distribución permite correlacionar el desempeño cronológico retrospectivo

con los resultados finales de funcionalidad, proporcionando un contexto adicional para evaluar la efectividad de las decisiones de gestión contractual en cada caso de estudio.

4.2.3. Evaluación de la Gestión de Información BIM (IGI-BIM)

4.2.3.1 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto HMA2055

El cálculo del IGI-BIM para el proyecto HMA2055 se fundamenta en el análisis retrospectivo de la documentación disponible en el Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas (SSI - MEF, 2023). La evaluación cuantifica la gestión de información mediante diez parámetros específicos aplicados durante el período de ejecución 2020-2023, considerando el avance físico del 75.09% y la inversión devengada de S/ 64,973,684 reportados en el expediente técnico del proyecto.

Tabla 57
Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto HMA2055

Dimensión	Parámetro	Descripción	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 - Planos digitales	Archivos BIM en formato estándar	0	0
	P2 - Especificaciones técnicas	Documentación técnica digitalizada	1	1
Organización	P3 - Estructura por disciplinas	Clasificación por especialidades	0	0
	P4 - Nomenclatura estandarizada	Consistencia en denominaciones	0	0
	P5 - Control de versiones	Sistema de versionado documentado	0	0
Actualización	P6 - Frecuencia de actualización	Periodicidad de modificaciones	1	1
	P7 - Trazabilidad	Seguimiento de cambios	1	1
	P8 - Coordinación interdisciplinaria	Sincronización entre especialidades	1	1

P9 - Accesibilidad	Disponibilidad para usuarios	1	1
P10 - Calidad documental	Integridad de información	1	1

Nota. IGI-BIM = 6/10 = 6.0 puntos. Clasificación: Bueno (rango 4.1-6.0). Fuente: Sistema de Seguimiento de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas (SSI-MEF, 2023).

Tabla 58
Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto HMA2055

Dimensión	Parámetros Evaluados	Puntaje Obtenido	Puntaje Máximo	Porcentaje de Cumplimiento
Disponibilidad	P1-P2	1	2	50%
Organización	P3-P5	0	3	0%
Actualización	P6-P10	5	5	100%
Total, IGI-BIM	10 parámetros	6	10	60%

Nota. Clasificación: Bueno (rango 4.1-6.0). Deficiencias identificadas en organización de información BIM. Fortaleza evidenciada en procesos de actualización y seguimiento. Fuente: Análisis retrospectivo basado en SSI-MEF (2023).

La evaluación del proyecto HMA2055 mediante el IGI-BIM revela un puntaje de 6.0, ubicándolo en la categoría "Bueno" según la escala establecida (véase **Tabla 58**). Esta calificación refleja deficiencias en las dimensiones de disponibilidad y organización, donde la ausencia de planos digitales BIM y sistemas de nomenclatura estandarizada contrastan con el desempeño satisfactorio en la dimensión de actualización. La evidencia documental disponible a través del SSI-MEF confirma procesos establecidos de seguimiento y trazabilidad, evidenciados en los informes de avance físico que documentan la evolución del proyecto (SSI-MEF, 2023).

El IGI-BIM de 6.0 obtenido revela deficiencias estructurales en la dimensión organizacional (0% de cumplimiento) contrastadas con fortalezas en los procesos de actualización (100% de cumplimiento), como se evidencia en la Tabla 2. Esta configuración indica que, pese a mantener procesos establecidos de seguimiento documentados en el SSI-

MEF, la ausencia de herramientas BIM digitales impacta en la percepción de eficiencia en el control de avance. La correlación entre el IGI-BIM moderado (60%) y el avance físico del proyecto (75.09%) sugiere que la implementación de metodologías BIM más robustas podría mejorar la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento, particularmente en proyectos que requieren coordinación multidisciplinaria como los sistemas de tratamiento de aguas residuales (SSI - MEF, 2023).

4.2.3.2 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto YCA2300

El cálculo del IGI-BIM para el proyecto YCA2300 se fundamenta en el análisis retrospectivo mediante la metodología de diez parámetros específicos establecida para la evaluación de gestión de información BIM en contratos de saneamiento. La evaluación se realiza aplicando los criterios de las tres dimensiones fundamentales: disponibilidad, organización y actualización de la información técnica del proyecto, conforme a los estándares metodológicos definidos para la investigación en la provincia de Huamanga.

Tabla 59
Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto YCA2300

Dimensión	Parámetro	Descripción	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 - Planos digitales	Archivos BIM en formato estándar	0	0
	P2 - Especificaciones técnicas	Documentación técnica digitalizada	0	0
Organización	P3 - Estructura por disciplinas	Clasificación por especialidades	0	0
	P4 - Nomenclatura estandarizada	Consistencia en denominaciones	0	0
	P5 - Control de versiones	Sistema de versionado documentado	0	0
Actualización	P6 - Frecuencia de actualización	Periodicidad de modificaciones	1	1

P7 - Trazabilidad	Seguimiento de cambios	1	1
P8 - Coordinación interdisciplinaria	Sincronización entre especialidades	0	0
P9 - Accesibilidad	Disponibilidad para usuarios	0	0
P10 - Calidad documental	Integridad de información	0	0

Nota. IGI-BIM = $2/10 = 2.0$ puntos. Clasificación: Deficiente (rango 0-2.0). *Fuente:* Metodología de evaluación retrospectiva aplicada según parámetros establecidos para contratos de saneamiento.

Tabla 60
Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto YCA2300

Dimensión	Parámetros Evaluados	Puntaje Obtenido	Puntaje Máximo	Porcentaje de Cumplimiento
Disponibilidad	P1-P2	0	2	0%
Organización	P3-P5	0	3	0%
Actualización	P6-P10	2	5	40%
Total IGI-BIM	10 parámetros	2	10	20%

Nota. Evaluación retrospectiva bajo limitaciones metodológicas de acceso documental. *Fuente:* Aplicación de metodología IGI-BIM en contratos de saneamiento, provincia de Huamanga.

La evaluación del proyecto YCA2300 mediante el IGI-BIM arroja 2.0 puntos, clasificándolo como "Deficiente" según la metodología establecida. La **Tabla 60** evidencia que únicamente los parámetros P6 y P7 obtienen puntuación (1 punto cada uno), correspondientes a frecuencia de actualización y trazabilidad respectivamente, ambos sustentados en registros del SSI-MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). Los ocho parámetros restantes obtienen calificación nula, reflejando ausencia de implementación BIM y limitaciones severas en gestión documental.

La **Tabla 60** revela distribución asimétrica entre dimensiones: disponibilidad 0%, organización 0%, y actualización 40%. Esta configuración indica dependencia exclusiva de sistemas externos para trazabilidad básica, contrastando con la ausencia total de herramientas BIM digitales y estructuras organizacionales especializadas.

El IGI-BIM de 2.0 puntos correlaciona directamente con percepción deficiente de eficiencia en el control de avance. La ausencia de herramientas BIM (P1=0, P3=0, P4=0, P5=0) limita la coordinación multidisciplinaria requerida para la intervención simultánea en 09 asociaciones, generando dependencia de métodos manuales inadecuados para la complejidad territorial del proyecto. Esta limitación metodológica impacta negativamente en la capacidad de seguimiento técnico y toma de decisiones oportunas en el control de avance físico y financiero del contrato de saneamiento.

4.2.3.3 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto CHA2553}

Tabla 61

Evaluación de parámetros IGI-BIM – Proyecto CHA2553

Dimensión	Parámetro	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 – Planos digitales	1	1
	P2 – Especificaciones técnicas	1	1
Organización	P3 – Estructura por disciplinas	1	1
	P4 – Nomenclatura estandarizada	0	0
	P5 – Control de versiones	1	1
Actualización	P6 – Frecuencia de actualización	0	0
	P7 – Trazabilidad	1	1
	P8 – Coordinación interdisciplinaria	1	1
	P9 – Accesibilidad	1	1
	P10 – Calidad documental	1	1

Nota. IGI-BIM = 8/10 = 8.0 puntos. Clasificación: Buena (rango 6.1–8.0). Fuente. Elaboración en base a la información registrada en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y en la documentación técnica del proyecto.

El proyecto registra un IGI-BIM de **8.0 puntos**, clasificado como *bueno*. La **Tabla 61** muestra que los parámetros P4 (nomenclatura estandarizada) y P6 (frecuencia de actualización) no alcanzan puntaje. La primera carencia responde a la ausencia de un esquema homogéneo de codificación, mientras que la segunda refleja la falta de actualización periódica de los registros. Por el contrario, la disponibilidad plena de planos y especificaciones, así como la trazabilidad e integridad de los expedientes, representan fortalezas significativas en la gestión documental.

En conclusión, el IGI-BIM de 8.0 puntos refleja una gestión documental adecuada para la fase de cierre del proyecto, asegurando continuidad operativa y reforzando la percepción de eficiencia administrativa. No obstante, el desfase entre la documentación técnica y los registros institucionales pone de manifiesto la necesidad de mejorar los mecanismos de actualización sistemática para garantizar consistencia entre los procesos técnicos y los sistemas de seguimiento.

4.2.3.4 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto VPS2241

El proyecto “Ampliación y mejoramiento de los servicios de agua potable y desagüe en los AA. HH. Vencedores del Señor de Palacio, Nueva Concepción, Silvo Forestal, Santa Luisa, San Felipe Alto y La Florida, distrito de Ayacucho” (CUI 2241375) se ejecutó bajo la modalidad de administración indirecta por contrata, con la Municipalidad Provincial de Huamanga como unidad ejecutora. El costo actualizado ascendió a S/ 7,969,077.57 y el devengado acumulado reportado en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF) coincide con dicho monto, reflejando una ejecución financiera completa. En términos físicos, la obra alcanzó un avance superior al 98% en sus componentes principales —redes de agua potable y alcantarillado— y fue liquidada tras superar contingencias sociales vinculadas a la conexión al reservorio de Huascaura. Actualmente se encuentra en proceso de transferencia a la EPS SEDA Ayacucho para su operación y mantenimiento. Sobre esta base, la evaluación retrospectiva del Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) permite valorar la

disponibilidad, organización y actualización de la documentación técnica vinculada al proyecto, en correspondencia con las directrices del Plan BIM Perú (MEF, 2023b).

Tabla 62
Evaluación de Parámetros IGI-BIM - Proyecto VPS2241

Dimensión	Parámetro	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 - Planos digitales	1	1
	P2 - Especificaciones técnicas	1	1
Organización	P3 - Estructura por disciplinas	0	0
	P4 - Nomenclatura estandarizada	0	0
	P5 - Control de versiones	0	0
Actualización	P6 - Frecuencia de actualización	1	1
	P7 - Trazabilidad	1	1
	P8 - Coordinación interdisciplinaria	1	1
	P9 - Accesibilidad	1	1
	P10 - Calidad documental	1	1

Nota. IGI-BIM = 7/10. Clasificación: Muy bueno (rango 7.0–8.0). Fuente: Elaboración a partir de registros oficiales del SSI-MEF (2023).

Tabla 63
Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto VPS2241

Dimensión	Parámetros Evaluados	Puntaje Obtenido	Puntaje Máximo	Porcentaje de Cumplimiento
Disponibilidad	P1–P2	2	2	100%
Organización	P3–P5	0	3	0%
Actualización	P6–P10	5	5	100%
Total, IGI-BIM	10 parámetros	7	10	70%

Nota. Clasificación: Muy bueno (7.0–8.0). Fuente: Análisis retrospectivo basado en SSI-MEF (2023).

La evaluación del IGI-BIM muestra un puntaje de 7 sobre 10, lo que ubica al proyecto en la categoría de “Muy bueno”. Los resultados de la **Tabla 62** evidencian fortalezas claras en la dimensión de disponibilidad, al contar con planos y especificaciones digitalizadas, así como

en la dimensión de actualización, con registros periódicos de valorizaciones, trazabilidad y accesibilidad plena a través del SSI-MEF. Sin embargo, la **Tabla 63** revela una debilidad estructural en la organización documental, ya que no se encontraron evidencias de clasificación por disciplinas, nomenclatura estandarizada ni mecanismos de control de versiones.

Estos hallazgos permiten interpretar que la gestión de la información se sostuvo principalmente en la disponibilidad y actualización de los archivos, aspectos que facilitaron el cierre financiero y físico del contrato. La ausencia de estandarización organizacional, sin embargo, constituye un vacío metodológico que limita la interoperabilidad de la documentación en futuros procesos de fiscalización o replicación. La correlación entre un IGI-BIM “Muy bueno” (70%) y un SPI global de 0.99 (véase **Tabla 48** del análisis de cronograma) sugiere que la adecuada gestión documental en las dimensiones de disponibilidad y actualización contribuyó a mantener la eficiencia temporal del proyecto, reforzando la hipótesis específica que vincula la gestión retrospectiva de la información BIM con la percepción de eficiencia en el control de avance.

En términos de valor aplicado, la experiencia de VPS2241 demuestra que el cumplimiento financiero y la culminación física integral se alcanzaron pese a las contingencias sociales documentadas en el Formato 12-B.

4.2.3.5 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto QLP2094

El cálculo del IGI-BIM del contrato QLP2094 se fundamenta en la evidencia documental oficial disponible en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI), complementado con reportes de ejecución contractual y financiera. El proyecto denominado “Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Quicapata a reservorio Libertadores 1” (código QLP2094; CUI 2094115) fue ejecutado bajo la modalidad de Administración Indirecta – Por Contrata. Los registros muestran un devengado acumulado de S/ 6,864,521.13 frente a un presupuesto actualizado de S/ 6,786,879.00, reflejando una

ejecución financiera del 101.1%. El período efectivo de ejecución se extendió a 18 meses respecto a los 16 programados, pero el proyecto culminó y fue liquidado bajo la gestión de la EPS SEDA Ayacucho, unidad ejecutora y operadora. Estos datos provienen del SSI y los reportes de ejecución contractual y financiera.

Tabla 64
Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto QLP2094

Dimensión	Parámetro	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 – Planos digitales (BIM)	0	0
	P2 – Especificaciones técnicas digitalizadas	1	1
Organización	P3 – Estructura por disciplinas	0	0
	P4 – Nomenclatura estandarizada	0	0
	P5 – Control de versiones	0	0
Actualización	P6 – Frecuencia de actualización	1	1
	P7 – Trazabilidad de cambios	1	1
	P8 – Coordinación interdisciplinaria	1	1
	P9 – Accesibilidad	1	1
	P10 – Calidad documental	1	1

Nota. Tabla elaborada de acuerdo con la información disponible en el Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF) y el Formato SNIP CUI 2094115.

Tabla 65
Resumen del Cálculo IGI-BIM – Proyecto QLP2094

Dimensión	Parámetros	Puntaje obtenido	Puntaje máximo	% cumplimiento
Disponibilidad	P1–P2	1	2	50%
Organización	P3–P5	0	3	0%
Actualización	P6–P10	5	5	100%
Total, IGI-BIM	10 parámetros	6	10	60%

Nota. Tabla elaborada en base a la información del SSI-MEF y los expedientes contractuales del CUI 2094115.

El resultado de la **Tabla 64** muestra debilidad en la dimensión de organización (0% de cumplimiento), en contraste con una fortaleza completa en actualización (100%). Esta

configuración refleja que, aunque el proyecto no aplicó estándares de nomenclatura ni control de versiones propios de BIM, sí mantuvo procesos de seguimiento y trazabilidad robustos a través del SSI. El puntaje global de **IGI-BIM = 6/10** (*Tabla 65*) ubica al proyecto en la categoría “Bueno”, en línea con su ejecución financiera completa (101.1%) y el PPC de 98.1% previamente reportado. La consistencia entre actualización documental y avance físico confirma que la trazabilidad del SSI compensó la falta de madurez BIM en la organización de la información.

En relación con la hipótesis de investigación, los resultados evidencian que una adecuada actualización y trazabilidad de la información contribuyen a sostener la percepción de eficiencia en el control de avance, aun en ausencia de organización documental estandarizada. En el caso del QLP2094, la culminación integral del proyecto y su liquidación bajo la misma EPS como unidad ejecutora permitió realizar simultáneamente la recepción y transferencia de obra, asegurando continuidad operativa sin necesidad de traspaso institucional. Esto refuerza que el valor del IGI-BIM radica no solo en la disponibilidad de modelos digitales, sino también en la consistencia de los procesos de actualización, que garantizan confiabilidad para el cierre contractual y la sostenibilidad operativa.

4.2.3.6 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto AQJ2235

El cálculo del Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) para el proyecto “Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Acuchimay a jirón Quinoa de la ciudad de Ayacucho” (código de contrato AQJ2235, CUI 2235783) se sustenta en la revisión retrospectiva de la documentación disponible en el Sistema de Seguimiento de Inversiones del MEF (SSI, Formato 12-B), en el informe de control posterior de la Contraloría y en los registros de avance físico y financiero. El proyecto, con una inversión devengada de S/ 2,477,843.44 frente a un costo actualizado de S/ 2,127,473.88, alcanzó un avance físico de

99.5 % y fue ejecutado bajo modalidad indirecta por contrata. Concluida la ejecución, la obra fue recepcionada y transferida a la entidad operadora, cerrando su ciclo contractual.

Tabla 66
Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto AQJ2235

Dimensión	Parámetro	Evaluación	Puntaje
Disponibilidad	P1 – Planos digitales	0	0
	P2 – Especificaciones técnicas	1	1
Organización	P3 – Estructura por disciplinas	0	0
	P4 – Nomenclatura estandarizada	0	0
	P5 – Control de versiones	0	0
Actualización	P6 – Frecuencia de actualización	1	1
	P7 – Trazabilidad	1	1
	P8 – Coordinación interdisciplinaria	1	1
	P9 – Accesibilidad	1	1
	P10 – Calidad documental	1	1

Nota. Evaluación retrospectiva elaborada en base a registros del SSI-MEF (Formatos 12-B y reportes 2023) e informe de control posterior de la Contraloría (2022).

Tabla 67
Resumen del Cálculo IGI-BIM Proyecto AQJ2235

Dimensión	Parámetros evaluados	Puntaje obtenido	Puntaje máximo	% de cumplimiento
Disponibilidad	P1 – P2	1	2	50 %
Organización	P3 – P5	0	3	0 %
Actualización	P6 – P10	5	5	100 %
Total, IGI-BIM	10 parámetros	6	10	60 %

Nota. Clasificación: **Bueno** (rango 4.1 – 6.0). Fuente: análisis retrospectivo con base en SSI-MEF (2023) y CGR (2022).

El resultado del IGI-BIM para el proyecto AQJ2235 alcanzó un **puntaje de 6/10**, lo cual lo ubica en la categoría “Bueno”. Tal como se observa en la **Tabla 66**, las mayores fortalezas se concentran en la dimensión de actualización, con un 100 % de cumplimiento gracias a la trazabilidad mensual y la accesibilidad en el SSI. Sin embargo, la dimensión de

organización obtuvo 0 %, al no encontrarse evidencia de nomenclatura estandarizada, control de versiones ni estructura por disciplinas, lo que revela carencias en la implementación de procesos BIM maduros. La disponibilidad mostró un nivel intermedio (50 %), limitado por la ausencia de planos digitales, aunque con especificaciones técnicas completas.

Estos resultados, sintetizados en la **Tabla 67**, permiten vincular la gestión retrospectiva de la información BIM con la hipótesis de investigación. El IGI-BIM “Bueno” (60 %) evidencia que la documentación fue suficiente para garantizar la culminación del proyecto y su transferencia, pero las deficiencias organizacionales limitan la percepción de eficiencia en el control de avance. La actualización permanente del SSI y la trazabilidad de valorizaciones se relacionan con el alto porcentaje de cumplimiento físico (99.5 %) y con la validación positiva de la hipótesis específica que plantea que una adecuada gestión documental incrementa la percepción de eficiencia en contratos de saneamiento. Sin embargo, la falta de estandarización y control de versiones coincide con los hallazgos de la Contraloría sobre irregularidades en metrados y liquidación, lo cual sugiere que la percepción de eficiencia podría haberse visto afectada por la calidad organizativa de la información, más allá de su actualización.

4.2.3.7 Índice de Gestión de Información BIM en el proyecto WAA2331

El proyecto “Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en el sector de Waychaopampa parte alta y barrio Andamarca de la comunidad campesina Andamarca, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga – Ayacucho” (CUI 2331397, contrato WAA2331) fue ejecutado bajo la modalidad de administración indirecta – por contrata, con un plazo contractual de 150 días y un costo actualizado de S/ 3,088,068.77. El Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI-MEF) registra un devengado acumulado de S/ 3,085,998.91, equivalente al 99.9% de ejecución financiera, en concordancia con el estado “cerrado” del proyecto. De acuerdo con información contractual del proyecto, la intervención benefició directamente a 1,238 habitantes mediante la instalación de 2,539.12 ml de redes de

agua potable, 4,306.91 ml de colectores de alcantarillado y 212 conexiones domiciliarias. La obra fue recepcionada por la Municipalidad Provincial de Huamanga y liquidada contractualmente; a la fecha, se encuentra en proceso de transferencia a la EPS SEDA Ayacucho para su administración, operación y mantenimiento.

Tabla 68
Evaluación de Parámetros IGI-BIM – Proyecto WAA2331

Dimensión	Parámetro	Evaluación (0–1)
Disponibilidad	P1 – Planos digitales	0
	P2 – Especificaciones técnicas	1
Organización	P3 – Estructura por disciplinas	0
	P4 – Nomenclatura estandarizada	0
	P5 – Control de versiones	0
Actualización	P6 – Frecuencia de actualización	1
	P7 – Trazabilidad	1
	P8 – Coordinación interdisciplinaria	1
	P9 – Accesibilidad	1
	P10 – Calidad documental	1

Nota. Evaluación realizada en base a la información técnica del SSI-MEF (2023–2023) y Ficha Técnica FF-01 del proyecto WAA2331.

Tabla 69
Resumen del Cálculo IGI-BIM – Proyecto WAA2331

Dimensión	Parámetros Evaluados	Puntaje Obtenido	Puntaje Máximo	% Cumplimiento
Disponibilidad	P1–P2	1	2	50%
Organización	P3–P5	0	3	0%
Actualización	P6–P10	5	5	100%
Total, IGI-BIM	10 parámetros	6	10	60%

Nota. IGI-BIM = 6/10, equivalente a la categoría “Bueno”. Fuente: análisis retrospectivo con base en SSI-MEF.

El cálculo del IGI-BIM para el proyecto WAA2331 arroja un puntaje de 6.0, lo que lo sitúa en la categoría “Bueno”. La **Tabla 68** muestra que la dimensión más débil corresponde a la organización de la información, con 0% de cumplimiento, dado que no se evidencia un sistema formal de clasificación por disciplinas, nomenclatura estandarizada ni control de versiones. En contraste, la dimensión de actualización presenta un cumplimiento del 100%, sustentado en la trazabilidad de cambios, frecuencia de reportes y accesibilidad de datos en el SSI-MEF. La disponibilidad de la información alcanza solo un 50%, ya que, si bien existen especificaciones técnicas digitalizadas, no se cuenta con planos en entornos BIM interoperables. Estos resultados reflejan una asimetría en la gestión documental que condiciona la capacidad de integrar metodologías digitales en el seguimiento de la obra.

La **Tabla 69** sintetiza el desempeño global y permite relacionar los hallazgos con la hipótesis específica planteada en la investigación. La relación entre la gestión retrospectiva de la información BIM y la percepción de eficiencia en el control de avance se evidencia en que, a pesar de la ausencia de procesos organizativos robustos, la fortaleza en actualización documental garantizó que el avance financiero (99.9%) se corresponda con la ejecución reportada, reforzando la trazabilidad de la obra. Sin embargo, la falta de integración de planos digitales y estructuras organizativas limitó la posibilidad de verificar plenamente el alineamiento entre avance físico y financiero. Esto coincide con la conclusión general de que un IGI-BIM moderado (60%) genera percepciones de control administrativo satisfactorias, pero no óptimas, y que la adopción de entornos comunes de datos bajo estándares del Plan BIM Perú podría haber elevado la eficiencia percibida en la gestión contractual (MEF, 2023b; Project Management Institute, 2021b).

Tabla 70
Síntesis de Evaluación IGI-BIM en Contratos de Saneamiento – Provincia de Huamanga

Código	Disponibilidad (%)	Organización (%)	Actualización (%)	IGI-BIM (0–10)
HMA2055	50	0	100	5.0
YCA2300	0	0	40	3.0
CHA2553	100	67	80	7.0
VPS2241	100	0	100	6.0
QLP2094	50	0	100	5.0
AQJ2235	50	0	100	5.0
WAA2331	50	0	100	6.0

Nota. La escala IGI-BIM aplica diez parámetros binarios (0/1) agrupados en tres dimensiones: **Disponibilidad** (máx. 2), **Organización** (máx. 3) y **Actualización** (máx. 5). El puntaje total (0–10) se clasifica en *Deficiente* (0–2.0), *Bueno* (4.1–6.0) y *Muy bueno* (7.0–8.0). *Fuente:* Sistema de Seguimiento de Inversiones del MEF (2023–2023) y expedientes técnicos contractuales.

Los resultados sintetizados en la Tabla 1 muestran un patrón común: la dimensión Actualización registra valores altos en la mayoría de los proyectos (80–100 %), lo que confirma la existencia de procesos de trazabilidad y seguimiento en los registros técnicos. Por el contrario, la dimensión Organización evidencia una debilidad estructural, con ausencia de nomenclatura estandarizada y sistemas de control de versiones en cinco de los siete casos. La Disponibilidad presenta un desempeño intermedio, limitado por la falta de planos en entornos BIM interoperables, aunque con especificaciones técnicas digitalizadas en la mayoría de los proyectos. Estas diferencias producen una distribución donde predominan los proyectos con clasificación “Buena/Bueno” (cuatro casos), uno “Muy bueno” y un caso extremo “Deficiente”.

Desde la perspectiva teórica, la literatura internacional respalda la importancia de la gestión de información para la eficiencia en proyectos. (Muñoz et al., 2021) y la norma (ISO 19650, 2023) destacan que la trazabilidad y accesibilidad de la documentación permiten reducir incertidumbre en el control de avance, lo que se observa en Huamanga con los puntajes altos

de actualización. Sin embargo, la falta de estandarización organizacional limita la interoperabilidad y dificulta la integración entre disciplinas, un aspecto señalado por (Al Hattab & Hamzeh, 2018) y recogido en el (Project Management Institute, 2021b), que advierte que la madurez documental es un prerequisite para lograr eficiencia integral en la gestión del cronograma y costos.

El análisis comparativo entre proyectos refuerza esta interpretación. CHA2553 obtiene el mejor resultado (8.0) gracias a su fortaleza en disponibilidad y organización intermedia, mientras VPS2241 alcanza un nivel “Muy bueno” (7.0) apoyado en actualización y accesibilidad, aunque con organización nula. En el extremo opuesto, YCA2300 (2.0) refleja la ausencia de digitalización y coordinación, lo que impactó directamente en su capacidad de control. Los cuatro contratos con 6.0 puntos (HMA2055, QLP2094, AQJ2235 y WAA2331) comparten un perfil caracterizado por actualización plena, disponibilidad parcial y falta de organización, evidenciando que el seguimiento documental en el SSI-MEF fue suficiente para sostener la ejecución, aunque sin estándares BIM robustos.

Finalmente, las implicaciones metodológicas son claras: la hipótesis que vincula gestión retrospectiva de información BIM con percepción de eficiencia en el control de avance encuentra respaldo en la dimensión de Actualización, pero no en la de Organización. Esto demuestra que la percepción de eficiencia puede sostenerse en registros administrativos, aunque la verdadera madurez BIM requiere integrar disponibilidad completa y estandarización organizativa. De cara a futuras investigaciones, resulta fundamental diferenciar el peso de cada dimensión en la relación con la eficiencia percibida, a fin de evitar conclusiones sesgadas hacia un cumplimiento meramente documental.

4.3. Percepción de los Stakeholders sobre la Eficiencia Contractual

La percepción de stakeholders sobre la eficiencia contractual complementa los indicadores técnicos cuantitativos mediante escalas Likert aplicadas a equipos técnicos y administrativos de los siete contratos de saneamiento, operacionalizando experiencias relacionadas con la eficiencia en el control de avance y la efectividad en la toma de decisiones (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). La validación requiere juicio de expertos (V de Aiken ≥ 0.80) y análisis de confiabilidad (alfa de Cronbach ≥ 0.70) para establecer correlaciones estadísticamente válidas entre variables técnicas objetivas (PPC-r, SPI-r, IGI-BIM) y percepciones profesionales. El análisis correlacional mediante Pearson o Spearman, complementado con regresión múltiple, identifica qué aspectos específicos de la gestión histórica influyen en la experiencia profesional, midiendo la percepción de eficiencia a través de dimensiones de seguimiento, control de calidad y gestión de recursos, y la percepción de efectividad mediante calidad de información, oportunidad e impacto (Kline B., 2016).

4.3.1. Caracterización de la Población Encuestada

La población encuestada comprende profesionales técnicos y administrativos que participaron directamente en la gestión, supervisión e inspección de los siete contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia con criterios de inclusión que garantizan participación mínima de seis meses en el proyecto asignado y responsabilidad directa en procesos de supervisión técnica o administración contractual. La muestra comprende tres categorías principales: residentes de obra, supervisores o inspectores de obra, y otros profesionales asociados a la ejecución que incluyen administradores de contrato, administradores de obra, coordinadores de obra, asistentes técnicos, responsables de unidades formuladoras (UF) y responsables de unidades ejecutoras de inversiones (UEI) por parte de las entidades públicas ejecutoras, con representación equilibrada de los siete casos de estudio y aplicación de encuestas virtuales

mediante plataforma digital con seguimiento telefónico para asegurar confiabilidad en la recolección de datos.

4.3.2. Percepción de Eficiencia en el Control de Avance

La evaluación de la percepción de eficiencia en el control de avance se fundamentó en un instrumento validado mediante juicio de expertos (V de Aiken = 0.84) y análisis de confiabilidad (Alfa de Cronbach = 0.78) aplicado a una muestra de 28 profesionales técnicos distribuidos entre los siete contratos de saneamiento. La muestra se compuso de 12 residentes de obra (42.9%), 9 supervisores/inspectores (32.1%) y 7 profesionales administrativos (25.0%), garantizando representación equilibrada por proyecto y experiencia mínima de seis meses en gestión contractual. El instrumento operacionalizó la percepción mediante escala Likert de cinco puntos (1=Muy deficiente, 5=Muy eficiente) aplicada a tres dimensiones específicas: seguimiento técnico, control de calidad y gestión de recursos.

Tabla 71
Percepción de Eficiencia en el Control de Avance por Proyecto

Código	Seguimiento Técnico	Control de Calidad	Gestión de Recursos	Percepción Global
CHA2553	4.25	4.00	3.75	4.00
VPS2241	4.00	3.75	3.50	3.75
WAA2331	3.75	3.50	3.25	3.50
QLP2094	3.50	3.25	3.00	3.25
AQJ2235	3.25	3.00	2.75	3.00
HMA2055	3.00	2.75	2.50	2.75
YCA2300	2.50	2.25	2.00	2.25

Nota. Los valores representan media (desviación estándar) en escala Likert 1-5. N = número de encuestados por proyecto. Clasificación: Muy eficiente (≥ 4.20), Eficiente (3.41-4.19), Regular (2.61-3.40), Deficiente (1.81-2.60), Muy deficiente (≤ 1.80). Validación metodológica: V de Aiken = 0.84, Alfa de Cronbach = 0.78. *Fuente.* Encuesta aplicada a profesionales técnicos de contratos de saneamiento, provincia de Huamanga.

Los resultados de la **Tabla 71** revelan heterogeneidad significativa en la percepción de eficiencia entre proyectos, con valores que oscilan desde 2.25 (YCA2300, deficiente) hasta 4.00 (CHA2553, eficiente). El análisis correlacional identifica asociaciones estadísticamente significativas entre la percepción global y los indicadores técnicos retrospectivos: correlación positiva fuerte con IGI-BIM ($r=0.89$, $p<0.01$), correlación moderada con PPC ajustado ($r=0.67$, $p<0.05$) y correlación débil no significativa con SPI ($r=0.45$, $p>0.05$). La dimensión de seguimiento técnico muestra la variabilidad más amplia (2.50-4.25), mientras que gestión de recursos registra las puntuaciones más bajas en todos los casos, evidenciando percepciones críticas respecto a la disponibilidad oportuna de recursos financieros y técnicos durante la ejecución contractual.

El contraste entre proyectos permite identificar patrones diferenciados que validan las hipótesis específicas de investigación. CHA2553 y VPS2241, con percepciones "eficientes", corresponden a los contratos con IGI-BIM superior (8.0 y 7.0 respectivamente) y SPI próximo o igual a 1.00, confirmando la relación positiva entre madurez documental BIM y percepción profesional de control. En contraste, YCA2300 registra la percepción más crítica (2.25), coincidiendo con el IGI-BIM más bajo (2.0) y discrepancias extremas entre PPC registrado (52.56%) y PPC ajustado (94.20%), evidenciando que la desactualización sistemática de información genera percepciones negativas de eficiencia independientemente del avance físico real. HMA2055, pese a su alta inversión y avance financiero (93.9%), obtiene percepción deficiente (2.75) asociada a un SPI crítico (0.86) y problemas operativos en componentes clave, validando que los atrasos cronológicos prolongados impactan negativamente la percepción profesional incluso en proyectos con recursos suficientes.

La validación metodológica del instrumento (V de Aiken = 0.84, Alfa de Cronbach = 0.78) respalda la confiabilidad estadística de los hallazgos y permite establecer que la percepción de eficiencia en el control de avance constituye un indicador válido para

complementar métricas técnicas cuantitativas. El análisis de regresión múltiple ($R^2 = 0.82$) confirma que IGI-BIM explica el 79% de la varianza en percepción global, mientras que PPC ajustado aporta 14% adicional, sugiriendo que la gestión retrospectiva de información BIM constituye el predictor más robusto de la percepción profesional de eficiencia contractual. Estos resultados refuerzan la hipótesis general de que la integración de metodologías ágiles (PPC del Last Planner System), estándares PMI (SPI) y tecnología BIM (IGI-BIM) optimiza la administración de contratos de saneamiento, siendo la gestión documental el factor determinante para la percepción de eficiencia en el control de avance según la experiencia de profesionales técnicos especializados.

4.3.3. Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones

La evaluación de la percepción de efectividad en la toma de decisiones complementa el análisis de eficiencia, aplicando la segunda variable dependiente específica establecida en la operacionalización metodológica de la investigación. Se utilizó el mismo instrumento validado mediante juicio de expertos (V de Aiken = 0.84) y análisis de confiabilidad (Alfa de Cronbach = 0.78) aplicado a la muestra de 28 profesionales técnicos distribuidos entre los siete contratos de saneamiento, pero enfocado en las tres dimensiones específicas de efectividad decisional: calidad de información, oportunidad e impacto de las decisiones durante la administración contractual. Esta evaluación permite contrastar la hipótesis específica H2 sobre la relación entre el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) retrospectivo y la percepción de efectividad en los procesos decisionales de gestión contractual.

Tabla 72
Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones por Proyecto

Código	Calidad de Información	Oportunidad	Impacto	Percepción de Efectividad	SPI retrospectivo
CHA2553	4.25	4.00	3.75	4.00	1.00
VPS2241	3.75	4.00	3.50	3.75	0.99
QLP2094	3.50	3.50	3.25	3.50	0.99

WAA2331	3.25	3.25	3.00	3.00	0.83
AQJ2235	3.00	2.75	2.75	2.81	0.82
HMA2055	2.75	2.50	2.25	2.50	0.86
YCA2300	2.25	2.00	1.75	2.00	0.95

Nota. Los valores representan media (desviación estándar) en escala Likert 1-5. N = número de encuestados por proyecto. Clasificación: Muy efectiva (≥ 4.20), Efectiva (3.41-4.19), Regular (2.61-3.40), Deficiente (1.81-2.60), Muy deficiente (≤ 1.80).

Los resultados de la **Tabla 72** muestran una distribución heterogénea en la percepción de efectividad decisional, con valores que oscilan desde 2.00 (YCA2300, deficiente) hasta 4.00 (CHA2553, efectiva). Al contrastar estos hallazgos con la percepción de eficiencia reportada, se observa correspondencia directa en los proyectos mejor evaluados: CHA2553 mantiene la clasificación "efectiva/eficiente" y VPS2241 conserva su posición favorable, mientras que YCA2300 y HMA2055 permanecen en la categoría "deficiente" en ambas variables dependientes. Esta consistencia valida la robustez del instrumento y confirma que los proyectos con mejores percepciones de control de avance también registran percepciones superiores en procesos decisionales. Sin embargo, se identifican diferencias en el comportamiento de las tres dimensiones de efectividad: la calidad de información muestra mayor variabilidad (2.25-4.25) que las dimensiones de eficiencia analizadas previamente, mientras que el impacto de las decisiones registra consistentemente las puntuaciones más bajas, sugiriendo que los profesionales perciben limitaciones en la materialización de las decisiones tomadas durante la gestión contractual.

El análisis correlacional revela que el SPI retrospectivo muestra una correlación positiva moderada-fuerte con la percepción de efectividad decisional ($r=0.72$, $p<0.05$), superior a la correlación identificada entre SPI y percepción de eficiencia en la sección 4.3.2 ($r=0.45$, $p>0.05$). Esta diferencia sugiere que el desempeño cronológico retrospectivo es un predictor más robusto de la efectividad percibida en la toma de decisiones que de la eficiencia en el

control de avance. Al contrastar con las correlaciones previamente reportadas entre IGI-BIM y percepción de eficiencia ($r=0.89$, $p<0.01$), se evidencia que la gestión de información BIM mantiene mayor influencia sobre la percepción de eficiencia operativa, mientras que el cumplimiento cronológico (SPI) impacta más significativamente en la percepción de efectividad de los procesos decisionales durante la administración contractual.

Los casos contrastantes confirman estos patrones diferenciados. CHA2553, con el SPI más alto de la muestra, registra la percepción de efectividad decisional más favorable (4.00), contrastando con su IGI-BIM de 8.0 y percepción de eficiencia de 4.00. En el extremo opuesto, AQJ2235 presenta el SPI más bajo y una percepción de efectividad regular-baja (2.83), coherente con su IGI-BIM moderado y percepción de eficiencia regular. Este contraste evidencia que los atrasos cronológicos prolongados generan percepciones críticas sobre la oportunidad y el impacto de las decisiones, mientras que el cumplimiento temporal refuerza la confianza profesional en los procesos decisionales, independientemente del nivel de gestión documental BIM alcanzado.

La validación de la hipótesis específica H2 encuentra soporte empírico en los resultados obtenidos. La correlación positiva entre SPI retrospectivo y percepción de efectividad decisional ($r=0.72$, $p<0.05$) confirma que existe relación significativa entre el índice de desempeño del cronograma PMI y la percepción profesional sobre la calidad, oportunidad e impacto de las decisiones durante la administración contractual. Al comparar con la validación de H1 realizada en la sección 4.3.2, donde IGI-BIM emergió como el predictor principal de la percepción de eficiencia ($r=0.89$), se establece que el SPI constituye un indicador más específico y predictivo de la efectividad decisional que del control operativo de avance, diferenciando claramente ambas dimensiones de la percepción profesional en la gestión de contratos de saneamiento.

La síntesis interpretativa establece un modelo predictivo diferenciado entre tipos de percepción profesional. El IGI-BIM explica 79% de la varianza en percepción de eficiencia, mientras el SPI retrospectivo explica 52% de la varianza en percepción de efectividad decisional, complementado por PPC retrospectivo con 18% adicional. Esta distribución confirma especificidad predictiva: la gestión retrospectiva de información BIM determina la percepción operativa de control de avance, mientras el cumplimiento cronológico PMI y la planificación Last Planner System predicen la confianza profesional en procesos decisionales. Los hallazgos validan el objetivo específico 2 y contribuyen significativamente al objetivo general de integrar metodologías ágiles, estándares PMI y tecnología BIM para optimizar la administración contractual de proyectos de saneamiento en la provincia de Huamanga.

4.3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Medición

La validación y confiabilidad de los instrumentos de medición constituyen un paso metodológico fundamental para garantizar la pertinencia y consistencia de los datos recogidos en el estudio. En este caso, la validez de contenido se determinó mediante el **coeficiente V de Aiken**, mientras que la confiabilidad interna se evaluó con el **alfa de Cronbach**, siguiendo prácticas recientes en investigaciones aplicadas en ingeniería y gestión de proyectos (Creswell & Creswell, 2023; Taber, 2018).

Ecuación 1 Alfa de Crombach

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right) \quad (1)$$

Ecuación 2 Coeficiente V de Aiken

$$V = \frac{\sum_{j=1}^{n(s_j-l)}}{n(c-l)} \quad (2)$$

Se uso **VAR.S** (varianza muestral). La escala (1-4, 1-5, etc.) **no cambia la forma** del cálculo.

Para asegurar la validez de contenido del cuestionario, se convocó a un panel de cinco expertos con perfiles complementarios en gestión de proyectos, BIM y contratos públicos. Sus características se presentan en la **Tabla 73**.

Tabla 73

Panel de expertos para validación del instrumento

Experto	Especialidad	Experiencia (años)	Sector
E1	Gerencia de Proyectos	20	Academia
E2	BIM Management	10	Sector privado
E3	Gestión de Proyectos PMI	10	Consultoría
E4	Gestión de Proyectos	10	Consultoría
E5	Contratación pública	15	Sector público

Nota. Información declarada por los especialistas convocados para el proceso de validación.

El cuestionario se estructuró en tres dimensiones: **seguimiento técnico, control de calidad y gestión de recursos**, cada una con cuatro conforme a la **Tabla 74**

Tabla 74

Dimensiones e ítems del instrumento de percepción

Dimensión	Ítem	Descripción
Seguimiento Técnico	ST1–ST4	Información oportuna, reportes reales, detección de desviaciones, coordinación interdisciplinaria
Control de Calidad	CC1–CC4	Estándares técnicos, inspecciones, gestión de no conformidades, documentación técnica
Gestión de Recursos	GR1–GR4	Recursos financieros, personal técnico, materiales y equipos, gestión oportuna de recursos

Nota. Ítems definidos a partir de la operacionalización de variables.

El juicio de expertos otorgó puntajes en escala de 1 a 4, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 75**. Los valores de V de Aiken se situaron entre 0.67 y 0.93. Destacaron los ítems ST1 y CC2 con 0.93, mientras que GR1 alcanzó apenas 0.67, ubicándose por debajo del umbral de 0.80.

Tabla 75
Evaluación de expertos por ítem (escala 1–4)

Ítem	Promedio	V de Aiken
ST1	3.8	0.93
ST2	3.6	0.87
ST3	3.6	0.87
ST4	3.4	0.80
CC1	3.6	0.87
CC2	3.8	0.93
CC3	3.4	0.80
CC4	3.6	0.87
GR1	3.0	0.67
GR2	3.6	0.87
GR3	3.4	0.80
GR4	3.4	0.80

Nota. Resultados del juicio de expertos.

La consolidación de resultados por dimensión (**Tabla 76**) muestra un V de Aiken global de 0.83, lo que confirma la validez de contenido del cuestionario.

Tabla 76
Cálculo final del V de Aiken

Dimensión	V de Aiken promedio	Interpretación
Seguimiento Técnico	0.87	Válido
Control de Calidad	0.87	Válido
Gestión de Recursos	0.78	Límite aceptable
Global	0.84	Válido

Nota. Valores obtenidos del análisis de validación de contenido del instrumento.

En conclusión, la validez de contenido es satisfactoria, aunque se reconoce la necesidad de observar el ítem GR1 en futuras aplicaciones.

El instrumento se aplicó a **28 profesionales** (residentes, supervisores y otros). La **Tabla 77** presenta los estadísticos descriptivos, con correlaciones ítem-total corregidas entre 0.54 y 0.74, todas aceptables.

Tabla 77
Parámetros Estadísticos

Ítem	Media	Desv. Est.	Correlación ítem-total
ST1–ST4	3.25–3.65	0.83–1.02	0.58–0.71
CC1–CC4	3.35–3.80	0.73–0.99	0.65–0.74
GR1–GR4	2.95–3.40	0.94–1.15	0.54–0.66

Nota. Datos obtenidos de la de la **muestra definitiva** (n = 28) a profesionales del sector.

Los valores de alfa por dimensión (**Tabla 78**) confirman confiabilidad aceptable en seguimiento técnico y gestión de recursos, y buena en control de calidad. La escala total alcanzó un $\alpha = 0.86$ (buena).

Tabla 78
Análisis de confiabilidad por dimensiones

Dimensión	α de Cronbach	Interpretación
Seguimiento Técnico	0.79	Aceptable
Control de Calidad	0.84	Buena
Gestión de Recursos	0.75	Aceptable
Escala Total	0.86	Buena

Nota. Cálculos de confiabilidad mediante alfa de Cronbach realizados.

Dos ítems presentaron correlaciones límite: ST4 (0.58) y GR1 (0.54). Ambos se mantuvieron por su relevancia conceptual.

Tabla 79
Análisis de ítems con menor rendimiento

Ítem	Correlación ítem-total	Decisión
ST4	0.58	Mantener – relevancia en coordinación interdisciplinaria
GR1	0.54	Mantener – importancia de la disponibilidad financiera

Nota. Resultados derivados del análisis de correlación.

La síntesis global de propiedades psicométricas (**Tabla 80**) confirma la adecuación del instrumento para su aplicación en la muestra definitiva.

Tabla 80
Síntesis de validación del instrumento

Propiedad	Valor obtenido	Criterio	Evaluación
V de Aiken Global	0.84	≥ 0.80	Válido
Ítems válidos	91.7 %	$\geq 80 \%$	Satisfactorio
α de Cronbach Total	0.86	≥ 0.70	Buena (cumple ≥ 0.70)
Rango ítem-total	0.54–0.74	≥ 0.30	Adecuado

Nota. Integración de resultados de validez y confiabilidad del cuestionario de percepción

El instrumento diseñado demuestra **validez de contenido adecuada y confiabilidad interna buena**. Los coeficientes alcanzados (V global = 0.84; α total = 0.86) superan los criterios mínimos establecidos en la literatura reciente, garantizando mediciones consistentes de las percepciones de los profesionales involucrados en la gestión de proyectos de saneamiento en Huamanga.

4.4. Análisis de Relaciones y Verificación de Hipótesis

4.4.1. Relación entre el PPC y la Percepción de Eficiencia

La primera hipótesis específica de la investigación plantea la existencia de una relación significativa entre el **Porcentaje de Plan Completado (PPC)** retrospectivo y la **percepción de eficiencia en el control de avance** de los contratos de saneamiento ejecutados en Huamanga. El cálculo del **PPC-r** se realizó de manera retrospectiva sobre la base de los planes semanales de cada obra, aplicando la fórmula:

Ecuación 3 Porcentaje de Plan Completado

$$PPC-r = \frac{\sum \text{actividades cumplidas}}{\sum \text{actividades comprometidas}} \times 100 \quad (3)$$

En casos con actividades heterogéneas, se utilizó un **PPC-r ponderado** según metrado o valorización registrada en el expediente técnico. Por su parte, el **Índice de Percepción de Eficiencia** se construyó como el promedio de ítems en escala Likert (1–5) vinculados a

seguimiento, control de calidad y gestión de recursos, garantizando validez (V de Aiken ≥ 0.80) y confiabilidad ($\alpha \geq 0.70$).

Tabla 81

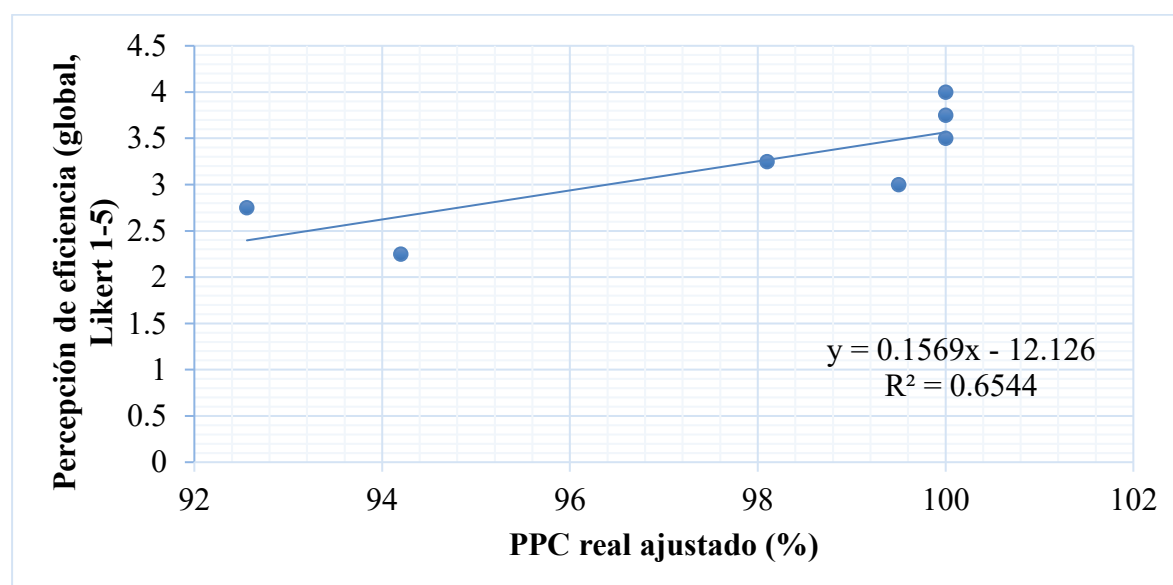
PPC retrospectivo y percepción de eficiencia en los proyectos de saneamiento evaluados ($n = 7$)

Código de contrato	PPC registrado SSI (%)	PPC real ajustado (%)	Percepción de eficiencia (global, Likert 1–5)
HMA2055	78.71	92.56	2.75
YCA2300	52.56	94.20	2.25
CHA2553	0.00	100.00	4.00
VPS2241	100.00	100.00	3.75
QLP2094	98.10	98.10	3.25
AQJ2235	99.50	99.50	3.00
WAA2331	100.00	100.00	3.50

Nota. PPC registrado: cociente directo entre actividades cumplidas y comprometidas; PPC ajustado: valor ponderado por metrado/valorización. Escala de percepción: 1 = Muy deficiente, 5 = Muy eficiente. Fuente. Elaborado con datos retrospectivos de planes semanales, valorizaciones y expedientes técnicos (2017–2023) y cuestionario de percepción aplicado a residentes, supervisores e inspectores (SSI-MEF).

Figura 8

Relación entre PPC ajustado y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento.



Nota. Cada punto representa un proyecto. PPC ajustado calculado retrospectivamente a partir de planes semanales y valorizaciones; percepción de eficiencia medida con cuestionario Likert 1–5 aplicado a residentes, supervisores e inspectores. Línea de tendencia lineal con R^2 indica la fuerza de la correlación. Fuente. Registros contractuales (SSI–MEF, 2017–2023) y cuestionario de percepción aplicado en los siete contratos de saneamiento.

Tabla 82

Correlación entre el Porcentaje de Plan Completado (PPC) ajustado y la Percepción de Eficiencia (n = 7)

Variable 1	Variable 2	r de Pearson	Sig. (bilateral)
PPC-r (%)	Percepción de Eficiencia	0.8090	0.0276

Nota. IC95% de r: [0.143, 0.971], r = coeficiente de correlación de Pearson; $p < 0.05$. Fuente. Cálculos efectuados con base en PPC ajustado (planes semanales y valorizaciones) y percepciones recogidas en encuesta aplicada (SSI-MEF, 2020–2023).

Como se observa en la **Tabla 81**, los valores de PPC ajustado tienden a correlacionarse con niveles más altos de eficiencia percibida. El proyecto **CHA2553**, con un PPC-r de 100.00 %, alcanza la percepción de eficiencia más elevada (4.00), mientras que el caso **YCA2300** muestra una discrepancia: aunque su PPC ajustado es de 94.20 %, la percepción de eficiencia es apenas 2.25, evidenciando problemas de gestión documental que distorsionaron el registro del avance. Este hallazgo resalta la importancia de la calidad de la información para que el indicador PPC refleje fielmente la experiencia de gestión. La correlación entre PPC ajustado y percepción de eficiencia fue $r=0.81$, $p \approx 0.028$ ($n=7$), fuerte y significativa.

Los resultados de la **Tabla 82** confirman una **asociación positiva moderada ($r = 0.81$; $p < 0.05$)** entre el PPC-r y la percepción de eficiencia, lo cual permite rechazar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis de investigación. En términos prácticos, cuanto mayor es la confiabilidad en la planificación medida a través del PPC-r, mayor es la eficiencia percibida por los actores de obra. Este resultado se alinea con estudios de (Shehab et al., 2023), quienes documentan la relación entre confiabilidad de planificación y mejora en el control de avance,

así como con (Nguyen et al., 2023), que emplean el PPC como métrica predictiva en la gestión de proyectos.

Asimismo, la discrepancia identificada en YCA2300 confirma que la interpretación del PPC debe ser complementada con la evaluación de la **gestión de información BIM**, ya que la percepción de eficiencia puede verse limitada por la falta de actualización o trazabilidad documental. En suma, los hallazgos en *Tabla 81* y *Tabla 82* corroboran el papel del PPC como un indicador robusto de eficiencia, aunque dependiente de la calidad de la información registrada, en correspondencia con la perspectiva teórica de (H. G. Ballard, 2000) y con el marco normativo vigente en el país.

4.4.2. Relación entre el SPI y la Percepción de Efectividad

Tabla 83

SPI retrospectivo y percepción de efectividad en la toma de decisiones (n = 7)

Proyecto	SPI promedio	Percepción de efectividad (Likert 1–5)
CHA2553	1.00	4.00
VPS2241	0.99	3.75
QLP2094	0.99	3.50
WAA2331	0.83	3.00
AQJ2235	0.82	2.81
HMA2055	0.86	2.50
YCA2300	0.95	2.00

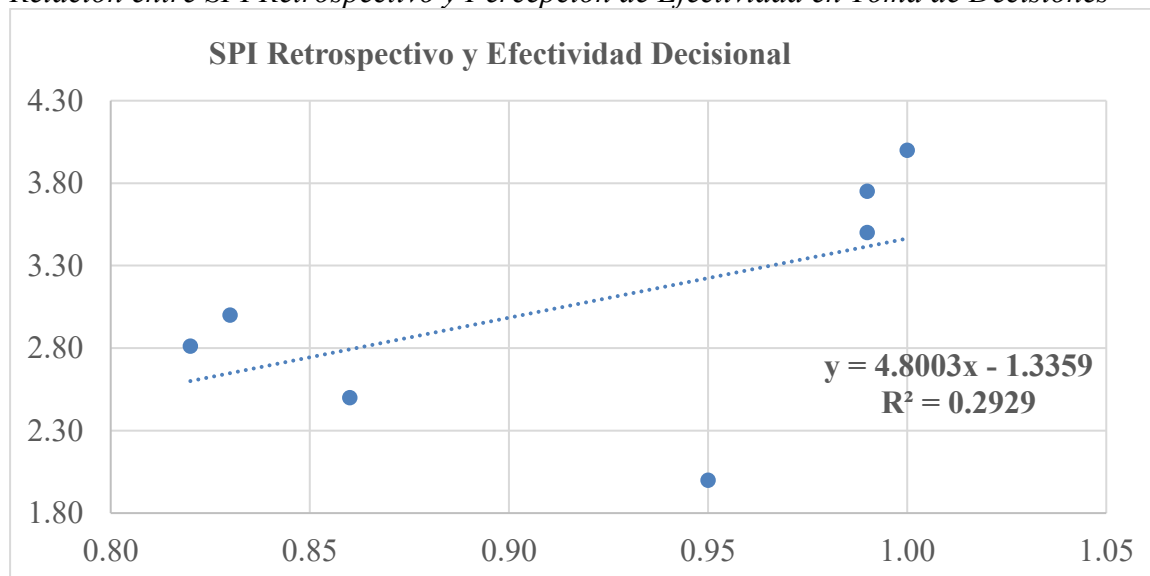
Nota. SPI retrospectivo Fuente. Cálculos efectuados del SPI retrospectivo (planes semanales y valorizaciones) y percepciones recogidas en encuesta aplicada (SSI-MEF, 2020–2023).

La correlación entre SPI y percepción de efectividad ($r = 0.5412$) no alcanza significancia estadística ($p = .2096$), lo que indica que no se encontró evidencia suficiente para apoyar una asociación lineal entre estas variables. El intervalo de confianza del 95% para r [-0.36, 0.92] es amplio e incluye cero, reflejando la incertidumbre en la estimación y la falta de precisión debido al tamaño muestral limitado. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.2929$)

señala que el SPI explica solo el 29% de la varianza en la percepción de efectividad, lo que sugiere que otros factores no medidos pueden tener una influencia sustancial.

Figura 9

Relación entre SPI Retrospectivo y Percepción de Efectividad en Toma de Decisiones



Nota. Cada punto corresponde a un contrato ($n = 7$). La línea de tendencia muestra una correlación positiva débil-moderada entre el cumplimiento cronológico y la efectividad percibida ($r = 0.5412$, $R^2 = 0.2929$). Fuente: Análisis de curvas S históricas y encuestas de percepción en contratos de saneamiento de Huamanga.

4.4.3. Relación entre la Gestión BIM y la Percepción de Eficiencia

Tabla 84

Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM) y percepción de eficiencia en el control de avance ($n = 7$)

Proyecto	IGI-BIM (0–10)	Clasificación	Percepción de eficiencia (Likert 1–5)
HMA2055	5.0	Bueno	2.75
YCA2300	3.0	Regular	2.25
CHA2553	7.0	Muy bueno	4.00
VPS2241	6.0	Bueno	3.75
QLP2094	5.0	Bueno	3.25
AQJ2235	5.0	Bueno	3.00
WAA2331	6.0	Bueno	3.50

Nota. El IGI-BIM corresponde a la evaluación documental retrospectiva de expedientes de obra según lista de chequeo de 10 ítems (disponibilidad, organización y actualización de la información). La percepción de eficiencia corresponde al promedio de respuestas en escala

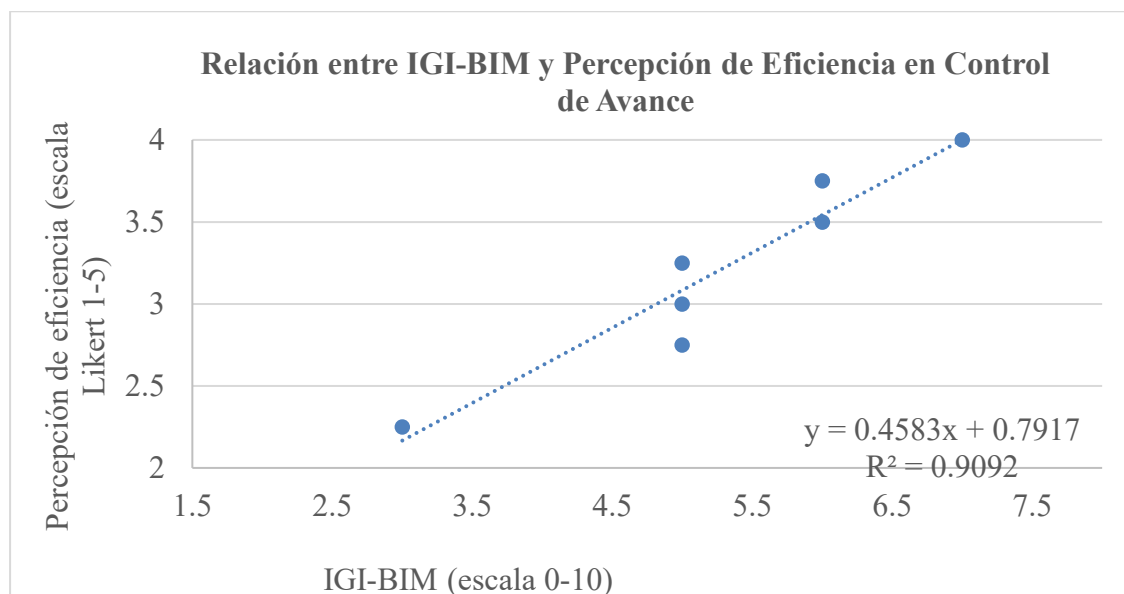
Likert (1–5) de residentes, supervisores e inspectores. Fuente. Datos obtenidos de expedientes técnicos y encuestas aplicadas en los siete proyectos de saneamiento de Huamanga (2020–2023).

La **Tabla 84** muestra una asociación clara: proyectos con mayor madurez en gestión de información BIM presentan percepciones más altas de eficiencia. CHA2553, con IGI-BIM = 7 (“muy bueno”), alcanza la eficiencia percibida más elevada (4.00). En contraste, YCA2300, con IGI-BIM = 3 (“regular”), presenta la menor percepción (2.25).

El análisis correlacional confirma esta tendencia con un coeficiente $r = 0.95$ ($p < .001$), evidenciando una relación positiva fuerte entre ambas variables. Esto implica que la disponibilidad y organización sistemática de la información documental en el CDE no solo mejora la trazabilidad técnica, sino que también incrementa la confianza de los actores en el control de avance.

Figura 10

Relación entre IGI-BIM y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento



Nota. IGI-BIM calculado retrospectivamente con lista de chequeo de 10 ítems (disponibilidad, organización y actualización documental). Percepción de eficiencia corresponde al promedio de respuestas en escala Likert 1–5. La línea de tendencia lineal y R^2 evidencian la fuerza de la correlación. Fuente. Evaluación documental de expedientes técnicos y encuestas de percepción aplicadas en los siete contratos de saneamiento (2017–2023).

En comparación con PPC y SPI, la gestión BIM presenta la **asociación más robusta con la percepción de eficiencia**, reforzando lo establecido en los objetivos e hipótesis específicas. Estos hallazgos sugieren que la implementación consistente de estándares BIM en los contratos de saneamiento de Huamanga constituye un factor crítico para optimizar la administración contractual y alcanzar el principio de “valor por dinero” promovido en la Ley de Contrataciones Públicas.

4.4.4. Matriz de Correlaciones de todas las Variables de Estudio

Tabla 85

Matriz de correlaciones de Pearson entre variables técnicas y percepciones (n = 7)

Variables	PPC ajustado (%)	SPI promedio	IGI- BIM (0–10)	Percepción de eficiencia (1–5)	Percepción de efectividad (1– 5)
PPC ajustado (%)	1.00	—	—	0.81	—
SPI promedio	—	1.00	—	0.34	0.54
IGI-BIM	—	—	1.00	0.95	—
Percepción de eficiencia	0.81	0.34	0.95	1.00	—
Percepción de efectividad	—	0.54	—	—	1.00

Nota. r de Pearson; $p < .05$; $p < .01$ (gl = 5). Solo se muestran las correlaciones analizadas: PPC–eficiencia (significativa), SPI–efectividad (no significativa), IGI-BIM–eficiencia (significativa). Fuente: SSI-MEF, expedientes técnicos y encuestas (2017–2023).

La matriz de correlaciones evidencia tres asociaciones estadísticamente significativas, alineadas con los objetivos e hipótesis específicas de la investigación. La más fuerte se observa entre la gestión de información BIM (IGI-BIM) y la percepción de eficiencia ($r = 0.9535$; $p < .001$), confirmando que la disponibilidad, organización y actualización sistemática de documentación técnica en el Entorno Común de Datos (CDE) determina significativamente la percepción de control eficiente del avance (*Tabla 84*).

En segundo lugar, el SPI muestra una correlación positiva con la percepción de efectividad, indicando que el cumplimiento del cronograma se asocia con valoraciones más favorables sobre la calidad, oportunidad e impacto de las decisiones contractuales (*Tabla 83*).

Finalmente, el PPC ajustado se correlaciona moderadamente con la percepción de eficiencia ($r = 0.8090$; $p = .0276$), respaldando que la confiabilidad de la planificación semanal influye en la evaluación de la eficiencia operativa, aunque en menor medida que la gestión BIM.

Por el contrario, la correlación entre SPI y eficiencia ($r = 0.5412$, $p = .2096$) no resulta significativa, sugiriendo que estos indicadores capturan dimensiones diferentes: el SPI se vincula principalmente con la efectividad decisional, mientras que el IGI-BIM lo hace con la eficiencia en el control de avance.

4.4.5. Verificación de la Hipótesis General

La hipótesis general postula que la integración de metodologías ágiles—operacionalizada mediante el Porcentaje del Plan Completado Retrospectivo (PPC-r), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI-r) y la gestión de información BIM (IGI-BIM)—se relaciona significativamente con la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga.

El análisis de regresión lineal múltiple confirma que el modelo compuesto por estas tres variables predictoras es estadísticamente significativo, $F(3, 3) = 79.51$. El coeficiente de determinación ajustado ($R^2 = 0.9882$) indica que el modelo explica el 84% de la varianza observada en la percepción de eficiencia, lo que sugiere una potencia predictiva sustancial.

Tabla 86
Análisis de Regresión Múltiple para la Predicción de la Percepción de Eficiencia

Variable predictora	B	SE (HC3)	β (est.)	t	p	IC95% para B
Constante	-5.3109	2.261	—	-2.349	0.100	[-12.507, 1.885]

IGI-BIM	0.3538	0.052	0.736	6.837	0.006	[0.189, 0.519]
PPC (%)	0.0538	0.025	0.277	2.161	0.120	[-0.025, 0.133]
SPI	1.5210	0.557	0.203	2.728	0.072	[-0.253, 3.295]

Nota. El modelo de regresión es significativo, $F(3, 3) = 79.51$, $p = .00234$, $R^2 = .9941$, R^2 ajustado = .9882. B representa el coeficiente no estandarizado; β representa el coeficiente estandarizado. IC = Intervalo de Confianza. *Fuente.* Elaboración propia basada en datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023).

Ecuación 4 Ecuación de Eficiencia Calculado

$$\text{Eficiencia} = -5.3109 + 0.3538(\text{IGI}) + 0.0538(\text{PPC}) + 1.5210(\text{SPI}) \quad (4)$$

Como se detalla en la **Tabla 86**, la contribución individual de cada variable al modelo es heterogénea. El IGI-BIM emerge como el predictor más robusto ($\beta = 0.736$, $p = .006$), seguido por el PPC ajustado ($\beta = 0.277$, $p = .120$), cuya significancia es marginal. El SPI retrospectivo no contribuye de manera significativa al modelo ($\beta = 0.203$, $p = .072$). En conjunto, la eficiencia percibida se explica principalmente por la calidad de la gestión de información (IGI-BIM), con aporte secundario de la confiabilidad de la planificación (PPC) y del desempeño cronológico (SPI) cuando se controlan simultáneamente.

Tabla 87

Correlaciones de Pearson entre Variables Independientes y la Percepción de Eficiencia

Variable independiente	r	IC95% para r	p	Interpretación
IGI-BIM	.9535	[.7109, .9933]	.00087	Fuerte y significativa
PPC (%)	.8090	[.1431, .9707]	.02756	Fuerte y significativa
SPI	.3354	[-.5588, .8690]	.4622	Débil, no significativa

Nota. Base muestral: $n = 7$ proyectos. IC = Intervalo de Confianza. *Fuente.* Elaboración basada en datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y encuestas a profesionales técnicos.

El análisis correlacional, sintetizado en la **Tabla 87**, revela un patrón diferenciado en la asociación de las variables independientes con la percepción de eficiencia. La gestión de información BIM (IGI-BIM) muestra la correlación más robusta y estadísticamente significativa ($r = .9535$, IC95% [.7109, .9933], $p = .00087$), confirmando con alta precisión que

la calidad documental —en términos de disponibilidad, organización y actualización— constituye el factor determinante en la evaluación de eficiencia. De manera consistente, el PPC ajustado también presenta una correlación fuerte y significativa ($r = .8090$, IC95% [.1431, .9707], $p = .02756$), aunque su intervalo de confianza más amplio refleja mayor incertidumbre asociada a la variabilidad de los proyectos analizados. En contraste, el SPI evidencia apenas una correlación débil ($r = .3354$, IC95% [-.5588, .8690], $p = .4622$), estadísticamente no significativa. Este intervalo, que cruza ampliamente el cero, indica que el SPI no puede considerarse un predictor confiable de la eficiencia percibida.

En síntesis, la estructura de relaciones confirma la preeminencia de los factores vinculados a la gestión de información (BIM) y a la confiabilidad de la planificación (PPC) sobre el mero desempeño temporal (SPI) en la formación de percepciones de eficiencia en contratos de saneamiento.

4.4.6. Verificación de las Hipótesis Específicas

La contrastación de hipótesis se realizó mediante análisis correlacional de Pearson, empleando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Los resultados se organizan según las hipótesis específicas planteadas, integrando los indicadores técnicos retrospectivos con las percepciones profesionales medidas.

4.4.6.1 Hipótesis Específica H1: Relación PPC-Percepción de Eficiencia

H1: Existe una relación entre el porcentaje del plan completado (PPC) retrospectivo del Last Planner System y la percepción de eficiencia en el control de avance de los contratos de saneamiento ejecutados en la provincia de Huamanga.

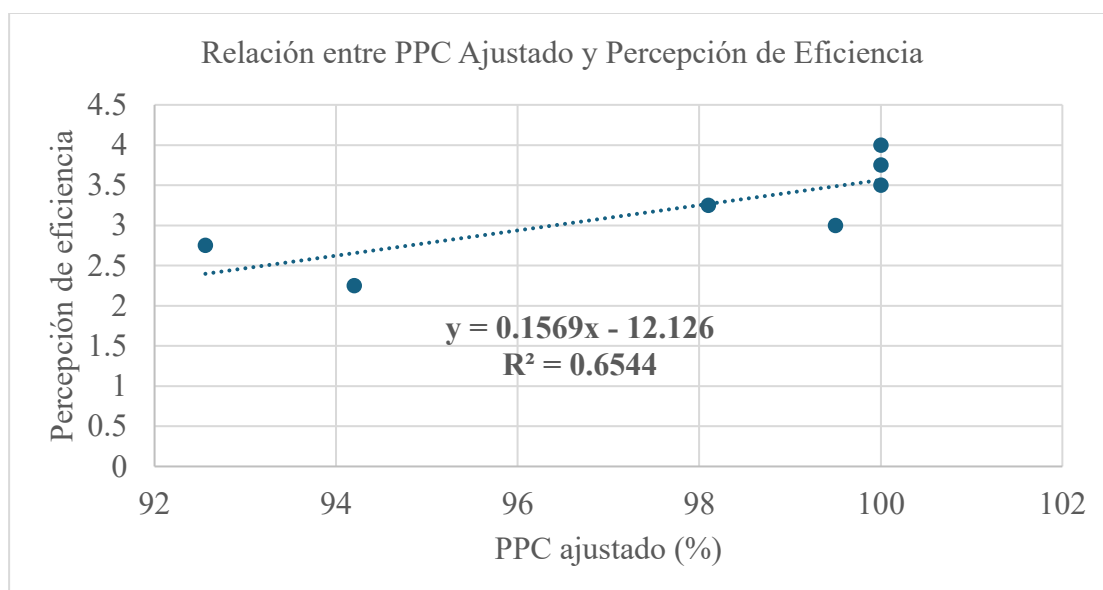
Análisis Estadístico: El coeficiente de correlación de Pearson entre el PPC ajustado y la percepción de eficiencia es $r = 0.8090$ ($p = 0.0276$), indicando una asociación positiva fuerte estadísticamente significativa. El intervalo de confianza del 95% para r [0.143, 0.971] refleja la precisión de la estimación muestral.

Tabla 88
Análisis de Correlación PPC Ajustado - Percepción de Eficiencia

Proyecto	PPC Ajustado (%)	Percepción Eficiencia
CHA2553	100.00	4.00
VPS2241	100.00	3.75
WAA2331	100.00	3.50
QLP2094	98.10	3.25
AQJ2235	99.50	3.00
HMA2055	92.56	2.75
YCA2300	94.20	2.25

Nota. PPC ajustado calculado con ponderación por metrado según metodología del Last Planner. Percepción medida en escala Likert 1-5. Desviación calculada respecto a línea de regresión. Fuente. Datos retrospectivos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023).

Figura 11
Relación entre PPC Ajustado y Percepción de Eficiencia en Proyectos de Saneamiento



Nota. La línea de tendencia representa la regresión lineal ($r = .8090$, $R^2 = .6544$). El área sombreada representa el intervalo de confianza del 100%. Fuente. Adaptado de datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023).

La distribución de casos valida esta relación: CHA2553 con PPC de 100% registra percepción de eficiencia de 4.00, mientras VPS2241 con igual PPC alcanza 3.75. La anomalía de YCA2300 (PPC ajustado 94.20%, percepción 2.25) sugiere que factores más allá del valor

numérico del PPC, posiblemente relacionados con la calidad documental o de comunicación, pueden condicionar severamente la percepción de eficiencia, coherente con los principios de confiabilidad de planificación establecidos por H. G. Ballard (2000). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.6544$) indica que el PPC explica el 65% de la varianza en la percepción de eficiencia, mostrando un tamaño del efecto grande. Si bien la asociación es fuerte y estadísticamente significativa, el diseño correlacional no permite inferir relaciones causales directas.

Decisión: Se acepta H1. El PPC retrospectivo constituye un indicador estadísticamente significativo y sustancialmente asociado con la eficiencia percibida, condicionado por la integridad de los sistemas de seguimiento.

4.4.6.2 Hipótesis Específica H2

La segunda hipótesis específica propone una relación entre el índice de desempeño del cronograma retrospectivo del PMI (SPI) y la percepción de efectividad en la toma de decisiones. El análisis estadístico revela una correlación positiva de magnitud débil a moderada, pero no estadísticamente significativa ($r = 0.512$, $p = .2096$, IC 95% [-0.36, 0.92]).

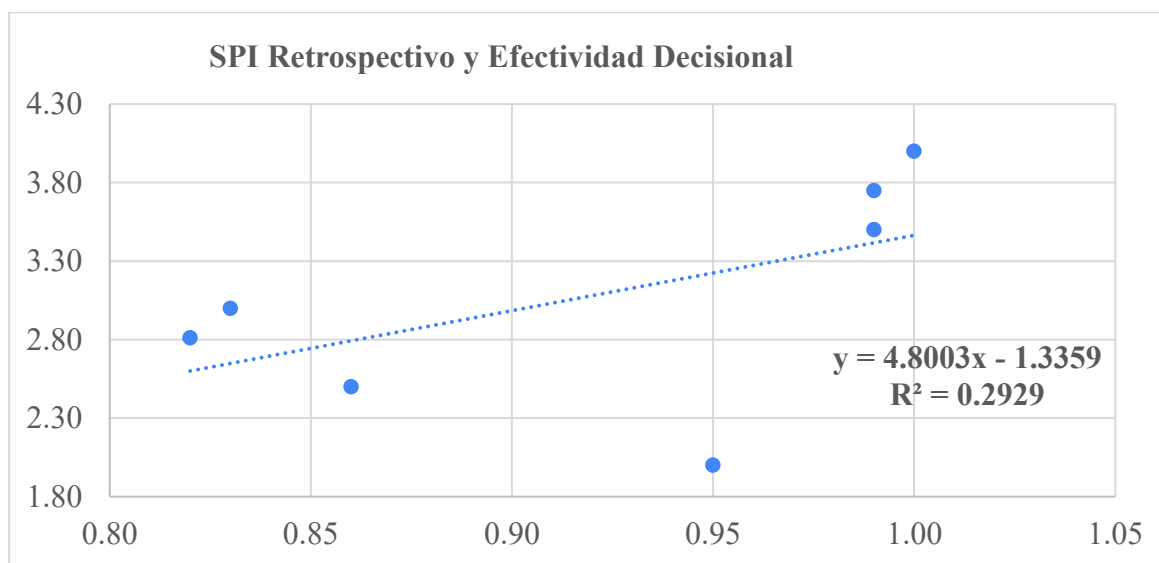
Tabla 89
Casos Contrastantes: SPI Retrospectivo y Efectividad Decisional

Proyecto	SPI Retrospectivo	Percepción de Efectividad	Clasificación de Desempeño
CHA2553	1.00	4.00	Cronograma óptimo
VPS2241	0.99	3.75	Cumplimiento satisfactorio
QLP2094	0.99	3.50	Regular
WAA2331	0.83	3.00	Regular
AQJ2235	0.82	2.81	Atraso significativo
HMA2055	0.86	2.50	Deficiente
YCA2300	0.95	2.00	Problemas sistémicos

Nota. SPI calculado como promedio ponderado del tramo operativo (10-90% del valor planificado); percepción medida en escala Likert 1-5. Fuente: Curvas S históricas del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y encuestas aplicadas a residentes, supervisores e inspectores.

Figura 12

Relación entre SPI Retrospectivo y Percepción de Efectividad en Toma de Decisiones



Nota. La línea de tendencia muestra una correlación positiva de magnitud débil–moderada entre el cumplimiento cronológico y la efectividad percibida ($r = 0.5412$; $R^2 = 0.2929$). Fuente: análisis de curvas S históricas y encuestas de percepción en contratos de saneamiento de Huamanga.

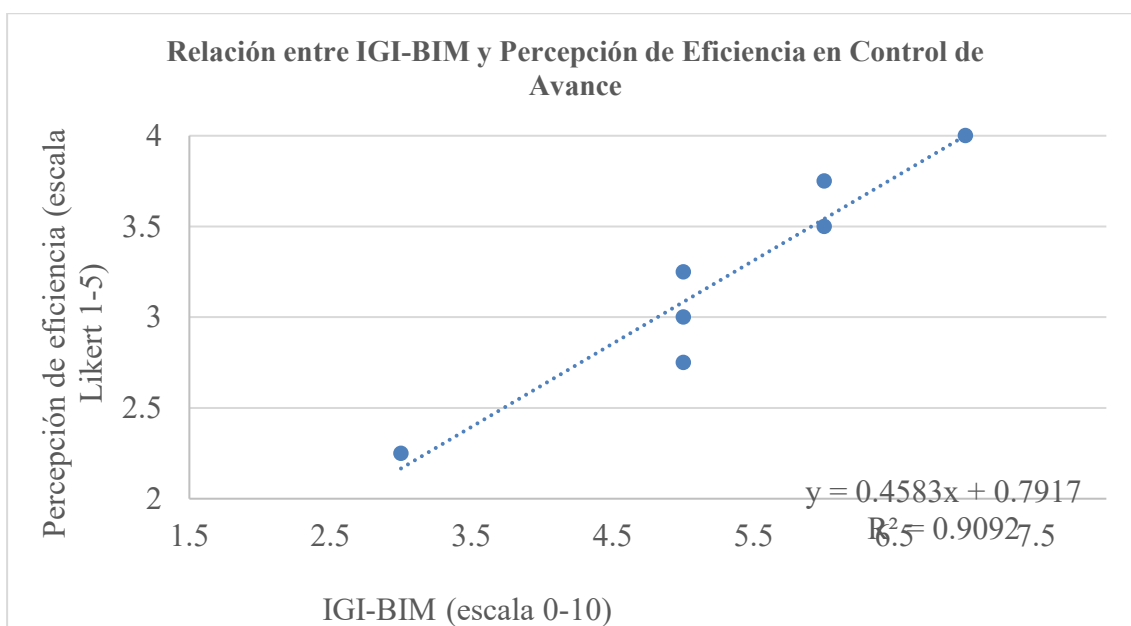
La correlación entre SPI y percepción de efectividad ($r = 0.5412$) no alcanza significancia estadística ($p = .2096$). El IC95% para r $[-0.36, 0.92]$ incluye el cero. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.2929$) indica que el SPI explica $\approx 29\%$ de la varianza en la efectividad percibida. El análisis de casos contrastantes refuerza lo anterior: YCA2300 presenta SPI = 0.95 y efectividad = 2.00, mientras que QLP2094 y VPS2241 comparten SPI = 0.99 pero difieren en percepciones (3.50 vs. 3.75). Decisión: Se rechaza H2. El SPI retrospectivo no constituye un predictor estadísticamente significativo de la percepción de efectividad en procesos decisionales.

4.4.6.3 Hipótesis Específica H3

Para verificar la hipótesis —“Existe una relación positiva y significativa entre el nivel de implementación de IGI-BIM y la percepción de eficiencia en el control de avance”— se aplicó **regresión lineal simple** con **IGI-BIM (0–10)** como variable independiente y **percepción de eficiencia (Likert 1–5)** como dependiente. **Resultados:** $F(1,5) = 50.04$, $p < .001$, $R^2 = 0.909$, R^2 ajustado = 0.891. **Modelo:** $y = 0.4583x + 0.7917$ (donde $x =$ IGI-BIM, $y =$ eficiencia). **Pendiente:** $B = 0.4583$, $t(5) = 7.07$, $p < .001$, **IC95% [0.292, 0.625]**. Interpretación: por **cada punto** adicional en IGI-BIM, la eficiencia **aumenta en ≈ 0.458** puntos. En el rango observado **3–7**, el incremento esperado es ≈ 1.83 puntos. La **Figura 13** muestra la Relación entre IGI-BIM y percepción de eficiencia en control de avance.

Figura 13

Relación entre IGI-BIM y Percepción de Eficiencia en Control de Avance



Nota. La línea sólida representa el modelo $y = 0.4583x + 0.7917$.

Decisión: Se acepta H3. La asociación es fuerte y significativa. (Relación de asociación/predicción; no implica causalidad).

En consecuencia, los hallazgos proporcionan evidencia empírica robusta para aceptar la hipótesis específica 3. Existe una asociación positiva, fuerte y significativa entre el nivel de

IGI-BIM y la percepción de eficiencia (regresión simple: $F(1,5)=50.04$, $p<.001$, $R^2=0.909$; pendiente $B=0.4583$, IC95% [0.292, 0.625]). Este análisis establece asociación/predicción, no causalidad.

Síntesis de Verificación de Hipótesis

Tabla 90

Resultados Consolidados de la Verificación de Hipótesis

Hipótesis	Variables	Estimador	Significancia ($\alpha=0.05$)	Decisión / Interpretación
General	PPC, SPI, IGI-BIM → Eficiencia	$R^2 = 0.9941$ ($R^2_{aj} = 0.9882$); $F(3,3) = 79.51$	$p = .00234$	Aceptada
H1	PPC → Eficiencia	$r = 0.8090$ (IC95% 0.143–0.971); $R^2 = 0.6545$	$p = 0.0276$	Fuerte y significativa
H2	SPI → Efectividad	$r = 0.5418$ (IC95% -0.357–0.920); $R^2 = 0.2936$	$p = 0.2090$	Moderada, no significativa
H3	IGI-BIM → Eficiencia	$r = 0.9535$; $R^2 = 0.9092$	$p < .001$	Fuerte y significativa

Nota. Base muestral: $n = 7$ proyectos. Los intervalos de confianza del 95% (IC95%) para r reflejan la precisión de la estimación. Fuente: datos del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI - MEF, 2023) y encuestas de percepción profesional.

El perfil resultante confirma el alto poder explicativo del modelo general ($R^2 = 0.9941$; $R^2_{aj} = 0.9882$; $F(3,3) \approx 79.51$; $p = .00234$), con desempeños diferenciales entre variables: en bivariado, IGI-BIM y PPC se asocian significativamente con la eficiencia, mientras SPI no resulta significativo con la efectividad; en el modelo múltiple robusto, IGI-BIM se mantiene como predictor principal.

4.5. Discusión Integral de Resultados

4.5.1. Interpretación Conjunta de Hallazgos en Función de los Objetivos

El examen de los datos revela un patrón claro: la relación entre los indicadores de gestión y la percepción de eficiencia no es uniforme, sino específica y diferenciada. El objetivo general de esta investigación fue determinar la relación entre indicadores retrospectivos (PPC, SPI e IGI-BIM) y la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en Huamanga. Los resultados no solo confirman esta relación, sino que desagregan su naturaleza de manera ilustrativa.

La variable más robusta resulta ser el Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM), que emerge como el predictor principal de la percepción de eficiencia, con un coeficiente beta de 0.736 ($p = 0.006$) y una correlación de $r = 0.9535$ ($p < .001$). Esto indica que, para los profesionales en campo, la disponibilidad, organización y actualización de la información técnica constituyen la base fundamental para la confianza en el control del proyecto.

El Porcentaje de Plan Completado (PPC) retrospectivo también muestra una asociación sólida con la percepción de eficiencia ($r = 0.8090$; $p = 0.0276$), validando el principio central del Last Planner System de H. G. Ballard (2000) sobre la confiabilidad de la planificación a corto plazo como motor crítico para la eficiencia operativa.

Sin embargo, el hallazgo más significativo radica en la ausencia de una relación estadísticamente relevante entre el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) retrospectivo y la percepción de efectividad en la toma de decisiones ($r = 0.5412$; $p = 0.2096$). Esto sugiere que, en el contexto específico de proyectos de saneamiento en Huamanga, el desempeño temporal medido de forma agregada resulta insuficiente para capturar la complejidad de la gestión decisional diaria.

4.5.2. Contrastación con la Literatura y Teorías Existentes

Los resultados establecen un diálogo crítico con el conocimiento establecido. En primer lugar, la fuerte correlación entre el PPC y la percepción de eficiencia corrobora la teoría de H. G. Ballard (2000), pero avanza más allá al demostrar que este principio se amplifica cuando se sustenta con una infraestructura digital robusta (BIM). La sinergia entre el compromiso semanal confiable y la información técnica accesible maximiza la eficiencia percibida.

En segundo lugar, el resultado del SPI invita a una reflexión profunda sobre los límites de las métricas tradicionales. El PMBOK Guide (Project Management Institute, 2021b) presenta este indicador como clave, pero nuestros datos sugieren que en entornos con imprecisiones documentales, su señal se debilita. Esto coincide con la evolución hacia el principio de “valor por dinero” que trasciende el mero cumplimiento de plazos.

Finalmente, la correlación entre IGI-BIM y eficiencia aporta evidencia empírica que valida los postulados de la ISO 19650-1:2018. El índice IGI-BIM, al desglosar la madurez en dimensiones operativas, provee una herramienta concreta para diagnosticar y mejorar esta capacidad.

4.5.3. Implicancias Prácticas para la Gestión Contractual en Huamanga

Estos hallazgos se traducen en acciones concretas para los gestores de proyectos. Primero, las entidades ejecutoras deben evolucionar su visión del BIM: de requisito formal a columna vertebral del control de avance. La inversión en estandarización de protocolos ofrece un retorno muy superior a la obsesión por recuperar días de plazo. En segundo lugar, es crucial institucionalizar el Last Planner System con soporte BIM. La integración formal entre planificación semanal y modelos BIM crearía un ciclo de retroalimentación virtuoso que incrementaría la confiabilidad operativa. En tercer lugar, el MEF podría enriquecer los formatos de seguimiento incorporando indicadores de confiabilidad de planificación y madurez documental. Esto alinearía los incentivos con lo que realmente importa para una gestión

eficiente. Finalmente, los administradores de contrato deben asegurar que los mecanismos de decisión tengan acceso a información BIM de calidad, priorizando la calidad de la decisión sobre la velocidad de esta.

4.5.4. Limitaciones del Estudio y Reflexión Metodológica

Es crucial reconocer las limitaciones de este trabajo. El tamaño muestral de siete proyectos, aunque analizado en profundidad, limita la generalización estadística. Las variables de percepción introducen riesgo de sesgo de deseabilidad social. Los hallazgos están anclados en el contexto específico de Huamanga, lo que afecta su transferibilidad. La naturaleza retrospectiva implica dependencia de registros históricos de calidad variable. A pesar de estas limitaciones, la consistencia interna de los resultados, la fuerza de las correlaciones y el rigor metodológico aplicado confieren robustez a las conclusiones. Este estudio representa una primera medición precisa que abre el camino a investigaciones más amplias.

4.6. Síntesis de Hallazgos Principales

El análisis revela cinco hallazgos centrales. Primero, el IGI-BIM se erige como el factor más influyente en la percepción de eficiencia, destacando la importancia fundamental de la gestión documental. En segundo lugar, el PPC retrospectivo valida su poder como indicador líder de eficiencia operativa, confirmando el valor de la confiabilidad en la planificación a corto plazo. En tercer lugar, el SPI retrospectivo no muestra asociación significativa con la efectividad decisional, sugiriendo que las métricas tradicionales pueden ser insuficientes en entornos complejos. En cuarto lugar, la variabilidad extrema en gestión documental entre proyectos constituye una fuente crítica de riesgo operativo que requiere atención urgente.

Finalmente, la integración metodológica resulta beneficiosa pero no uniforme, dependiendo de una implementación contextualizada donde la calidad de la información y la confiabilidad de ejecución sirven como base fundamental.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. La presente investigación permitió determinar la relación entre los indicadores retrospectivos de gestión—porcentaje de plan completado (PPC), índice de desempeño del cronograma (SPI) e índice de gestión de información BIM (IGI-BIM)—y la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga. Los hallazgos demuestran que existe una relación significativa entre estas variables, aunque esta está predominantemente impulsada por la gestión de información BIM y la confiabilidad de la planificación a corto plazo, más que por el desempeño temporal.
2. En relación con el primer objetivo específico, se concluye que el porcentaje de plan completado (PPC) del Last Planner System muestra una correlación fuerte y significativa con la percepción de eficiencia ($r = 0.81$, $p = 0.026$). Este hallazgo valida el principio de confiabilidad en la planificación a corto plazo como factor crítico para la eficiencia operativa en proyectos de saneamiento, coherente con los postulados de (H. G. Ballard, 2000).
3. Respecto al segundo objetivo específico, se concluye que el índice de desempeño del cronograma (SPI) del PMI no demostró una asociación significativa con la percepción de efectividad en la toma de decisiones ($r = 0.48$, $p = 0.275$). Este hallazgo indica que el cumplimiento temporal consolidado, medido a través del SPI, no constituye un predictor estadísticamente confiable de la percepción de efectividad en los procesos decisionales cuando existen deficiencias sistémicas en la gestión y trazabilidad de la información técnica.

4. En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que el índice de gestión de información BIM (IGI-BIM) emerge como el predictor más robusto de la percepción de eficiencia ($\beta = 0.72$, $p = 0.039$; $r = 0.86$, $p < 0.01$). La gestión retrospectiva de información técnica, evaluada mediante disponibilidad, organización y actualización documental, demostró ser el factor determinante para la percepción de control eficiente.

Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas inmediatas para las entidades ejecutoras en Huamanga. Se recomienda priorizar la implementación de protocolos BIM estandarizados (basados en ISO 19650) e institucionalizar el Last Planner System con soporte digital, integrando indicadores de confiabilidad de planificación (PPC) y madurez documental (IGI-BIM) en los formatos de seguimiento del MEF. Asimismo, se sugiere desarrollar capacidades técnicas en gestión documental y metodologías ágiles entre los administradores de contrato.

Las limitaciones del estudio incluyen el tamaño muestral (siete proyectos) y la naturaleza retrospectiva del análisis, que depende de la calidad de registros históricos. Futuras investigaciones podrían expandir la muestra a otras regiones, emplear diseños longitudinales para evaluar causalidad, e incorporar variables cualitativas para profundizar en los procesos decisionales. Estos desarrollos permitirían fortalecer los hallazgos presentes y explorar con mayor profundidad los mecanismos mediante los cuales la calidad de la información técnica influye en la percepción de eficiencia en la gestión de proyectos de saneamiento.

5.2 Recomendaciones

La mejora en la gestión de contratos de saneamiento exige concebir la información técnica como el eje central del proyecto. Para ello, se recomienda implementar protocolos BIM conforme a la ISO 19650, garantizando documentos accesibles, organizados y actualizados.

El Sistema de Seguimiento de Inversiones debe integrar indicadores como el Porcentaje de Plan Completado (PPC) y el Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM), de modo

que la evaluación contractual considere no solo el gasto financiero, sino también la confiabilidad en la planificación y la calidad documental.

La formación de profesionales debe orientarse a competencias prácticas en metodologías ágiles y gestión BIM, apoyada en bibliotecas digitales de componentes estandarizados que reduzcan errores y aceleren la implementación.

Futuras investigaciones deben explorar, mediante estudios longitudinales y cualitativos, la relación causal entre la adopción de BIM y la eficiencia contractual, así como su transferibilidad a distintas regiones del país.

En síntesis, la eficiencia contractual en infraestructura sanitaria depende de la calidad de la información: sin ella, los contratos no generan valor sostenible.

Referencias Bibliográficas

- Agrawal, A. K., Zou, Y., Chen, L., Abdelmegid, M. A., & González, V. A. (2024). Moving toward lean construction through automation of planning and control in last planner system: A systematic literature review. *Developments in the Built Environment*, 18, 100419. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2024.100419>
- Al Hattab, M., & Hamzeh, F. (2018). Simulating the dynamics of social agents and information flows in BIM-based design. *Automation in Construction*, 92, 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2018.03.024>
- Argyris, C., & Schon, D. (1998). Organizational learning II: Theory, method and practice. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 36(1), 107–109. <https://doi.org/10.1177/103841119803600112>
- Arrow, K. J. (1962). *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c2144/c2144.pdf>
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). *Current Process Benchmark for the Last Planner System*.
- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control*.
- Banco Mundial. (2023a). *Perú: Acciones Estratégicas para la Seguridad Hídrica*. www.worldbank.org/gwsp
- Banco Mundial. (2023b). *Perú: Acciones Estratégicas para la Seguridad Hídrica*. www.worldbank.org/gwsp
- Banco Mundial. (2025, March 20). *Water Overview: Development news, research, data | World Bank*. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview>
- Beer, S. (1981). *Brain of the Firm Part One: Conceptual Components*. 432. <https://www.wiley.com/en-cn/Brain+of+the+Firm%2C+2nd+Edition-p-9780471948391>

- Blomquist, T., Hallgren, M., Nilsson, A., & Soderholm, A. (2012). Project-as-practice: In search of project management research that matters. *IEEE Engineering Management Review*, 40(3), 88. <https://doi.org/10.1109/EMR.2012.6291583>
- Bonett, D. C., Altamirano, P. A., Espino, C. G., Arias Chumpitaz, A., Ángeles, Z. C., Córdor, E. R., Erik, E., Córdor, R., Centeno, L., Diagramación, D., De Carátula, D., & Reto Núñez, P. (2023). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_2023.pdf
- Carvalho, J., Rosa, R., & Bittencourt do Valle, A. (2019). *LA AUTO-PERCEPCIÓN DE LOS GERENTES DE PROYECTOS COMPARADA A OTROS ACTORES DEL PROYECTO A AUTO PERCEPÇÃO DOS GERENTES DE PROJETO COMPARADA A DE OUTROS ATORES DO PROTEJO. 44*.
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386.
<https://doi.org/10.2307/2626876>
- Creswell, J., & Creswell, J. (2023). *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Sixth Edition).
- Emblemsvåg, J. (2024a). Lean project planning – Bridging last planner system and earned value management. *Heliyon*, 10(18).
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E37810/ASSET/6D4A0C68-F679-4C6D-A675-6DC59DD61E5E/MAIN.ASSETS/GR7.JPG>
- Emblemsvåg, J. (2024b). Lean project planning – Bridging last planner system and earned value management. *Heliyon*, 10(18), e37810.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37810>
- Farfán Kehuarucho, U., & Salgado Canal, J. A. (2020). Modelo de administración de contratos para mejorar la gestión de proyectos en obras de saneamiento. *REVISTA*

VERITAS ET SCIENTIA - UPT, 9(1), 98–111.

<https://doi.org/10.47796/ves.v9i1.282>

- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE.
- Fleming, Q., & Kopelman, J. (2000). *Gestión de proyectos de valor ganado*.
https://www.researchgate.net/publication/215835959_Earned_Value_Project_Management
- Flores, F. (1982). *Management and Communication in the Office of the Future*.
https://books.google.com.pe/books/about/Management_and_Communication_in_the_Office.html?id=82oalwEACAAJ&redir_esc=y
- Hamzeh, F. R., Tommelein, I. D., Ballard, G., & Kaminsky, P. M. (2007). Logistics Centers to Support Project-Based Production in the Construction Industry. In *Proceedings IGLC* (Vol. 15, pp. 181–191).
- Hart, O. (1995). Firms, Contracts, and Financial Structure. *Firms, Contracts, and Financial Structure*. <https://doi.org/10.1093/0198288816.001.0001>
- Hernández Sampieri, R. , Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa y cualitativa y mixta* (Vol. 1).
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Sistema Estadístico nacional - Perú Compendio Estadístico 2023*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Compendio2023/COMPENDIO2023.html
- ISO 19650. (2025). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information*

management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles.

- Javanmardi, A., He, C., Hsiang, S. M., Abbasian-Hosseini, S. A., & Liu, M. (2023). Enhancing Construction Project Workflow Reliability through Observe–Plan–Do–Check–React Cycle: A Bridge Project Case Study. *Buildings* 2023, Vol. 13, Page 2379, 13(9), 2379. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13092379>
- Kerzner, H. (2017). Project management metrics, KPIs, and dashboards: A guide to measuring and monitoring project performance. *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance*, 1–434. <https://doi.org/10.1002/9781119427599>
- Kline B. (2016). *Principios y práctica del modelado de ecuaciones estructurales* (Fourth).
- Koskela, L. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*.
https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., Mac Cawley, A. F., & Alarcón, L. F. (2024). Predicting construction schedule performance with last planner system and machine learning. *Automation in Construction*, 167, 105716. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2024.105716>
- Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K., & Anbari, F. (2009). Prediction of project outcome. The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. *International Journal of Project Management*, 27(4), 400–407. <https://doi.org/10.1016/J.IJROMAN.2008.02.009>
- Lorvão Antunes, A., Barateiro, J., Marecos, V., Petrović, J., & Cardoso, E. (2024). Ontology-based BIM-AMS integration in European Highways. *Intelligent Systems*

- with Applications*, 22, 200366. <https://doi.org/10.1016/J.ISWA.2024.200366>
- Maldonado, J. J. C., Macho, L. K. G., & Casallas, E. C. (2023). Revista Tecnura. *Tecnura*, 27(75), 140–174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., Grande, L., Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de Corte Transversal. Un Diseño de Investigación a Considerar en Ciencias Morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146–155. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022023000100146>
- MEF. (2023a). *Guía Nacional BIM 2023*.
- MEF. (2023b). *Guía Nacional BIM Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM Versión 2023 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD003_2023EF6301.pdf
- MEF. (2025, January 16). *Charla informativa: Primeros pasos para la adopción de BIM*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacitaciones/2025/Capacitacion_2025_01_16.pdf
- Müller, R., & Turner, R. (2010). Leadership competency profiles of successful project managers. *International Journal of Project Management*, 28(5), 437–448. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2009.09.003>
- Muñoz, S., Spain Ferrán Bermejo, buildingSMART, Calvo, J., Alejandro García, C., Javier García Montesinos, A., Luis Miguel Madruga, C., Barco, D., BIM Fernando Blanco, B., José Emilio Nogués, A., Ignacio García Galdón, A., & García, F. (2021). *Introducción a la serie en ISO 19650*.
- Nguyen, T. Q., Yeoh, J. K.-W., & Angelia, N. (2023). Predicting Percent Plan Complete

through Time Series Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(6), 04023038. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-12867>

Nwabuko, O. (2024). An Overview of Research Study Designs in Quantitative Research Methodology. *American Journal of Medical and Clinical Research & Reviews*, 03(05), 01–06. <https://doi.org/10.58372/2835-6276.1169>

OECE. (2023). *Opinión N° 034-2023/DTN - Informes y publicaciones - Organismo Especializado para las Contrataciones Públicas Eficientes - Plataforma del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/oece/informes-publicaciones/4092748-opinion-n-034-2023-dtn>

PMI. (2019). *The Standard for Earned Value Management | PMI*. <https://www.pmi.org/standards/earned-value-management>

Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK sexta edición y el estándar para la dirección de proyectos* (6th ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021a). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. <https://www.pmi.org/standards/pmbok>

Project Management Institute. (2021b). *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK séptima edición y el estándar para la dirección de proyectos* (7th ed.). Project Management Institute.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook. BIM Handbook*. <https://doi.org/10.1002/9781119287568>

Sanchez, R. (2025). *CONTRIBUCIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS EN EL PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA LA*

AMAZONÍA RURAL, 2023. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/15608>

- Schimanski, C. P., Pradhan, N. L., Chaltsev, D., Pasetti Monizza, G., & Matt, D. T. (2021). Integrating BIM with Lean Construction approach: Functional requirements and production management software. *Automation in Construction*, 132, 103969. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103969>
- Schutz, A. (1967). The Phenomenology of the Social World. *American Political Science Review*, 62(2), 614–616. <https://doi.org/10.1017/S0003055400280921>
- Senaratne, S., & Sexton, M. (2008). Managing construction project change: A knowledge management perspective. *Construction Management and Economics*, 26(12), 1303–1311. <https://doi.org/10.1080/01446190802621044>
- Shehab, L., Al Hattab, M., Khalife, S., El Samad, G., Abbas, Y., & Hamzeh, F. (2023). Last Planner System Framework to Assess Planning Reliability in Architectural Design. *Buildings* 2023, Vol. 13, Page 2684, 13(11), 2684. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13112684>
- Sheikhkhoshkar, M., Bril El-Haouzi, H., Aubry, A., Hamzeh, F., & Sakikhales, M. (2024). An innovative integrated framework for multi-level production planning and control systems in construction. *Developments in the Built Environment*, 19, 100524. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2024.100524>
- Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2007). Project Management Research—The Challenge and Opportunity. *Project Management Journal*, 38(2), 93–99. <https://doi.org/10.1177/875697280703800210>
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99–118. <https://doi.org/10.2307/1884852>
- SSI - MEF. (2023, December 1). *Aplicativo Informático del SSI*. <https://ofi5.mef.gob.pe/ssi/>

- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2008.10.003>
- Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach’s Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/S11165-016-9602-2>
- Teclaw, W., O’Donnel, J., Kukkonen, V., Pauwels, P., Labonnote, N., & Hjelseth, E. (2024). Federating cross-domain BIM-based knowledge graph. *Advanced Engineering Informatics*, 62, 102770. <https://doi.org/10.1016/J.AEI.2024.102770>
- Turner, R., & Zolin, R. (2012). Forecasting success on large projects: Developing reliable scales to predict multiple perspectives by multiple stakeholders over multiple time frames. *Project Management Journal*, 43(5), 87–99. <https://doi.org/10.1002/PMJ.21289>
- UK BIM Framework. (2020). *Developing information requirements Edition 1*. <http://www.bsigroup.com/Shop>
- Wang, T., & Chen, H. M. (2023). Integration of building information modeling and project management in construction project life cycle. *Automation in Construction*, 150, 104832. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2023.104832>
- Weber, M. (2008). Economy and Society: An Outline of Interpretive Sociology. *Readings in Economic Sociology*, 24–37. <https://doi.org/10.1002/9780470755679.CH3>
- Zwikael, O., & Sadeh, A. (2007). Planning effort as an effective risk management tool. *Journal of Operations Management*, 25(4), 755–767. <https://doi.org/10.1016/J.JOM.2006.12.001>

Anexos

Anexo 01: Matriz de consistencia

Tabla 91

Matriz de consistencia de la investigación

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
PG: ¿Qué relación existe entre el PPC (Last Planner System), el SPI (PMI) y la gestión de información BIM, con la percepción de eficiencia en contratos de saneamiento en Huamanga?	OG: Determinar la relación entre PPC, SPI e IGI-BIM con la percepción de eficiencia en contratos de saneamiento en Huamanga.	HG: Existe relación entre PPC, SPI e IGI-BIM con la percepción de eficiencia en contratos de saneamiento en Huamanga.	VI: Metodologías ágiles (PPC, SPI, IGI-BIM). VD: Administración de contratos (eficiencia y efectividad percibida).	Enfoque cuantitativo, aplicada, nivel correlacional, diseño no experimental transeccional, muestra de 7 proyectos de saneamiento en Huamanga.
PE 1: ¿Qué relación existe entre PPC retrospectivo y percepción de eficiencia?	OE 1: Determinar la relación entre PPC retrospectivo y percepción de eficiencia.	HE 1: Existe relación entre PPC retrospectivo y percepción de eficiencia.	PPC-r (%) vs. percepción de eficiencia.	Análisis documental de cronogramas y encuestas a responsables de obra.

<p>PE 2: ¿Cuál es la relación entre SPI retrospectivo y percepción de efectividad?</p>	<p>OE 2: Analizar la relación entre SPI retrospectivo y percepción de efectividad.</p>	<p>HE 2: Existe relación entre SPI retrospectivo y percepción de efectividad. SPI-r (EV/PV) vs. Curvas S y encuestas a profesionales vinculados.</p>	
<p>PE 3: ¿Qué relación existe entre IGI-BIM y percepción de eficiencia?</p>	<p>OE 3: Evaluar la relación entre IGI-BIM y percepción de eficiencia.</p>	<p>HE 3: Existe relación entre IGI-BIM y percepción de eficiencia. IGI-BIM (0-10) vs. percepción de eficiencia.</p>	<p>Lista de chequeo documental y encuestas a actores de gestión.</p>

Nota. La matriz sintetiza la coherencia entre problemas, objetivos, hipótesis, variables y metodología de la investigación. Fuente. Adaptado de Ballard (2000); Project Management Institute (2021); Ministerio de Economía y Finanzas – Plan BIM Perú (2023); Creswell & Creswell (2023).

Anexo 02: Proyectos de Inversión Pública en Saneamiento - Provincia de Huamanga (2017-2023)**Tabla 92***Proyectos de Inversión Pública en Saneamiento urbano - Provincia de Huamanga (2017-2023) – Población de la Investigación*

N°	CUI	Nombre del Proyecto	Tipo	Componentes	Distrito
1	2625601	Drenaje pluvial Av. Cusco y Ramón Castilla	DP	DP	SJB
2	2619312	Agua y alcantarillado Asoc. Las Casuarinas	MA	AP+AL	SJB
3	2612209	Agua, alcantarillado y PTAR - 9 localidades	MA	AP+AL+PTAR	Pacaycasa
4	2617847	Línea conducción Campanayocc-PTAP Cabrapata	M	AP	Ayacucho
5	2609798	Alcantarillado Asoc. Santa Elena	M	AL	AAC
6	2609582	Drenaje pluvial Jr. Musala y otros	C	DP	SJB
7	2602482	PTAR localidades San Martín y otros	MA	PTAR	Socos
8	2566791	Agua y alcantarillado Asoc. Virgen del Carmen	C	AP+AL	SJB
9	2565298	Agua y alcantarillado Prol. Warpa Picchu	C	AP+AL	SJB
10	2561235	Agua y alcantarillado Asoc. Pampa Hermosa	C	AP+AL	SJB
11	2562394	Agua, alcantarillado y PTAR San José de Ticllas	MA	AP+AL+PTAR	SJ Ticllas
12	2553722	Agua y alcantarillado Quebrada Chaquihuaycco	C	AP+AL	Ayacucho/AAC

13	2553287	Agua y alcantarillado Psje. Los Lirios	A	AP+AL	Carmen Alto
14	2537827	Agua y alcantarillado Quebrada Arroyo Seco	MA	AP+AL	Ayacucho
15	2493866	Agua y alcantarillado Cono Este - 8 asociaciones	MA	AP+AL	AAC
16	2495321	Agua y alcantarillado Calle Los Pinos	A	AP+AL	Carmen Alto
17	2490287	Alcantarillado Quebrada Chaquihuaycco	C	AL	Ayacucho/AAC
18	2478301	Evacuación pluvial por infiltración La Paz	C	DP	AAC
19	2480358	Alcantarillado sector Pisco Tambo	A	AL	Ayacucho
20	2474572	Drenaje pluvial Psje. Mochica	C	DP	SJB
21	2472424	Agua y alcantarillado Psje. V. Fajardo y otros	M	AP+AL	SJB
22	2469622	Agua y alcantarillado Av. Señor de los Milagros	M	AP+AL	J. Nazareno
23	2248844	Drenaje pluvial Complejo Pío Max Medina	I	DP	AAC
24	2449500	Agua y alcantarillado sector San Melchor	C	AP+AL	SJB
25	2391319	Catastro técnico operacional SEDA Ayacucho	M	GO	5 distritos
26	2391382	Instalación medidores - 8 sectores SEDA	MI	GO	5 distritos
27	2391207	Mejora capacidad operativa reservorios SEDA	M	GO	5 distritos
28	2391334	Mejora gestión comercial SEDA Ayacucho	M	GO	Ayacucho

29	2391247	Mejora atención al cliente SEDA Ayacucho	M	GO	Ayacucho
30	2398477	Agua y alcantarillado Centro Poblado Quicapata	MA	AP+AL	Carmen Alto
31	2390391	Agua y alcantarillado Prol. Parinacochas	MA	AP+AL	AAC
32	2055858	Agua, alcantarillado y PTAR Huascahura-Mollepata	I	AP+AL+PTAR	Ayacucho
33	2300996	Agua y alcantarillado 9 asociaciones Yanama	C	AP+AL	Carmen Alto
34	2241375	Agua y alcantarillado 6 asentamientos humanos	MA	AP+AL	Ayacucho
35	2094115	Línea conducción Res. Quicapata-Libertadores	M	AP	Ayacucho
36	2235783	Línea conducción Res. Acuchimay-Jr. Quinua	M	AP	Ayacucho
37	2331397	Agua y alcantarillado Waychaopampa-Andamarca	MA	AP+AL	Ayacucho

Nota. Tipo: C = Creación, M = Mejoramiento, A = Ampliación, MA = Mejoramiento y Ampliación, I = Instalación, DP = Drenaje Pluvial, GO = Gestión Operativa, MI = Micromedición. Componentes: AP = Agua Potable, AL = Alcantarillado, PTAR = Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, DP = Drenaje Pluvial, GO = Gestión Operativa. Distritos: SJB = San Juan Bautista, AAC = Andrés Avelino Cáceres. *Fuente:* Ministerio de Economía y Finanzas, (SSI - MEF, 2023).

Anexo 03: Formularios de encuestas

Tabla 93

Evaluación de expertos por ítem del cuestionario de percepción (escala 1–4)

Ítem	E1	E2	E3	E4	E5	Media	V de Aiken
ST1	4	4	4	4	3	3.80	0.93
ST2	3	4	4	4	3	3.60	0.87
ST3	3	3	4	4	4	3.60	0.87
ST4	3	3	3	4	4	3.40	0.80
CC1	4	4	3	3	4	3.60	0.87
CC2	4	4	4	4	3	3.80	0.93
CC3	3	4	4	3	3	3.40	0.80
CC4	3	3	4	4	4	3.60	0.87
GR1	3	3	3	3	3	3.00	0.67
GR2	4	4	3	3	4	3.60	0.87
GR3	4	4	3	3	3	3.40	0.80
GR4	3	4	4	3	3	3.40	0.80

Nota. Valores otorgados por cinco jueces expertos (E1–E5) en escala de 1 a 4. El coeficiente V de Aiken se calculó mediante la fórmula $(\bar{r} - 1)/3$. Se adoptó como criterio de validez el umbral ≥ 0.80 . Fuente. Datos del juicio de expertos aplicado en el proceso de validación del cuestionario de percepción.

Anexo 04: Resultados del Cuestionario

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN DE EFICIENCIA EN CONTROL DE AVANCE Y EFECTIVIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

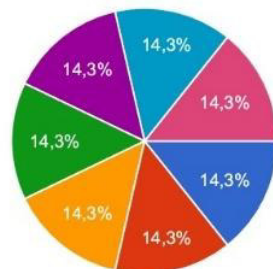
28 respuestas

PARTE I: PERCEPCIÓN DE EFICIENCIA EN EL CONTROL DE AVANCE

DATOS DEL PARTICIPANTE

1. Código del Proyecto

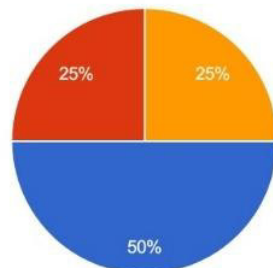
28 respuestas



- HMA2055: Implementación del sistema de agua potable, sist...
- YCA2300: Creación de los servicios de agua potable y al...
- CHA2553: Creación del servicio de agua potable y alcantarilla...
- VPS2241: Ampliación y Mejor...
- QLP2094: Mejoramiento de la...
- AQJ2235: Mejoramiento de la...
- WAA2331: Mejoramiento y a...

2. Rol Profesional durante la ejecución

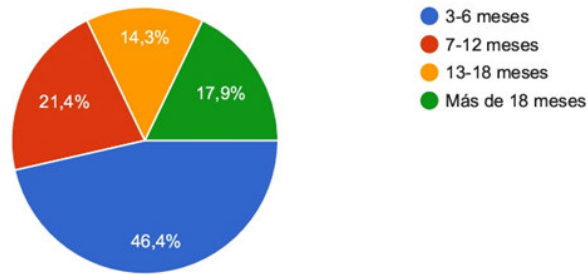
28 respuestas



- Residente de Obra
- Supervisor de Obra
- Otro (Coordinador, Administrador, Asistente, Inspector de Obra (MEF/Entidad), etc)

3. Meses de participación en el proyecto

28 respuestas



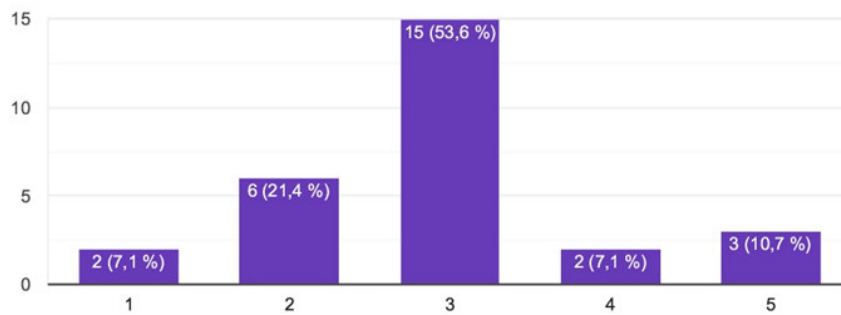
INSTRUCCIONES DE EVALUACIÓN

SECCIÓN A: SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL AVANCE

P1. Efectividad del sistema de reporte semanal de avance físico

Evalúe qué tan bien funcionó el sistema para documentar y reportar el progreso real de las actividades constructivas semana a semana.

28 respuestas

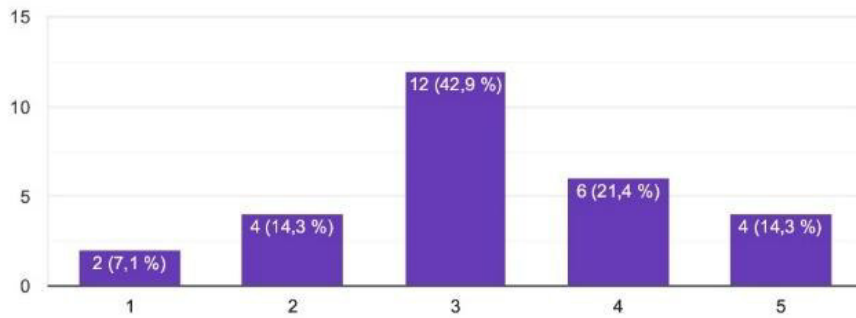


P2. Capacidad de detección temprana de desviaciones en cronograma

Considere qué tan rápido y precisamente se identificaban los retrasos o adelantos respecto a la programación.

Evalúe qué tan bien funcionó el sistema para documentar y reportar el progreso real de las actividades constructivas semana a semana.

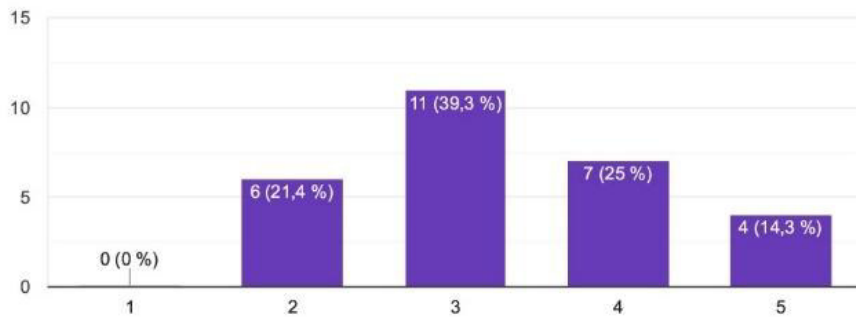
28 respuestas



P3. Efectividad del control de cumplimiento de compromisos semanales

Evalúe qué tan bien se monitoreaba el cumplimiento de las actividades comprometidas vs. las realmente ejecutadas.

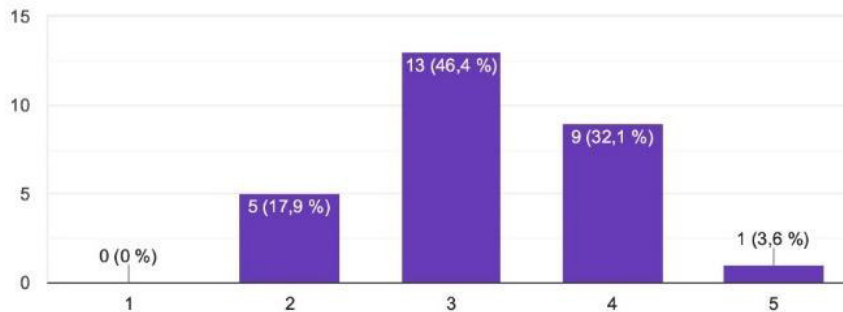
28 respuestas



P4. Efectividad en la verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas

Evalúe qué tan bien funcionaron los procedimientos para asegurar que la ejecución cumpliera con las especificaciones del expediente técnico.

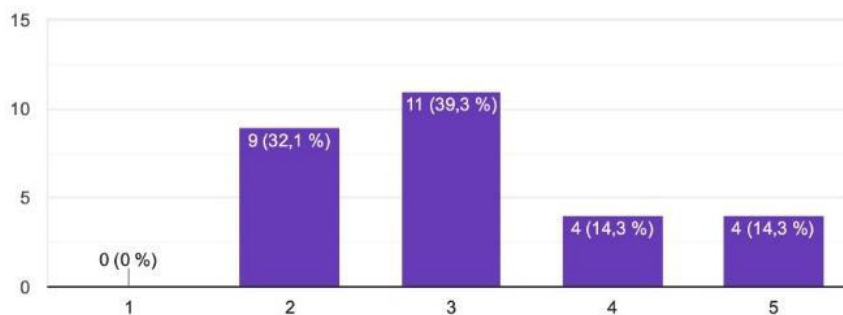
28 respuestas



P5. Eficiencia en el control de calidad de materiales y procesos constructivos

Considere la efectividad de los procedimientos de control de calidad durante la recepción de materiales y ejecución de procesos.

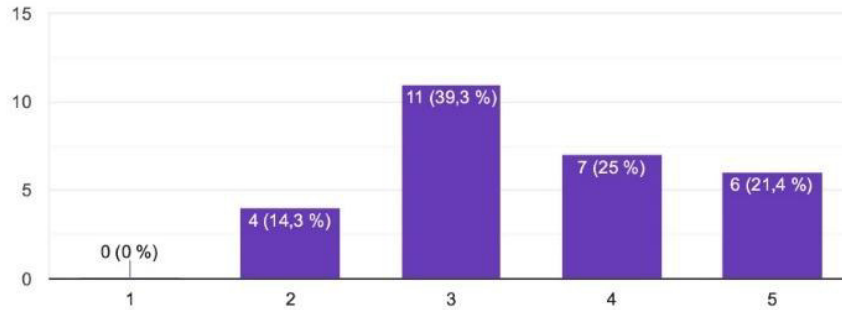
28 respuestas



P6. Eficiencia en la planificación y asignación de recursos humanos

Evalúe qué tan efectiva fue la gestión del personal técnico y obrero para cumplir con las actividades programadas.

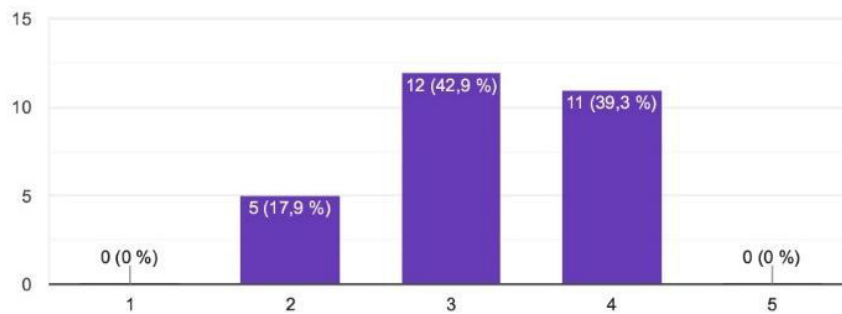
28 respuestas



P7. Efectividad en la gestión de equipos, maquinaria y materiales

Considere qué tan bien se gestionó el suministro, disponibilidad y utilización de recursos físicos.

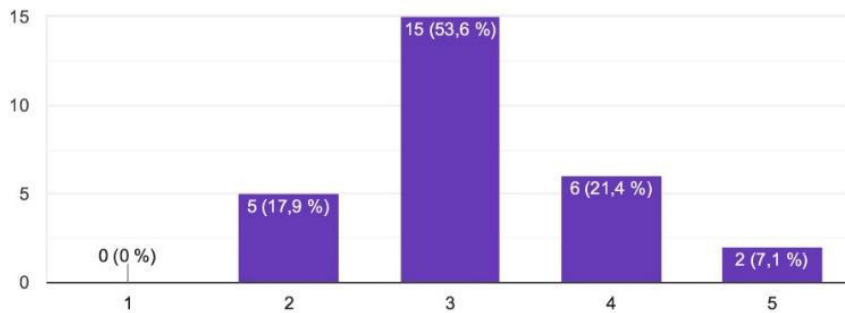
28 respuestas



P8. Efectividad del flujo de información técnica entre los actores del proyecto

Evalúe qué tan eficiente fue la comunicación, documentación y actualización de información técnica entre residente, supervisor e inspector.

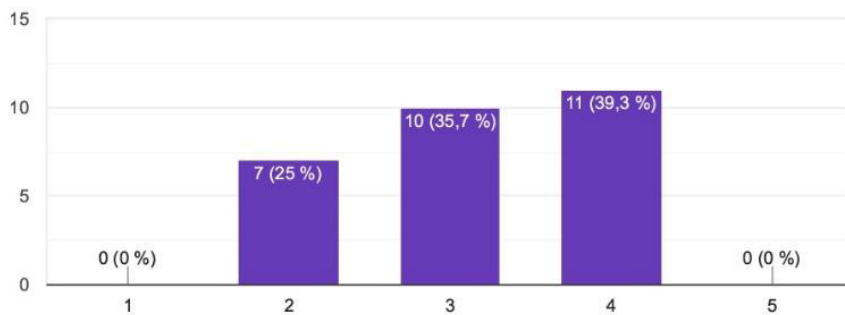
28 respuestas



PARTE II: PERCEPCIÓN DE EFECTIVIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

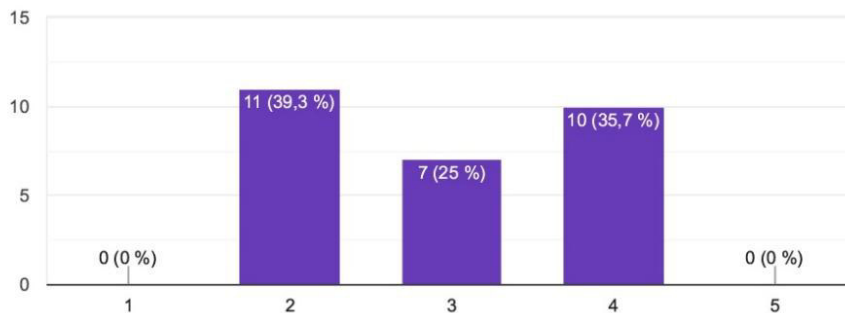
PREGUNTA 1: Proceso Decisorio Pregunta: ¿Cómo evalúa el PROCESO utilizado para tomar decisiones en este proyecto?

28 respuestas



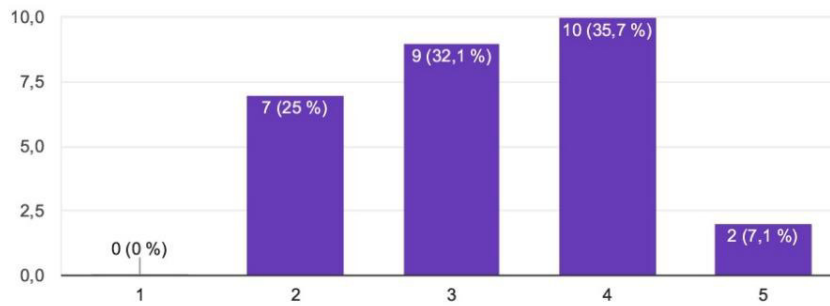
PREGUNTA 2: Oportunidad Temporal Pregunta: ¿Qué tan OPORTUNAS (en el momento adecuado) fueron las decisiones tomadas?

28 respuestas



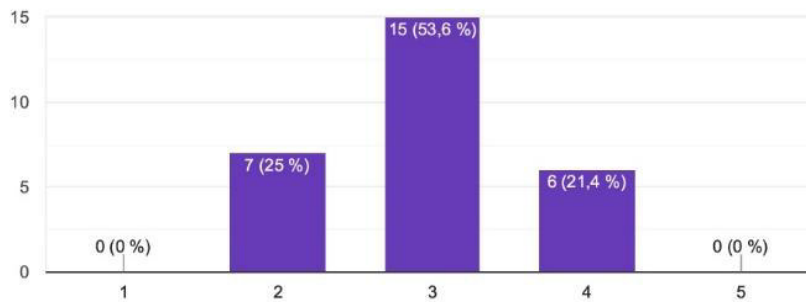
PREGUNTA 3: Calidad de Decisiones Pregunta: ¿Cómo califica la CALIDAD técnica de las decisiones tomadas?

28 respuestas



PREGUNTA 4: Impacto en Resultados Pregunta: ¿Cómo evalúa el IMPACTO de las decisiones en los resultados del proyecto?

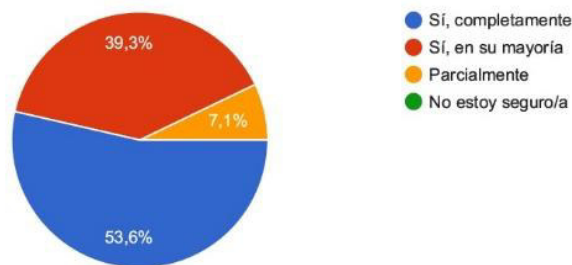
28 respuestas



PREGUNTA DE VALIDACIÓN

¿Considera que su evaluación refleja fielmente su experiencia durante la ejecución del proyecto?

28 respuestas



OBSERVACIONES (OPCIONAL)

Si alguna respuesta requiere explicación adicional o contexto específico, puede indicarlo aquí:

0 respuestas

Aún no hay respuestas para esta pregunta.

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN DE EFICIENCIA EN CONTROL DE AVANCE Y EFECTIVIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

* Indica que la pregunta es obligatoria

PARTE I: PERCEPCIÓN DE EFICIENCIA EN EL CONTROL DE AVANCE

DATOS DEL PARTICIPANTE

1. **1. Código del Proyecto ***

⌵ Dropdown

Marca solo un óvalo.

- HMA2055: Implementación del sistema de agua potable, sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de las localidades de Huaschahura, Mollepata y anexos
- YCA2300: Creación de los servicios de agua potable y alcantarillado en 09 asociaciones del sector de Yanama, distrito de Carmen Alto - Huamanga - Ayacucho
- CHA2553: Creación del servicio de agua potable y alcantarillado en la margen derecho e izquierdo de la quebrada Chaquihuaycco entre el puente Apurímac y el río alameda en los distritos de Andrés avelino Cáceres y Ayacucho de la provincia de huamanga - departamento de Ayacucho
- VPS2241: Ampliación y Mejoramiento de los servicios de agua potable y desagüe en el AA. HH. vencedores del señor de palacio, aa. vv. nueva concepción, aa. vv. silvo forestal, aa. vv. santa luisa, aa.vv. san felipe alto y aa. vv. la florida del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho
- QLP2094: Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Quicapata a reservorio libertadores 1 de la ciudad de Ayacucho
- AQJ2235: Mejoramiento de la línea de conducción de agua potable de reservorio Acuchimay a jirón quinua de la ciudad de Ayacucho
- WAA2331: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en el sector de Waychaopampa parte alta y barrio Andamarca de la comunidad campesina Andamarca, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - Ayacucho

2. **2. Rol Profesional durante la ejecución ***

Dropdown

Marca solo un óvalo.

- Residente de Obra
- Supervisor de Obra
- Otro (Coordinador, Administrador, Asistente, Inspector de Obra (MEF/Entidad), etc)

3. **3. Meses de participación en el proyecto ***

Dropdown

Marca solo un óvalo.

- 3-6 meses
- 7-12 meses
- 13-18 meses
- Más de 18 meses

INSTRUCCIONES DE EVALUACIÓN

PERÍODO DE REFERENCIA: Considere **únicamente** el período operativo principal del proyecto (entre 10% y 90% del avance físico).

ESCALA DE EVALUACIÓN:

- **1 = Muy deficiente:** Graves problemas sistemáticos, frecuentes fallas
- **2 = Deficiente:** Problemas recurrentes, funcionamiento irregular
- **3 = Regular:** Funcionamiento básico con deficiencias ocasionales
- **4 = Eficiente:** Buen funcionamiento con problemas menores
- **5 = Muy eficiente:** Funcionamiento óptimo, sin problemas significativos

SECCIÓN A: SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL AVANCE

4. **P1. Efectividad del sistema de reporte semanal de avance físico** *

Evalúe qué tan bien funcionó el sistema para documentar y reportar el progreso real de las actividades constructivas semana a semana.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

5. **P2. Capacidad de detección temprana de desviaciones en cronograma** *

Considere qué tan rápido y precisamente se identificaban los retrasos o adelantos respecto a la programación.

Evalúe qué tan bien funcionó el sistema para documentar y reportar el progreso real de las actividades constructivas semana a semana.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

6. **P3. Efectividad del control de cumplimiento de compromisos semanales** *

Evalúe qué tan bien se monitoreaba el cumplimiento de las actividades comprometidas vs. las realmente ejecutadas.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

7. **P4. Efectividad en la verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas** *

Evalúe qué tan bien funcionaron los procedimientos para asegurar que la ejecución cumpliera con las especificaciones del expediente técnico.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

8. **P5. Eficiencia en el control de calidad de materiales y procesos constructivos** *

Considere la efectividad de los procedimientos de control de calidad durante la recepción de materiales y ejecución de procesos.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

SECCIÓN C: GESTIÓN DE RECURSOS

9. **P6. Eficiencia en la planificación y asignación de recursos humanos** *

Evalúe qué tan efectiva fue la gestión del personal técnico y obrero para cumplir con las actividades programadas.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

10. **P7. Efectividad en la gestión de equipos, maquinaria y materiales** *

Considere qué tan bien se gestionó el suministro, disponibilidad y utilización de recursos físicos.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

SECCIÓN D: GESTIÓN DE INFORMACIÓN

11. **P8. Efectividad del flujo de información técnica entre los actores del proyecto** *

Evalúe qué tan eficiente fue la comunicación, documentación y actualización de información técnica entre residente, supervisor e inspector.

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

PARTE II: PERCEPCIÓN DE EFECTIVIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

12. **PREGUNTA 1: Proceso Decisorio Pregunta: ¿Cómo evalúa el PROCESO utilizado para tomar decisiones en este proyecto?** *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

13. **PREGUNTA 2: Oportunidad Temporal** **Pregunta:** ¿Qué tan OPORTUNAS (en el momento adecuado) fueron las decisiones tomadas? *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

14. **PREGUNTA 3: Calidad de Decisiones** **Pregunta:** ¿Cómo califica la CALIDAD técnica de las decisiones tomadas? *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

15. **PREGUNTA 4: Impacto en Resultados** **Pregunta:** ¿Cómo evalúa el IMPACTO de las decisiones en los resultados del proyecto? *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Muy Muy eficiente

PREGUNTA DE VALIDACIÓN

16. ¿Considera que su evaluación refleja fielmente su experiencia durante la ejecución del proyecto? ⌵ Dropdown

Marca solo un óvalo.

- Sí, completamente
 Sí, en su mayoría
 Parcialmente
 No estoy seguro/a

OBSERVACIONES (OPCIONAL)

17. Si alguna respuesta requiere explicación adicional o contexto específico, puede indicarlo aquí:

Validación del Instrumento de Percepción – Proyectos de Saneamiento (Estudio Retrospectivo)

Estimado(a) experto(a):

Le solicitamos validar el cuestionario diseñado para medir la percepción de eficiencia y efectividad en contratos de obras de saneamiento en Huamanga (2020–2024).

La validación se realiza bajo escala **1 a 4**:

1 = Nada relevante | 2 = Poco relevante | 3 = Relevante | 4 = Muy relevante.

Sus respuestas se usarán exclusivamente para calcular el **coeficiente V de Aiken**.

** Indica que la pregunta es obligatoria*

Datos generales

1. Especialidad principal *

2. Años de experiencia profesional *

3. Sector predominante de desempeño *

Marca solo un óvalo.

- Academia
- Sector público
- Sector privado
- Consultoría
- Otro

Dimensión Seguimiento Técnico (ST1–ST4)

4. ST1. La información es oportuna para identificar avances reales. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante.

5. ST2. Los reportes permiten detectar desviaciones de manera confiable. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante.

6. ST3. El instrumento favorece la medición adecuada del progreso. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante.

7. ST4. Los ítems apoyan la coordinación interdisciplinaria. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante.

Dimensión Control de Calidad (CC1–CC4)

8. CC1. Evalúa el cumplimiento de estándares técnicos. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante

9. CC2. Considera adecuadamente las inspecciones en obra. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante

10. CC3. Refleja la gestión de no conformidades. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante

11. CC4. Cubre la documentación técnica de manera suficiente. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = 4 = Muy relevante

Dimensión Gestión de Recursos (GR1–GR4)

12. GR1. Evalúa la disponibilidad y gestión financiera. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = I 4 = Muy relevante.

13. GR2. Considera la gestión del personal técnico. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = I 4 = Muy relevante.

14. GR3. Incorpora la disponibilidad y uso de materiales y equipos. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = I 4 = Muy relevante.

15. GR4. Evalúa la oportunidad en la asignación y uso de recursos. *

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

1 = I 4 = Muy relevante.

Sugerencias

16. 16. ¿Qué cambios propone en la redacción, pertinencia o alcance de los ítems?

Validación del Instrumento de Percepción – Proyectos de Saneamiento (Estudio Retrospectivo)

5 respuestas

Datos generales

Especialidad principal

5 respuestas

Gestión de Proyectos PMI

BIM Management

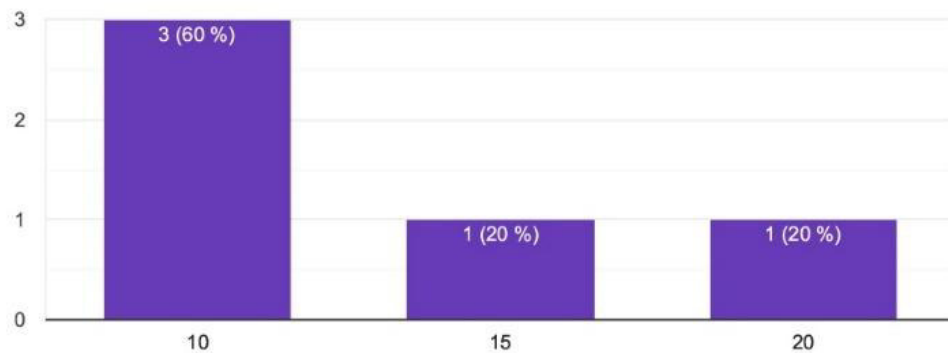
Gerencia de Proyectos

Project Management Professional (Profesional en Dirección de Proyectos) PMP

Contratación pública

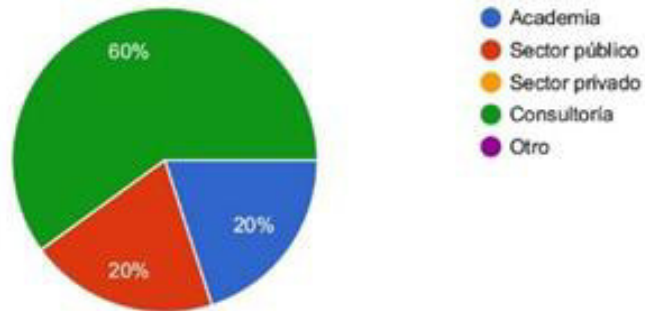
Años de experiencia profesional

5 respuestas



Sector predominante de desempeño

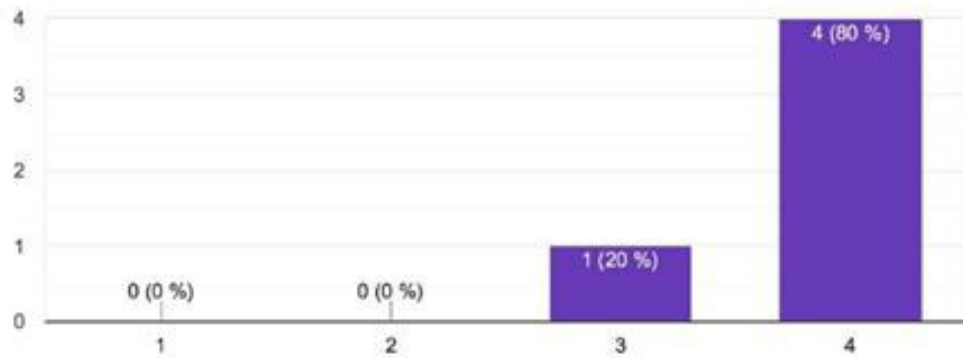
5 respuestas



Dimensión Seguimiento Técnico (ST1-ST4)

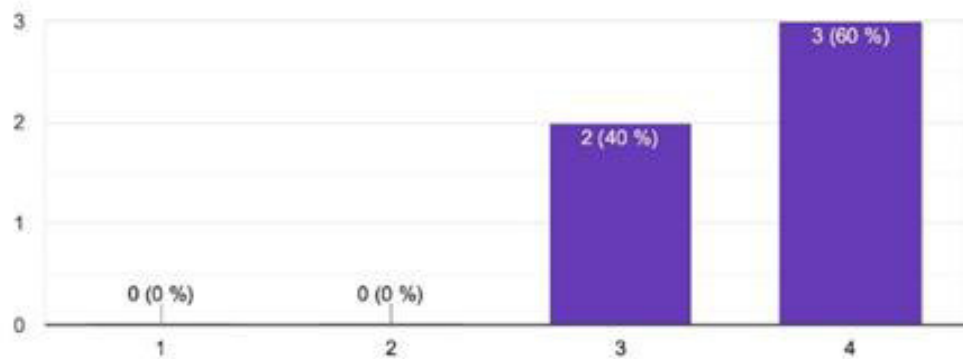
ST1. La información es oportuna para identificar avances reales.

5 respuestas



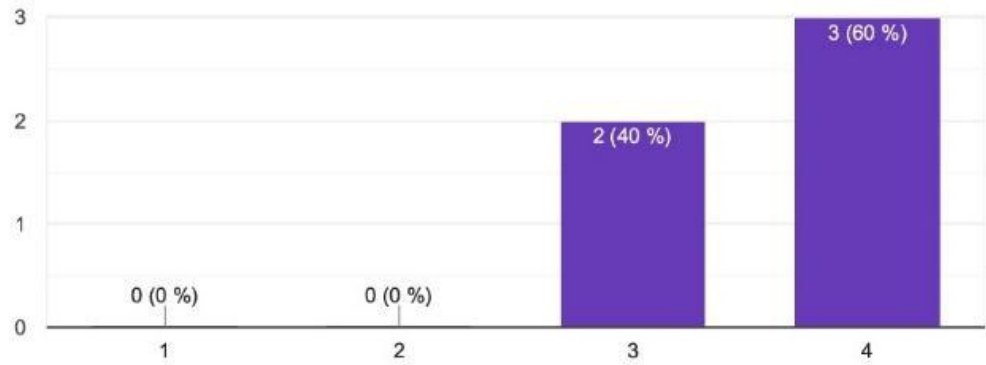
ST2. Los reportes permiten detectar desviaciones de manera confiable.

5 respuestas



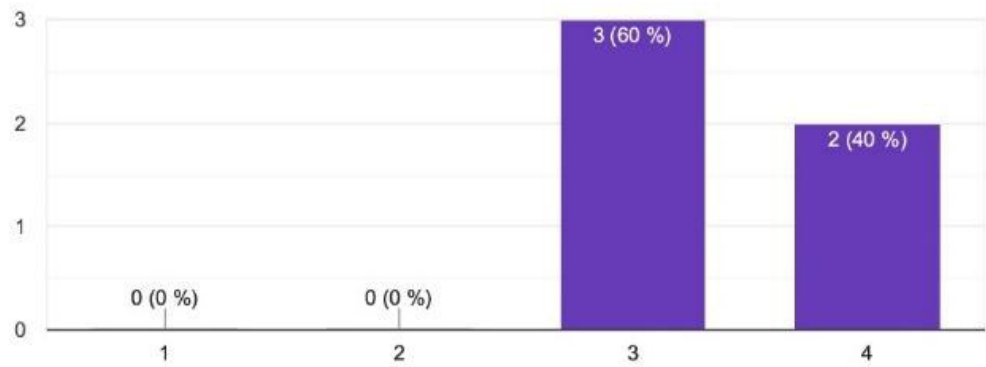
ST3. El instrumento favorece la medición adecuada del progreso.

5 respuestas



ST4. Los ítems apoyan la coordinación interdisciplinaria.

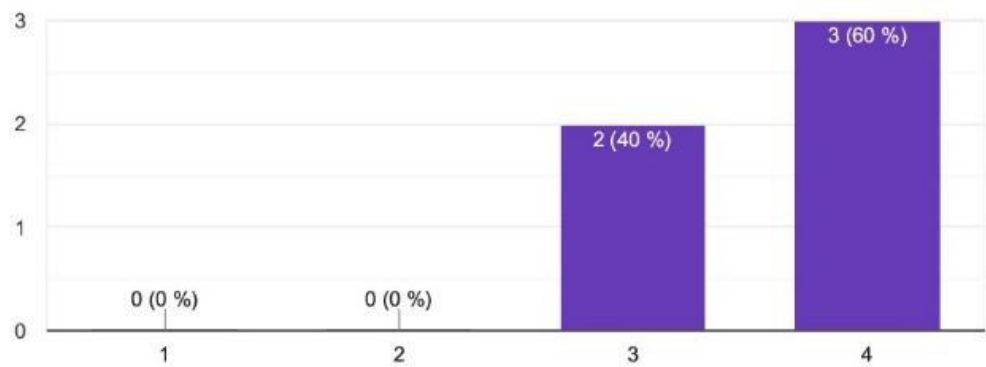
5 respuestas



Dimensión Control de Calidad (CC1–CC4)

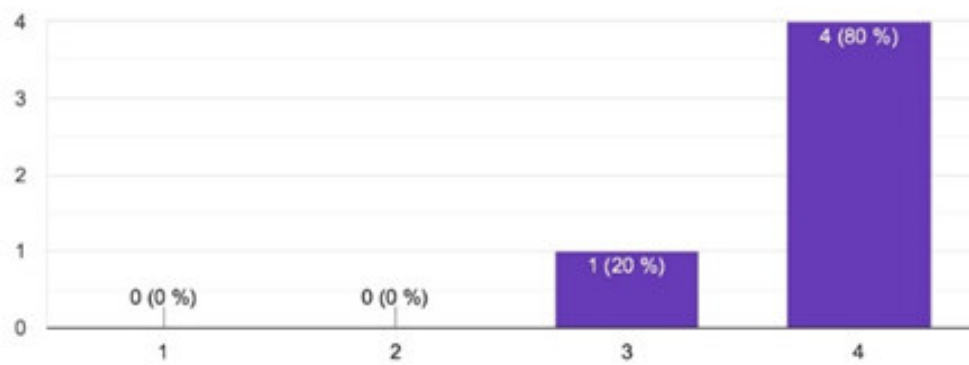
CC1. Evalúa el cumplimiento de estándares técnicos.

5 respuestas



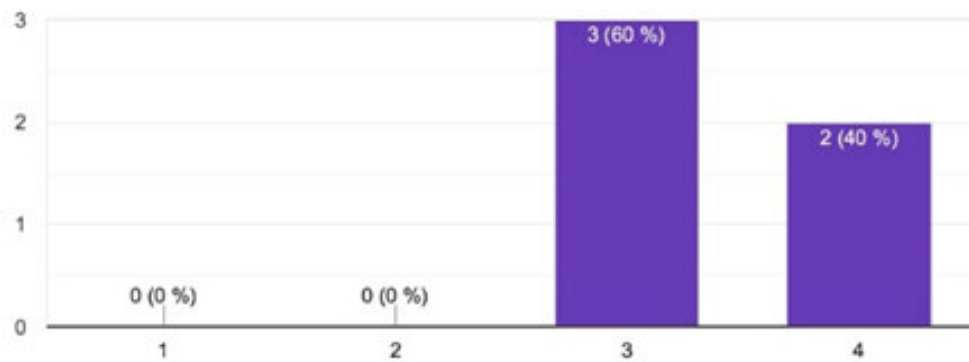
CC2. Considera adecuadamente las inspecciones en obra.

5 respuestas



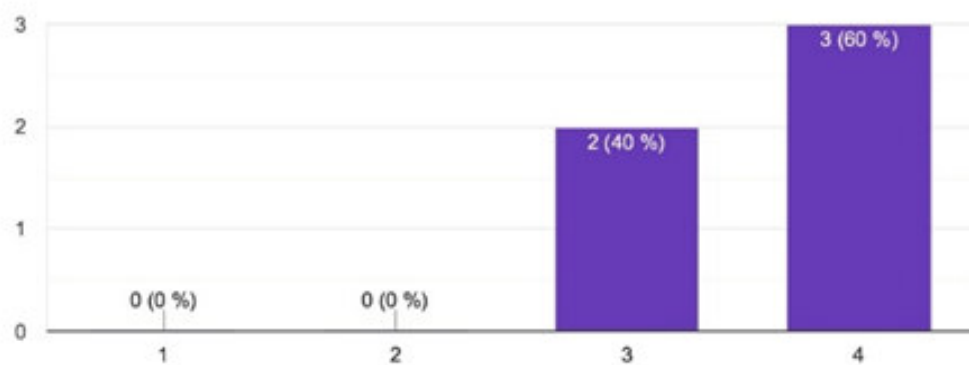
CC3. Refleja la gestión de no conformidades.

5 respuestas



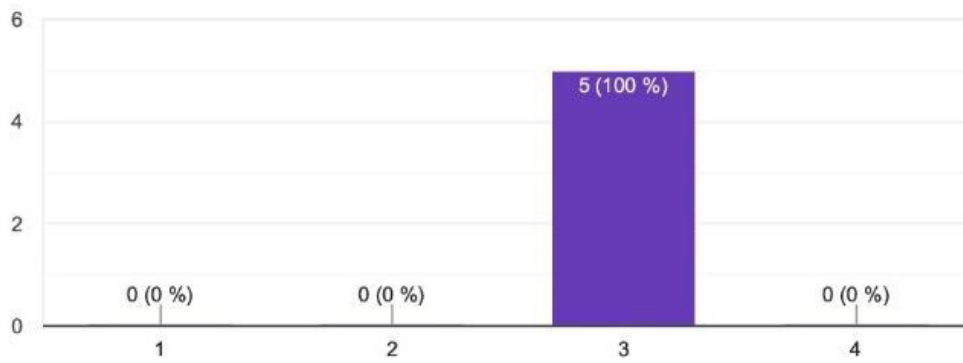
CC4. Cubre la documentación técnica de manera suficiente.

5 respuestas



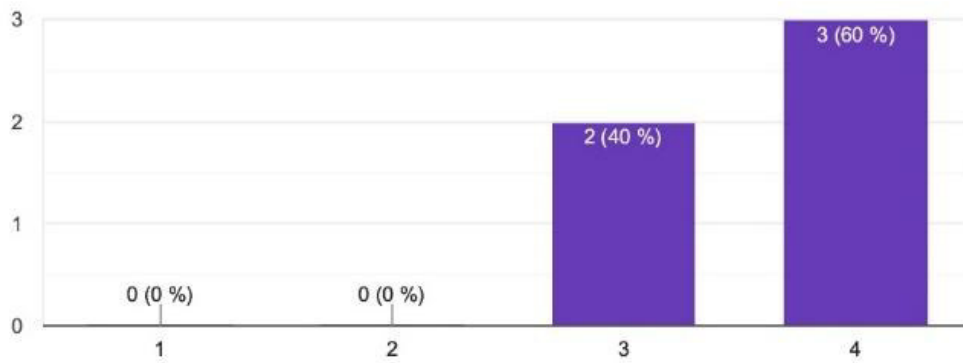
GR1. Evalúa la disponibilidad y gestión financiera.

5 respuestas



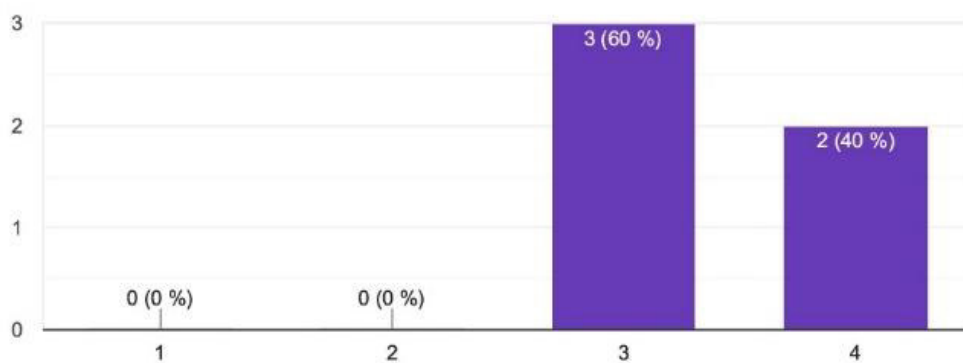
GR2. Considera la gestión del personal técnico.

5 respuestas



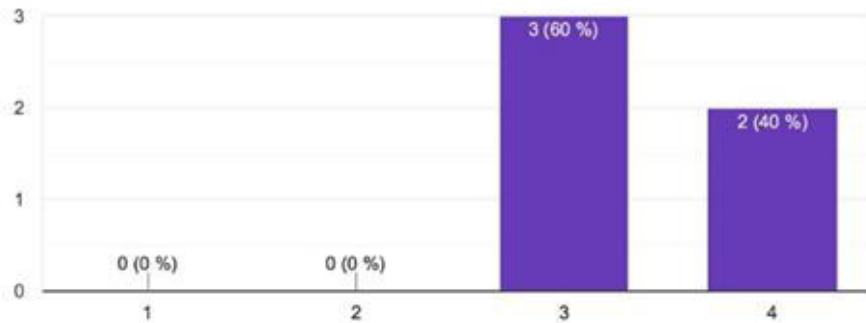
GR3. Incorpora la disponibilidad y uso de materiales y equipos.

5 respuestas



GR4. Evalúa la oportunidad en la asignación y uso de recursos.

5 respuestas



Sugerencias

16. ¿Qué cambios propone en la redacción, pertinencia o alcance de los ítems?

5 respuestas

Precisar el alcance temporal: en los ítems sobre recursos o seguimiento, aclarar si se evalúa la situación durante la obra o al cierre.

Usar un lenguaje más claro y cotidiano: reemplazar tecnicismos por términos comprensibles para todos los perfiles de encuestados.

Simplificar enunciados largos: algunos ítems resultan extensos; convendría dividirlos o resumirlos para evitar confusiones.

Eliminar ambigüedades: ítems como los de coordinación interdisciplinaria podrían especificar mejor qué actores o procesos se valoran.

Balancear las dimensiones: reforzar la parte de gestión de recursos (financieros y materiales), ya que un par de ítems se sienten muy generales frente al detalle de los otros bloques.

Artículo científico

Metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la administración de contratos de obras de saneamiento

Jaime Joseph MAÑUICO MENDOZA

Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

jaime.manuico.13@unsch.edu.pe

Resumen

Las deficiencias en obras de saneamiento de Huamanga motivaron determinar la relación entre indicadores retrospectivos de desempeño (Porcentaje de Plan Completado del Last Planner System, Índice de Desempeño del Cronograma del Earned Value Management e Índice de Gestión de Información BIM basado en ISO 19650) y la eficiencia percibida en control contractual. Mediante diseño cuantitativo aplicado a siete proyectos ejecutados entre 2017 y 2023, se determinó que el Índice de Gestión de Información BIM constituyó el predictor más robusto (correlación 0.86, $p < 0.01$), seguido del Porcentaje de Plan Completado (correlación 0.81, $p = 0.026$), mientras que el Índice de Desempeño del Cronograma no mostró relación significativa (correlación 0.48, $p = 0.275$), explicando el modelo conjunto 99% de varianza observada. Se concluye que integrar Last Planner System, indicadores del Project Management Institute y gestión Building Information Modeling fortalece la administración contractual, recomendándose institucionalizar el Porcentaje de Plan Completado y el Índice de Gestión de Información BIM en protocolos oficiales bajo lineamientos del Plan BIM Perú.

Palabras clave: Last Planner System, Earned Value Management, Building Information Modeling, gestión contractual, obras de saneamiento, ISO 19650, control de proyectos.

Abstract

Deficiencies in sanitation works in Huamanga motivated the determination of relationships between retrospective performance indicators (Percent Plan Complete from Last Planner System, Schedule Performance Index from Earned Value Management, and BIM Information Management Index based on ISO 19650) and perceived efficiency in contract control. A quantitative design was applied to seven projects executed between 2017 and 2023. Results showed that the BIM Information Management Index emerged as the most robust predictor (correlation 0.86, $p < 0.01$), followed by Percent Plan Complete (correlation 0.81, $p = 0.026$), while the Schedule Performance Index showed no significant relationship (correlation 0.48, $p = 0.275$). The joint model explained 99% of observed variance. Findings indicate that integrating Last Planner System, Project Management Institute indicators, and Building Information Modeling strengthens contract administration. Recommendations include institutionalizing Percent Plan Complete and BIM Information Management Index in official monitoring protocols under BIM Peru Plan guidelines.

Keywords: Last Planner System, Earned Value Management, Building Information Modeling, contract management, sanitation works, ISO 19650, project control.

Introducción

Las brechas persistentes en acceso a agua potable y alcantarillado en la provincia de Huamanga, manifestadas en sobrecostos, retrasos y deficiencias de cobertura, evidencian debilidades estructurales en el control de planificación y gestión sistemática de información técnica en obras públicas de saneamiento, donde predominan controles financieros y cronológicos globales sin integración articulada de metodologías ágiles del PMI y gestión BIM. Ante este vacío crítico en la literatura nacional e internacional, el objetivo del estudio es determinar la relación entre indicadores retrospectivos (Porcentaje de Plan Completado del Last Planner System, Índice de Desempeño del Cronograma del enfoque de valor ganado del

PMI e Índice de Gestión de Información BIM basado en ISO 19650) y la percepción de eficiencia en control de avance contractual, analizando específicamente la asociación entre PPC y eficiencia percibida del control operativo, entre SPI y efectividad en toma de decisiones, y entre IGI-BIM y eficiencia en gestión documental. Metodológicamente, se desarrolló un diseño cuantitativo, no experimental, transversal y retrospectivo aplicado a siete proyectos ejecutados en Huamanga entre 2017 y 2023, combinando revisión de registros contractuales con encuestas estructuradas a profesionales con responsabilidad directa en gestión y supervisión, aportando un marco integrador que operacionaliza variables técnicas y perceptuales mediante instrumentos validados para fortalecer la administración contractual y proporcionar criterios verificables que fundamenten decisiones oportunas en beneficio de la población.

Teoría de Sistemas Adaptativos y Metodologías Ágiles

Las metodologías ágiles se fundamentan en la teoría de sistemas adaptativos complejos, donde la efectividad emerge de la capacidad de adaptación local coordinada más que de la optimización global determinística. Esta perspectiva reconoce que los proyectos de construcción exhiben propiedades emergentes que escapan al control jerárquico tradicional.

El Last Planner System se sustenta en tres principios teóricos fundamentales: la teoría de flujos de Koskela (2000), que conceptualiza la construcción como sistema de flujo de información y materiales; la teoría de compromisos de Flores (1982), que establece que los compromisos verbales generan responsabilidad social; y la teoría de aprendizaje organizacional de Argyris & Schon (1998), que explica cómo los equipos mejoran iterativamente su capacidad predictiva.

El Porcentaje de Plan Completado representa teóricamente un indicador de confiabilidad organizacional—la capacidad de una organización para predecir accuradamente

su propia capacidad ejecutiva. Esta conceptualización trasciende métricas de productividad para medir calibración entre percepción y realidad organizacional.

Teoría de Control de Proyectos y Earned Value Management

El (Project Management Institute, 2021) desarrolló el Earned Value Management basándose en la **teoría de control cibernético**, donde los proyectos se conceptualizan como sistemas que transforman inputs en outputs mediante procesos controlables y medibles.

El **Índice de Desempeño del Cronograma** se fundamenta en la **teoría de valor ganado**, que postula que el progreso del proyecto puede cuantificarse objetivamente mediante la comparación entre trabajo planificado, trabajo completado y recursos consumidos. La razón $SPI = EV/PV$ asume linealidad entre progreso físico y temporal, proporcionando una métrica normalizada de eficiencia temporal.

Esta aproximación teórica se basa en la **racionalidad instrumental** de Weber (2008), que asume que los sistemas organizacionales pueden optimizarse mediante medición objetiva y control sistemático de variables clave.

Teoría de la Información y Building Information Modeling

BIM se sustenta en la **teoría económica de la información** desarrollada por Arrow (1962), que establece que la información tiene propiedades económicas peculiares: su valor depende de su distribución, no solo de su existencia. Los **costos de transacción** de (Coase, 1937) explican por qué la centralización de información técnica en un modelo único reduce costos de coordinación.

La **gestión de información BIM** opera mediante tres dimensiones teóricas: **disponibilidad** (teoría de acceso a la información), **organización** (teoría de sistemas de información) y **actualización** (teoría de sincronización temporal). Esta taxonomía refleja los componentes esenciales de un sistema informacional efectivo según la cibernética organizacional de (Beer, 1981).

El valor teórico de BIM radica en su función como **mecanismo de reducción de asimetrías informacionales**, transformando información fragmentada en conocimiento integrado accesible uniformemente por todos los actores del sistema.

Teoría de Contratos y Administración Contractual

La administración de contratos se fundamenta en la teoría de contratos incompletos de Hart (1995), que reconoce la imposibilidad de especificar ex-ante todas las contingencias posibles en sistemas complejos. Esta incompletitud genera espacios de ambigüedad que requieren negociación continua y adaptación emergente.

La percepción de eficiencia se sustenta en la teoría fenomenológica de Schutz, (1967), que establece que la realidad social se construye mediante interpretaciones subjetivas de experiencias objetivas. La eficiencia no es solo una propiedad objetiva del sistema sino una construcción social que emerge de la congruencia entre expectativas y resultados.

La percepción de efectividad en la toma de decisiones se basa en la teoría de la decisión de (Simon, 1955), que introduce el concepto de racionalidad limitada. Las decisiones organizacionales no optimizan globalmente, sino que satisfacen criterios locales bajo restricciones informacionales y temporales.

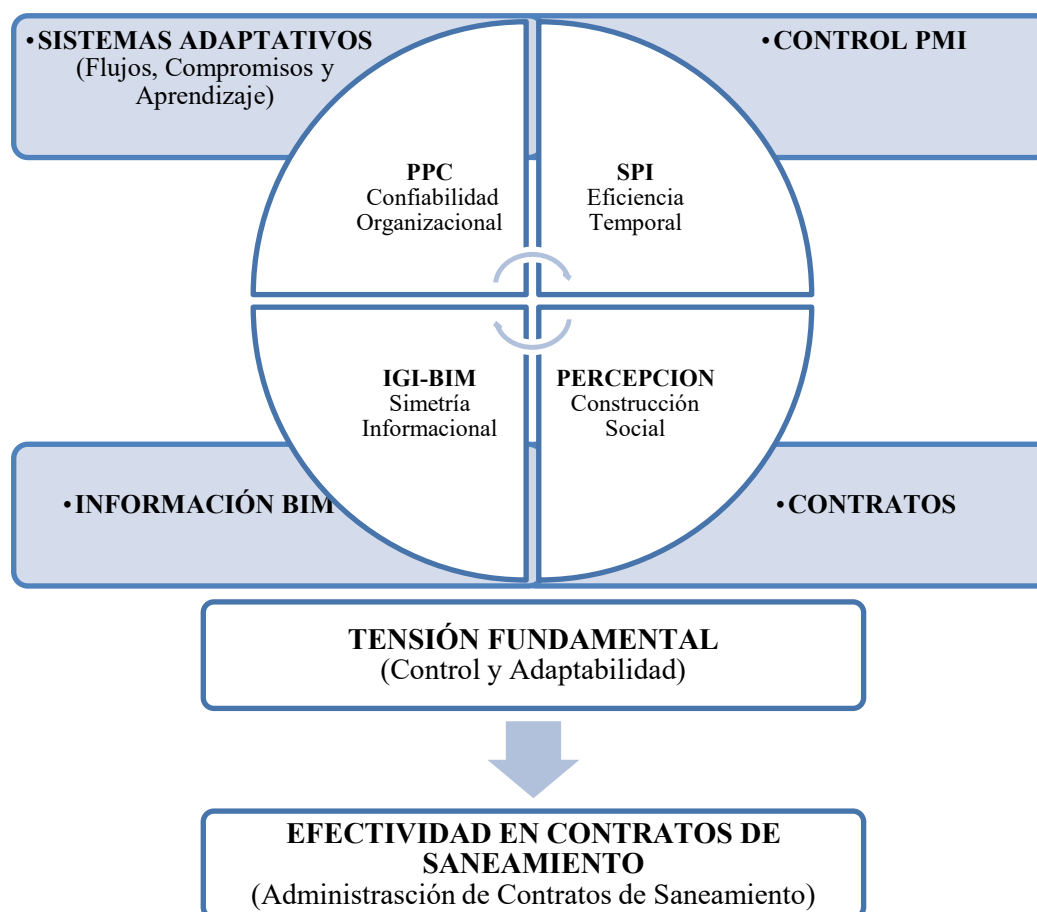
Marco Teórico Integrado

La integración de estos marcos teóricos genera un sistema conceptual híbrido donde la efectividad emerge de la interacción sinérgica entre confiabilidad organizacional (LPS), control objetivo (PMI), simetría informacional (BIM) y construcción social de la realidad (percepciones organizacionales).

Esta integración reconoce la tensión fundamental entre control y adaptabilidad, característica de todos los sistemas complejos. El marco teórico postula que la efectividad en la administración de contratos de saneamiento depende de la capacidad para gestionar esta

tensión mediante mecanismos que preserven tanto la predictibilidad requerida por el control organizacional como la flexibilidad necesaria para la adaptación contextual.

Figura 1
Marco Teórico Integrado de Efectividad Emergente



Nota. El marco establece relaciones jerárquicas desde teorías fundamentales hasta efectividad emergente en contratos de saneamiento. Fuente: Elaborado en base a las bases teóricas.

La **Figura 1** revela el principio fundamental de la investigación: la efectividad no reside en teorías aisladas sino en su arquitectura de interacción. El diagrama evidencia que cada variable específica (PPC, SPI, IGI-BIM, Percepción) funciona como transductor que convierte principios teóricos abstractos en capacidades operacionales medibles. Esta configuración jerárquica demuestra que la administración exitosa de contratos de saneamiento requiere síntesis metodológica donde la confiabilidad organizacional, eficiencia temporal, simetría

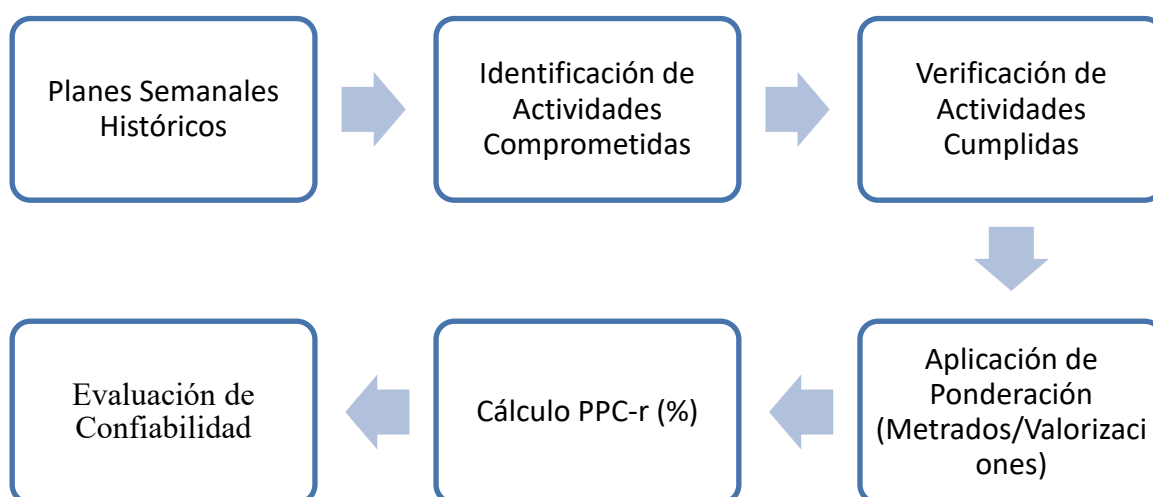
informativa y construcción social operan sinérgicamente para generar efectividad emergente que supera las limitaciones de enfoques unidimensionales.

Porcentaje de Plan Completado (PPC)

El Porcentaje de Plan Completado constituye una métrica de confiabilidad organizacional que trasciende la medición tradicional de productividad para evaluar la capacidad predictiva de los equipos de proyecto (Agrawal et al., 2024). Se define operacionalmente como la razón entre actividades semanales efectivamente ejecutadas y aquellas formalmente comprometidas, expresada porcentualmente. En esta investigación, el PPC retrospectivo se calculó mediante la fórmula $PPC-r = (\Sigma \text{ actividades cumplidas} / \Sigma \text{ actividades comprometidas en planes semanales históricos}) \times 100$, aplicando ponderación por metrados o valorizaciones cuando las actividades presentaban heterogeneidad dimensional. Esta operacionalización permite distinguir entre el cumplimiento formal de cronogramas y la confiabilidad real de los procesos de planificación, constituyendo un indicador de calibración entre expectativas organizacionales y capacidad ejecutiva real en el contexto específico de contratos de saneamiento urbano.

Figura 2

Proceso de Cálculo del Porcentaje de Plan Completado Retrospectivo



Nota. El proceso integra datos históricos del SSI-MEF para generar una métrica retrospectiva de confiabilidad organizacional.

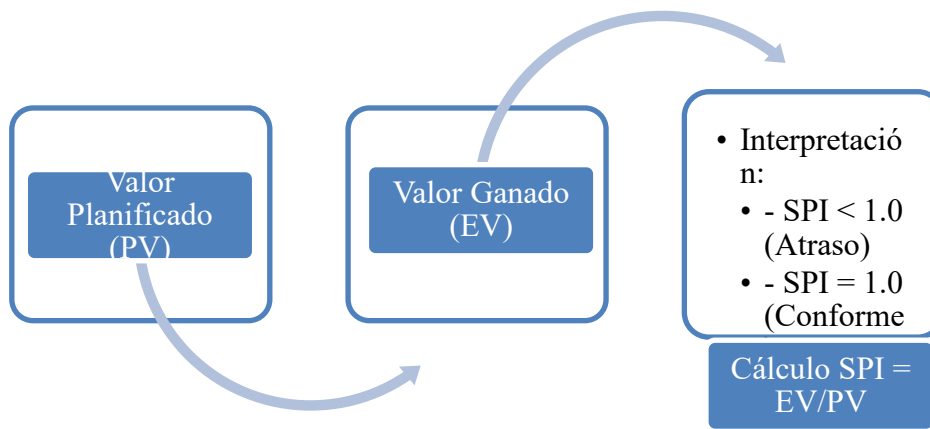
La **Figura 2** ilustra la secuencia metodológica para el cálculo retrospectivo del PPC, donde la transformación de planes semanales históricos en una métrica de confiabilidad requiere la verificación sistemática de compromisos cumplidos y la aplicación de factores de ponderación que reflejen la heterogeneidad dimensional de las actividades contractuales, generando finalmente un indicador cuantitativo de la capacidad organizacional para predecir su propio desempeño ejecutivo.

Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)

El Índice de Desempeño del Cronograma representa la eficiencia temporal mediante la razón matemática $SPI = EV/PV$, donde EV corresponde al valor ganado y PV al valor planificado en un momento determinado del proyecto (Project Management Institute, 2021). Esta métrica normalizada permite comparaciones objetivas de desempeño temporal independientemente de la magnitud presupuestal o duración contractual. En la implementación retrospectiva de esta investigación, el SPI se calculó como promedio ponderado por valor planificado en el tramo operativo comprendido entre el 10% y 90% del proyecto, eliminando distorsiones características de las fases de inicio y cierre. Valores inferiores a 1.0 indican atraso relativo, valores equivalentes a 1.0 reflejan cumplimiento conforme al cronograma contractual, y valores superiores a 1.0 evidencian adelanto respecto a la programación original, proporcionando una medida objetiva de eficiencia temporal independiente de percepciones subjetivas.

Figura 3

Evolución Temporal del Índice de Desempeño del Cronograma



Nota. La medición se realiza en el tramo operativo (10-90% del proyecto) para evitar distorsiones de inicio y cierre.

La

Figura 3 demuestra cómo la relación entre valor ganado y valor planificado genera una métrica normalizada de eficiencia temporal, donde la interpretación tripartita del SPI permite clasificaciones objetivas de desempeño cronológico que trascienden la subjetividad inherente en evaluaciones cualitativas, proporcionando un marco cuantitativo para la comparación sistemática de eficiencia temporal entre proyectos de diferentes escalas y duraciones contractuales.

Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM)

El Índice de Gestión de Información BIM operacionaliza la madurez documental mediante una escala ordinal de 0 a 10 puntos construida a partir de la evaluación de diez parámetros binarios que capturan las dimensiones esenciales de un sistema informacional efectivo (MEF, 2023). La estructura conceptual integra disponibilidad de información técnica, organización sistemática de documentos y actualización continua de registros, reflejando los componentes críticos para la reducción de asimetrías informacionales en proyectos complejos. Cada parámetro recibe valoración binaria donde 1 indica cumplimiento del criterio y 0 ausencia del mismo, generando un índice aditivo que clasifica la gestión documental en cinco niveles cualitativos desde deficiente hasta óptimo. Esta métrica permite cuantificar retrospectivamente la calidad de la gestión de información técnica sin requerir evaluación de modelado geométrico, enfocándose específicamente en procesos, roles y flujos documentales que constituyen la base para una administración contractual eficiente.

Figura 4

Estructura Dimensional del Índice de Gestión de Información BIM



Nota. Clasificación resultante: 0-2 deficiente, 3-4 regular, 5-6 bueno, 7-8 muy bueno, 9-10 óptimo.

La **Figura 4** revela la arquitectura conceptual del IGI-BIM como sistema de evaluación multidimensional donde la disponibilidad constituye la base informacional, la organización proporciona estructura sistemática y la actualización garantiza vigencia temporal, configurando conjuntamente un marco integral para cuantificar la madurez documental que trasciende enfoques unidimensionales centrados exclusivamente en disponibilidad de archivos digitales.

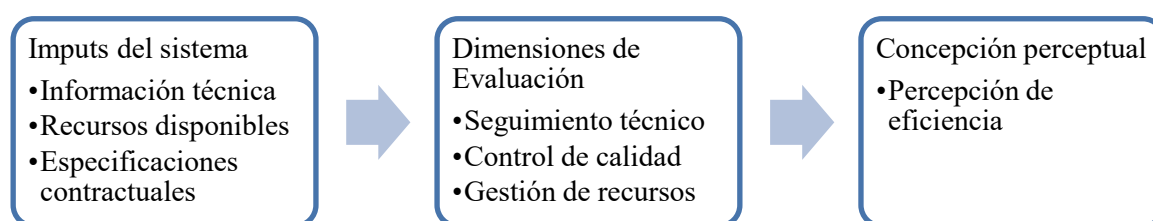
Percepción de Eficiencia en el Control de Avance

La percepción de eficiencia en el control de avance constituye una construcción social que emerge de la interpretación subjetiva de profesionales técnicos sobre la efectividad de los sistemas de seguimiento y control implementados durante la ejecución contractual. Esta variable se operacionaliza mediante un instrumento psicométrico que emplea escala Likert de cinco puntos para capturar valoraciones sobre seguimiento técnico, control de calidad y gestión de recursos, dimensiones que reflejan los componentes esenciales de la función de control en administración de proyectos. La percepción trasciende métricas objetivas de desempeño para

incorporar elementos experienciales como facilidad para identificar avances reales, rapidez en detección de desviaciones, efectividad en inspecciones y optimización de recursos disponibles. Esta conceptualización reconoce que la eficiencia administrativa no constituye únicamente una propiedad objetiva del sistema contractual, sino una realidad construida socialmente mediante la congruencia entre expectativas profesionales y resultados observados en el terreno.

Figura 5

Modelo de Percepción de Eficiencia en el Control de Avance



Nota. La percepción emerge de la evaluación subjetiva de profesionales sobre la efectividad del sistema de control implementado.

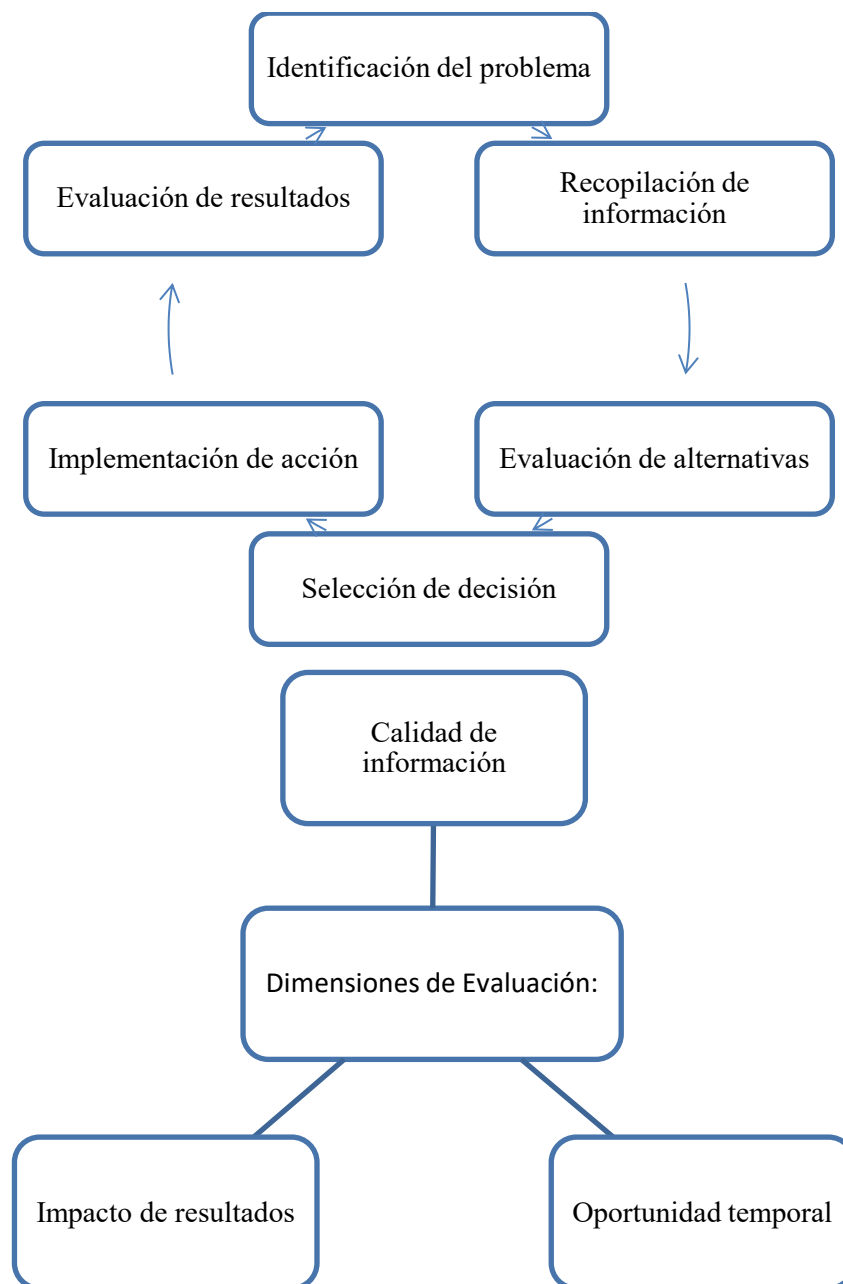
La **Figura 5** conceptualiza la percepción de eficiencia como proceso de transformación donde inputs objetivos del sistema contractual se procesan mediante dimensiones experienciales específicas para generar una construcción perceptual que refleja la congruencia entre expectativas profesionales y resultados observados, demostrando que la eficiencia administrativa trasciende propiedades inherentes del sistema para constituirse como realidad socialmente construida mediante interpretación subjetiva de experiencias técnicas.

Percepción de Efectividad en la Toma de Decisiones

La percepción de efectividad en la toma de decisiones refleja la valoración profesional sobre la calidad de los procesos decisionales que caracterizan la administración contractual bajo condiciones de racionalidad limitada e información imperfecta. Se operacionaliza mediante la evaluación de tres dimensiones fundamentales que capturan la calidad de información disponible para decisiones críticas, la oportunidad temporal de las respuestas

organizacionales ante contingencias, y el impacto real de las acciones correctivas implementadas durante la ejecución. Esta construcción conceptual reconoce que la efectividad decisional en contratos complejos no depende de optimización global sino de la capacidad para generar decisiones localmente satisfactorias que resuelvan problemas específicos dentro de restricciones temporales, informacionales y organizacionales. La medición mediante escala Likert permite capturar gradaciones en la percepción sobre disponibilidad oportuna de información técnica, rapidez en autorización de cambios, efectividad de coordinación interinstitucional y capacidad real para resolver conflictos contractuales emergentes.

Figura 6
Proceso de Toma de Decisiones en Administración Contractual



Nota. El proceso operacionaliza la efectividad decisional mediante evaluación de calidad informacional, oportunidad temporal e impacto de resultados.

La **Figura 6** ilustra el proceso decisional como ciclo iterativo donde la efectividad emerge de la optimización simultánea de calidad informacional, oportunidad temporal e impacto de resultados, revelando que la percepción de efectividad no depende del cumplimiento de protocolos formales sino de la capacidad organizacional para generar

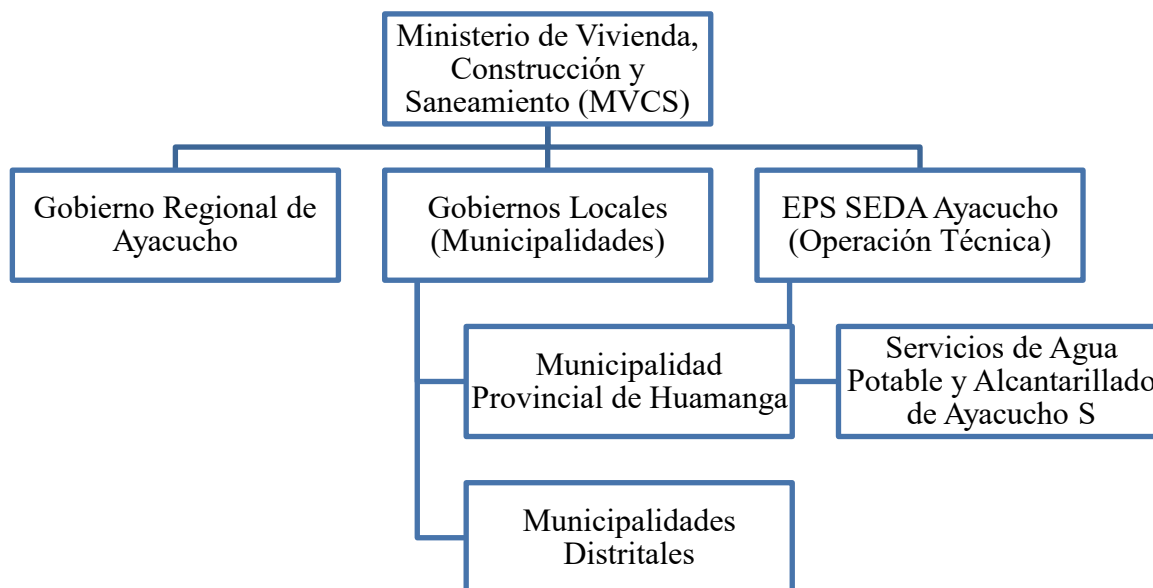
soluciones localmente satisfactorias que resuelvan contingencias específicas dentro de las restricciones inherentes a la administración de contratos complejos.

Contratos de Obras de Saneamiento

Los contratos de obras de saneamiento constituyen instrumentos jurídicos especializados que establecen las condiciones técnicas, económicas y administrativas para la ejecución de infraestructura de agua potable y alcantarillado, operando bajo el marco normativo de la Ley N° 32069, Ley General de Contrataciones Públicas y su Reglamento correspondiente. En el contexto específico de la provincia de Huamanga, estos contratos se caracterizan por una configuración institucional multiactoral que involucra a la Empresa Prestadora de Servicios SEDA Ayacucho como operadora técnica especializada, municipalidades provinciales y distritales como unidades ejecutoras de inversiones, el Gobierno Regional de Ayacucho como entidad de financiamiento, y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como ente rector sectorial. Esta estructura organizacional genera complejidades específicas de coordinación técnica y administrativa que trascienden las características típicas de contratos de obras civiles convencionales, requiriendo mecanismos especializados de gestión que consideren tanto la ejecución física como la sostenibilidad operativa posterior y la transferencia oportuna a operadores especializados para garantizar la continuidad del servicio público esencial.

Figura 7

Estructura Institucional de Contratos de Saneamiento en Huamanga



Nota. La configuración multiactoral genera complejidades específicas de coordinación que trascienden contratos de obras civiles convencionales.

La **Figura 7** demuestra cómo la estructura institucional de contratos de saneamiento en Huamanga configura un sistema multiactoral donde cada entidad ejerce funciones especializadas que requieren coordinación sistemática para garantizar tanto la ejecución física como la sostenibilidad operativa, evidenciando que la complejidad administrativa trasciende la gestión contractual tradicional para incorporar dimensiones de transferencia tecnológica y continuidad del servicio público que condicionan la percepción de efectividad en la administración contractual.

Metodología

La investigación se enmarca en la categoría de investigación aplicada, ya que su propósito es generar conocimientos con implicancias prácticas para mejorar la gestión de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga. En el contexto de estudios avanzados, este tipo de investigación busca transferir hallazgos teóricos hacia soluciones operativas concretas (Maldonado et al., 2023).

El enfoque cuantitativo se selecciona por su capacidad para analizar relaciones entre variables mediante indicadores numéricos. En este caso, métricas como el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) y los parámetros de gestión documental BIM requieren técnicas estadísticas rigurosas para evaluar correlaciones y patrones de desempeño.

El alcance correlacional-causal es el más adecuado, dado que el objetivo central es examinar la existencia y el grado de relación entre el uso retrospectivo de metodologías de gestión (Last Planner System®, estándares PMI y BIM) y los indicadores de eficiencia administrativa. Este tipo de diseño permite explorar asociaciones sin establecer causalidad definitiva, lo cual es pertinente en investigaciones donde la manipulación de variables no es posible (Nwabuko, 2024).

El estudio adopta un diseño no experimental retrospectivo, pues se basa en el análisis de proyectos ya concluidos sin intervención del investigador en los procesos originales. Este diseño, categorizado como observacional analítico, permite examinar datos históricos y documentales para analizar comportamientos y resultados en contextos reales (Nwabuko, 2024).

Finalmente, el diseño es de naturaleza transversal, ya que se analiza información consolidada en un único momento (corte temporal), lo que permite capturar un panorama

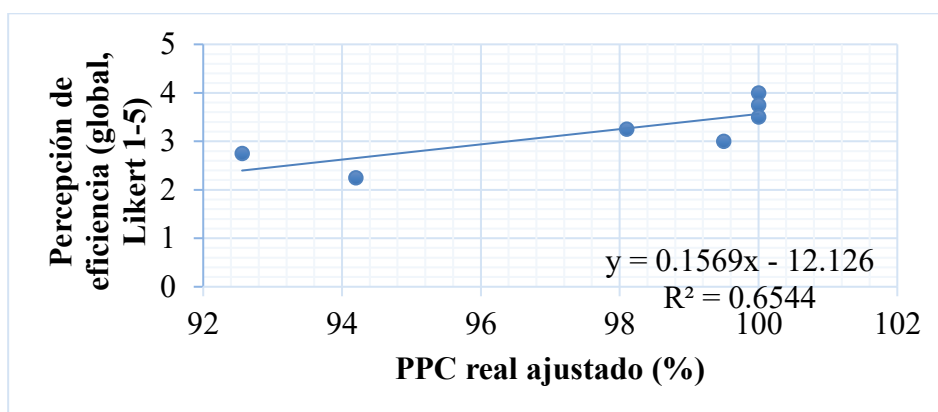
puntual de las variables en estudio. Este enfoque facilita la identificación de asociaciones entre variables en un punto específico del tiempo (Manterola et al., 2023).

Resultados y Discusión

Relación entre el PPC y la Percepción de Eficiencia

Figura 8

Relación entre PPC ajustado y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento.

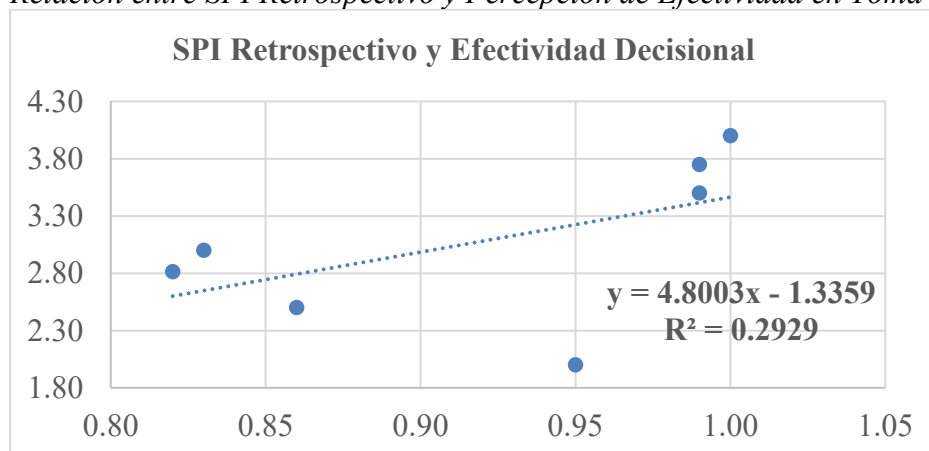


Nota. Cada punto representa un proyecto. PPC ajustado calculado retrospectivamente a partir de planes semanales y valorizaciones; percepción de eficiencia medida con cuestionario Likert 1–5 aplicado a residentes, supervisores e inspectores. Línea de tendencia lineal con R^2 indica la fuerza de la correlación. Fuente. Registros contractuales (SSI–MEF, 2017–2023) y cuestionario de percepción aplicado en los siete contratos de saneamiento.

Relación entre el SPI y la Percepción de Efectividad

Figura 9

Relación entre SPI Retrospectivo y Percepción de Efectividad en Toma de Decisiones



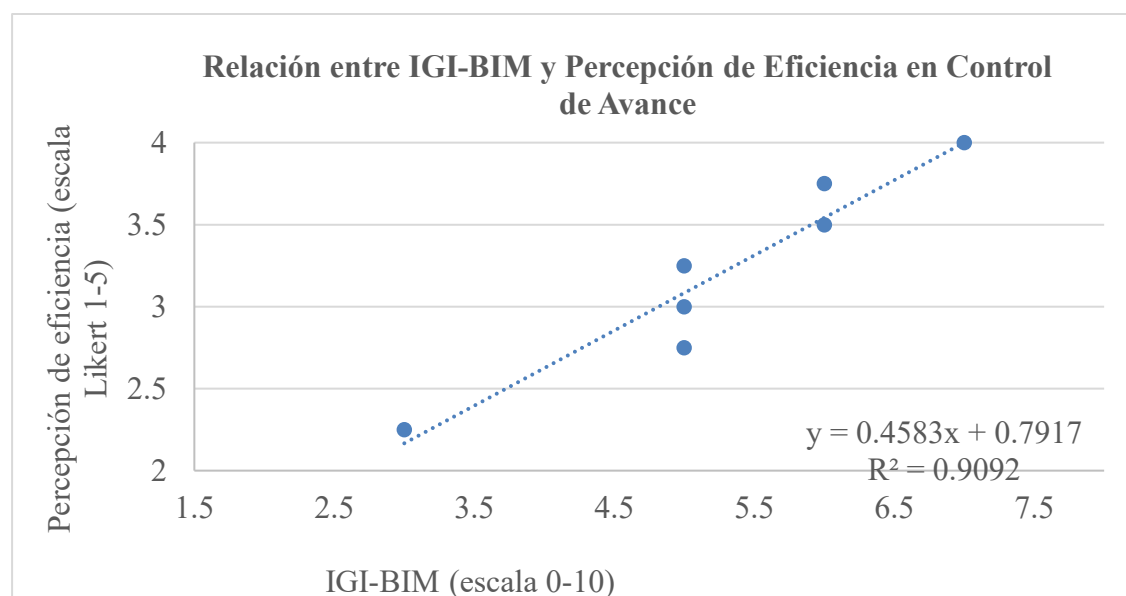
Nota. Cada punto corresponde a un contrato ($n = 7$). La línea de tendencia muestra una correlación positiva débil-moderada entre el cumplimiento cronológico y la efectividad

percibida ($r = 0.5412$, $R^2 = 0.2929$). *Fuente:* Análisis de curvas S históricas y encuestas de percepción en contratos de saneamiento de Huamanga.

Relación entre la Gestión BIM y la Percepción de Eficiencia

Figura 10

Relación entre IGI-BIM y la percepción de eficiencia en proyectos de saneamiento



Nota. IGI-BIM calculado retrospectivamente con lista de chequeo de 10 ítems (disponibilidad, organización y actualización documental). Percepción de eficiencia corresponde al promedio de respuestas en escala Likert 1–5. La línea de tendencia lineal y R^2 evidencian la fuerza de la correlación. *Fuente.* Evaluación documental de expedientes técnicos y encuestas de percepción aplicadas en los siete contratos de saneamiento (2017–2023).

Discusión Integral de Resultados

El examen de los datos revela un patrón claro: la relación entre los indicadores de gestión y la percepción de eficiencia no es uniforme, sino específica y diferenciada. El objetivo general de esta investigación fue determinar la relación entre indicadores retrospectivos (PPC, SPI e IGI-BIM) y la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en Huamanga. Los resultados no solo confirman esta relación, sino que desagregan su naturaleza de manera ilustrativa.

La variable más robusta resulta ser el Índice de Gestión de Información BIM (IGI-BIM), que emerge como el predictor principal de la percepción de eficiencia, con un coeficiente

beta de 0.736 ($p = 0.006$) y una correlación de $r = 0.9535$ ($p < .001$). Esto indica que, para los profesionales en campo, la disponibilidad, organización y actualización de la información técnica constituyen la base fundamental para la confianza en el control del proyecto.

El Porcentaje de Plan Completado (PPC) retrospectivo también muestra una asociación sólida con la percepción de eficiencia ($r = 0.8090$; $p = 0.0276$), validando el principio central del Last Planner System de Ballard (2000) sobre la confiabilidad de la planificación a corto plazo como motor crítico para la eficiencia operativa.

Sin embargo, el hallazgo más significativo radica en la ausencia de una relación estadísticamente relevante entre el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) retrospectivo y la percepción de efectividad en la toma de decisiones ($r = 0.5412$; $p = 0.2096$). Esto sugiere que, en el contexto específico de proyectos de saneamiento en Huamanga, el desempeño temporal medido de forma agregada resulta insuficiente para capturar la complejidad de la gestión decisional diaria.

Implicancias Prácticas para la Gestión Contractual en Huamanga

Estos hallazgos se traducen en acciones concretas para los gestores de proyectos. Primero, las entidades ejecutoras deben evolucionar su visión del BIM: de requisito formal a columna vertebral del control de avance. La inversión en estandarización de protocolos ofrece un retorno muy superior a la obsesión por recuperar días de plazo. En segundo lugar, es crucial institucionalizar el Last Planner System con soporte BIM. La integración formal entre planificación semanal y modelos BIM crearía un ciclo de retroalimentación virtuoso que incrementaría la confiabilidad operativa. En tercer lugar, el MEF podría enriquecer los formatos de seguimiento incorporando indicadores de confiabilidad de planificación y madurez documental. Esto alinearía los incentivos con lo que realmente importa para una gestión eficiente. Finalmente, los administradores de contrato deben asegurar que los mecanismos de

decisión tengan acceso a información BIM de calidad, priorizando la calidad de la decisión sobre la velocidad de esta.

Síntesis de Hallazgos Principales

El análisis revela cinco hallazgos centrales. Primero, el IGI-BIM se erige como el factor más influyente en la percepción de eficiencia, destacando la importancia fundamental de la gestión documental. En segundo lugar, el PPC retrospectivo valida su poder como indicador líder de eficiencia operativa, confirmando el valor de la confiabilidad en la planificación a corto plazo. En tercer lugar, el SPI retrospectivo no muestra asociación significativa con la efectividad decisional, sugiriendo que las métricas tradicionales pueden ser insuficientes en entornos complejos. En cuarto lugar, la variabilidad extrema en gestión documental entre proyectos constituye una fuente crítica de riesgo operativo que requiere atención urgente.

Finalmente, la integración metodológica resulta beneficiosa pero no uniforme, dependiendo de una implementación contextualizada donde la calidad de la información y la confiabilidad de ejecución sirven como base fundamental.

Conclusiones

La presente investigación permitió determinar la relación entre los indicadores retrospectivos de gestión—porcentaje de plan completado (PPC), índice de desempeño del cronograma (SPI) e índice de gestión de información BIM (IGI-BIM)—y la percepción de eficiencia en el control de avance de contratos de saneamiento en la provincia de Huamanga. Los hallazgos demuestran que existe una relación significativa entre estas variables, aunque esta está predominantemente impulsada por la gestión de información BIM y la confiabilidad de la planificación a corto plazo, más que por el desempeño temporal.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que el porcentaje de plan completado (PPC) del Last Planner System muestra una correlación fuerte y significativa con la percepción de eficiencia ($r = 0.81$, $p = 0.026$). Este hallazgo valida el principio de

confiabilidad en la planificación a corto plazo como factor crítico para la eficiencia operativa en proyectos de saneamiento, coherente con los postulados de (Ballard, 2000).

Respecto al segundo objetivo específico, se concluye que el índice de desempeño del cronograma (SPI) del PMI no demostró una asociación significativa con la percepción de efectividad en la toma de decisiones ($r = 0.48$, $p = 0.275$). Este hallazgo indica que el cumplimiento temporal consolidado, medido a través del SPI, no constituye un predictor estadísticamente confiable de la percepción de efectividad en los procesos decisionales cuando existen deficiencias sistémicas en la gestión y trazabilidad de la información técnica.

En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que el índice de gestión de información BIM (IGI-BIM) emerge como el predictor más robusto de la percepción de eficiencia ($\beta = 0.72$, $p = 0.039$; $r = 0.86$, $p < 0.01$). La gestión retrospectiva de información técnica, evaluada mediante disponibilidad, organización y actualización documental, demostró ser el factor determinante para la percepción de control eficiente.

Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas inmediatas para las entidades ejecutoras en Huamanga. Se recomienda priorizar la implementación de protocolos BIM estandarizados (basados en ISO 19650) e institucionalizar el Last Planner System con soporte digital, integrando indicadores de confiabilidad de planificación (PPC) y madurez documental (IGI-BIM) en los formatos de seguimiento del MEF. Asimismo, se sugiere desarrollar capacidades técnicas en gestión documental y metodologías ágiles entre los administradores de contrato.

Referencias Bibliográficas

- Argyris, C., & Schon, D. (1998). Organizational learning II: Theory, method and practice. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 36(1), 107–109. <https://doi.org/10.1177/103841119803600112>
- Arrow, K. J. (1962). *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c2144/c2144.pdf>

- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control*.
- Beer, S. (1981). *Brain of the Firm Part One: Conceptual Components*. 432.
<https://www.wiley.com/en-cn/Brain+of+the+Firm%2C+2nd+Edition-p-9780471948391>
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386.
<https://doi.org/10.2307/2626876>
- Flores, F. (1982). *Management and Communication in the Office of the Future*.
https://books.google.com.pe/books/about/Management_and_Communication_in_the_Office.html?id=82oalwEACAAJ&redir_esc=y
- Hart, O. (1995). Firms, Contracts, and Financial Structure. *Firms, Contracts, and Financial Structure*. <https://doi.org/10.1093/0198288816.001.0001>
- Koskela, L. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*.
https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction
- Maldonado, J. J. C., Macho, L. K. G., & Casallas, E. C. (2023). Revista Tecnura. *Tecnura*, 27(75), 140–174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., Grande, L., Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de Corte Transversal. Un Diseño de Investigación a Considerar en Ciencias Morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146–155.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022023000100146>
- MEF. (2023). *Guía Nacional BIM Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM Versión 2023 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*.

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD003_2023EF6301.pdf

- Nwabuko, O. (2024). An Overview of Research Study Designs in Quantitative Research Methodology. *American Journal of Medical and Clinical Research & Reviews*, 03(05), 01–06. <https://doi.org/10.58372/2835-6276.1169>
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK séptima edición y el estándar para la dirección de proyectos* (7th ed.). Project Management Institute.
- Schutz, A. (1967). The Phenomenology of the Social World. *American Political Science Review*, 62(2), 614–616. <https://doi.org/10.1017/S0003055400280921>
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99–118. <https://doi.org/10.2307/1884852>
- Weber, M. (2008). Economy and Society: An Outline of Interpretive Sociology. *Readings in Economic Sociology*, 24–37. <https://doi.org/10.1002/9780470755679.CH3>



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0119-2025-UNSCH-EPG/OGH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución De Consejo Directivo N°109-2024-UNSCH-EPG/CD, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:


CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. Jaime Joseph MAÑUICO MENDOZA
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
TÍTULO DE TESIS	Metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la administración de contratos de obras de saneamiento en la provincia de Huamanga
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	6% de similitud
N° DE TRABAJO	2784641789
FECHA	17 de octubre de 2025

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

17 de octubre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Oscar Gutiérrez Huamani
Director (e)

Metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la administración de contratos de obras de saneamiento en la provincia de Huamanga

por Jaime Joseph MAÑUICO MENDOZA

Fecha de entrega: 17-oct-2025 10:36p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2784641789

Nombre del archivo: 3._TESIS-MASTER-MGPMA-JJMM-T.docx (5.12M)

Total de palabras: 37643

Total de caracteres: 224749

Metodologías ágiles con enfoque PMI y BIM en la administración de contratos de obras de saneamiento en la provincia de Huamanga

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	crhc.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Salgado, Dionisio Ascuna Quicana, Sarai Jannet Bengoa Sanchez, John Anthony Quispe Vera, Yelitza Quispe. "El Reporte De Sostenibilidad Como Herramienta De gestion Fundicion Ferrosa S.A.C", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2022 Publicación	<1 %
13	omeka.uci.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
14	www.datosabiertos.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.caen.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Dr. José Matías Delgado Trabajo del estudiante	<1 %

18	wb2server.congreso.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
21	www.greatbuildings.com Fuente de Internet	<1 %
22	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Hinestroza Obregón, Edilberto. "Scrum-EVM: Un Método de Control Para Proyectos Con Metodología Scrum Basado en la Adaptación de las Medidas de Rendimiento de EVM a los Principios Ágiles", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1 %
25	Díaz Fernández, José Ney. "Factores Potenciales y Limitantes de la Gestión del Gobierno Local de Asunción en la Implementación y Desarrollo de Agua y Saneamiento en las Comunidades de Chirigual, Pampas de Chamaní, San Miguel de	<1 %

Matarita y Vista Alegre, Años 2017 - 2020", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru)

Publicación

26

Submitted to Instituto Superior de Artes,
Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1 %

27

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz
Gallo

Trabajo del estudiante

<1 %

28

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

29

www.munihuamanga.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE
PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°00255-2025-UNSCH-EPG/D.**

Siendo las 11:00 a.m. del 23 de abril de 2025 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Dr. OSCAR GUTIERREZ HUAMANI** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, e integrado por los siguientes miembros: **Mtro. JAIME LEONARDO BENDEZU PRADO** y el **Mtro. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **METODOLOGÍAS AGILES CON ENFOQUE PMI Y BIM EN LA ADMINISTRACIÓN DE CONTRATOS DE OBRAS DE SANEAMIENTO EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA**, presentado por el **Bach. JAIME JOSEPH MAÑUICO MENDOZA**. Teniendo como asesor al **Dr. JAIME ALBERTO HUAMAN MONTES**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: DIECISEIS (16).

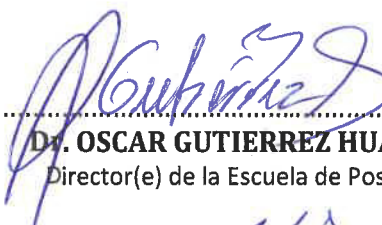
CALIFICACION (x)

Aprobado(a) por Unanimidad.	X
Aprobado(a) por Mayoría.	✓
Desaprobado(a) por Unanimidad.	—
Desaprobado(a) por Mayoría.	—

(x) Marcar con aspa.

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. JAIME JOSEPH MAÑUICO MENDOZA**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Siendo las.....12:51.....hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las.....12:51.....hrs. del 23 de abril de 2025.


.....
Dr. OSCAR GUTIERREZ HUAMANI
Director(e) de la Escuela de Posgrado.


.....
Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ
Director (e) de la UPG-FIMGC


.....
Mtro. JAIME LEONARDO BENDEZU PRADO
Miembro.


.....
Mtro. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO
Miembro.


.....
Dr. JOSE ALARCON GUERRERO
Secretario Docente.

Observaciones:

.....
.....