



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción - Piura.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Cordova Jaime, Lesly Liset (orcid.org/0000-0002-2318-1495)

Cruz Santos, Luis Francisco (orcid.org/0000-0002-5783-1644)

ASESOR:

Mg. Marcelo Sánchez, Ary Garlyn (orcid.org/0000-0002-4805-3860)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A nuestros padres, quienes siempre nos han apoyado en todo lo que hemos realizado. Gracias por su amor incondicional, su paciencia y su sabiduría. Sin ustedes, no habría sido posible cumplir con nuestro primer logro de muchos. También a Dios, quien nos ha dado la fuerza y la perseverancia para superar los obstáculos y alcanzar nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios quien es nuestro principal guía para superar cualquier obstáculo que se nos presenta. Así también el sustento incondicional de nuestros padres, quienes siempre nos han proporcionado enseñanzas y herramientas tanto emocionales como físicas para lograr nuestras metas.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción - Piura.", cuyos autores son CRUZ SANTOS LUIS FRANCISCO, CORDOVA JAIME LESLY LISET, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 16 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN DNI: 80225075 ORCID: 0000-0002-4805-3860	Firmado electrónicamente por: ARYMARCELOS el 16-04-2024 17:05:58

Código documento Trilce: TRI - 0742874



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CRUZ SANTOS LUIS FRANCISCO, CORDOVA JAIME LESLY LISET estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción - Piura.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
LESLY LISET CORDOVA JAIME DNI: 74473723 ORCID: 0000-0002-2318-1495	Firmado electrónicamente por: LCORDOVAJA19 el 16-04-2024 13:06:18
LUIS FRANCISCO CRUZ SANTOS DNI: 75806052 ORCID: 0000-0002-5783-1644	Firmado electrónicamente por: LCRUZSA25 el 16-04-2024 13:03:05

Código documento Trilce: TRI - 0742873

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.	11
3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de categorización.	11
3.3. Escenario de estudio.....	13
3.4. Participantes	14
3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	14
3.6. Procedimiento.	15
3.7. Rigor científico	16
3.8. Método de análisis de datos.....	16
3.9. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	92
VI. RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Subcategorías (Metodología BIM)	12
Tabla 2 Subcategorías (Proyectos de construcción)	13
Tabla 3 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 01	20
Tabla 4 Subcontratistas y sectores del proyecto 2	23
Tabla 5 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 02	27
Tabla 6 Restricciones en instalaciones sanitarias del proyecto N° 03.....	30
Tabla 7 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 03	32
Tabla 8 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 04	38
Tabla 9 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 05	43
Tabla 10 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 06	49
Tabla 11 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 07	56
Tabla 12 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 08	63
Tabla 13 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 09	67
Tabla 14 Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 10	73
Tabla 15 Matriz de Categorización	102
Tabla 16 Partidas de adicional N° 8 del proyecto 1	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resumen de periodo del Porcentaje de plan Cumplido del proyecto N° 01	19
Gráfico 2 Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto	20
Gráfico 3 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 01 por semanas	21
Gráfico 4 Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 02	25
Gráfico 5 Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 02	25
Gráfico 6 Flujograma de RDI's en el proyecto N° 02	26
Gráfico 7 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 02 por semanas	28
Gráfico 8 Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 03	31
Gráfico 9 Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 03	32
Gráfico 10 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 03 por semanas.....	33
Gráfico 11 Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 04	36
Gráfico 12 Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 04	37
Gráfico 13 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 04 por semanas.....	38
Gráfico 14 Implementación Last Planner	41
Gráfico 15 Porcentaje de plan cumplido en instalaciones sanitarias proyecto N° 05	41
Gráfico 16 Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 05	42
Gráfico 17 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 05 por semanas.....	43

Gráfico 18 Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N°06	48
Gráfico 19 Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N°06	48
Gráfico 20 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 06 por semanas.....	50
Gráfico 21 Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N°07	55
Gráfico 22 Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N°07	56
Gráfico 23 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 07 por semanas.....	57
Gráfico 24 Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 08	61
Gráfico 25 Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N° 08	61
Gráfico 26 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 08 por semanas.....	63
Gráfico 27 Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N° 09	66
Gráfico 28 Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N°09	66
Gráfico 29 Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 09 por semanas.....	68
Gráfico 30 Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N°10	71
Gráfico 31 Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 10	72
Gráfico 32 Resumen del nivel general de actividades del proyecto 10 por semanas	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Adicional de canal natural, ancho = 0.40m.....	45
Figura 2 Adicional canal de concreto c/impermeabilizante	45
Figura 3 Consulta y respuesta de información sobre la reubicación de caja de válvula	46
Figura 4 Consulta y respuesta acerca de la pendiente de la canaleta debe ser 1%	46
Figura 5 Sectorización de acuerdo a su cronograma base	47
Figura 6 Partida omitida en IISS.....	51
Figura 7 Detalle del enchapado de cajas de válvulas de agua	52
Figura 8 RFI en IISSS	52
Figura 9 Consulta sobre la incompatibilidad en brida rompe agua, tapa de cisterna, y sardinel armado.....	53
Figura 10 Incumplimiento de la programación semanal	54
Figura 11 Modelo de información de instalaciones sanitarias	58
Figura 12 Programa general de obra	59
Figura 13 Incompatibilidad en SSHH	60
Figura 14 Vista de plataforma colaborativa Trimble Connect	64
Figura 15 Consulta y respuesta de información sobre la incompatibilidad de diámetro de redes colectoras	69
Figura 16 RFI en Cisterna	70
Figura 17 Vista general del proyecto 1	124
Figura 18 Elaboración de Nivel General de Actividades.....	124
Figura 19 Plano Adicional N°8 del proyecto 1	126
Figura 20 Vista general del proyecto 2.....	127
Figura 21 Elaboración de Nivel General de Actividades.....	127
Figura 22 Interferencia caja pase de desagüe y canaleta de evacuación pluvial	128
Figura 23 Incompatibilidad instalaciones sanitarias y estructuras (sobrecimiento)	128
Figura 24 Ejemplo de Look Ahead Proyecto 2 – acumulación tercera semana .	129
Figura 25 Vista general del proyecto 3.....	133
Figura 26 Incompatibilidad de los pases para evacuación de agua	133

Figura 27 Ejemplo de Look Ahead Proyecto 3	134
Figura 28 Vista general del proyecto 4	137
Figura 29 Incompatibilidad en cisterna y tanque elevado del proyecto 4	137
Figura 30 Incompatibilidad sobre capacidad de cisterna.....	138
Figura 31 Incompatibilidad en la definición de material en la válvula de retorno.138	
Figura 32 Ejemplo de Look Ahead Proyecto 4	139
Figura 33 Distribución de frentes de trabajo.....	142
Figura 34 Programa de trabajo meta: IE Micaela Bastidas	143
Figura 35 Análisis de restricciones Proyecto 4	144
Figura 36 Vista General del proyecto 5	146
Figura 37 Consulta para confirmar el trazo de red de agua	146
Figura 38 Interferencia detectada, definir pase en muro de cerco perimétrico... 147	
Figura 39 Interferencia, reubicación para caja de válvulas	147
Figura 40 Plan Maestro, San Cristo – Proyecto 5	148
Figura 41 Look Ahead Planning Proyecto 6	149
Figura 42 Plan maestro proyecto 6	150
Figura 43 Plan general de obra Proyecto 7	151
Figura 44 Plan general de obra Proyecto 8.....	152
Figura 45 Mural de avance de redes pluviales Proyecto 10.....	153
Figura 46 Entrevista representante proyecto 1.....	154
Figura 47 Entrevista representante proyecto 2.....	154
Figura 48 Entrevista representante proyecto 3.....	155
Figura 49 Entrevista representante proyecto 4.....	155
Figura 50 Entrevista representante proyecto 5.....	156
Figura 51 Entrevista representante proyecto 6.....	156
Figura 52 Entrevista representante proyecto 7.....	157
Figura 53 Entrevista representante proyecto 8.....	157
Figura 54 Entrevista representante proyecto 9.....	158
Figura 55 Entrevista representante proyecto 10.....	158

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción en Piura. La metodología utilizada fue aplicada con un enfoque cualitativo, con diseño no experimental – transversal con nivel descriptivo. Los resultados demostraron que la implementación de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias es más eficiente que la metodología tradicional, es decir dicha metodología ayudo a disminuir retrasos y/o sobrecostos en la ejecución de un proyecto, como también mostró valores cercanos al 60 % de trabajo productivo, ya que se aplicó las diferentes herramientas de la filosofía de Lean Construction, y los diferentes softwares, entre los más destacados Autodesk Revit y Autodesk Navisworks, que apoyaron colaborativamente en la implementación de la metodología BIM. Así mismo se observó que las empresas en la actualidad han logrado implementar la metodología BIM a niveles medios, por la falta de conocimiento o el miedo al cambio para invertir en esta metodología.

Finalmente se ha concluido que en los proyectos de construcción existe un nivel bajo de implementación de la metodología BIM, pero ha favorecido en cierta medida la manera de trabajo colaborativo entre especialidades y stakeholders.

Palabras clave: Metodología BIM, metodología tradicional, instalaciones sanitarias, proyectos, empresas.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the application of the BIM methodology in the specialty of sanitary installations in construction projects in Piura. The methodology employed had a qualitative approach, utilizing a non-experimental, cross-sectional design with a descriptive level. The results demonstrated that the implementation of the BIM methodology in sanitary installations is more efficient than the traditional methodology. In other words, this methodology helped reduce delays and/or cost overruns in project execution. It also showed values close to 60% of productive work, as different tools of the Lean Construction philosophy were applied, along with various software, with Autodesk Revit and Autodesk Navisworks being among the most notable. These tools collaboratively supported the implementation of the BIM methodology. It was observed that, at present, companies have achieved a moderate level of BIM methodology implementation, partly due to a lack of knowledge or fear of change when investing in this methodology.

In conclusion, it was found that there is a low level of BIM methodology implementation in construction projects. However, it has to some extent enhanced collaborative work among specialties and stakeholders.

Keywords: BIM methodology, traditional methodology, sanitary installations, projects, companies.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la innovación no es ajena a la industria de la construcción, puesto que, al ser una actividad altamente competitiva, demanda de nuevos métodos de construcción, sistemas de gestión, etc., a fin de optimizar los recursos y maximizar utilidades durante el desarrollo de un proyecto. Es por ello, que en la actualidad los nuevos proyectos ya se encuentran implementando la metodología BIM (*Building Information Modeling*) como parte de esta innovación, la cual busca agrupar las especialidades implicadas en un proyecto y así facilitar la información requerida para llevar a cabo con éxito el desarrollo del mismo. Mencionando a su vez que, el estado peruano ya aprobó su Plan Nacional de Competitividad y Productividad del 2019-2030, por medio del Decreto Supremo N° 237-2019-EF, el cual prioriza la integración continua de la metodología BIM en inversiones públicas. (Ministerio de Economía y Finanzas , 2019, pág. 12).

BIM es una metodología que se ha venido implementando desde el año 2010 en el Perú en la construcción. No obstante, esta metodología se ha venido aplicando de una manera muy desinteresada o lenta hasta la actualidad a nivel nacional, dando mayor importancia a los proyectos de mayor envergadura, tal como se demostró en las construcciones de la sede de los Panamericanos Lima 2019; a diferencia de esta metodología, la metodología tradicional sigue generando sobrecostos y mayores plazos de ejecución en las obras de los diferentes rubros de construcción. Asimismo, Piura no es ajena a esta problemática, pues la mayoría de empresas siguen construyendo de la forma convencional, sin importar que muchos de los expedientes técnicos presentan gran cantidad de errores de compatibilidad entre sus diferentes especialidades, lo cual repercute al momento de ejecutar el proyecto. Puesto que la metodología tradicional, no permite tener un modelo de información de las estructuras que se van a construir, no tiene las herramientas necesarias para programar, planificar y controlar un proyecto en sus diferentes especialidades, sobre todo en las especialidades MEP (Instalaciones eléctricas, mecánicas y sanitarias), las cuales presentan mayor cantidad de errores al momento de federar ¹el proyecto por completo. (Sarmán & et al, 2021, pág. 01).

¹ Acción de integrar diferentes especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones, etc.) de modelos 3D en un solo proyecto. (Gómez, 2020. P. 77)

Por otro lado, la problemática en cuestión, al ser una metodología actualmente innovadora en la industria de la construcción, resulta ser un tema de gran provecho y análisis para las investigaciones que buscan mejorar el uso de los recursos de un proyecto sostenible en el departamento de Piura. De tal manera que, en la investigación presente se realizó la formulación del problema general: ¿Por qué se debe evaluar la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias de los proyectos de construcción en el departamento de Piura?, y como preguntas específicas: 1. ¿Es eficiente la metodología BIM en las instalaciones sanitarias?, 2. ¿Qué softwares contribuyen en los procesos de la metodología BIM en instalaciones sanitarias?, 3. ¿Cuál es el impacto que tienen las empresas que aplican la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de proyectos de construcción en el sector público?

Asimismo, este proyecto de investigación se justifica en que al aplicar la metodología BIM se puede optimizar el uso de los recursos económicos, tiempo y materiales, sobre todo tener un mayor control de los proyectos de manera colaborativa tanto en entornos digitales como en la manera de interactuar con los grupos de interés que conforman un proyecto de construcción. En tal sentido, las empresas puedan acogerse a esta investigación, unirse al cambio y buscar la manera de innovar en su rubro, ya que dentro de los modelos BIM se podrá conocer con anticipación las incompatibilidades, sobre todo en las instalaciones sanitarias, la cual presenta mayor cantidad de problemas al momento de ejecutar un proyecto, debido a que esta actividad demanda de un trabajo más riguroso por realizar. Al ser un tema innovador puede abrir paso a nuevas investigaciones que ayuden a tomar medidas correctivas al momento de compatibilizar las especialidades de un proyecto y no afectar la ruta crítica durante su ejecución.

Por consiguiente, se plantea el siguiente objetivo general: Evaluar la aplicación de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de los proyectos de construcción en el departamento de Piura; y como objetivos específicos: 1. Investigar la eficiencia de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias en proyectos de construcción, 2. Identificar y analizar los softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias, 3. Evaluar el impacto actual en las empresas

que aplican la metodología BIM en las instalaciones sanitarias en proyectos de construcción del sector público.

Finalmente, se tiene como hipótesis general qué: la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción en el departamento de Piura, es una metodología eficiente, con diferentes softwares que ayudarían a optimizar el uso de los recursos y maximizar utilidades durante el desarrollo de un proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan investigaciones relacionadas a las variables en cuestión, entre las cuales se tiene diversos artículos, tesis, entre otros.

A nivel internacional se tiene a los siguientes antecedentes.

Patel y Nayam (2022), en su artículo de investigación titulado "Beneficios de BIM para reducir errores en proyectos de construcción indios", tuvo como justificación, aplicar la metodología BIM para reducir los sobreesfuerzos humanos y minimizar la probabilidad de cometer errores en el sector construcción de la India, y como objetivos, verificar las funcionalidades de BIM para reducir errores humanos y de diseño en intervalos del proyecto; identificar los posibles errores y su gravedad en las funciones de BIM para optimizar tiempo y costos. Por otra parte, hicieron uso de la técnica cuantitativa en función de una percepción compartida por profesionales de construcción dedicados a la plataforma BIM; obteniendo como resultado que, siete funcionalidades fueron beneficiosas para reducir errores, agrupándose con naturaleza similar. Finalmente concluyeron que se necesita más atención en las tecnologías y software que ayudan a reducir errores, tal así que la capacitación BIM es fundamental en la industria de la construcción y el sistema de gestión de proyectos.

Rofi et al. (2021) en su artículo de investigación "Modelado de información de construcción para sistemas de agua en un edificio escolar de mediana altura" argumentan que las necesidades humanas requieren una instalación eficiente de tuberías para garantizar agua limpia en edificios sin fugas, evitando daños causados por métodos tradicionales como planos en 2D y cálculos manuales. Su estudio se centró en analizar la hidráulica siguiendo la Norma SIN 03-7065-2005 y utilizando Autodesk Revit MEP comparándolo con cálculos manuales utilizando las fórmulas de Darcy Weisbach. Los resultados mostraron velocidades de flujo que oscilaron entre 0.7 m/s y 6.4 m/s, con valores similares de Revit MEP. Además, se registraron presiones estáticas entre 2.3 kg/cm² y 2.6 kg/cm². El presupuesto tuvo una eficiencia del 0.4%, en consecuencia, los autores recomiendan el uso de BIM para el diseño de sistemas sanitarios debido a su capacidad para obtener fácilmente parámetros de flujo y recursos.

Mesquita et al, (2018), en su investigación “Estudio de caso de análisis de interferencias entre las disciplinas de un edificio con proyectos convencionales (re)modelados en BIM” indican que, los proyectos siempre presentan interferencias e incompatibilidades en su diseño. Justificándose en que, realizando un análisis de ejecución, se podría verificar las interferencias y evitar eventuales problemas. Su objetivo fue demostrar mediante un caso de estudio, el uso de BIM para modelar y analizar interferencias en un edificio residencial multifamiliar. Para ello, fue necesario realizar un modelado tridimensional, de arquitectura, sanitarias y estructuras consecutivamente en Revit, por último, los modelos tridimensionales se plasmaron en Navisworks. Finalmente, con los resultados fue posible cuantificar las interposiciones que existían en la interfaz estructural-hidrosanitaria, concluyendo que BIM es muy beneficioso en la fase de diseño y al momento de la ejecución.

A nivel nacional se tiene a las siguientes referencias.

Yañez (2023), en su investigación “Retos de la implementación BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud”, explicó que, aún existen brechas en empresas privadas y públicas para aplicar la metodología BIM en proyectos de manera adecuada. Por la cual se basó en determinar los retos en la implantación BIM en etapa de diseño de una infraestructura de salud. Se justificó que, en el Perú se ha propuesto mejorar la calidad de infraestructura pública, ya que, al trabajar de manera tradicional, muchos proyectos están inconclusos, por ejemplo, en Lima y Callao en 25 a 39% entre los años 2017 y 2020. Su metodología fue cualitativa donde aplicó entrevista a profesionales que elaboran el diseño, además realizó una investigación sistematizada de literatura. Finalmente concluyeron que, aún existe una oposición al cambio, ya que la mayoría de los proyectistas están acostumbrados a diseñar en 2D, y en la supervisión son pocos los que aplican la metodología BIM en el proceso de diseño.

Hinostroza y Romero (2019), en su investigación “Procedimientos para la implementación del modelado de la información de la construcción (BIM) en micro y pequeñas empresas del sector construcción”, indicaron que existen esfuerzos en el sector público y privado en implementar la herramienta BIM debido a la falta de desarrolladores en procesos de implementación, guías sobre BIM para ser aplicadas en las empresas de construcción, y la falta de capacitación a todos los

profesionales. Esta investigación se justifica en que existe una desventaja competitiva de las micro y pequeñas empresas de construcción en la implementación BIM, debido a la falta de inversión en la compra de sus softwares.

Usó una metodología exploratoria con diseño documental, para la cual aplicaron encuestas escritas, tomando su muestreo en la base de datos de representantes de la organización de las MYPE. Asimismo, se realizó el análisis de datos como parte de la descripción cuantitativa de la situación de la implantación BIM en las que se encuentran las MYPE del Perú en la actualidad. Por ello concluyeron que, el 56.7% estuvieron de acuerdo en implementar BIM, por ende, el 73.4% en mejorar la competitividad, por último, el 60% en mejorar y reducir sus interferencias, es decir, estos indicadores manifiestan una aceptación favorable en los procedimientos para implementar BIM en las MYPES sobre todo de construcción.

Por otra parte, como teorías relacionadas a la investigación se tiene:

Los proyectos de construcción se definen como una forma de producción única referido a la fabricación de estructuras que va de la mano con una adecuada gestión. A su vez, existen cuatro tipos de proyectos: Residenciales (Estos abarcan la construcción de viviendas, edificios multifamiliares y conjuntos habitacionales.), Comerciales (Son aquellos que se construyen con el fin de crear espacios de crecimiento cultural y económicos), Obras públicas civiles (Referidos a puentes, carreteras, instalaciones recreativas, mejor dicho, a obras en bien de la sociedad), y Rehabilitaciones (Centrados en la recuperación de las construcciones que necesitan mantenimiento para conservar su funcionalidad estructural y arquitectónica.) (Martínez y Vilet, 2022, p.53).

Por consiguiente, dentro de estos tipos de proyectos están presentes las instalaciones sanitarias, conformadas por el sistema de redes de agua potable, desagüe y desagüe pluvial. Donde el sistema de redes de agua potable está comprendido por: 1. El sistema directo que es la red que ingresa a una edificación directamente desde el servicio de agua público y termina en cada uno de los aparatos sanitarios que posee la edificación., 2. El sistema indirecto, es aquel que se usa cuando la presión y el caudal no son eficientes (tanque elevado)., y 3. El sistema combinado, que se usa cuando las presiones de agua lo permiten,

alimentando así de forma directa los ambientes bajos y los ambientes de niveles superiores de forma indirecta. Asimismo, este sistema está comprendido por el sistema de agua fría y caliente, los cuales tienen consideraciones especiales en los planos de detalle, el agua es calentada o enfriada por equipos especiales que frecuentemente se utilizan en duchas, baños o también para la limpieza (Sparrow, 2018, p. 03).

Del mismo modo, el sistema de desagüe y desagüe pluvial está comprendido por el sistema de evacuación de aguas negras y grises respectivamente, los cuales deben contar con un mantenimiento adecuado para evitar malos olores que se hayan ocasionado por la obstrucción de los sólidos durante su recorrido. Es decir, deben contar con elementos como las montantes y bajantes, pluviales y de desagüe que lleven las descargas hacia la red colectora que conecta con la red pública de alcantarillado, adicionando a su vez, los sifones, que cumplen la función de evitar la propagación de los malos olores al igual que las tuberías de ventilación (Caicedo, 2021, p. 11 – 12).

La metodología BIM (*Building Information Modeling*) por su parte, se define como el modelamiento, gestión y proceso de ejecución de un proyecto. Está dirigida para proyectos AECO (arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones). Estos modelos digitales de BIM contienen características importantes en cada uno de sus componentes del proyecto con el fin de garantizar un buen diseño, ejecución y mantenimiento de ello (Pereira, et al, 2021). Asimismo, el principal objetivo de BIM es evitar que la información de un proyecto se pierda a lo largo de su ciclo de vida. Lo cual ha llevado a usar la metodología conocida como Entrega Integrada de Proyecto (IPD) realizando alianzas entre sistemas, estructura de negocios, prácticas de un proceso y las personas, de tal manera que se aprovechen el talento y puntos de vista de los colaboradores, para optimizar resultados, aportar valor, reducir residuos y maximizar la eficiencia de un proyecto en todas sus fases (Espinoza, 2021, p. 19).

El ciclo de vida de un proyecto se compone en fases, a) conceptualización, se determina, cómo, qué y quién va a construir; b) diseño detallado, se definen los diseños; c) implementación de documentos, se generan documentos por terceros para establecer, financiar y autorizar fines reglamentarios; d) revisión por agentes,

es un procedimiento temprano donde se hacen los cambios necesarios para evitar problemas futuros; e) adquisición, se realiza de paquetes en función a variación de precios en las fases de diseño definidos en documentos de implementación; f) construcción, aquí se observan los beneficios de las tareas integradas en la fase de diseño y solo se enfoca en controlar la calidad y los costos; g) liquidación, el modelo 3D puede ser entregado a su propietario y el cierre depende de las condiciones del negocio; h) gestión de las instalaciones, una vez entregado el modelo al cliente se puede hacer uso para facilitar labores de mantenimiento en las instalaciones (Choclán et al, 2020, pp. 7-8; Almeida, et al, 2023).

Cabe mencionar que, los proyectos muestran un carácter multidisciplinario por cual es indispensable implementar un Plan de Ejecución BIM (BEP), en este documento se presenta una metodología donde los miembros del proyecto conocen sus responsabilidades, en cada una de las etapas indicadas: identificar objetivos y los usos BIM, diseñar el proceso de implementación BIM, definir los modelos de entrega y por último identificar la infraestructura necesaria. Este proceso se basa en utilizar software Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para mejorar el flujo de información donde incluye toda la información requerida (Zuleta, et al, 2018).

Por otra parte, es importante tener en cuenta los tres pilares de la metodología BIM. En primer lugar, la comunicación, la cual busca integrar a los especialistas de las diferentes disciplinas con el propósito de realizar procesos colaborativos (Coronado, et al, 2023); en segundo lugar, la interoperabilidad, la cual según Muñoz (2020), es una habilidad de intercambio de información de un proyecto entre múltiples herramientas a partir de archivos IFC (Industry foundation Classes), y por último, la centralización de la información, la cual busca reunir mediante un modelo todo lo creado por los diferentes especialistas en los diferentes software y hardware de ingeniería (Valero, 2023, pp. 12-17).

Del mismo modo, para desarrollar una inversión utilizando la metodología BIM en Perú se recomienda tener en cuenta los siguientes estándares: 1. Usos BIM, es importante conocer y aplicar los 28 usos BIM, de acuerdo con los objetivos y requisitos de información deseados. 2. Nivel de información necesaria (LOIN), la cual incluye los modelos 3D, los detalles geométricos (LOD) y sus tablas de información (LOI), y 3. Roles BIM, se establece que para aplicar BIM en el desarrollo

de un proyecto debe contar con un líder, gestor, coordinador, modelador, y supervisor BIM la cual se encargan de evaluar, gestionar, establecer, revisar como también proponer posibles soluciones a las diferentes incompatibilidades que pueden existir (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, p.39).

Agregando a lo anterior, otro punto importante son las dimensiones de BIM, las cuales están relacionadas con el ciclo de vida y sus fases. Según Riaño (2022, pp, 19-20), estas están presentes desde la fase de idea hasta el mantenimiento o demolición, estas dimensiones son: (1D) Idea, aquí nacen conceptos iniciales, diseño e investigación.; (2D) Boceto, producción de planos 2D con características genéricas.; (3D) Modelo, propuesta de modelo 3D colaborativo.; (4D) Tiempo, se agrega al modelo como una variante lo que permite un control en la ejecución del proyecto.; (5D) Costos, permite obtener cantidad de materiales y estimar gastos de operación.; (6D) Green BIM, muestra el comportamiento de ahorro energético y gestión de los recursos a usar., y (7D) Mantenimiento, nos proporciona herramientas para el monitoreo, inspección y reparación, para proyectos en desarrollo y en funcionamiento.

En la misma línea, se menciona que existen diferentes softwares BIM utilizados para el modelado de instalaciones sanitarias, entre los cuales están: ArchiCAD (Creado y desarrollado en 1982, el cual dentro de su programa MEP se puede crear o importar redes (tuberías, conductos, etc.) en 3D.), Revit (Dentro de su programa MEP permite diseñar instalaciones de cualquier tipo, para proyectos en instalaciones sanitarias, hidráulicas, eléctricas y especiales realizando un modelado rápido y eficiente.), Cype (Este ofrece dentro de sus tres áreas el diseño y cálculo de instalaciones sanitarias.), TeKton 3D (Programa usado para el diseño y cálculo de la edificación integrando sus instalaciones.), y Allplan (Dentro de su módulo de instalaciones, se pueden modelar instalaciones hasta de mayor complejidad de forma rápida gracias a un método continuo de diseño.) (Sancha, 2022, p. 25-29).

Por otro lado, al comparar la metodología BIM y la tradicional aplicada en instalaciones sanitarias. Se puede conocer que, la metodología BIM se apoya de softwares especializados en detallar elementos de esta especialidad, logrando acelerar el proceso constructivo e identificando las interferencias que pueden existir

desde las diferentes fases de diseño e inclusive en la etapa de construcción, a fin de garantizar un mantenimiento ideal y frecuente. Además, esta metodología tiene como finalidad restringir los costos durante el ciclo de vida del proyecto a través de un cronograma eficiente para llevar a cabo una buena ejecución que ayude a reducir la cantidad de desperdicios de los materiales, mano de obra y tiempo de ejecución (Bohorquez, 2022, p. 30).

Mientras que, la metodología tradicional por su parte sólo brinda planos que muestran el recorrido de sus redes de agua fría, pluvial y desagüe, con una probable ubicación de sus distintos elementos en planta, es decir, se basa en interpretación de las especificaciones técnicas, planos 2D e isométricos, y planteamiento del proceso constructivo con la finalidad de establecer los costos y plazo de ejecución del proyecto (Aragón y Flores, 2018). Además, en esta metodología tradicional también se observa un deficiente flujo de información entre los *stakeholders*² del proyecto, lo cual genera retrasos y sobrecostos que afectan a su presupuesto meta y venta inicial (Basualdo, 2021, pág. 8).

Finalmente, todo diseño o modelado de instalaciones sanitarias debe estar respaldado por la Norma IS.010, la cual detalla los requisitos mínimos para diseñar los componentes de esta disciplina para edificaciones en general (RNE, 2020). Asimismo, se tiene en cuenta la normativa que rige a nivel internacional es la ISO 19650, en donde se establecen principios y requisitos al momento de implementar la metodología BIM a lo largo del ciclo de vida de algún proyecto, además tiene bases en estándares británicos (BS 1192 y PAS 1192-2) lo que certifica una mejor utilización de activos, esta norma está dividida en 5 partes: conceptos básicos (ISO 19650-1), fase de entrega de activos (ISO 19650-2), fase de explotación de activos (ISO 19650-3), intercambio de información (ISO 19650-4) y por último enfoque de la gestión de información, considerando la seguridad de información (ISO 19650-5) (Acevedo, 2022).

² Stakeholders: Grupos interesados en un proyecto o de alguna actividad en cuestión (Abdelaal y Guo, 2022).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

El proyecto de investigación fue de tipo aplicado y tuvo un enfoque cualitativo porque ayudó a comprender la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias de diferentes proyectos de infraestructura.

La investigación de tipo aplicada se caracteriza por tomar conocimientos ya generados en la investigación básica que permiten solucionar diferentes problemas en algún campo de interés, aplicando técnicas, métodos o conocimientos que hagan posible resolver los conflictos (Villanueva, 2022, p. 21).

El enfoque cualitativo tiene el propósito de comprender perspectivas desde varios puntos de vista, contribuyendo a la definición de contextos, así como los procesos que se necesitan en la modificación o mantenimiento de aquellos fenómenos y sus relaciones (Maxwell, 2019, p. 14).

Por consiguiente, también se tuvo un diseño no experimental transversal porque no hubo uso expreso de las variables en cuestión, y además se realizó en un determinado periodo, su nivel fue descriptivo.

El diseño no experimental permite que el investigador no altere las variables de investigación, porque se basa en observar el contexto en donde el fenómeno es desarrollado, siendo analizado de tal manera que se obtiene información importante (Ramos, 2021, p.18), por otro lado, el factor transversal accede que la recolección de los datos se genere en un momento y tiempo único, su propósito va más orientada a describir las variables, así como el análisis de su incidencia en un momento dado (Huaire, 2019; p. 17).

El nivel descriptivo, en el enfoque cualitativo se enfoca en la realización de estudios narrativos de corriente constructivista, la cual busca describir representaciones relacionadas a un fenómeno que nace de un grupo humano (Ramos, 2020, p. 3).

3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de categorización.

Para realizar la categorización fue necesario realizar una matriz donde abarcó los rubros de categorías y subcategorías.

La matriz de categorización es aquella que se asocia con las categorías de estudio y en función a estas adaptar una posición investigativa. Se realiza con la importancia de denotar la cualidad de la investigación en curso, construyendo así un proceso de categorización, en esta se abarca conceptos teóricos, a partir de ello las subcategorías que se desprenden para realizar la investigación (Deroncele, 2022, p. 116)

Las categorías de estudio fueron:

Metodología BIM

Conjunto de procedimientos, políticas de trabajo y herramientas tecnológicas que al combinarse forman una metodología que permite planear, diseñar y construir proyectos de infraestructura de manera eficiente. (Prieto et al, 2019, p.3)

Proyectos de construcción

Se caracterizan por ser complejos necesitando la habilidad humana y otros recursos para construir y generar beneficios a un territorio mejorando su calidad de vida (Ali, 2020)

Categorías (Metodología BIM)

- Eficiencia en instalaciones sanitarias
- Softwares utilizados en instalaciones sanitarias
- Impacto actual en las empresas

Categorías (Proyectos de construcción).

- Tipología del proyecto
- Especialidad instalaciones sanitarias
- Metodologías de construcción

Tabla 1

Subcategorías (Metodología BIM)

Eficiencia en instalaciones sanitarias	Softwares utilizados en instalaciones sanitarias	Impacto actual en las empresas
--	--	--------------------------------

Costo Tiempo Productividad	Diseño Dimensiones 2D, 3D, 4D y 5D. Calidad.	Organigrama de la empresa. Costo de inversión. Presupuesto meta
----------------------------------	---	--

Tabla 2

Subcategorías (Proyectos de construcción)

Tipología del proyecto	Especialidad instalaciones sanitarias	Metodologías de construcción
Residencial Industrial. Especiales.	Diseño Análisis de interferencias Normativa	Alcance de la metodología. Costo de aplicación.

Códigos

- Metodología BIM (A – 01, A – 02, A – 03)
- Proyectos de construcción (B – 01, B – 02, B – 03)

3.3. Escenario de estudio.

El escenario de estudio fueron los proyectos de construcción en el departamento de Piura, los cuales están en proceso de implementación de la metodología BIM. Piura presenta una topografía ondulada con superficies llanas y planas, con un clima cálido de 30°C a 34°C, húmedo y lluvioso durante sus meses de verano. La economía en la ciudad de Piura ha tenido un crecimiento importante al 2023 gracias a sus actividades primarias del sector agropecuario, pesquero e hidrocarburos, entre otras, alcanzando una inversión pública superior en 77.1 % interanual (Banco Central de Reserva del Perú, 2023).

También aquellos proyectos de construcción ejecutados por las diferentes empresas, se desarrollan por lo general con la metodología tradicional, debido al temor a la innovación, falta de inversión y de personal capacitado para poder implementar la metodología BIM en dichos proyectos.

3.4. Participantes

Los participantes que intervinieron en la propuesta del proyecto de investigación fueron las fuentes de donde se ha extraído la información, es decir cada expediente y documentación extra referente a los proyectos de construcción ejecutados con metodología BIM y metodología tradicional. Además de los diferentes aportes que puedan proporcionar los representantes de las empresas que utilizan la metodología BIM y metodología tradicional en sus diferentes proyectos, en cuanto a sus comentarios y respuestas a las dudas consultadas, ya que fueron los que estuvieron en la ejecución de los proyectos.

3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La técnica principal en esta investigación fue un muestreo no probabilístico a conveniencia, ya que la información requerida para desarrollar los objetivos se basó en escoger proyectos de construcción desarrollados bajo la metodología BIM y metodología tradicional para su comparación con disposición de acceso para analizar y tomar datos para el análisis de la eficiencia, softwares e impacto que han tenido las empresas en los proyectos de construcción en estudio. En tal sentido la técnica fue útil tal como la define Hernández (2021, p. 2), donde indica que es una muestra donde se realiza la selección a conveniencia del investigador, lo que le otorga la libertad de elegir una cantidad de muestra que forma parte del estudio.

Además, para el primer objetivo y segundo objetivo se usó como técnica el análisis documental a fin de conocer la eficiencia de la metodología BIM y lograr identificar los softwares y alcance relacionados con la metodología BIM, respectivamente. Según (Martínez, 2023, p. 3), indica que esta técnica consiste en usar técnicas y métodos en la localización, procesamiento y almacenamiento de información documentaria, en una primera etapa, para luego ampliar estos conocimientos y lograr encontrar respuesta a objetivos específicos de un tema en particular.

De forma similar, para el tercer objetivo fue necesario usar la entrevista como técnica para recolectar la información sobre el impacto de la metodología BIM en las empresas. Según Arias (2020, p. 118), desde un enfoque cuantitativo, tiene por finalidad recolectar información referente a las ideas, experiencias, opiniones, etc., creando así una comunicación directa de entrevistador y entrevistado; además se genera una interacción dinámica ya que las preguntas son libres y abiertas.

Los instrumentos que se utilizaron, para el primer y segundo objetivo fue una ficha de registro de datos la cual sirvió para identificar la eficiencia de la metodología BIM describiendo las diversas herramientas y procesos para una correcta implementación, así como para identificar y analizar los softwares respectivamente; según Cortez y Maira (2019, p. 4) este instrumento es posibilita al investigador ubicar de manera sistemática el área donde desempeñará el estudio de investigación, asimismo, es el medio que guía la recopilación de datos y la información relacionado con el tema en estudio.

Por último, para el tercer objetivo la técnica utilizada fue la guía de entrevista que sirvió para recolectar información del impacto de la implementación de la metodología BIM; según Arias (2020, p. 123), la guía de entrevista tiene como importancia realizar preguntas al entrevistado que pueden ser cambiantes de acuerdo al contexto en el que se desarrolla una investigación, estas guías se emplean una variedad de entrevistas, incluyendo su aplicación en el campo de la ingeniería, donde se utilizan para obtener las opiniones de expertos de diferentes ámbitos con el propósito de abordar y resolver problemáticas específicas, así como utilizar la información para otras investigaciones.

3.6. Procedimiento.

1. Para comenzar con la investigación inicialmente se usó la técnica de muestreo no probabilístico que consistió en la selección de proyectos de construcción en la región Piura donde se usó la metodología BIM, así como proyectos de metodología tradicional, también se hizo la búsqueda en el Portal OSCE para contrastar la búsqueda.
2. Una vez identificados estos proyectos se solicitó la información a las empresas mediante los representantes (ingenieros y arquitectos) que laboran en los proyectos ya ejecutados o en proceso de ejecución, donde se tuvo respuesta favorable para acceder a la información de 8 proyectos con implementación BIM y dos proyectos con metodología tradicional; es importante mencionar que nosotros los investigadores formamos parte de dos proyectos con esta metodología, pero de igual manera se ha seguido un procedimiento para solicitar la información necesaria y poder desarrollar los objetivos propuestos.

3. Para el primer objetivo se procedió a realizar un análisis documental con toda la información de los proyectos, enfocando los resultados en tres aspectos importantes, costo, tiempo y producción.
4. Con respecto al segundo objetivo con la información recabada de la documentación proporcionada, se identificaron los softwares utilizados en la metodología BIM en todas las fases, además aquellos que complementan su implementación del mismo en los 10 proyectos incluidos.
5. Finalmente, para resolver el tercer objetivo con la aplicación de la ficha de entrevista, se entrevistó a un representante de cada uno de los proyectos para que a través de sus experiencias se pueda evaluar el impacto que tuvo la metodología BIM en dichos proyectos y para las empresas que los ejecutaron.

3.7. Rigor científico

Esta propuesta de proyecto de investigación cumplió con el rigor científico, porque para su credibilidad, fue necesario recurrir a información de argumentos fiables, que pueden ser comparados y analizados para después mostrar los resultados del estudio realizado de acuerdo al procedimiento de la investigación. El rigor científico es necesario aplicar en todas las etapas del proyecto tanto en el planeamiento del problema, durante la recolección de teorías, metodología, el desarrollo y análisis de los resultados (Suárez, 2020, p. 5).

El proyecto de investigación se elaboró cumpliendo con la credibilidad científica, en la cual se añadió teorías internacionales y nacionales, tomando en cuenta la norma APA para realizar las citas, es por ello que de forma clara y precisa se interpretó cada una de ellas. Además, se tomó en cuenta el análisis documental de diferentes expedientes técnicos de proyectos usando nuestra habilidad y capacidad como investigadores, se tuvo en cuenta los lineamientos metodológicos de la universidad.

3.8. Método de análisis de datos.

El método utilizado para desarrollar el primer fue un análisis textual deductivo de la data documental y numérica, así como de los procesos implementados en las instalaciones sanitarias, las estrategias usadas para la solución de conflictos dentro de los procesos enfocados en costo, tiempo y producción, de la misma manera para

se usó el mismo método de análisis para el segundo objetivo, pero centrado en el uso de los softwares de los proyectos en cuestión, para ambos objetivos se hizo uso de la norma IS 010 y la ISO 19650. Según Acuña (2023) el método de análisis textual o documental consiste en que a partir del conjunto de datos obtenidos durante la investigación; donde se obtienen conclusiones sobre la información, para tomar decisiones o seguir ampliando los conocimientos de un tema en específico.

Para el tercer objetivo el método utilizado fue el análisis fenomenológico, el cual consistió que a partir de lo recogido en la entrevista se realice una interpretación de las respuestas respondiendo al objetivo que es ver el impacto de la metodología en cada proyecto. Según Arreola, et al (2019), el análisis fenomenológico es parte de una estructura que abarca las experiencias vividas o eventos puntuales de aquellas experiencias siendo un punto del cual se parte para realizar una reflexión.

3.9. Aspectos éticos.

El proyecto de investigación, fue de autonomía propia, puesto que, cumplió con los principios éticos, y con los lineamientos otorgados por la universidad. Asimismo, se usó la norma APA, la cual sirvió para citar y referenciar las fuentes utilizadas en relación al tema de investigación.

Por otra parte, en el proceso investigativo, se asumió la responsabilidad y honestidad al momento de tomar cualquier tipo de información mencionada en el proyecto. Por ende, también se aplicó el consentimiento informado ya que es un principio ético, el cual se usó para llevar a cabo la investigación en estudio y así poder dar respuesta a los objetivos. Asimismo, se tuvo en cuenta otro principio, en el cual consistió en la protección de las empresas constructoras en estudio, respetando sus derechos esenciales.

Por último, en cuanto a la libre contribución y privilegio a estar informadas las empresas constructoras, pues estas tuvieron el derecho a estar encaminadas con respecto a los propósitos y fines que se trató en la investigación; empleando la beneficencia, la no maleficencia, y la justicia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para desarrollar el primer objetivo específico que consistió en investigar la eficiencia de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de proyectos de construcción, se trabajó con la guía de observación enfocando 3 puntos importantes (costo, tiempo y producción) que demuestran la eficiencia de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias de los siguientes proyectos de construcción en Piura:

Proyecto 1: “Ampliación y Mejoramiento de la I.E. N° 14587 San Miguel Arcángel, Distrito Miguel Checa, Provincia Sullana – Piura.”

Este proyecto se ejecutó con la metodología tradicional, el cual consistió en la construcción de un colegio de educación primaria, considerado como una obra pública, financiado por la municipalidad distrital de Miguel Checa, bajo la modalidad de suma alzada y fue ejecutado por la constructora VISAP del consorcio San Miguel Arcángel. El proyecto constó de cinco bloques y 6 obras complementarias.

Según la metodología implementada, en cuanto al costo en las instalaciones sanitarias fue afectado por la generación de un adicional de obra, el cual consistió en trabajos de conexión de los servicios de agua y desagüe desde la Institución Educativa a la red pública, el cual no estaba contemplado en el presupuesto contractual, es decir, este mejoramiento fue un mayor alcance. De lo observado, además de las partidas contractuales la mayoría de partidas fueron nuevas lo que ha generado mayores costos para su ejecución.

Esto debido a que inicialmente no se ha considerado en las metas contractuales del proyecto, el cual tuvo un incremento del 11.38% con respecto al adicional, y un 0.19 % con el presupuesto contractual general. Asimismo, otro de los factores que también afectó el costo del proyecto fue la logística, debido a que surgieron distintas causas los cuales fueron los cambios inesperados en la programación diaria o semanal, la poca coordinación entre los implicados al momento de realizar los requerimientos, y problemas de liquidez.

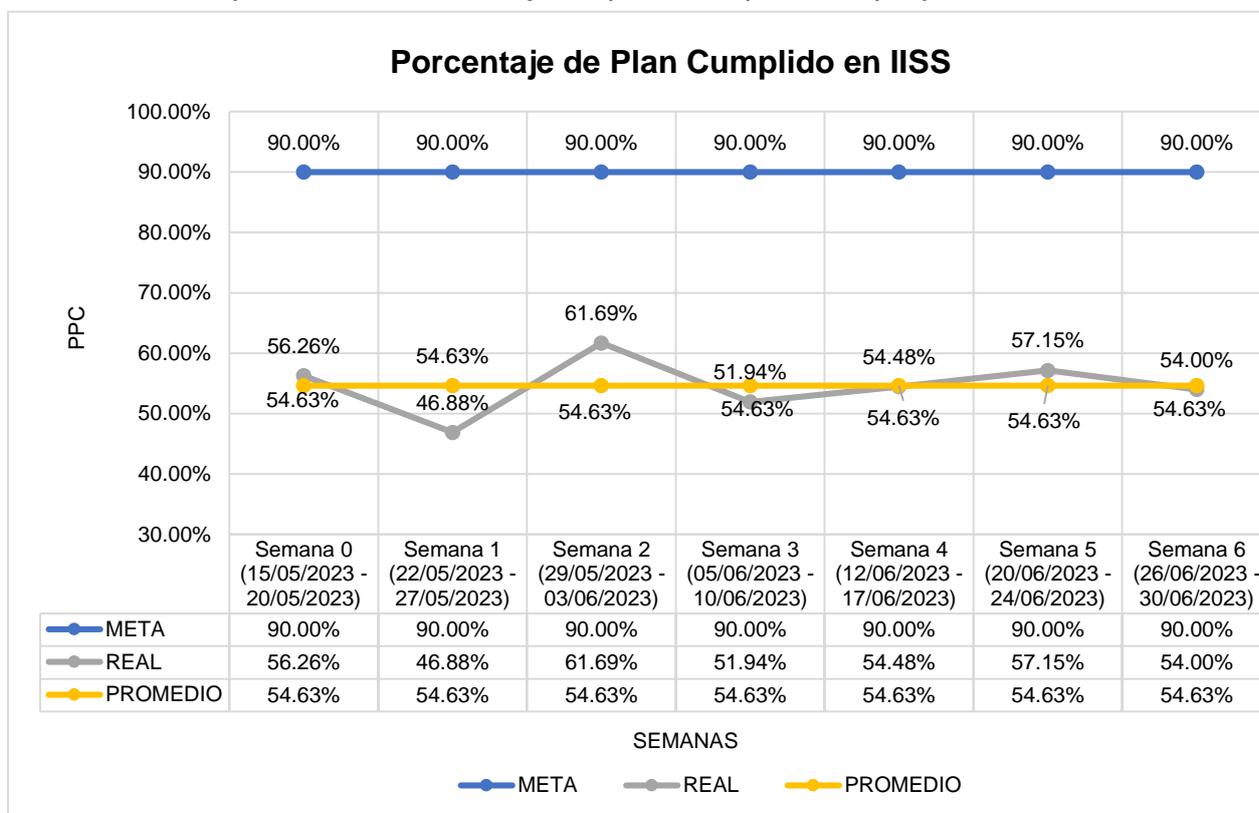
Con respecto al tiempo, se verificó el cronograma meta con los cronogramas generados por adicionales y dar respuesta a su tiempo de ejecución del proyecto. El nuevo cronograma del adicional N°8 junto a otros cronogramas de adicionales

de otras especialidades, han generado una acumulación en la ampliación de plazo adicional con respecto al cronograma general ya que inicialmente el proyecto tenía con fin el 26 de septiembre de 2023, pero con la nueva ampliación acumulada la nueva fecha de término prevista fue el 15 de octubre de 2023.

Por otro lado, el equipo técnico implementó la herramienta *Last Planner System*, solo en sus primeras 4 semanas de haber iniciado la ejecución en todas sus especialidades, además, realizaba análisis de restricciones, pero por el tiempo que esto tomaba realizar y entre otras responsabilidades de los profesionales se dejó de implementar. Lo que llevó a solo realizar programaciones diarias en formatos Excel simples, varias de estas programaciones diarias no se llegaron a cumplir de acuerdo al porcentaje propuesto. Es por ello, que aplicaron un Plan de Porcentaje Cumplido, con el propósito de identificar las diferentes actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias que estaban demandando de un mayor gasto de horas hombre, del cual se obtuvo un 53.69% el mejor de sus PPC.

Gráfico 1

Resumen de periodo del Porcentaje de plan Cumplido del proyecto N° 01



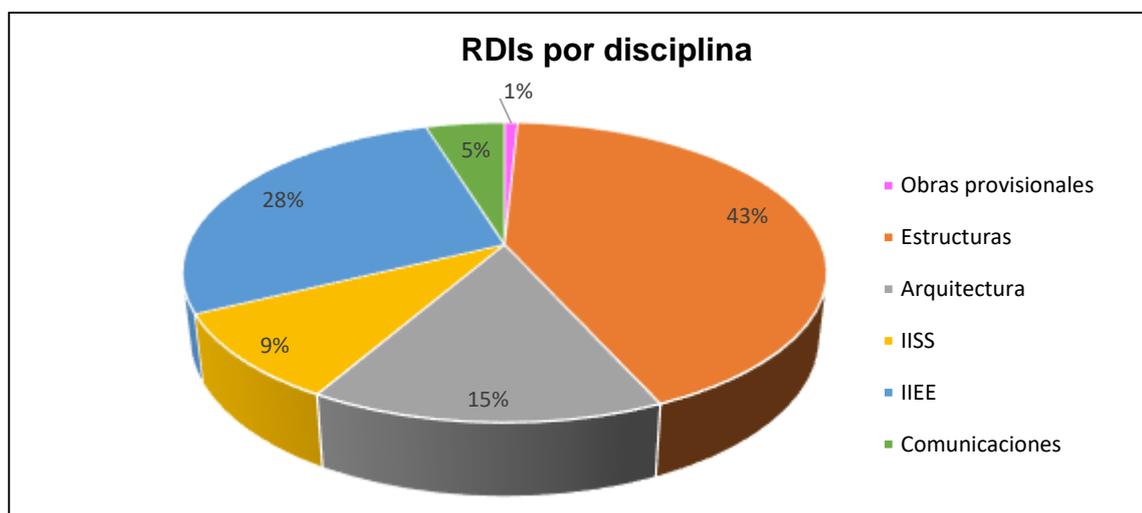
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 1, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 90.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 54.63%, y un 61.69% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 46.88% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

Por otro lado, según lo observado del análisis de los RFI's que se efectuaron del proyecto, el 9% corresponden a la especialidad de instalaciones sanitarias. Lo cual, se cree conveniente mencionar que la respuesta a estas consultas demandó un tiempo más del previsto, ocasionando problemas en el plazo de ejecución.

Gráfico 2

Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto



Nota. Fuente: Propia de la investigación

En cuanto a la producción, en este proyecto como parte de su metodología implementaron herramientas de *Lean Construction* como fue un Nivel General de Actividades, basados en reconocer las actividades que tenían bajos rendimientos en relación a lo establecido en sus análisis de precios unitarios de su presupuesto meta, en el cual se observaron que en la especialidad de instalaciones sanitarias tuvieron una considerable pérdida de horas hombre.

Tabla 3

Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 01

Resumen del periodo – muestreo de trabajo

Proyecto: I.E. N° 14587 San Miguel Arcángel – Sojo **Semanas:** 15/05/23 – 12/06/23
Área: Proyecto en general **Confiabilidad:** 95% +/- 5%

Partidas evaluadas en el periodo:

Suministro e instalación de aparatos y accesorios, Instalación de aparatos y accesorios sanitarios, Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios, Salida de desagüe, Montante de desagüe, Redes colectoras, Movimiento de tierras, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, Trampa de grasa, Cisterna y tanque elevado y Montantes ø4” pluviales.

Fecha	TP	TC	TNC
15/05/2023	37.23%	37.36%	25.41%
22/05/2023	41.94%	40.50%	17.56%
29/05/2023	41.25%	33.68%	25.07%
05/06/2023	49.80%	31.83%	18.37%
12/06/2023	48.55%	33.58%	17.87%

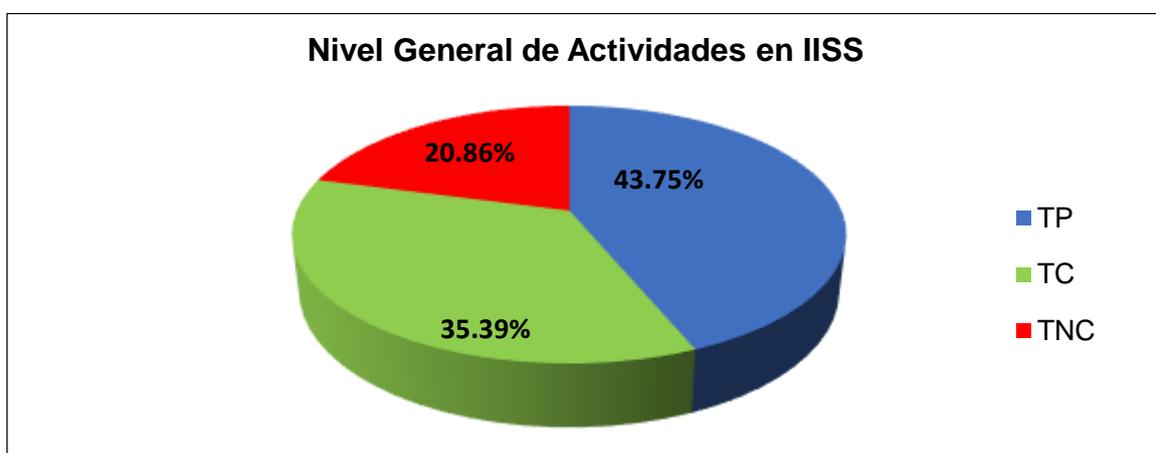
TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio
TNC: Tiempo no contributorio

Semana	43.75%	35.39%	20.86%
---------------	--------	--------	--------

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 3

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 01 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 3 y de la tabla 3 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que del 100% del tiempo empleado en la ejecución de partidas de instalaciones sanitarias, solamente el 43.75% fue de actividades productivas, mientras que el 30.39% fue trabajo contributorio y el 15.85% trabajo no contributorio, en consecuencia, la ejecución de las partidas de esta especialidad han mostrado baja productividad por la generación de horas hombre que no aportaron en el avance de la obra.

Con respecto a los índices de productividad (IP) en las partidas instalaciones sanitarias se han analizado los reportes de aquellas con mayor incidencia, donde se dio a conocer que en una primera instancia la mayoría de las partidas han mostrado índices de productividad bastante elevados, es decir, que los rendimientos se han mostrado bajos a comparación de los índices presentados en el expediente contractual, esto afectó negativamente a la productividad, con ello ampliar los plazos de ejecución. Luego de la aplicación de herramientas *Lean Construction*, los IP se han logrado reducir, pero no en su totalidad.

Además, la productividad en partidas de menor incidencia que implicaron la producción de concreto in situ generó un exceso de mano de obra, afectando de manera negativa la productividad. Otro factor negativo fue la interferencia que se identificó entre las redes de desagüe con las redes de instalaciones eléctricas por falta de un modelo 3D y la deficiente revisión de los planos de estas especialidades, lo que ocasionó una baja productividad y pérdida de costos en la ejecución de estas partidas.

Proyecto 2: “Rehabilitación del local escolar Colegio Técnico de Aplicación con código local 414444”

Este proyecto se ejecutó con la metodología BIM, queda ubicado en el distrito de la Arena y provincia de Piura, constó de la construcción de un colegio de educación primaria y secundaria, considerado como una obra pública. Este fue financiado por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) con un acuerdo de gobierno a gobierno entre Perú y Reino Unido, ejecutado por el Consorcio AJANI – GCZ. Para mejorar el avance la contratista general optó por subcontratar servicios

a otras empresas constructoras para terminar el proyecto antes del tiempo programado.

Tabla 4

Subcontratistas y sectores del proyecto 2

Consorcio / Empresa	Condición	Sector
Consorcio AJANI GCZ	Contratista	Tanque elevado, cerco perimétrico sur y extensiones 1 Y 3
Constructora S y M Piura	Subcontratista	MBR4.2.5 y MBR 6.2.3
SINGENOR	Subcontratista	MBR6.2.3
HH Hermanos	Subcontratista	MBR4.1.5
House Construction	Subcontratista	MBR6.3.1, MBR 4.3.2, MBR4.3.3 y MBR6.3 P4
J y M Rivas	Subcontratista	Cerco perimétrico norte

Nota. Fuente: Elaboración propia

Según la información brindada del proyecto en cuanto al costo y de acuerdo al avance no se han generado adicionales ni eventos compensables en la especialidad de instalaciones sanitarias, según la documentación proporcionada y analizada estos posibles problemas se han prevenido en la fase de revisión por agentes en su última entrega aprobada que dio pase al inicio de las actividades.

El presupuesto meta inicial se ha visto afectado luego de pasar por la fase de revisión por agentes, donde después de las respuestas a los RFI's se han modificado materiales, cambios en diseño afectado y aumentando este presupuesto. En la fase de ejecución todas las partidas ejecutadas antes de la investigación se han ejecutado conforme a lo establecido en el expediente contractual, por lo tanto, de acuerdo al avance no se ha presentado eventos que afecten el presupuesto, antes ya modificado. En sus respuestas a las consultas realizadas en la fase de revisión por agentes el proyectista indicó que si los RFI's impactan en el costo en esta fase se deberá informar inmediatamente para su

aprobación o rechazo, a la fecha en donde se realizó la investigación las respuestas no han generado mayores costos.

De acuerdo a lo observado en la información proporcionada y respecto a las consultas realizadas del proyecto 2, existe una situación que afecta este punto. La empresa contratista general realizó la gestión de logística de acuerdo a la programación establecida siguiendo un proceso eficaz, esta fue una ardua labor y compromiso por parte de todos los involucrados. Sin embargo, como la empresa hizo la subcontratación de varias empresas, algunas de ellas no se adecuaron el ritmo de trabajo colaborativo, ya que su logística no fue eficaz, retrasando actividades por la falta de equipos y materiales en obra, a la vez esto ha generado que en ocasiones el personal obrero paralice actividades parcialmente, pero que sí afectó el cronograma, a pesar de los acuerdos descritos en el Plan de ejecución BIM AJANI – CGZ, donde se indicó que subcontrata debía contar con materiales, equipos y algunos insumos que no le competen a la contratista general para ejecutar su sector.

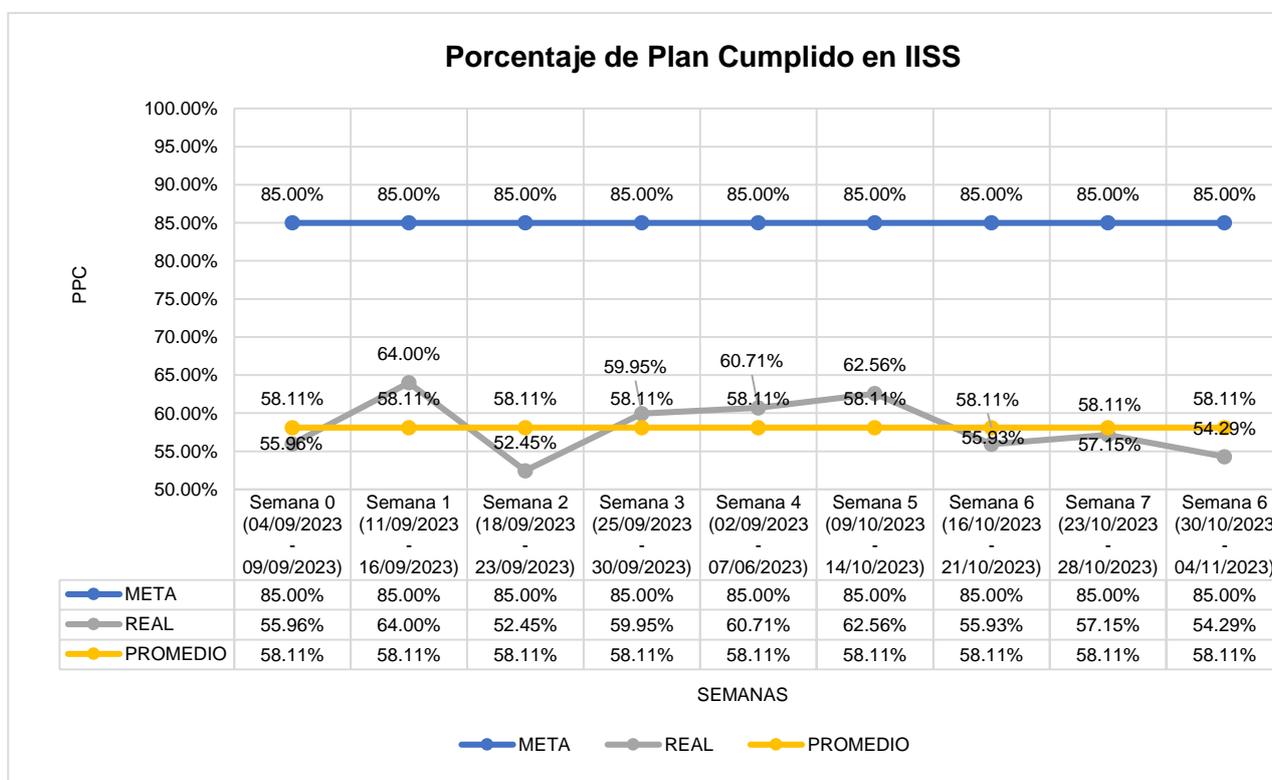
En lo que se refiere al cronograma base en la fase inicial según la implementación BIM ha sido estructurado para cumplirlo reduciendo costos e induciendo métodos constructivos que optimizarán los tiempos de ejecución. Ya en fase de construcción el cronograma se vio afectado ya que, algunas subcontratas estuvieron en un nivel de implementación bajo, debido a factores administrativos y gestión SSOMA, ante la situación las subcontratas que lograron adecuarse al ritmo de implementación BIM establecieron compromisos para alcanzar los objetivos meta.

Por otro lado, el análisis de restricciones se realizó conforme al avance y en base a la experiencia e identificación de los procesos, se analizan las restricciones que tendrán para ejecutar ciertas partidas. Según indica la documentación analizada, el problema central lo tuvieron las subcontratas y su pésima logística. De acuerdo al seguimiento con la herramienta *del Lean Construction*, el *look ahead planning* complementaria a la implementación BIM, en instalaciones sanitarias se han logrado programar las partidas a ejecutar con éxito, sin embargo el cumplimiento de estas no tuvieron un buen porcentaje debido a los acontecimientos diarios, ya sea por la falta de material, paralización parcial de actividades, el porcentaje de

cumplimiento en instalaciones sanitarias general del proyecto demuestra que el PPC varía entre un 35% a un 55%, como la siguiente tabla.

Gráfico 4

Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 02



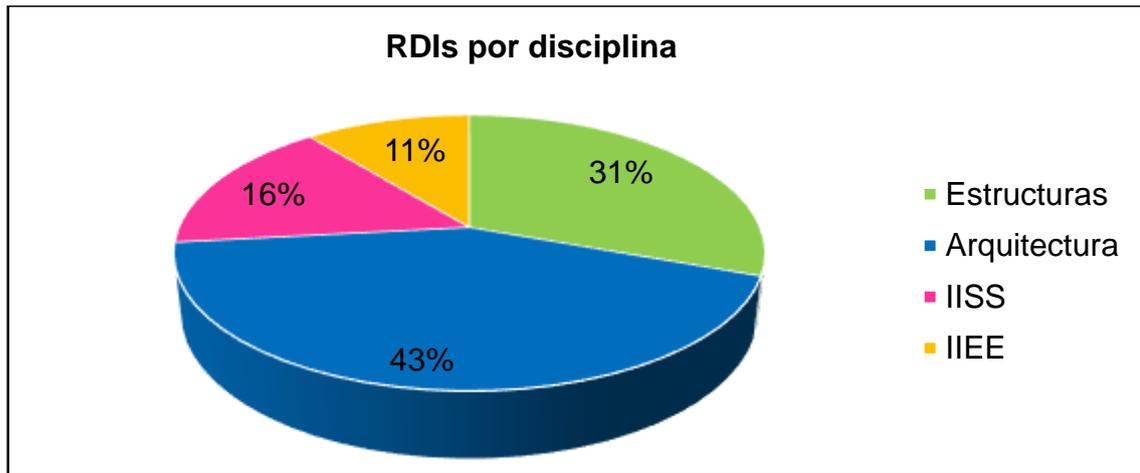
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 4, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 85.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores ya mencionados se pudo alcanzar un PPC promedio de un 50.11%, y un 64% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 52.45% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

Según la documentación proporcionada, en la revisión de RDI´s elaborados por la empresa contratista, en este proyecto del 100% de estos requerimientos, el 16% le pertenecen a la especialidad de instalaciones sanitarias, estos fueron revisados a través de sesiones ICE donde se resolvieron las observaciones y las interferencias graves.

Gráfico 5

Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 02

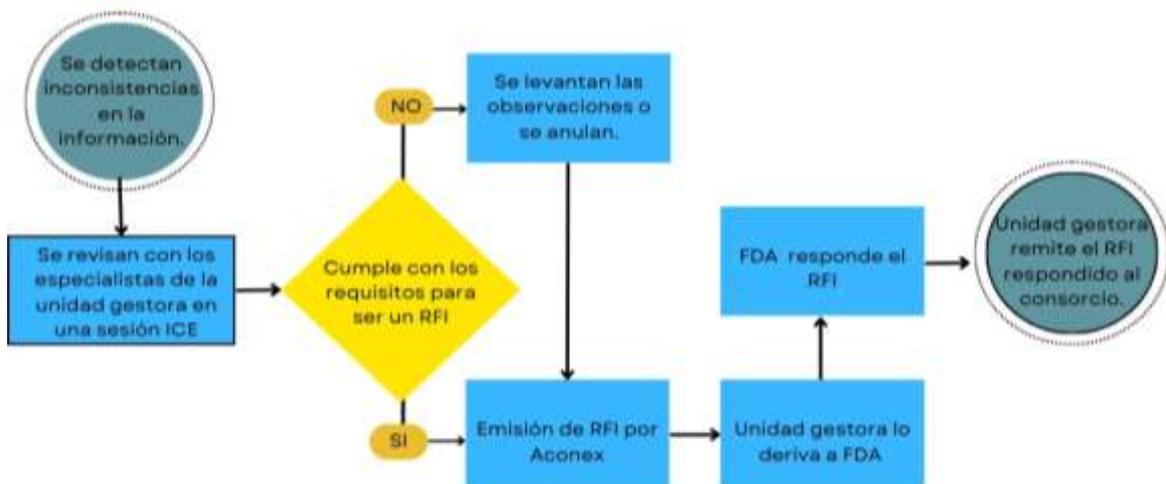


Nota. Fuente: Propia de la investigación

La información requerida en instalaciones sanitarias se basó en dar solución a interferencias en elementos pluviales, aclaración y propuestas de cambio en el diseño para mejorar el flujo de las instalaciones de desagüe, aclaración en el material a utilizar, correcciones en cotas entre otras, que se han consultado de manera clara y precisa, en algunos de estos cambios el presupuesto proyectado se ha sido modificado antes de la ejecución, ya en ejecución de obra el seguimiento y control por incompatibilidad o interferencias se hizo uso de *Red Lines* ya que las respuestas deben ser de forma inmediata. Dentro de los usos BIM en el proyecto se utiliza el siguiente flujograma como parte de la coordinación 3D en obra.

Gráfico 6

Flujograma de RDI's en el proyecto N° 02



Nota. Fuente: Propia de la investigación

En cuanto a producción, la empresa consideró implementar en el proyecto el nivel general de actividades en todas sus partidas en el proyecto en general, pero analizadas por especialidad, según la documentación proporcionada se han analizado 09 semanas hasta el momento de la investigación, esto consistió en analizar también los trabajos realizados por las subcontratas arrojando un solo porcentaje promedio, dichos porcentajes han variado de acuerdo al ritmo de trabajo de cada una de estas subcontratas en las semanas analizadas. En la especialidad de instalaciones sanitarias se tiene lo siguiente:

Tabla 5

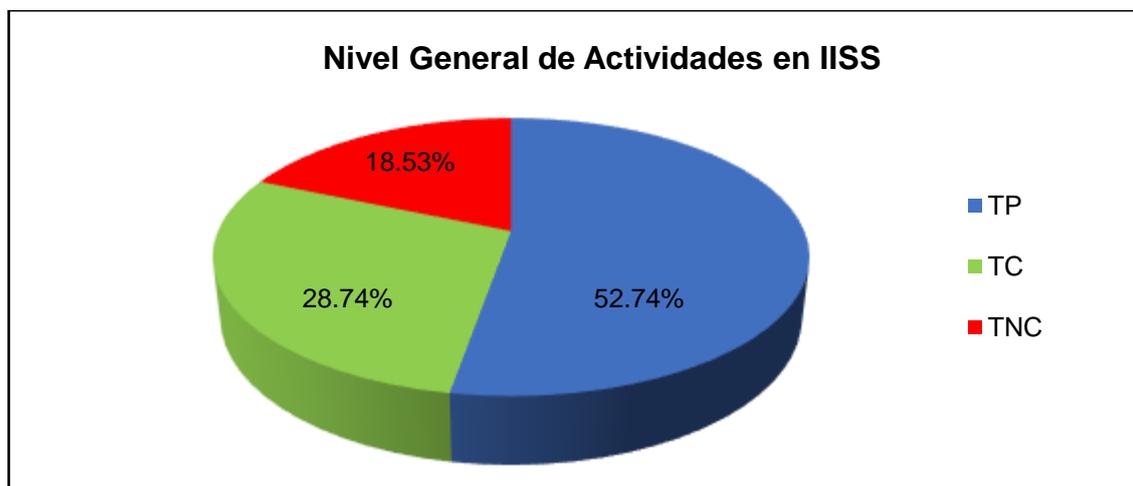
Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 02

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. COTAM	Semanas:	04/09/23 - 30/10/23
CR:		Confiability:	95% +/- 5%
Área:	Proyecto general		
Partidas evaluadas en el periodo:			
Instalación de accesorios sanitarios (válvulas, codo, yee, tee), suministro e instalación de agua fría y tuberías de desagüe, pruebas hidráulicas, replanteo y replanteo y nivelación, excavaciones para las instalaciones.			
Fecha	TP	TC	TNC
04/09/2023	58.20%	27.58%	14.22%
11/09/2023	59.24%	20.30%	20.46%
18/09/2023	53.21%	30.54%	16.25%
25/09/2023	26.14%	46.87%	26.99%
02/10/2023	29.76%	46.96%	23.28%
09/10/2023	55.69%	30.58%	13.73%
16/10/2023	53.54%	24.30%	22.16%
23/10/2023	68.26%	16.50%	15.24%
30/10/2023	70.60%	15.00%	14.40%
TP: Tiempo productivo TC: Tiempo contributorio TNC: Tiempo no contributorio			
Semana	52.74%	28.74%	18.53%

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 7

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 02 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados de la tabla 5 y el gráfico 7, se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% del tiempo empleado en la ejecución de partidas de instalaciones sanitarias, el 52.74% fue de actividades productivas, mientras que el 28.74% fue trabajo contributivo y el 18.53% trabajo no contributivo, a pesar de lo descrito en el proyecto ha logrado mantenerse en porcentajes normales de producción a nivel general de proyecto.

En cuanto a los métodos constructivos para esta especialidad fueron similares a los métodos constructivos tradicionales, la diferencia es que para ejecutar las partidas se han subsanado las interferencias y se han realizado las consultas desde un modelo 3D federado, así en la ejecución se han evitado las interferencias. Todos los materiales son prefabricados y contaron con certificado de calidad, las tuberías y accesorios colocados cumplieron la normatividad tanto nacional como internacional, mejorando la producción.

Proyecto 3: “Rehabilitación del Local Escolar N° 14062 Nuestra Señora de las Mercedes con Código Local N° 770240, Distrito de La Unión, Provincia de Piura, Departamento de Piura - Código ARCC N° 2261”.

Este proyecto se ejecutó con la metodología BIM, considerado como una obra pública. Este es financiado por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios

(ARCC) con un acuerdo de gobierno a gobierno entre Perú y Reino Unido, ejecutado por la subcontratista Grupo Huari Huanca. El proyecto fue destinado para un colegio de educación primaria, este estuvo agrupado por componentes de trabajo Comp 450, 451 Y 452, estos a la vez por activos denominados 418, 419 y 420 destinados para aulas, ambientes de pedagogía, aulas de docentes, ambientes administrativos y servicios higiénicos, además de obras complementarias.

En costo se puede señalar que existieron eventos compensables en la especialidad de instalaciones sanitarias, estos se presentaron en primera instancia porque existieron partidas asignadas a un mayor alcance del proyecto, las cuales se debían añadir a la ejecución y cubrir el contrato, del mismo modo existieron eventos compensables por deficiencia en la etapa de diseño, las cuales en la etapa de ejecución con la integración del modelo 3D fueron detectadas a tiempo y elaborar la documentación para generar un evento compensable. En la especialidad de instalaciones sanitarias, los eventos compensables surgieron por los niveles de terreno que no se adecuaban tanto en interior como exterior del proyecto lo que conllevó a modificar el diseño del drenaje pluvial a nivel de piso, para ello se tuvieron que añadir nuevas canaletas, nuevas cajas de registro y cambiar los niveles de tubería.

El presupuesto por su parte, a consecuencia de la generación de los eventos compensables tuvo que modificarse para lograr cumplir con las exigencias del alcance del proyecto. El porcentaje de incremento del presupuesto meta inicial respecto al proyecto en general tuvo un 0.23% más y comparando solo el presupuesto de instalaciones sanitarias contractual tuvo un incremento del 17.32%, dentro de este presupuesto estuvieron consideradas nuevas partidas, materiales y equipos, así como la gestión BIM para solucionar los nuevos alcances.

En relación a la logística, según lo analizado esta fue necesaria desde inicio de la obra hasta su etapa final, para ello se hizo un seguimiento en base a una programación 4D y la información que proporcionó. Sin embargo, en la adquisición de algunos materiales de instalaciones sanitarias no existía buena gestión ya que la empresa ejecutora no cumplía con los pagos a los proveedores o estos mismos demoraron llegar a obra, creando así restricciones de trabajo, por otro lado, en cuanto a calidad existía cierta demora en la aprobación de los materiales, ya que

se debía cumplir necesariamente lo que proporcionaba la información del modelo y sus características de las especificaciones técnicas.

En la fase inicial del proyecto se estableció un compromiso por parte de la empresa ejecutora, para que a través de la metodología a implementar se pueda cumplir ya que esta simplificaría los trabajos, sin embargo, al surgir los eventos compensables por documentación y falta de criterio que no se tuvo en la etapa de diseño el cronograma proyectado se vio modificado. Para los acontecimientos descritos a través de la dimensión 4D los vínculos creados con los modelos 3D tuvieron que ser modificados, asimismo el diagrama por gráficos de desviaciones (curva S) del cumplimiento del nuevo cronograma, ya que este cronograma va de la mano con la producción en la ejecución de la obra, así como de las decisiones de los involucrados para optimizar el tiempo.

En el proyecto se aplicó la herramienta *last planner system* como parte de la metodología BIM, su función de esta herramienta fue ayudar a identificar al equipo técnico analizar todas las restricciones posibles en todas las especialidades, se usó un formato en la cual se organizaba por activos (pabellones) identificando cada restricción, en la cual para identificar el estado en el que se encontraba la restricción se colocaba de color rojo si estaba por iniciar, de amarillo si estaba en proceso y de verde si ya se había levantado, de esta forma es como semana tras semana mientras que aparecían nuevas y se solucionaban otras se pudo llevar en marcha la ejecución de las actividades. En instalaciones las restricciones que aparecieron en la ejecución fueron:

Tabla 6

Restricciones en instalaciones sanitarias del proyecto N° 03

Especialidad	Actividad restringida	Descripción	Tipo de restricción	Estado
Sanitarias	Tubería de succión y distribución	Aprobación de Fichas Técnicas De Tub. PPR – Instalación termofusión	Información	Levantada
Sanitarias	Tubería de succión y distribución	Adquisición de material	Información	Levantada

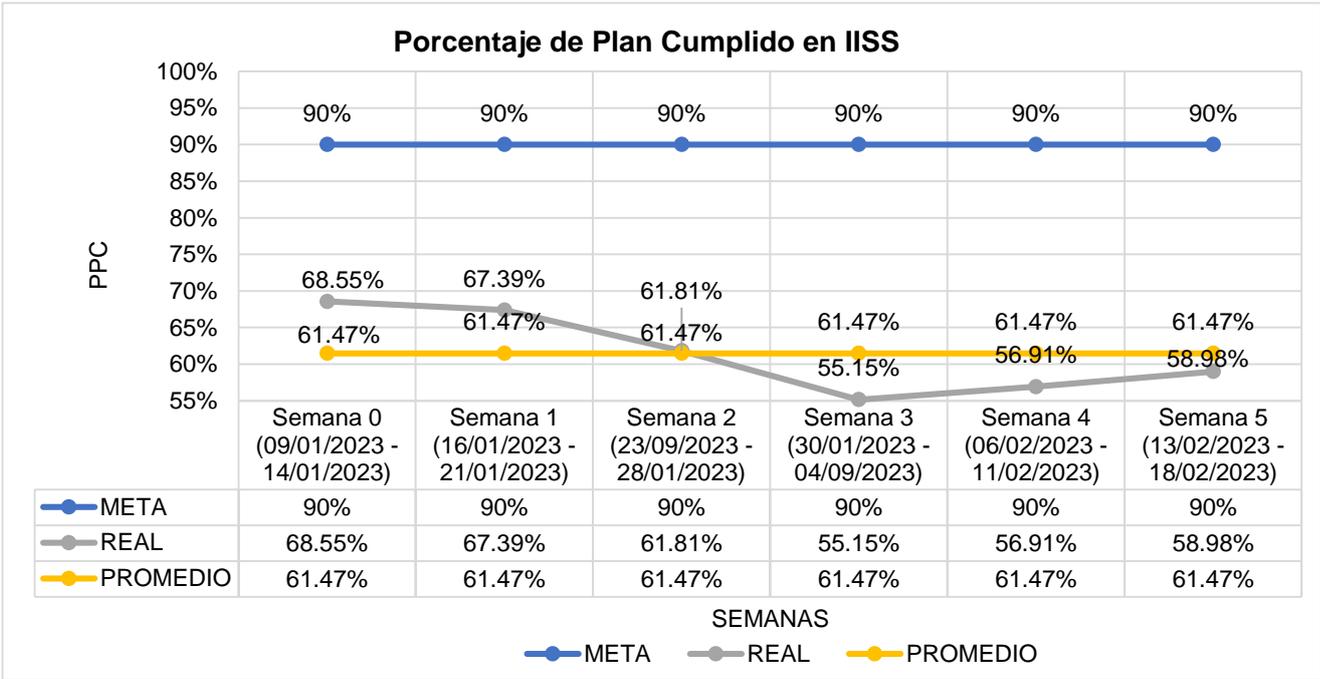
Sanitarias	Adquisición de bombas centrífugas.	Aprobación de Ficha Técnica, Capacidad de Bombeo, Coordinar Proveedor	Información Levantada
------------	------------------------------------	---	-----------------------

Nota: Fuente: Propia de la investigación

En relación con las actividades programadas en el proyecto, se hizo un seguimiento con la herramienta porcentaje de plan cumplido (PPC) de la filosofía *Lean construction*, esto proporciona a la metodología BIM una mejor implementación de tal manera que las actividades que se programaron en obra tengan un control necesario para su cumplimiento. Esta herramienta aplicada a partidas de instalaciones sanitarias nos ha proporcionado los siguientes datos.

Gráfico 8

Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 03



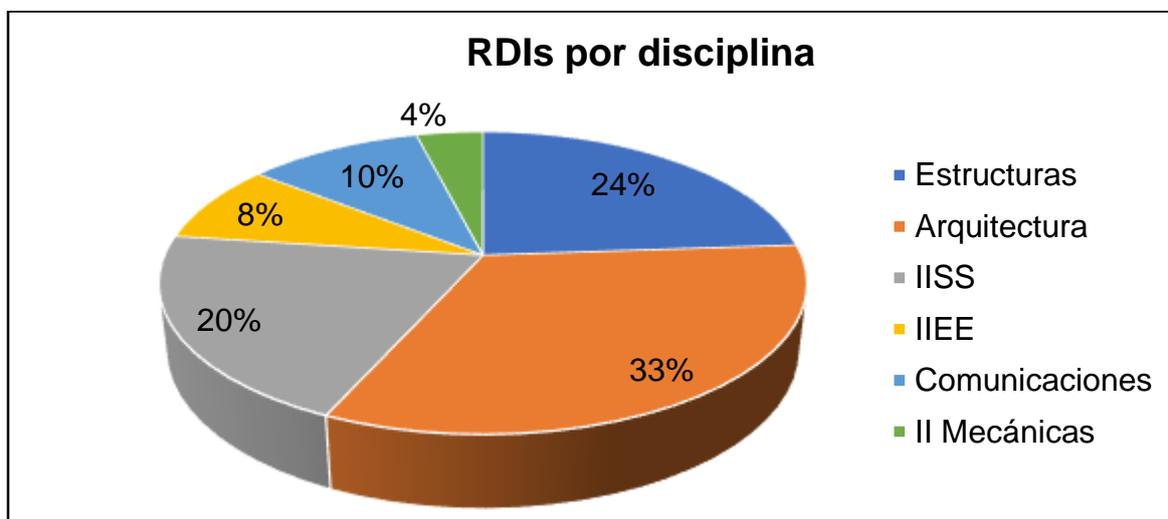
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 8, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 90.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 61.47%, y un 68.55% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 55.15% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

En lo que respecta a los requerimientos de información (RFI's) en el presente proyecto, estos fueron generados desde la fase de diseño y pasando también a la fase de ejecución, acumulándose al final de todo el proyecto 214 RFI, de estos el 20% fueron consultas de interferencias entre la especialidad de instalaciones sanitarias. Estos RFI's se hicieron con la finalidad de resolver las dudas acerca del proyecto con un modelo de información centralizado generando así un protocolo de comunicación entre los involucrados. Es importante mencionar que las respuestas a estas consultas fueron atendidas a tiempo, a continuación, se muestra los porcentajes por especialidad.

Gráfico 9

Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 03



Nota. Fuente: Propia de la investigación

El uso del nivel general de actividades en este proyecto como herramienta Lean implementada en la metodología BIM ha permitido saber el diagnóstico de las actividades que se ejecutaron, del mismo modo sirvió para que el equipo técnico tome decisiones para mejorar la productividad, el diagnóstico fue en un periodo de 6 semanas, suficiente para saber el comportamiento de los tiempos en obra en cuanto a producción.

Tabla 7

Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 03

Resumen del periodo - muestreo de trabajo

Proyecto: I.E. Nuestra Señora de las Mercedes - Tablazo Norte - La Unión Semanas: 09/01/23 - 14/02/23
 Confianza: 95% +/- 5%

Área: Proyecto general

Partidas evaluadas en el periodo:

Instalaciones especiales (instalación de tuberías de succión y distribución); instalación de accesorios sanitarios (válvulas, codo, yee, tee), suministro e instalación de agua fría y tuberías de desagüe, cajas de registro.

Fecha	TP	TC	TNC
09/01/2023	56.39%	28.47%	15.14%
16/01/2023	47.19%	21.19%	31.62%
23/01/2023	61.23%	22.16%	16.61%
30/01/2023	57.91%	31.97%	10.12%
06/02/2023	48.19%	27.60%	24.21%
14/02/2023	67.00%	26.69%	6.31%

TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio

TNC: Tiempo no contributorio

Semana	56.32%	26.35%	17.34%
---------------	--------	--------	--------

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 10

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 03 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 10 y de la tabla 7 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% del tiempo empleado en la ejecución

de partidas de instalaciones sanitarias, el 56.32% fue de actividades productivas, mientras que el 26.35% fue trabajo contributivo y el 17.34% trabajo no contributivo. Lo importante en este proyecto es que en el transcurso de las semanas han intentado mantenerse y evitar pérdidas de horas hombre.

Así también, los procesos constructivos ejecutados en la especialidad de instalaciones sanitarias se basaron en usar materiales prefabricados, para la empresa el uso de estos materiales y las técnicas de instalación de tuberías, aparatos sanitarios y otros componentes de las instalaciones en la edificación con la implementación BIM, ha permitido prácticas que ha promovido el ahorro de tiempo, ser más productivos y reducir el costo del proyecto con elementos de calidad. Estos procesos constructivos han facilitado la rapidez y facilidad de instalación, a la vez han sido optimizados por un modelo 3D, 4D y 5D que han facilitado la comunicación de información para aplicarlo en campo, de tal manera que se han evitado interferencias con otras estructuras del proyecto que generen retrabajos.

Proyecto 4: “Rehabilitación de la infraestructura y dotación de equipamiento en el I.E. Micaela Bastidas, distrito Veintiséis De Octubre, provincia de Piura, departamento de Piura”.

Este proyecto fue ejecutado entre los años 2020 y 2021 con la metodología tradicional, pero con uso de software BIM y herramientas de la filosofía *Lean Construction*, este constó de la construcción de un colegio de educación primaria y secundaria, considerado como una obra pública a cargo de la municipalidad de Veintiséis de Octubre y ejecutado por la subcontratista QARPAY SAC y el consorcio Micaela Bastidas. Se construyeron 09 aulas de nivel primario, cocina, módulo para SSHH., un accesible (discapacitados) salas de cómputo, tanque elevado, salón de usos múltiples y obras exteriores (portada, veredas, drenaje pluvial) en modalidad a suma alzada.

En cuanto al costo, al no ser un proyecto que se implemente en su totalidad con metodología BIM han surgido adicionales de obra que no estaban contempladas en el proyecto siendo de mayor alcance, en la especialidad de instalaciones sanitarias dichos adicionales de obra fueron ocasionados por cambios en redes de desagüe

que demandaron mayores longitudes, las cuales no fueron contempladas en la fase de diseño, por lo tanto a ellas se agregaron partidas de excavaciones, trazo y replanteo entre otras necesarias para dar cumplimiento a la totalidad de la obra.

El presupuesto meta se ha visto afectado por múltiples factores que conllevaron a que la contratista tenga pérdida en la ejecución de la obra, algunos de los factores son eventos sociales ajenos a la construcción que afectaron directamente al avance del proyecto, varias paralizaciones y deficiente gestión de la construcción antes de implementar las herramientas *Lean Construction* y los modelos 3D; además los adicionales generados que se llegaron a producir. En la especialidad de instalaciones sanitarias el presupuesto meta se vio incrementado en un 0.38% del valor referencial de la obra y un 28.12% del presupuesto contractual de esta especialidad. Este incremento fue controlado para no desviarse mucho del presupuesto realizando un modelo 3D en Revit para diagnosticar las fallas existentes en el proyecto.

En cuanto a la gestión de los recursos en este proyecto, según los informes mes a mes la contratista analizó la manera de poder diseñar procesos en base a su programación semanal que faciliten esta labor, además se tuvo buena comunicación con los proveedores, siempre existió un “plan B” para que los recursos lleguen puntuales a obra, sin embargo, a pesar de los esfuerzos siempre existían variables sociales generando mayor costo al proyecto.

De lo mencionado anteriormente sobre el incremento del presupuesto, por las paralizaciones la contratista se vio en la obligación de realizar un reajuste en su cronograma extendiendo así el plazo de término de obra, por lo tanto, el proyecto que tenía un plazo de ejecución de 180 días calendario finalmente fue terminado en 208 días, es decir que al visualizar el nuevo cronograma también cambió la ruta crítica, los hitos y las tareas que se modificaron, para de esa manera lograr cumplir con el término de contrato.

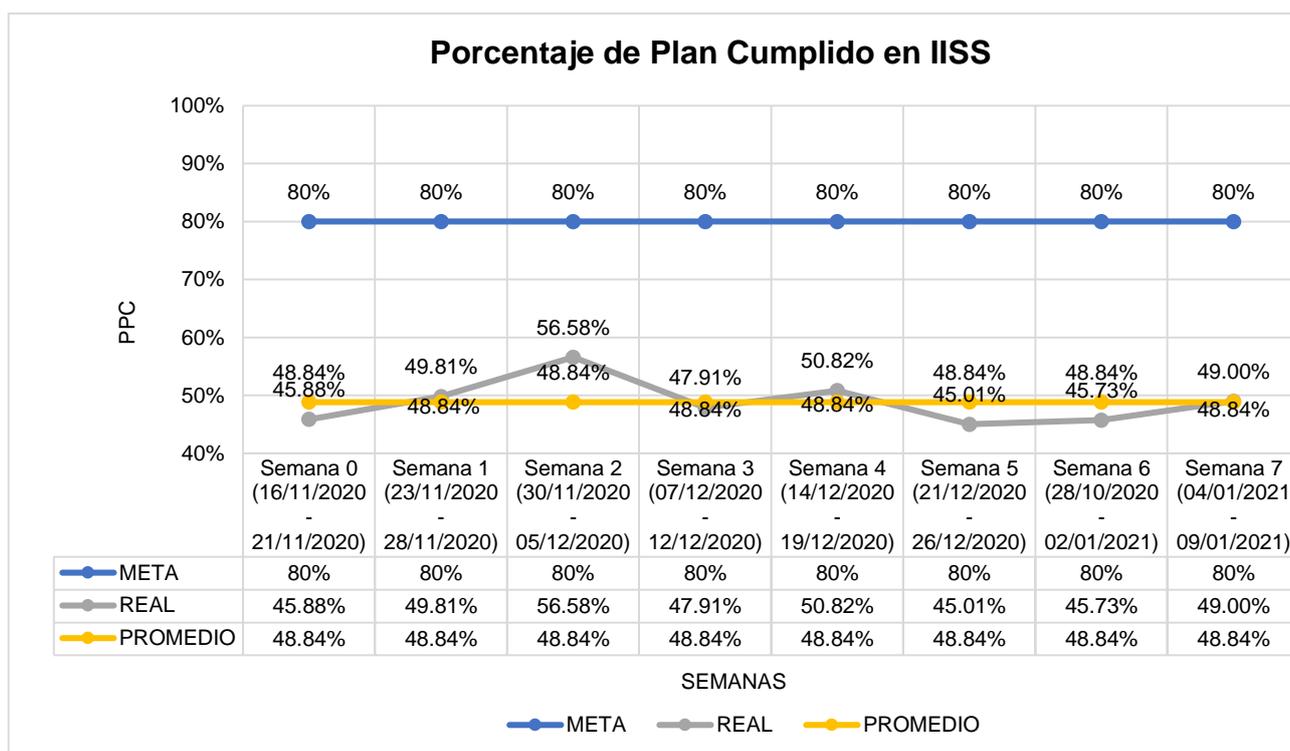
En cuanto a un análisis de restricciones, el equipo técnico y la iniciativa que tuvo de implementar herramientas de Lean construcción y los modelos generados en dimensión 3D, han intentado realizar el análisis de dichas restricciones que posiblemente podrían haber generado “cuello de botella”, es decir aquellos posibles

factores que hubiesen retrasado los procesos constructivos. En instalaciones sanitarias, las restricciones habituales fueron la llegada de materiales como tuberías, accesorios y equipos para el desarrollo de las actividades, también los accidentes que podrían ocurrir en el proceso constructivo.

Para verificar el cumplimiento de la ejecución de las partidas se usó el porcentaje de plan cumplido, para ello fue necesario consultar las actividades ejecutadas diariamente, esto se realizó con el propósito de identificar las diferentes actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias que estaban demandando de un mayor gasto de horas hombre, del cual se obtuvo que el mejor de sus PPC fue de un 46.58%.

Gráfico 11

Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 04



Nota. Fuente: Propia de la investigación

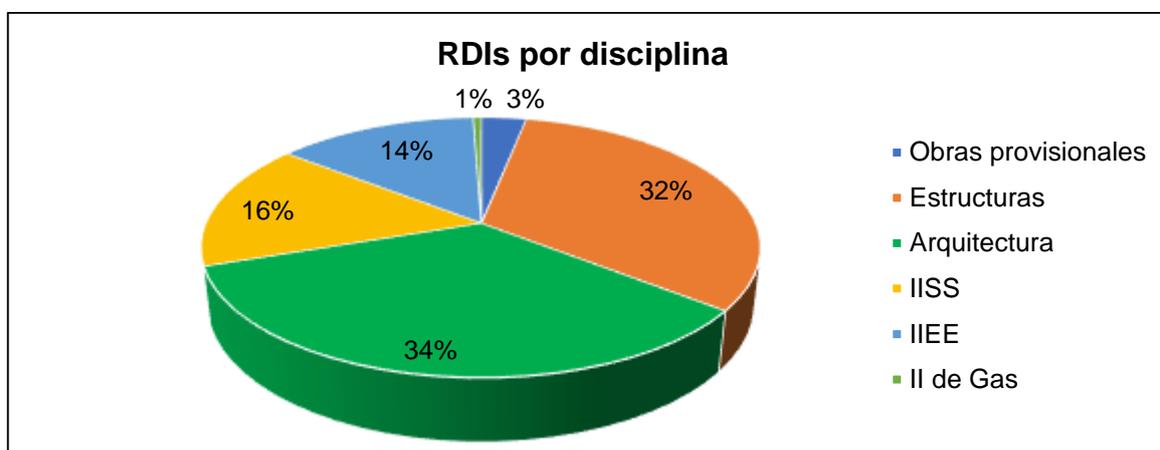
Según los resultados del gráfico 11, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 80.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 48.84%, y un 56.58% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 45.01% en el cumplimiento de

las actividades de instalaciones sanitarias. Esto quiere decir que en el proyecto no se alcanzó la meta propuesta y estuvo lejos de su meta.

El consorcio que ejecutó el proyecto no realizó un adecuado protocolo para el requerimiento de información, antes que inicie el proyecto. Ya en la fase de ejecución es donde han surgido las consultas de todas las especialidades, estas han permitido aclarar los múltiples acontecimientos de errores e interferencias que el modelo 3D que se elaboró. En todo el proyecto se han observado 354 consultas de las cuales 56 fueron para instalaciones sanitarias. Además de realizar las consultas al proyectista, el residente describió estos acontecimientos en el cuaderno de obra y se alcanzaba a la supervisión para ser respondidas a la brevedad. Las consultas fueron por temas de interferencias entre los sobrecimientos y pases de tuberías tanto de desagüe y agua fría, niveles de terreno ya que este era con relieve plano, drenaje pluvial, además de las longitudes de las tuberías.

Gráfico 12

Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 04



Nota. Fuente: Propia de la investigación

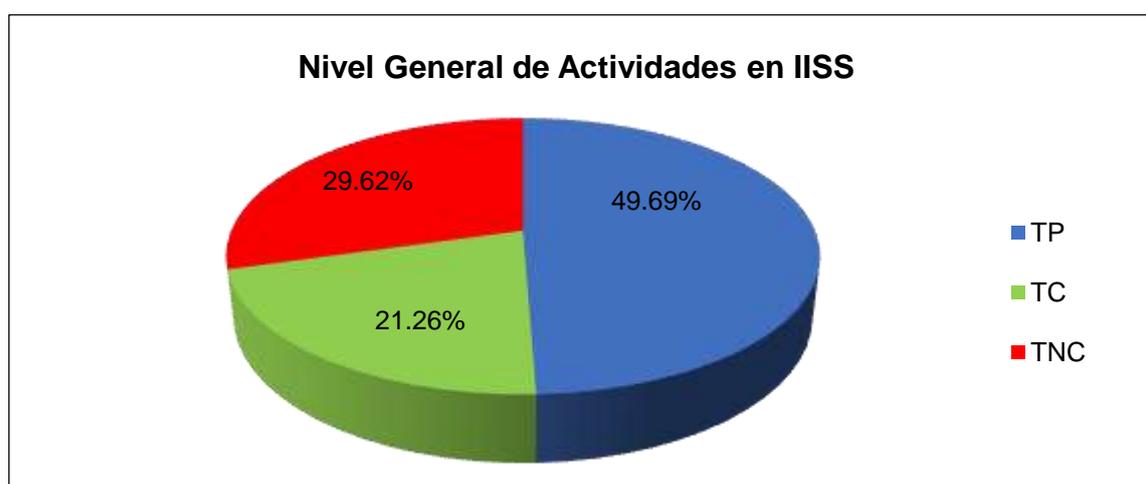
En relación a la productividad, durante el desarrollo se utilizó una herramienta del *Lean construction*, es decir, aplicaron un Nivel General de Actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias que tuvo como finalidad reconocer las actividades verificar los tiempos en base a los rendimientos descrito en sus análisis de precios unitarios de su presupuesto meta y experiencia de los profesionales involucrados.

Tabla 8*Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 04*

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. Micaela Bastidas - Veintiséis de Octubre	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
Área:		Confiabilidad:	95% +/- 5%
Partidas evaluadas en el periodo:	Proyecto general		
Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Montante de desagüe, sistema de ventilación, Redes colectoras, Movimiento de tierras, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, Trampa de grasa.			
Fecha	TP	TC	TNC
08/02/2021	41.97%	20.96%	37.07%
15/02/2021	56.16%	29.60%	26.72%
22/02/2021	51.06%	16.58%	20.52%
01/03/2021	43.69%	18.69%	37.62%
08/03/2021	54.10%	16.91%	31.40%
15/03/2021	58.19%	26.90%	28.13%
22/03/2021	47.69%	23.19%	27.12%
29/03/2021	44.69%	17.24%	28.40%
Semana	49.69%	21.26%	29.62%

TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio
TNC: Tiempo no contributorio

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 13*Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 04 por semanas*

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 13 y de la tabla 8 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% del tiempo empleado en la ejecución de partidas de instalaciones sanitarias, el 49.69% fue de actividades productivas, mientras que el 21.26% fue trabajo contributivo y el 29.62% trabajo no contributivo, en consecuencia, la ejecución de las partidas de esta especialidad ha mostrado baja con un aumento considerable del tiempo no contributivo.

Por otro lado, en el proyecto en lo que se refiere a instalaciones sanitarias los métodos constructivos tradicionales, puesto que para esta especialidad se usaron los planos 2D para la ejecución de los procesos, a pesar de que existía un modelo 3D. En este sentido, el procedimiento constó en realizar excavaciones manuales, el uso de concreto hecho en obra en mezcladora manual y en carmix donde se emplearon cuadrillas que generaban muchas horas hombre. Además, la instalación de tuberías se realizó verificando los niveles y su respectiva prueba hidráulica, también habilitación de los materiales y medidas de acuerdo al plano; del mismo modo se hicieron instalaciones para drenaje pluvial.

Proyecto 5: Servicio de Ejecución del Saldo de Obra - Obras Exteriores, IIEE, IISS y ejecución de acabados de I.E. San Cristo Nos Valga- PQ7

Este proyecto estuvo su fase final y se ejecutó con la metodología BIM, a raíz de que el proyecto se había paralizado por una mala implementación BIM, nace la reanudación del proyecto con una nueva empresa y con el nuevo nombre puesto a licitación, en esta nueva etapa la empresa a intervenir solo ejecutó el saldo de obra que consistió en la realización de las obras exteriores, así como las instalaciones MEP y los acabados para terminar el proyecto. Este fue destinado para uso educativo de los niveles inicial, primaria y secundaria en el distrito Cristo Nos Valga – Sechura. Además, el contrato realizado por la empresa Gestora S&P a la subcontratista EMR ingeniería y construcción fue bajo un contrato NEC, el cual quiere decir un contrato con gestión documentaria eficaz y estandarizada que faciliten los procesos constructivos originados por la metodología BIM.

En cuanto a costo en la nueva fase del proyecto no se presentaron eventos compensables, puesto a que la empresa tuvo siempre a la mano información de ingeniería de valor, como aquella información que proporcionaban los modelos 3D,

4D y sobre todo información 5D que permitió actualizar el presupuesto para evitar sobrecostos. Además, la empresa implementó un procedimiento para llevar el control de mano de obra (personal obrero) de tal forma que la documentación sea conforme y no tener pérdidas en este aspecto.

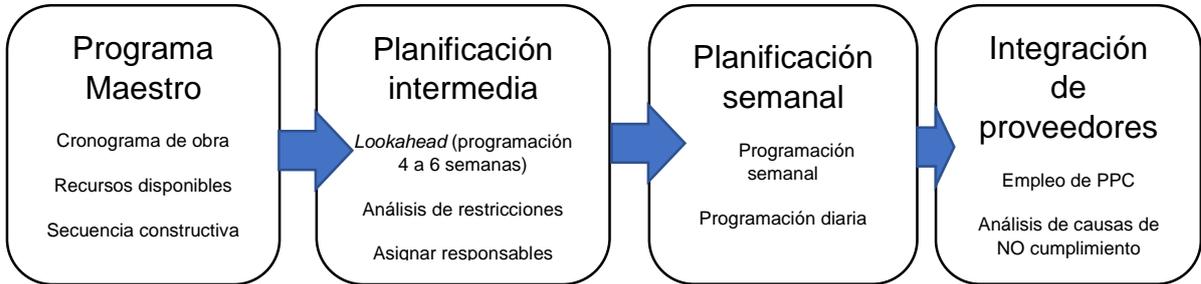
En la misma línea para el presupuesto, como medida de control emplearon la herramienta de Valor Ganado donde se verificó el avance periódico real, con esta herramienta se visualizaron los porcentajes de avance lo que ha permitido identificar y estimar una proyección de costos de las partidas que faltaron ejecutar, con la integración de fechas límite, de esa manera la proyección de recursos, costos, el estado de hitos y los riesgos han sido conformes en muchas oportunidades. A pesar de lo realizado, el presupuesto de instalaciones sanitarias se vio afectado un 1.7% con respecto al presupuesto general y un 0.08% con respecto al presupuesto de la especialidad.

El equipo técnico del proyecto en cuanto a logística estableció primero el abastecimiento, esto se realizó a partir de los metrados y avance de la obra, con ello se procedió a cotizar los materiales y equipos necesarios en cada fecha de trabajo y luego se coordinó con los proveedores estableciendo una comunicación efectiva, sin embargo, en algunas oportunidades, los recursos no llegaron a tiempo por las condiciones y acceso para llegar al proyecto, afectando así el costo. Segundo, una vez los materiales llegan a obra la logística en obra consistió en ordenar según el desarrollo del proyecto puntos de almacenamiento de los recursos para facilitar el acarreo a los diferentes puntos realizando un layout de obra, a pesar de lo descrito a este plan se evitó generar exceso de gastos.

El cronograma base del proyecto se cumplió de acuerdo a lo establecido, a pesar de aquellos acontecimientos que suelen suceder en cualquier proyecto. Esto gracias al uso *Last Planner* donde las tareas se actualizaron periódicamente ajustando la programación mientras el proyecto iba en marcha. Se tuvo en cuenta incorporar información del proyecto teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos y el análisis de las restricciones, luego de ello se realizó una planificación semanal asignando funciones específicas y claras al personal obrero con información de los modelos y el análisis realizado, ya que ellos son los que realizan el trabajo en campo.

Gráfico 14

Implementación Last Planner

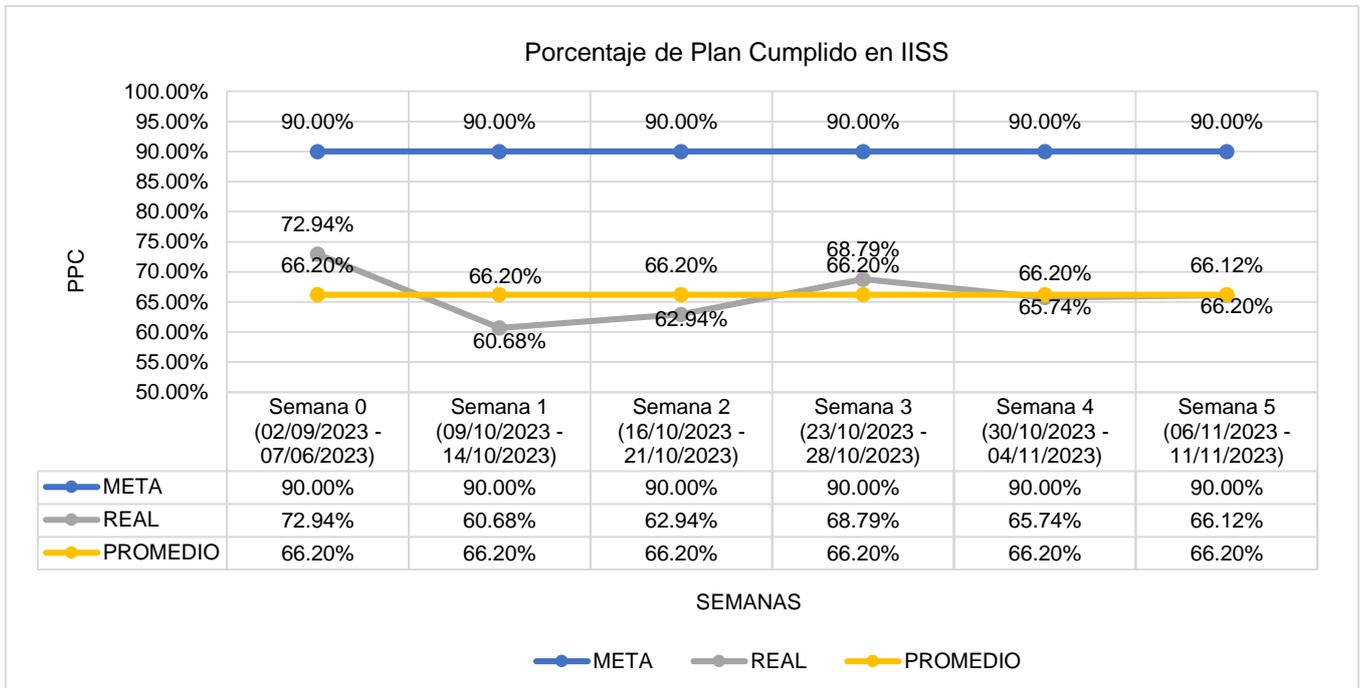


Nota. Fuente: Extraído del proyecto N° 5

De lo anterior, para dar cumplimiento al tiempo de trabajo y estar de acorde con el cronograma se hizo el análisis con el PPC con el propósito de identificar las diferentes actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias que estaban demandando de un mayor gasto de horas hombre, del cual se obtuvo que el mejor de sus PPC fue de un 80.79% en el mejor de sus casos.

Gráfico 15

Porcentaje de plan cumplido en instalaciones sanitarias proyecto N° 05



Nota. Fuente: Propia de la investigación

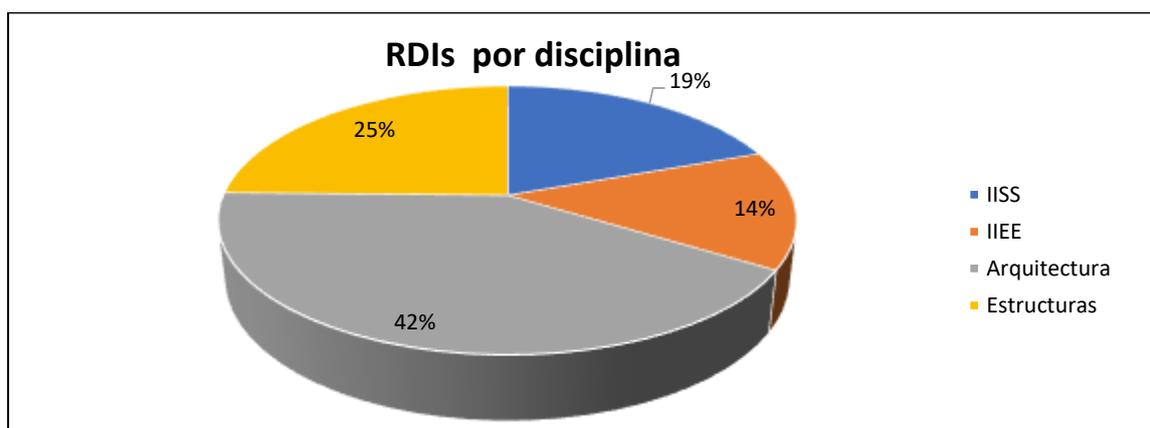
Según los resultados del gráfico N° 15, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 90.00% como meta. Sin embargo, debido a factores

mencionados anteriormente se pudo alcanzar un PPC promedio de un 66.20%, y un 72.94% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 60.68% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias, esto quiere decir que en el proyecto no se alcanzó la meta propuesta, pero estuvo muy cerca de alcanzarlo.

Según la documentación proporcionada, en este proyecto para el saldo de obra hubieron RFI's referentes a los errores producidos por la empresa anterior que debían corregirse mayormente en la mayoría de especialidades. En lo que respecta a las instalaciones sanitarias la información requerida fue por motivos del material colocado antes de colocar la tubería (cama de apoyo), longitudes de tuberías y correcciones en el drenaje pluvial. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de RFI's de las especialidades mencionadas.

Gráfico 16

Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 05



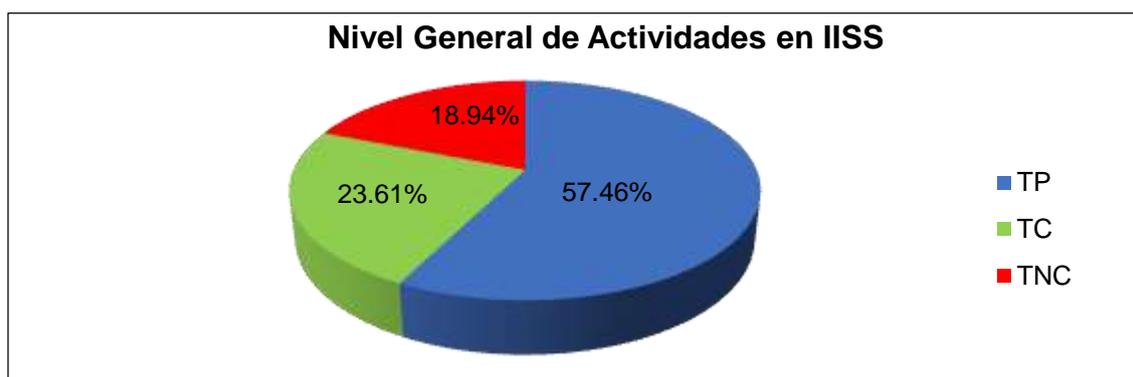
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Del gráfico anterior en el proyecto N° 05, el 42% de las consultas fueron de la especialidad de arquitectura, el 25% pertenecieron a estructuras, además el 19% fueron de instalaciones sanitarias, finalmente el 14% a instalaciones eléctricas.

Por otro lado, en cuanto a producción con la aplicación de las herramientas descritas párrafos arriba, se ha verificado el nivel general de actividades el cual muestra los porcentajes de tiempo efectuados en la ejecución de partidas del proyecto, en instalaciones sanitarias se tuvieron se realizó el siguiente análisis.

Tabla 9*Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 05*

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. San Cristo	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
Área:	Proyecto general	Confiability:	95% +/- 5%
Partidas evaluadas en el periodo: Pruebas hidráulicas, instalaciones especiales (instalación de tuberías de tanque elevado y otros), sistema de riego (movimiento de tierras, instalación de tuberías y accesorios).			
Semana	TP	TC	TNC
02/10/2023	57.59%	24.64%	17.77%
09/10/2023	59.69%	22.69%	17.62%
16/10/2023	54.91%	24.36%	20.73%
23/10/2023	52.59%	21.96%	25.45%
30/10/2023	56.61%	27.69%	15.70%
06/11/2023	63.36%	20.30%	16.34%
TP: Tiempo productivo TC: Tiempo contributorio TNC: Tiempo no contributorio			
Semana	57.46%	23.61%	18.94%

Nota. Fuente: Propia de la investigación**Gráfico 17***Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 05 por semanas**Nota.* Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 17 y de la tabla 9 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% del tiempo empleado en la ejecución de partidas de instalaciones sanitarias, un 57.46% fue de actividades productivas, mientras que el 23.61% fue trabajo contributorio y el 18.94% trabajo no

contributorio, lo cual indica que las actividades desarrolladas por la empresa han sido implementadas de la mejor manera, priorizando la producción y tratar constantemente de reducir pérdidas y tiempos muertos con una buena planificación en sus procesos.

Además, en la ejecución de los procesos de construcción en el ámbito de las instalaciones sanitarias, se ha priorizado el empleo de materiales prefabricados. Para la empresa, la utilización de estos materiales y las técnicas de montaje de tuberías, equipos sanitarios y otros componentes en las instalaciones de del proyecto educativo han mejorado los tiempos de ejecución, de tal manera que los procesos constructivos como parte de la implementación de la tecnología BIM, ha conducido a prácticas que promueven la eficiencia en términos de tiempo, productividad y reducción de costos, sin dejar de lado la calidad. Estos métodos de construcción han agilizado la instalación y se han optimizado mediante modelos 3D, 4D y 5D, lo que ha mejorado la comunicación de información para su aplicación en el campo. Esto, a su vez, ha evitado conflictos con otras especialidades del proyecto que podrían dar lugar a pérdidas por las correcciones que se evitaron.

Proyecto 6: Rehabilitación del Local Escolar N° 14037 Santiago A. Requena Castro con Código Local N° 413350, Distrito de Catacaos, Provincia de Piura, Departamento de Piura - Código ARCC N° 2358.

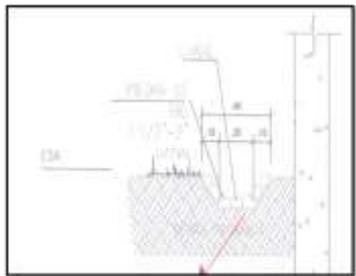
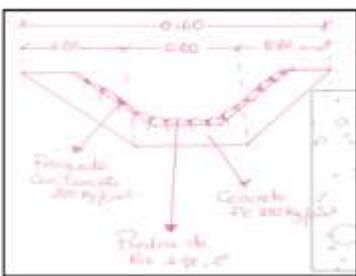
En el presente proyecto se implementó la metodología BIM, dicho proyecto constó de la construcción de tres edificios de dos niveles, dos edificios de un nivel y trece obras complementarias, destinados para educación inicial y educación primaria. Este proyecto es considerado una obra pública, con una modalidad de contrato de suma alzada financiado por la ARCC, y ejecutada por la empresa subcontratista EMR Ingeniería y construcción EIRL.

En cuanto a costos, durante el desarrollo del proyecto surgieron eventos compensables o adicionales de obra dentro de la especialidad de instalaciones sanitarias, los cuales fueron identificados a tiempo gracias al uso de la metodología BIM, puesto que con el uso de esta metodología se pudo identificar con mayor facilidad los cambios en planimetría que surgieron entre la entrega con la que se contrató y la entrega con la que se iba a ejecutar, así como también por los cambios

por mejora en partidas específicas que se hicieron al proyecto por solicitud del cliente. Uno de los hechos más significativos en los eventos compensables del proyecto fue el cambio de un canal natural a uno de concreto con impermeabilizante, así como también la modificación en su ancho.

Figura 1

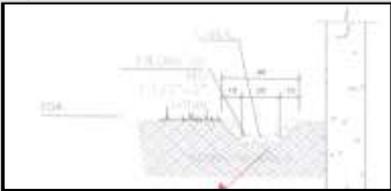
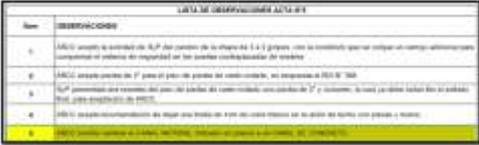
Adicional de canal natural, ancho = 0.40m

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND	CANTIDAD
07.05.03	CANALETAS		
07.05.03.01	CANAL DE CONCRETO	m	82.50
TIPOLOGIA:	ADICIONAL Y DEDUCTIVO VINCULANTE		
ENTREGA 03		RED LINE	
			

Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Figura 2

Adicional canal de concreto c/impermeabilizante

SEMANA 03		RESPUESTA	
7.05	DRENAJE PLUVIAL		
07.05.03	CANALETAS	CANAL DE CONCRETO C/IMPERMEABILIZANTE Y CANAL NATURAL	
			
			

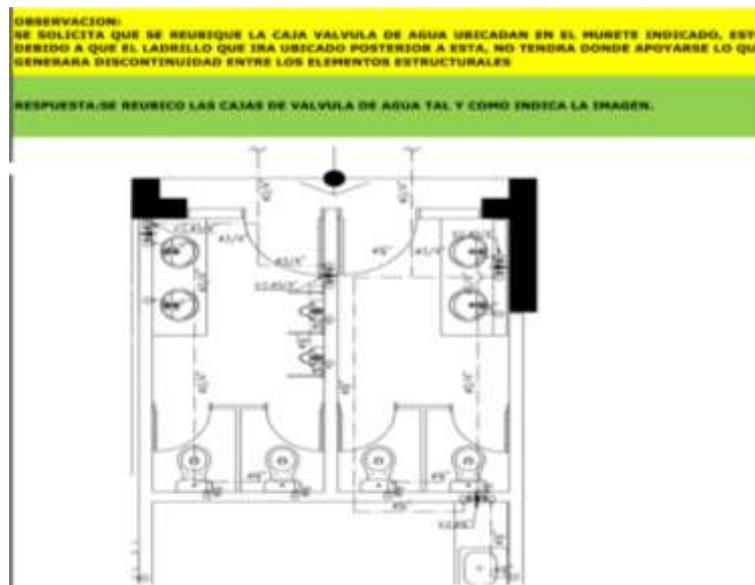
Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Del mismo modo, su presupuesto meta (proyectado) se vio afectado por los diversos factores identificados. En primer lugar, debido a la mala venta del proyecto, y en segundo lugar por las incompatibilidades e interferencias que no fueron

corregidas en la etapa de diseño. Asimismo, otro de los factores que también afectó el costo del proyecto fue la logística, puesto que, surgieron varias causas como son los cambios inesperados en la programación diaria o semanal, la poca coordinación entre los implicados al momento de realizar los requerimientos, compras de productos de importación con proveedores fuera del país, y problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora.

Figura 3

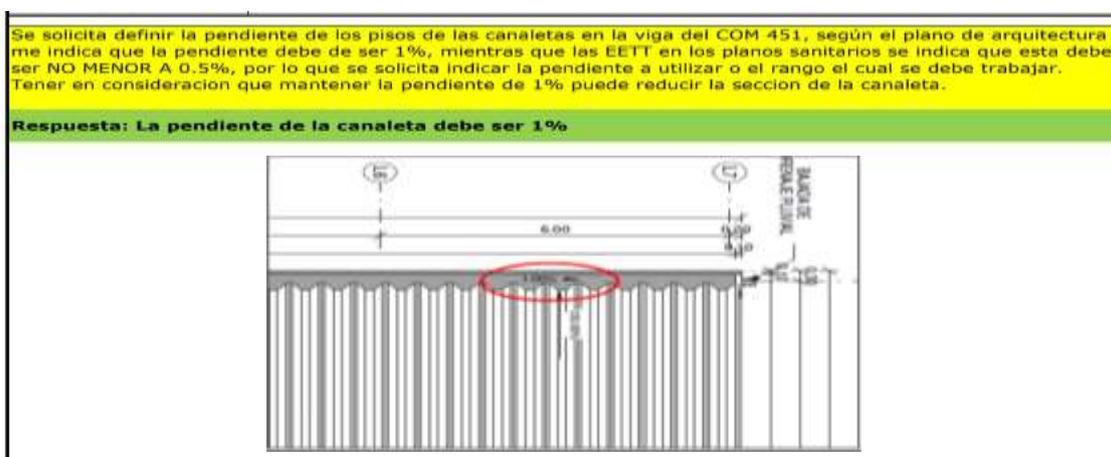
Consulta y respuesta de información sobre la reubicación de caja de válvula



Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Figura 4

Consulta y respuesta acerca de la pendiente de la canaleta debe ser 1%

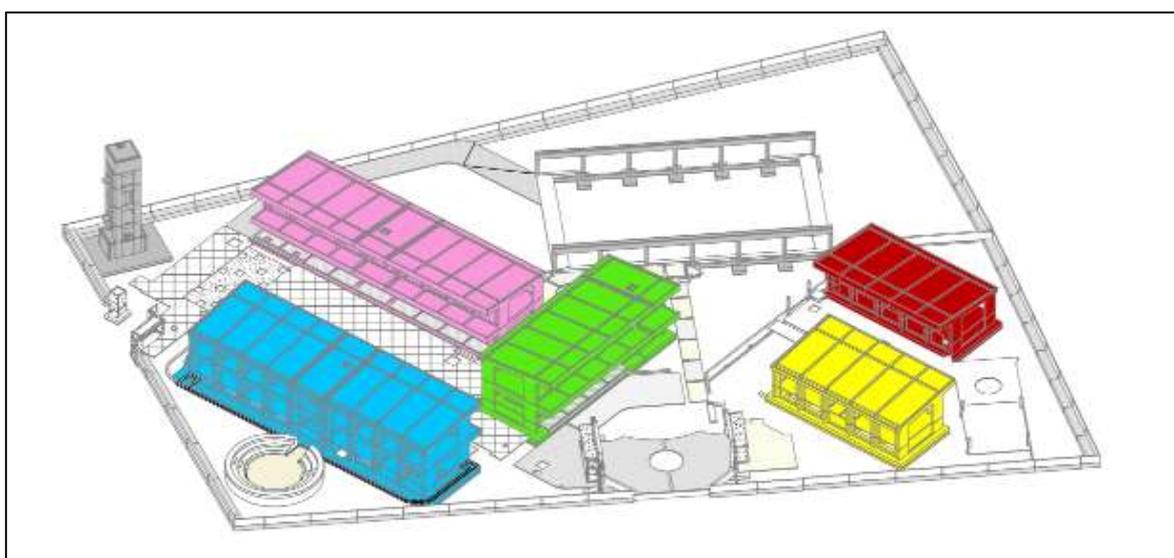


Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Por consiguiente, otro punto en análisis fue el tiempo, del cual se observó la afectación del cronograma base o plan maestro debido a los diferentes factores identificados como las demoras por las incompatibilidades o interferencias entre la especialidad de instalaciones sanitarias y otras especialidades que no fueron resueltas en la etapa de diseño, asimismo, otros de los factores fueron el plazo para importar la compra de materiales o equipos fuera del país, las reprogramaciones diarias y semanales por incumplimiento de las programaciones, las demoras en la capacidad de respuesta para responder los RFI's, la poca coordinación entre los implicados, y problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora.

Figura 5

Sectorización de acuerdo a su cronograma base



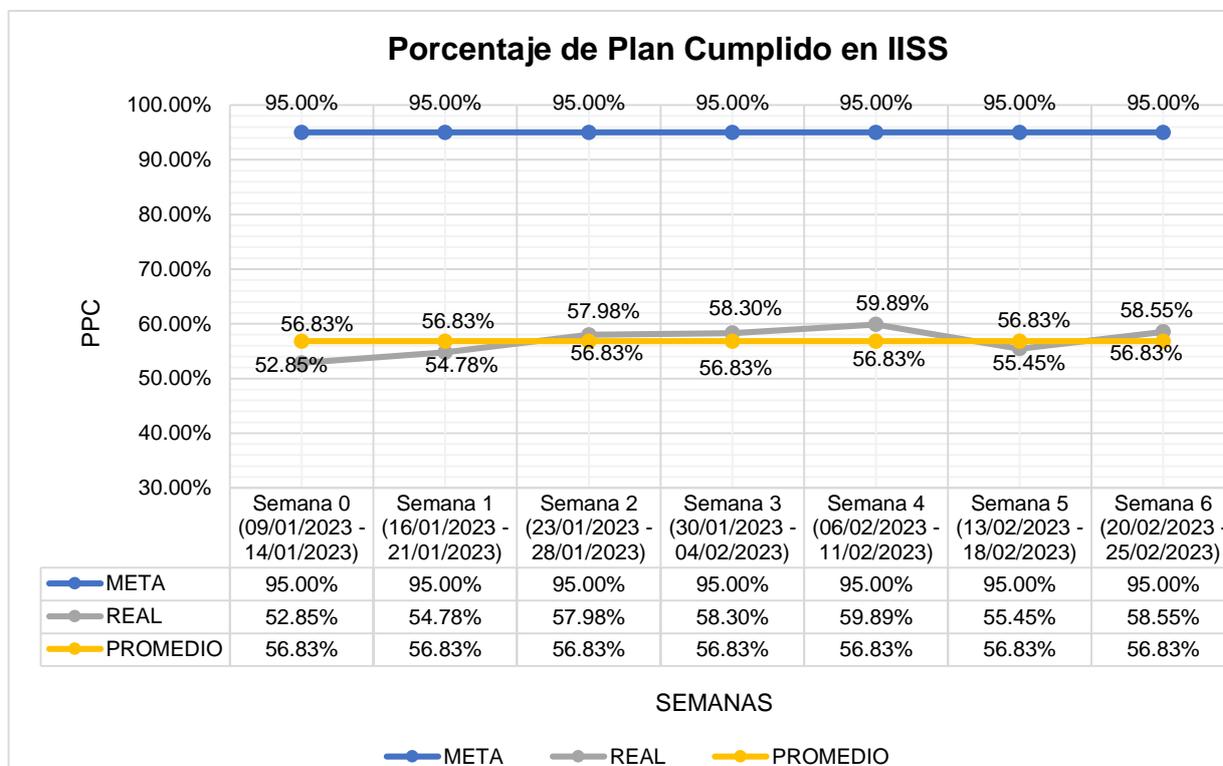
Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Del mismo modo, en la ejecución del proyecto se realizó el análisis de restricciones bajo la herramienta del *Last Planner System* como complemento de la metodología BIM con el cual se pudo mejorar la programación, seguimiento y control de los procesos durante la construcción. Sin embargo, cabe mencionar que este análisis fue afectado por problemas logísticos. Es decir, en el proyecto se realizaron programaciones en *Look Ahead Planning* acompañadas de modelos 4D (BIM). Asimismo, como parte de *last planner* en cuanto a seguimiento del proyecto, aplicaron un Plan de porcentaje cumplido (PPC), con la finalidad de identificar las diferentes actividades dentro de la especialidad de instalaciones sanitarias que

estaban demandando de un mayor gasto de horas hombre, del cual se obtuvo que el mejor de sus PPC fue de un 59.89% en el mejor de sus casos.

Gráfico 18

Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N°06



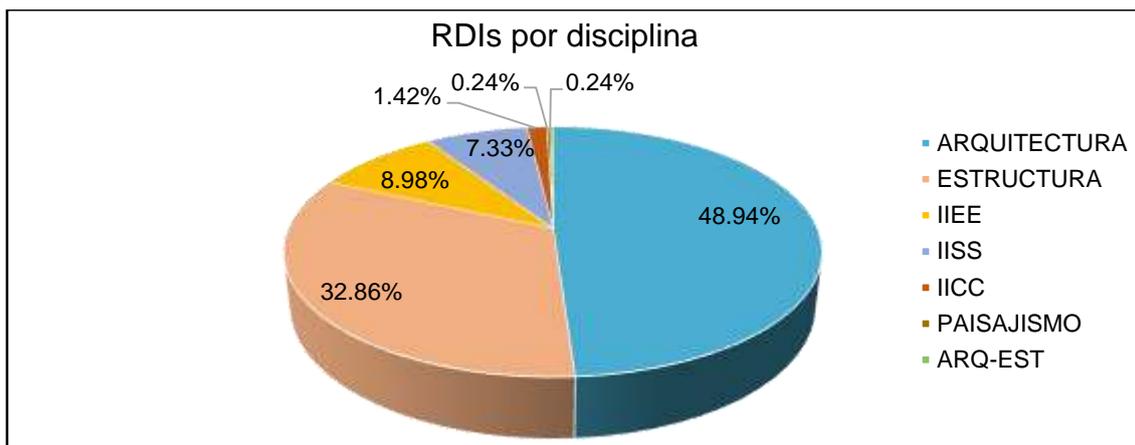
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 18, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 95.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 56.83%, y un 59.89% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 52.85% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

Esta falta de cumplimiento con la programación *Look Ahead Planning* demandó de mayor plazo de ejecución. Por otra parte, según lo observado del análisis de los RFI's que se realizaron del proyecto, el 7% corresponden a la especialidad de instalaciones sanitarias. Asimismo, se cree conveniente mencionar que la respuesta a estas consultas demandó un tiempo más del previsto, causando problemas en el plazo de ejecución.

Gráfico 19

Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N°06



Nota. Fuente: Propia de la investigación

En cuanto a productividad, durante el desarrollo del proyecto se realizaron estudios como fue un nivel general de actividades, basados en reconocer las actividades en las cuales tenían bajos rendimientos respecto a lo establecido en sus análisis de precios unitarios de su presupuesto meta y experiencia de los involucrados, en el cual se obtuvo que la especialidad de instalaciones sanitarias tiene una considerable pérdida de horas hombre al momento de ejecutar las actividades.

Tabla 10

Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 06

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. Santiago Requena, Catacaos.	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
		Confiabilidad:	95% +/- 5%
Área:	Proyecto general		
Partidas evaluadas en el periodo:			
Instalación de aparatos y accesorios sanitarios, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios, Montante de desagüe, Redes colectoras, Movimiento de tierras, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, Cisterna y tanque elevado y Montantes ø4" pluviales, cajas de registro pluviales			
Semana	TP	TC	TNC
09/01/2023	53.95%	28.99%	17.06%
16/01/2023	51.75%	33.10%	15.15%
23/01/2023	54.85%	27.00%	18.15%
30/01/2023	55.20%	29.60%	15.20%
06/02/2023	53.98%	30.00%	16.02%

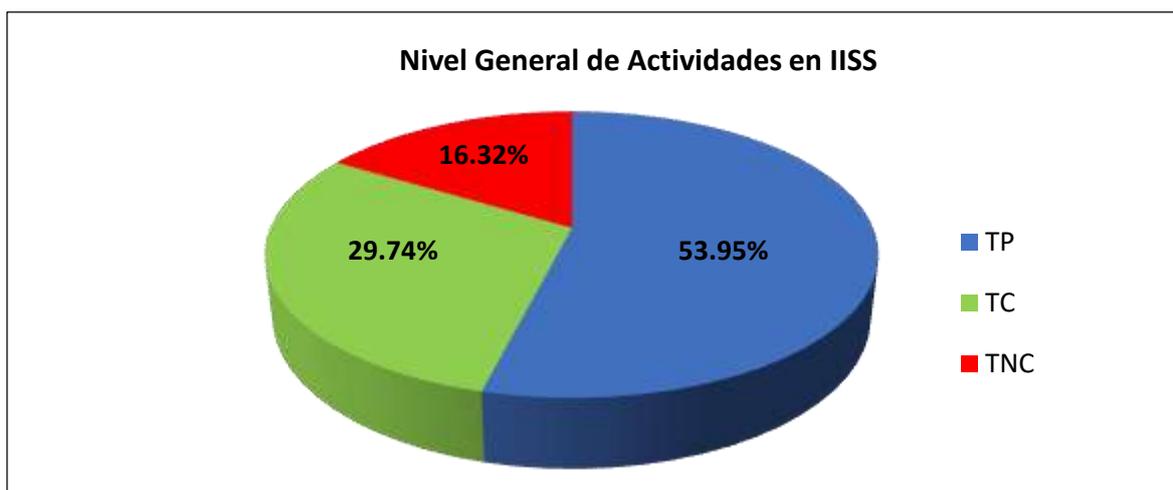
TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio
TNC: Tiempo no contributorio

Semana 53.95% 29.74% 16.32%

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 20

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 06 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 20 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% de mano de obra, solamente el 53.95% fue de actividades productivas, mientras que el 29.74% fue trabajo contributorio y el 16.32% trabajo no contributorio. Generando así una pérdida considerable en horas hombres al momento de ejecutar las actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

La metodología BIM contribuyó y facilitó colaborativamente el análisis de productividad en el proyecto, puesto que a través de su modelo de información pudieron ingresar los avances diarios, como también obtuvieron los metrados reales diarios para así poder saber los índices diarios de productividad (IP). Por otro lado, se observó que en el presente proyecto se hizo el uso de elementos prefabricados para el sistema de desagüe sanitario. Asimismo, cabe mencionar que para su fabricación se hizo un modelo de información tomando en cuenta el replanteo real de obra.

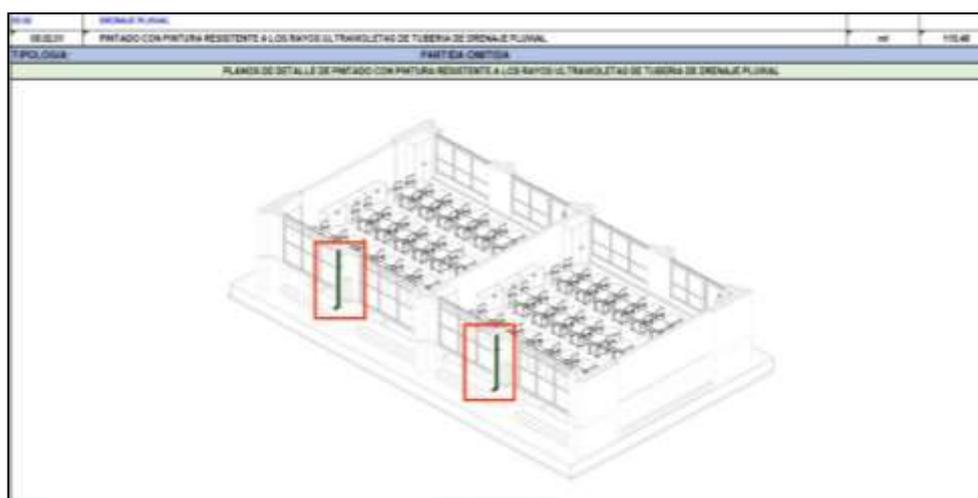
Proyecto 7: “Rehabilitación del Local Escolar Virgen del Carmen con código Local N° 413307, Distrito de Catacaos, Provincia de Piura, Departamento de Piura – código ARCC N°2806”

Este proyecto fue un colegio de educación inicial, y educación primaria, el cual constó de cinco edificios, tres de tres niveles, un edificio de dos niveles y 8 obras complementarias. El cual fue considerado como una obra pública financiada por la ARCC bajo la modalidad de contratación de suma alzada, y ejecutada por el subcontratista consorcio F y K Rivadeneira en la etapa de obras exteriores, IIEE, IISS, y ejecución de acabados de los pabellones, además, este tipo de proyecto aplicaron la metodología BIM.

En este proyecto se dio énfasis al costo, del cual se observó que, durante el desarrollo del proyecto se presentaron eventos compensables o adicionales, teniendo como principales causales el enchapado de cajas de válvulas de agua, y pintado con pintura resistente a los rayos ultravioleta de tubería de drenaje pluvial, a favor del subcontratista, dentro de la especialidad de sanitarias, los cuales fueron identificados a través del uso de la metodología BIM. Así mismo, también se observó la falta de detalle en algunos planos y cambios de diseño en partidas específicas indicadas por el cliente como parte del mejoramiento del proyecto.

Figura 6

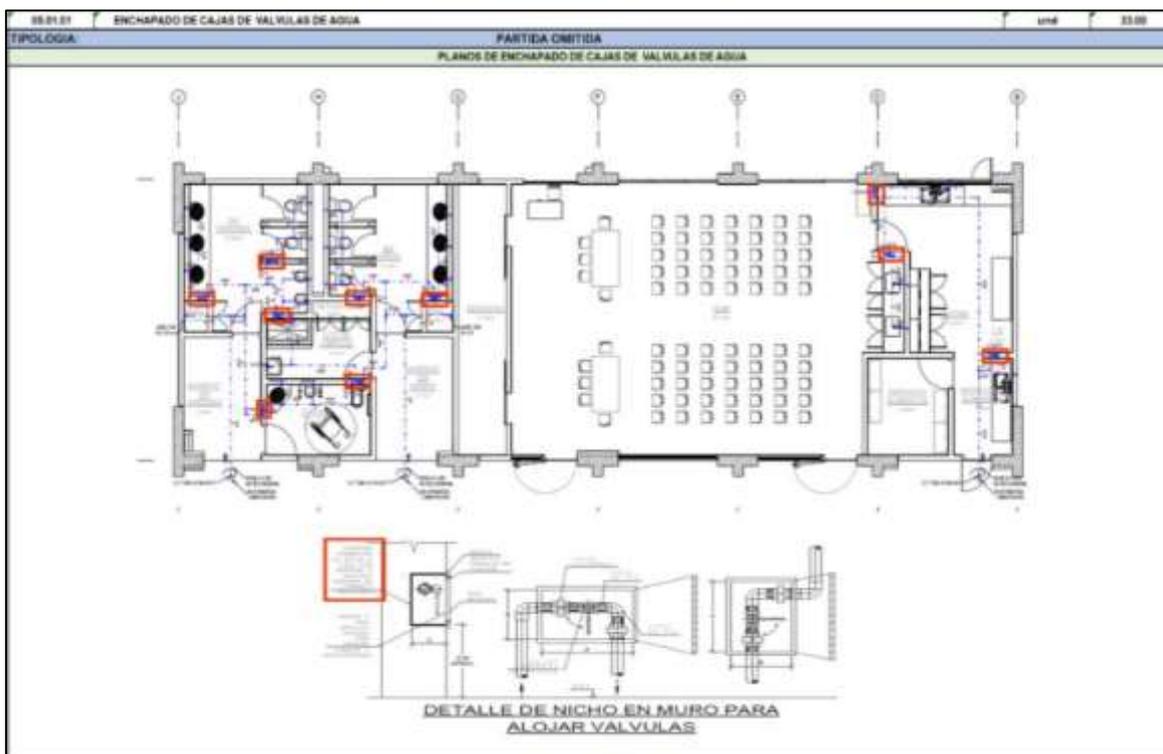
Partida omitida en IISS



Nota. Detalle del pintado con pintura resistente a los rayos ultravioleta de tubería de drenaje pluvial. Fuente: Consorcio F y K

Figura 7

Detalle del enchapado de cajas de válvulas de agua



Nota. Fuente: Consorcio F y K

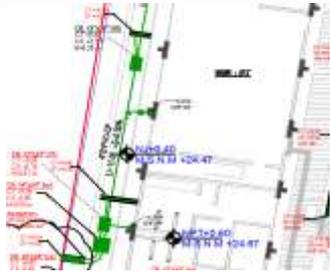
De igual modo, su presupuesto meta (proyectado) fue afectado por diversos factores identificados, tales como la mala venta del proyecto y por las incompatibilidades e interferencias encontradas durante su ejecución, las cuales no fueron absueltas en la etapa de diseño. Por otro lado, otro factor fue la logística que durante la ejecución presentó deficiencias debido a diferentes factores como la poca coordinación entre los implicados al momento de realizar los requerimientos, proveedores fuera del país, los problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora, y los diferentes cambios inesperados en la programación diaria o semanal.

Figura 8

RFI en IISSS

AL VERIFICAR LAS COTAS DE SALIDA DE LAS TUBERIAS DE DRENAJE PLUVIAL SE PUDO CONSTATAR QUE LA MAYORIA DE PUNTOS DE DESCARGA SE UBICAN POR DEBAJO DEL NIVEL DE LA PISTA. DEBIDO A ESTO SE HA REALIZADO UN LEVANTAMIENTO DE TODA LA RED GENERAL DE DRENAJE PLUVIAL INDICANDO EN ESTOS CON UN CIRCULO ROJO, LAS SALIDAS DE TUBERIA QUE TIENEN INCOMPATIBILIDAD. POR LO TANTO SOLICITO SE GENERE UN PLANO DE REPLANTEO DE TODA LA RED PLUVIAL PARA CONTINUAR CON LA EJECUCION.

RESPUESTA: Se envian los planos replanteados para su ejecucion y actualización en los planos de construccion.

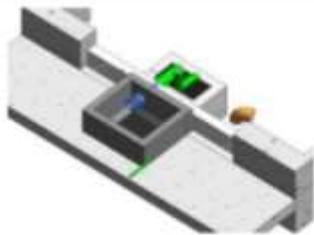


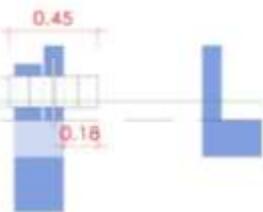
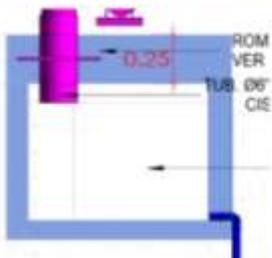
Nota. Consulta y respuesta sobre la incompatibilidad entre las cotas de salida de las tuberías de drenaje pluvial y cota de pista. Fuente: Consorcio F y K

Figura 9

Consulta sobre la incompatibilidad en brida rompe agua, tapa de cisterna, y sardinel armado.

EN LA IMAGEN SE PUEDE VISUALIZAR QUE EL REBOSE DEL TANQUE CISTERNA CONTEMPLA UNA BRIDA ROMPE AGUA DE 6" EMBEBIDA EN EL SARDINEL ARMADO BD-01 (e=0.10) Y TAMBIEN SE PUEDE OBSERVAR QUE EL SOBRECIMIENTO DEL CICLO CALCAREO ESTA APEGADO AL SARDINEL ARMADO.



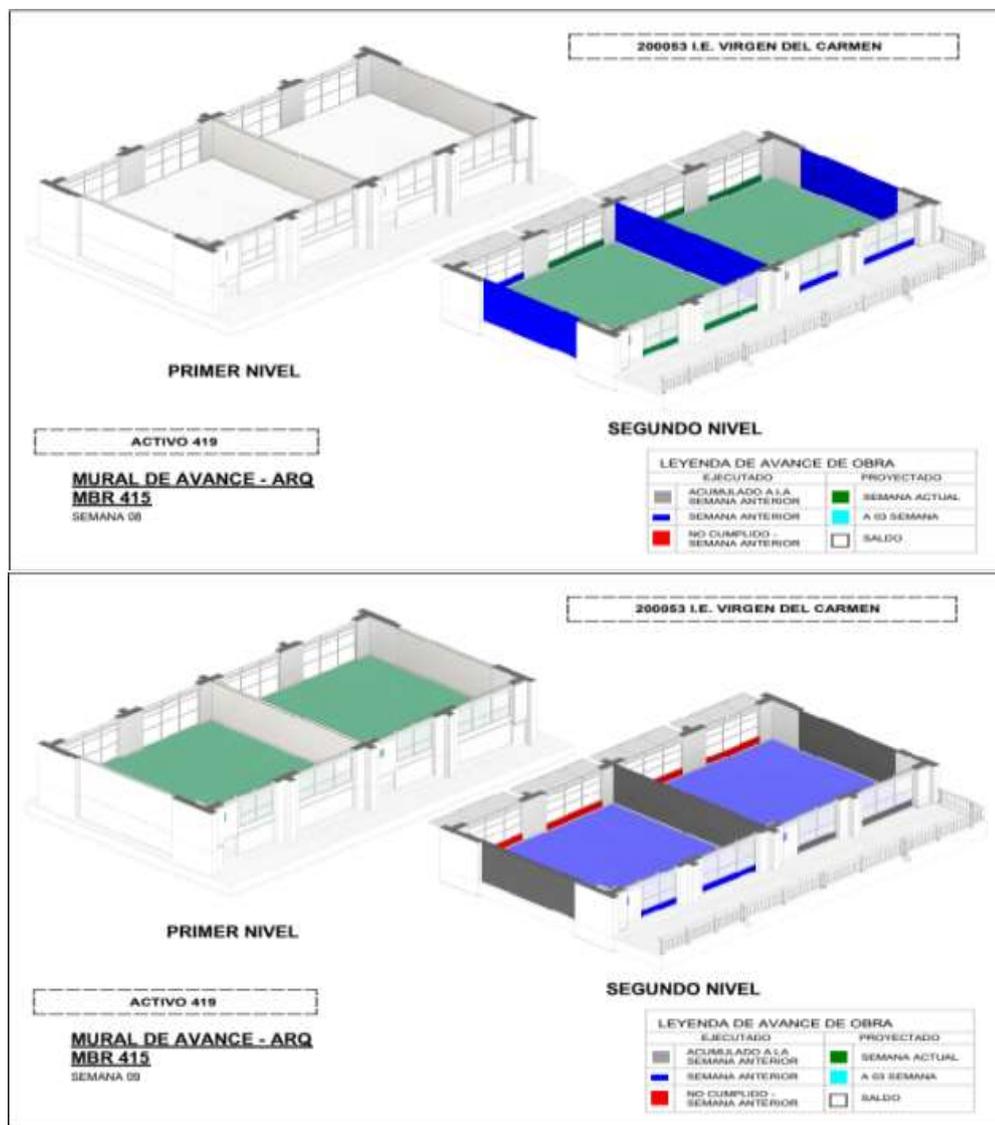
OBSERVACION	PROPUESTA
<p>01.- LA MEDIDA DE LA BRIDA ROMPE AGUA ES DE 45CM DE LONGITUD Y ESTA EMBEBIDA EN EL SARDINEL ARMADO DE 10CM, POR LO QUE ESTE INVADIRA 18 CM A LA ABERTURA VACIA DONDE ESTARA LA TAPA DE LA CISTERNA.</p> 	<p>01.- SE PROPONE ENSANCHAR EL SARDINEL ARMADO DE 0.10CM A 0.25CM Y REUBICAR LA PLANCHA DE ACERO DE LA BRIDA AL EJE DE ESTE MURO, COMO MUESTRA LA IMAGEN. CON ESTE CAMBIO SE ESTA EVITANDO LA FRAGILIDAD DEL SARDINEL DE 10CM Y EL ESPACIO DE 1CM ENTRE AMBOS MUROS.</p> 

Nota. Fuente: Consorcio F y K

Otro de los puntos en análisis fue el tiempo, donde se observó la afectación del cronograma base o plan maestro, el cual se vio afectado por los diferentes factores identificados, entre los cuales están las incompatibilidades e interferencias entre la especialidad de instalaciones sanitarias y demás especialidades, las cuales no fueron resueltas mediante la etapa de diseño, así como también la importación de equipos y productos, la baja productividad, las demoras para responder los RFI's, la poca coordinación entre los implicados, y los problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora.

Figura 10

Incumplimiento de la programación semanal

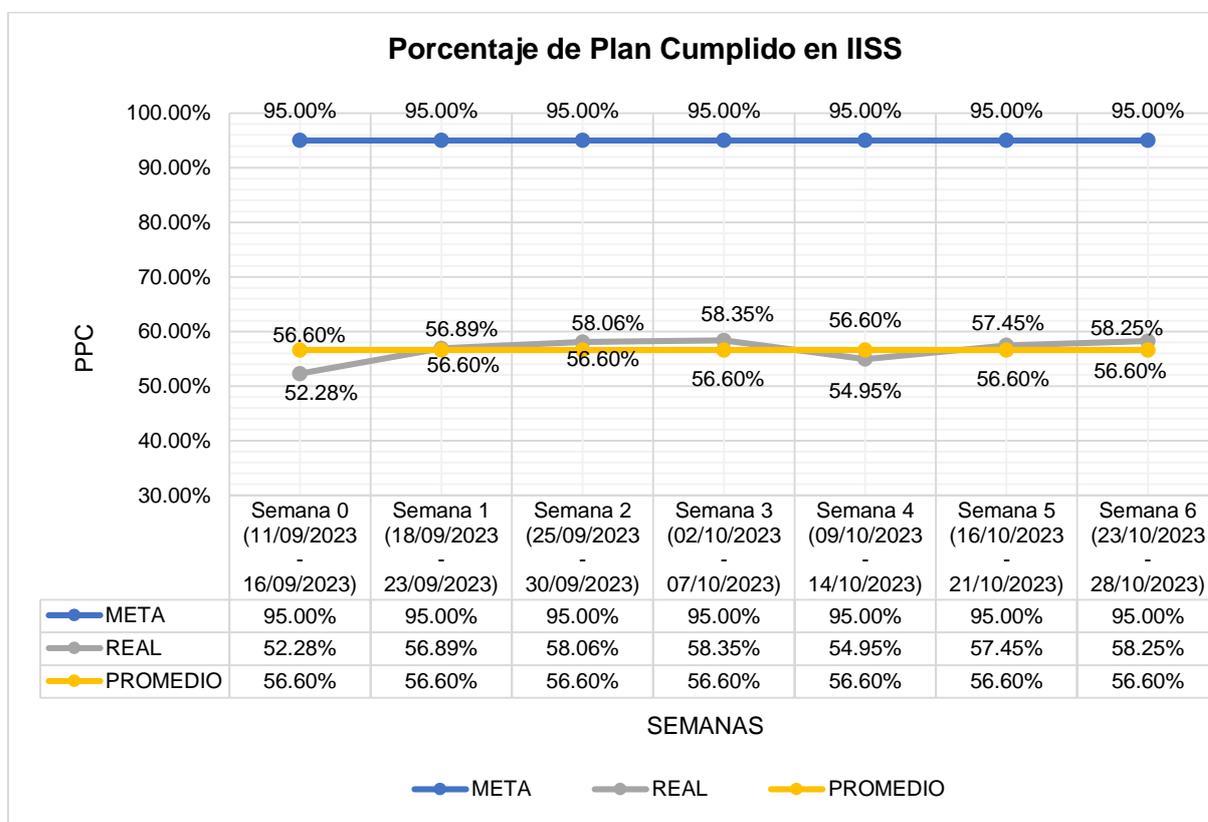


Nota. Fuente: Consorcio F y K

Por otra parte, durante la ejecución del proyecto realizaron análisis de restricciones bajo la herramienta del Last Planner System como complemento de la metodología BIM, en lo cual mejoraron la programación, seguimiento y control de los procesos durante la construcción. Es decir, en el proyecto se realizaron programaciones en Look Ahead Planning acompañadas de modelos 4D (BIM) y como parte del last planner system también aplicaron un plan de porcentaje cumplido, con el fin de identificar el cumplimiento de sus distintas actividades en la especialidad de sanitarias, en el cual se mantuvo entre el 59.89% de cumplimiento.

Gráfico 21

Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N°07



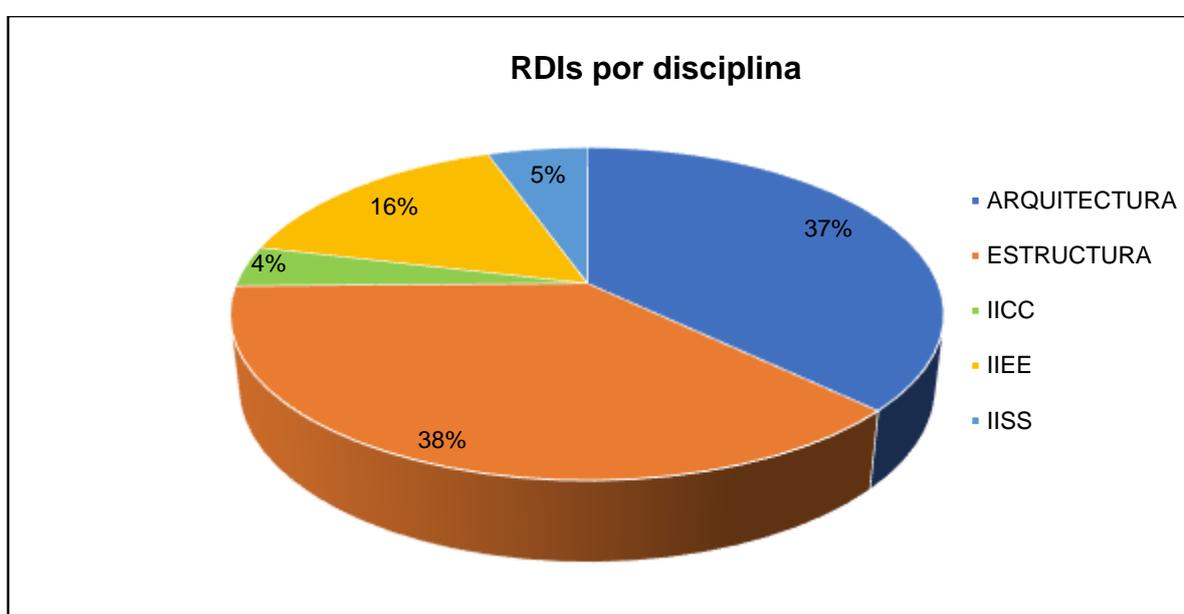
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 31, se pudo conocer que, en el presente proyecto se fijó un PPC de un 95.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 56.60%, y un 58.35% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 52.28% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

La falta de cumplimiento con la programación de LOOK AHEAD PLANNING demandó un mayor plazo de ejecución del proyecto. Por otro lado, según lo observado del análisis de los RFI's que se efectuaron durante el desarrollo del proyecto en la etapa de acabados, el 5% correspondieron a la especialidad de instalaciones sanitarias. Asimismo, se ha observado que la respuesta a estas consultas por medio de los RFI's ha demandado un tiempo más del previsto, generando problemas durante en el plazo de ejecución.

Gráfico 22

Resumen de RDI'S por disciplina durante la ejecución del proyecto N°07



Nota. Fuente: Propia de la investigación

En relación a la productividad, durante el desarrollo del proyecto utilizaron una herramienta del Lean Construction el cual les sirvió para reconocer las actividades que tenían bajos rendimientos respecto a lo establecido en sus análisis de precios unitarios de su presupuesto meta y experiencia de los profesionales involucrados, es decir, aplicaron un Nivel General de Actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

Tabla 11

Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 07

Resumen del periodo - muestreo de trabajo

Proyecto: I.E. Virgen del Carmen, Catacaos Semanas: 08/02/21 - 29/02/23
 Confiabilidad: 95% +/- 5%

Área: Proyecto general

Partidas evaluadas en el periodo:

Suministro e instalación de aparatos y accesorios, accesorios sanitarios, Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios, Salida de desagüe, Montante de desagüe, cajas de registro pluvial, Cámaras de inspección.

Semana	TP	TC	TNC
03/07/2023	47.65%	30.70%	21.65%
10/07/2023	46.92%	27.08%	26.00%
17/07/2023	48.75%	28.25%	23.00%
24/07/2023	45.30%	29.60%	25.10%
31/07/2023	48.65%	30.35%	21.00%

TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio

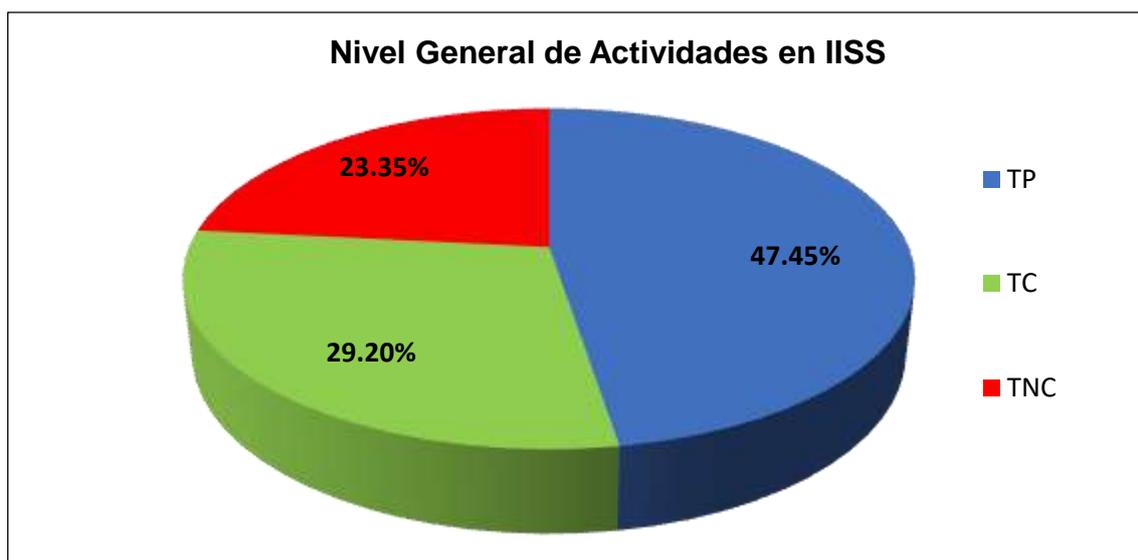
TNC: Tiempo no contributorio

Semana	47.45%	29.20%	23.35%
---------------	--------	--------	--------

Nota. Fuente: Propia de los autores

Gráfico 23

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 07 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 23 y de la tabla 11 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% de manos de obra, solamente el 47.45% fue de actividades productivas, mientras que el 29.20% fue trabajo contributivo y el 23.35% trabajo no contributivo. Generando así una pérdida considerable en horas hombres al momento de ejecutar las actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

La metodología BIM contribuyó y facilitó colaborativamente en el análisis de productividad en el proyecto, puesto que a través de su modelo de información pudieron ingresar los datos de los avances diarios, es decir, obtuvieron los metrados reales diarios para así poder saber los índices diarios de productividad (IP). Por otra parte, se hizo el uso de elementos prefabricados para el sistema de desagüe sanitario, asimismo, cabe mencionar que para su fabricación realizaron un modelo de información tomando en cuenta el replanteo real de obra.

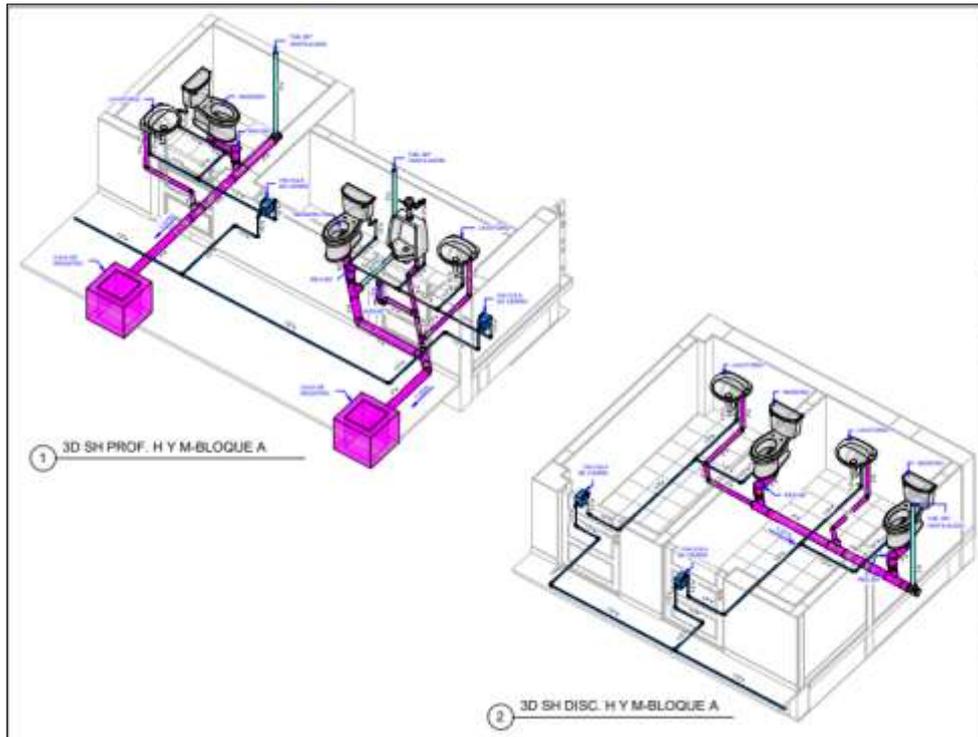
Proyecto 8: Recuperación del local escolar 14556 del caserío Tolingas, Distrito de Huarmaca Provincia de Huancabamba, Departamento de Piura.

Este proyecto fue de educación inicial, primaria y secundaria, el cual constó de seis edificios donde tres fueron de dos niveles y tres de un nivel. Este proyecto fue considerado como una obra pública financiada por la municipalidad distrital de Huarmaca bajo la modalidad de suma alzada, ejecutada por la empresa EMR Ingeniería y construcción EIRL, la cual en este proyecto arriesgó en innovar a través del uso de la metodología BIM, por ende, para llevar a cabo ello subcontrató a la empresa QARPAY Innovación en la Construcción S.A.C, para ejecutar y controlar la mano de obra, y a su vez llevaron la gestión BIM del proyecto.

En cuanto a costos, durante el desarrollo del proyecto se presentaron adicionales de obra dentro de la especialidad de sanitarias a favor del contratista, debido a los mejoramientos planteados y aceptados por la entidad, puesto que el expediente principal fue realizado bajo la metodología tradicional. Sin embargo, para su desarrollo se realizaron modelos de información de la metodología BIM en el cual se identificó las deficiencias del proyecto, previos a su ejecución.

Figura 11

Modelo de información de instalaciones sanitarias



Nota. Fuente: Qarpay Innovación en la Construcción S.A.C

Por consiguiente, el presupuesto meta proyectado de esta obra también se vio afectado por algunos factores como la mala venta (Partidas no ofertadas), y problemas climáticos en la zona de ubicación del proyecto. Por otro lado, otro factor que afectó fue la logística, ya que durante la ejecución se presentaron carencias debido a los diferentes cambios inesperados en la programación diaria o semanal, la insuficiente coordinación de los profesionales implicados al momento de realizar los requerimientos, caminos en mal estado al proyecto, y la falta de liquidez en el proyecto.

Otro punto en análisis fue el tiempo, este se observó que en su cronograma base o plan maestro, fue afectado debido a las diferentes causas identificadas, entre las cuales están las incompatibilidades o interferencias entre la especialidad de instalaciones sanitarias y las diferentes especialidades, el incumplimiento de las programaciones diarias y semanales, debido a la afectación climática, la poca coordinación entre los profesionales implicados, la falta de liquidez por parte de la empresa ejecutora, y los problemas sociales.

Figura 12

Programa general de obra

CRONOGRAMA LE N° 14556 DEL CASERIO TOLINGAS- DISTRITO DE HUARMACA				2020												2021													
				MES 01 SEPTIEMBRE			MES 2 OCTUBRE			MES 3 NOVIEMBRE			MES 4 DICIEMBRE			MES 01													
ACTIVIDADES	Duración		Fechas Previstas		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21				
	dias	Mes	Inicio	Fin																									
HITOS PRINCIPALES:					INICIO DE OBRA																				FIN DE OBRA				
Inicio de Obra			15-Sep-20																										
Fin de Obra			8-Ene-21																										
BLOQUES + OBRAS EXTERIORES:																													
Fin de obras civiles	80	2.7	4-Dic-20																										
Fin de acabados	21	0.7	25-Dic-20																										
Fin de equipamiento	7	0.2	1-Ene-21																										
ESPECIALIDADES:																													
Obras Preliminares y Provisionales	7	0.2	15-Sep-20	21-Sep-20																									
Movimiento de Tierras masivo y plataforma	15	0.5	22-Sep-20	6-Oct-20																									
Concreto	90	3.0	30-Sep-20	28-Dic-20																									
Estructura Metálica	30	1.0	21-Dic-20	19-Ene-21																									
Arquitectura	90	3.0	21-Oct-20	19-Ene-21																									
I/SS	100	3.3	7-Oct-20	14-Ene-21																									
I/EE	100	3.3	7-Oct-20	14-Ene-21																									
Cercos	75	2.5	7-Oct-20	20-Dic-20																									

Nota. Fuente: Qarpay Innovación en la Construcción S.A.C

Figura 13

Incompatibilidad en SSHH

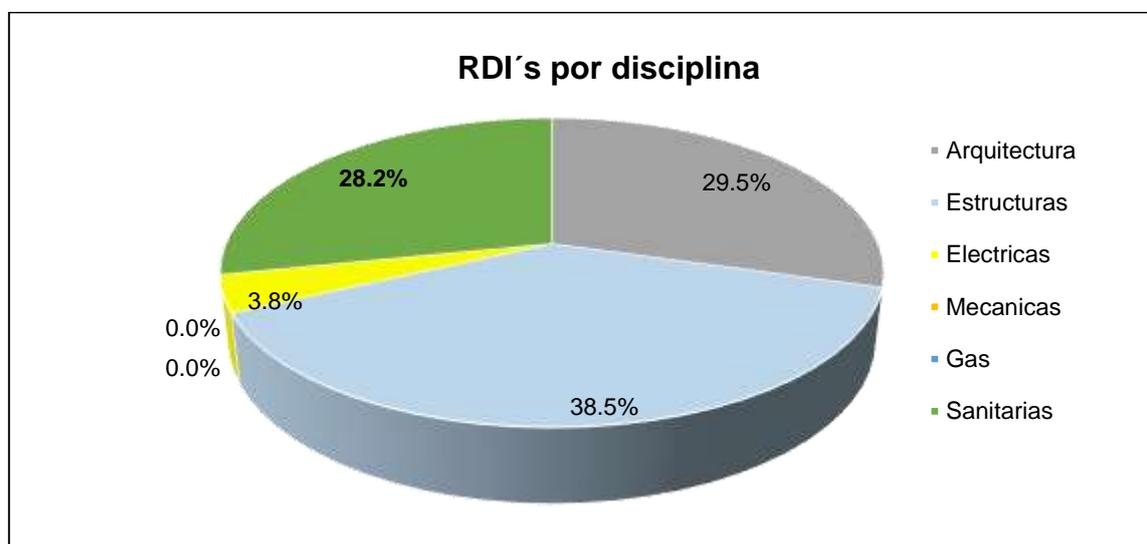


Nota. Incompatibilidad de plano de los SS. HH. de Discapacitados Hombre, en Arquitectura tiene como mobiliario un Inodoro, un Lavatorio y un Urinario, sin embargo, en el plano de II. SS. no aparece el Urinario. Fuente: Qarpay Innovación en la Construcción S.A.C.

Otro de las causas que afectó al tiempo fue debido a que en este proyecto no se usaron en su totalidad las herramientas last planner system como complemento de la metodología BIM, debido que no contaban con el staff suficiente para cubrir los cargos necesarios para el desarrollo de esta metodología, puesto que, esto implica un mayor costo del cual no fue contemplado contractualmente. Por otro lado, debido que el expediente inicial del proyecto fue realizado bajo la metodología tradicional, por ende, surgió un 28.20% de RFI's al momento de realizar el desarrollo del modelo de información, lo cual afectó considerablemente el plazo contractual.

Gráfico 24

Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N° 08

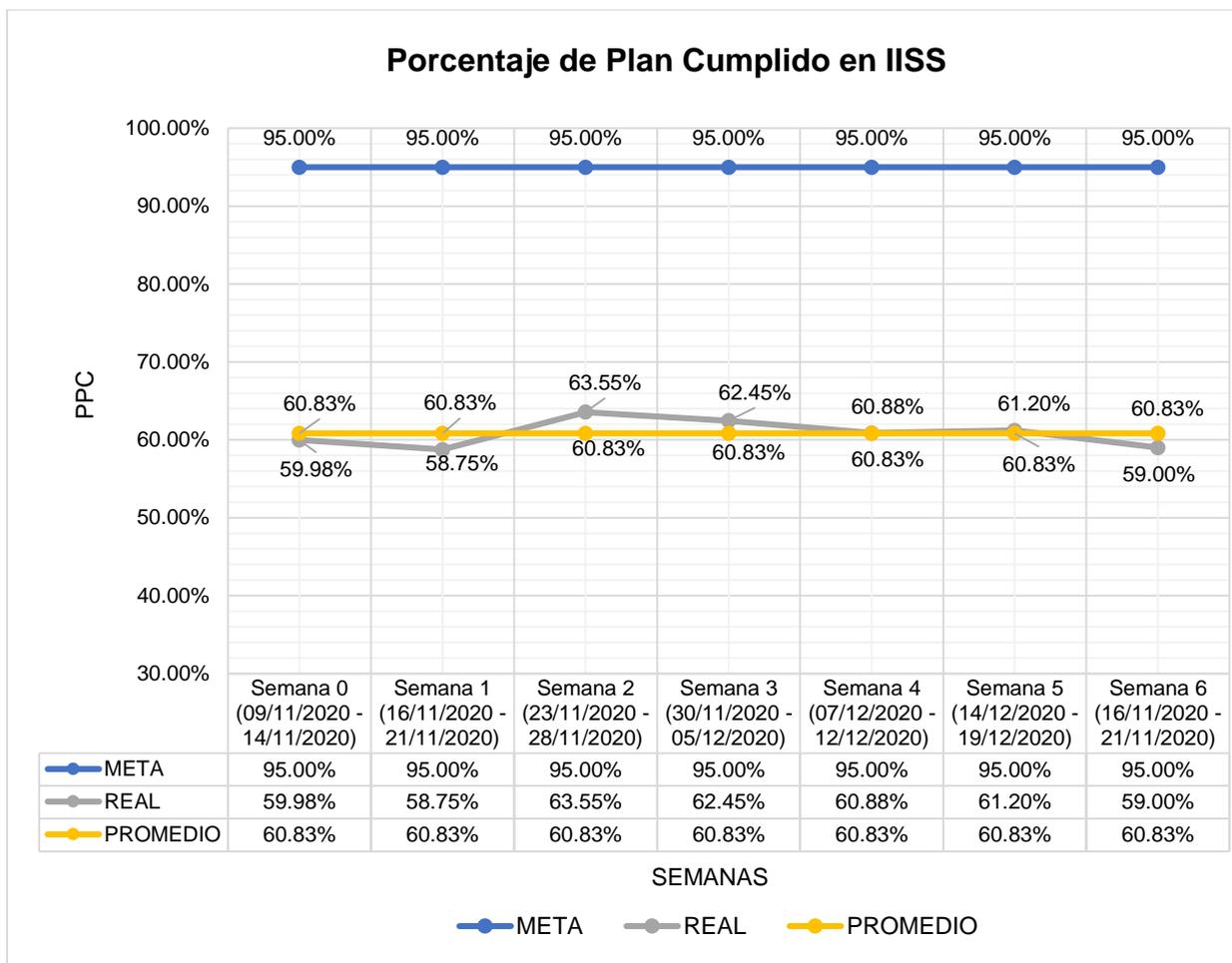


Nota. Fuente: Propia de la investigación

Por otro lado, en cuanto a las programaciones diarias y semanales, como complemento de la metodología BIM las realizaban a través de modelos gráficos de información, lo cual ayudaba a obtener más de un 63.00% de porcentaje de plan cumplido (PPC). Sin embargo, cabe mencionar que este PPC tuvo deficiencias debido a los factores climáticos, lo cual generó un mayor plazo de ejecución.

Gráfico 25

Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N° 08



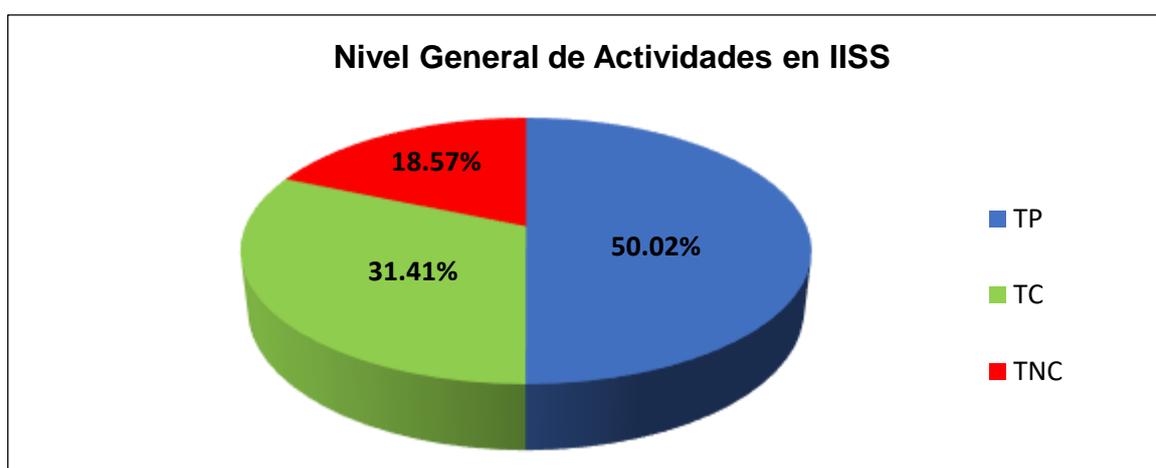
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 25, se pudo conocer que, en dicho proyecto se fijó un PPC de un 95.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 60.83%, y un 63.55% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 58.75% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias

Con respecto a la productividad, aplicaron la herramienta de nivel general de actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias, donde se observó que, debido a la poca experiencia de los profesionales encargados, el mayor consumo de horas hombres fueron en actividades contributorias, es decir que a pesar que contaban con modelos de información y programaciones gráficas, sus coordinaciones y decisiones en campo influyeron considerablemente en la productividad.

Tabla 12*Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 08*

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. N° 14556, Tolingas – Huarmaca.	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
Área:		Confiabilidad:	95% +/- 5%
Partidas evaluadas en el periodo:	Proyecto general		
Suministro e instalación de aparatos y accesorios sanitarios, Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios , Salida de desagüe, Montante de desagüe, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, y cajas de registro pluviales.			
Semana	TP	TC	TNC
09/11/2020	48.25%	33.00%	18.75%
16/11/2020	50.75%	32.85%	16.40%
23/11/2020	49.65%	31.00%	19.35%
30/11/2020	48.99%	29.98%	21.03%
07/12/2020	52.45%	30.21%	17.34%
TP: Tiempo productivo TC: Tiempo contributorio TNC: Tiempo no contributorio			
Semana	50.02%	31.41%	18.57%

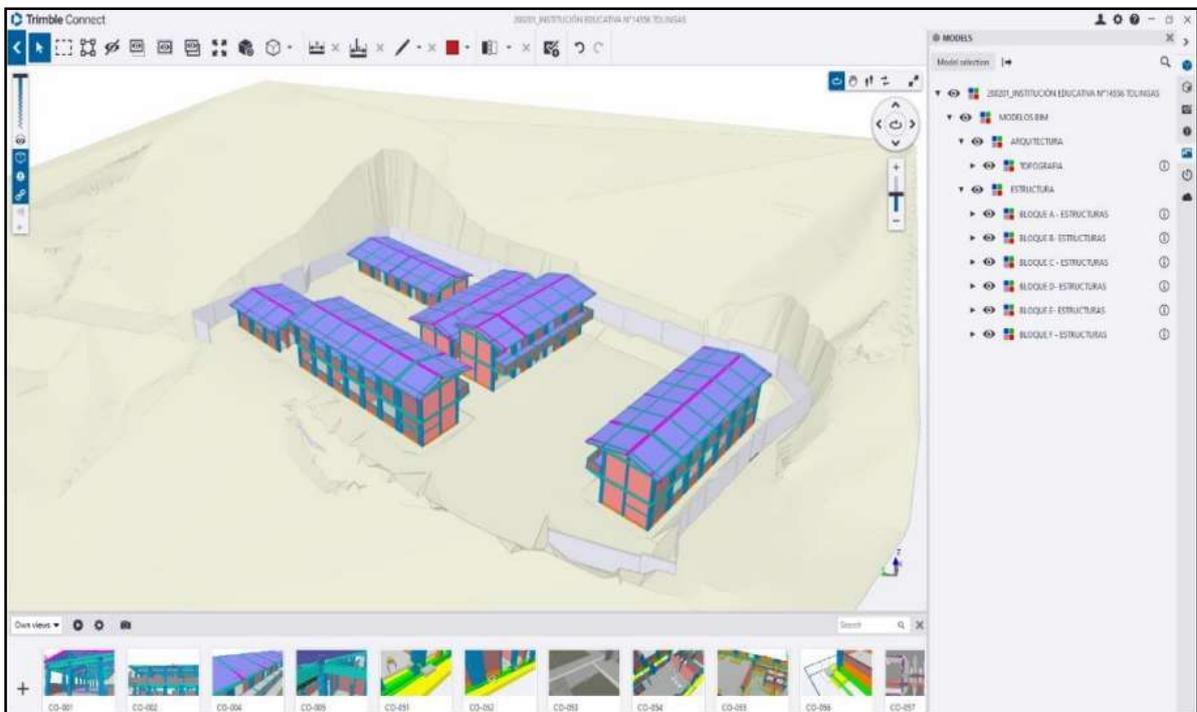
Nota. Fuente: Propia de la investigación**Gráfico 26***Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 08 por semanas**Nota.* Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 26 y de la tabla 12 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que del 100% de mano de obra, solamente el 50.02% fue de actividades productivas, mientras que el 49.98% fue de tiempo y recursos no productivos. Generando así una pérdida considerable en horas hombres al momento de ejecutar las actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

La metodología BIM junto a la plataforma Trimble Connect facilitaron colaborativamente el análisis de productividad en el proyecto, puesto que a través de su modelo de información se pudo obtener los rendimientos diarios, es decir, de los modelos BIM se extraía los metrados diarios según los avances reales para así poder saber los índices diarios de productividad (IP). Además, gracias a la solución anticipada de interferencias se pudo trabajar con mayor facilidad en la ejecución del proyecto. Asimismo, en el proyecto se utilizaron como nuevos métodos constructivos, los prefabricados, a fin de mejorar la productividad.

Figura 14

Vista de plataforma colaborativa Trimble Connect



Nota. Fuente: QARPAY Innovación en la Construcción S.A.C

Proyecto 09: Rehabilitación del Local Escolar N° 15181 con código Local 412534 del Centro Poblado Terela, Distrito de Castilla, Provincia de Piura.

Este proyecto fue un colegio de educación primaria, el cual constó de tres bloques de dos niveles, dos de un nivel y uno de dos niveles. Este fue considerado como una obra pública financiada por la municipalidad de castilla, bajo la modalidad de suma alzada, gestionada por el subcontratista QARPAY innovación en la construcción S.A.C

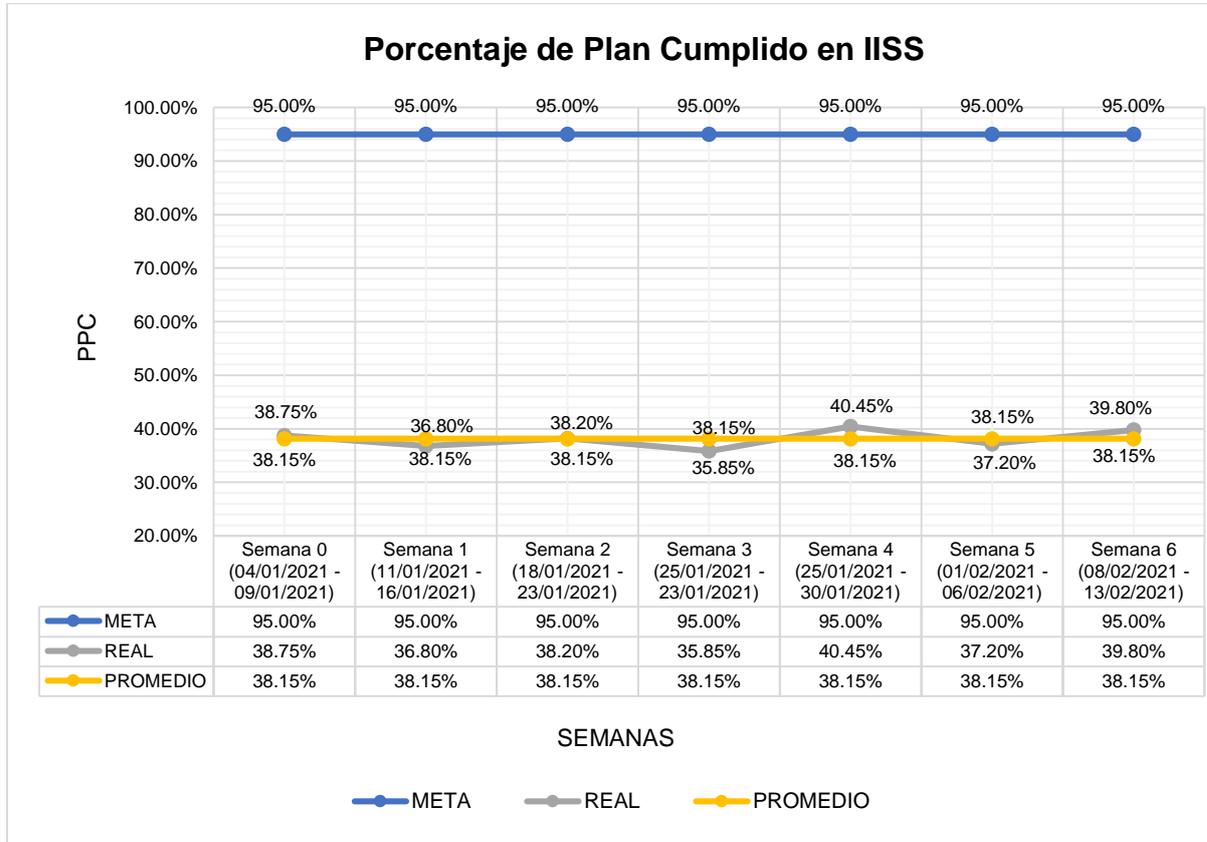
En este proyecto no hubo adicionales, puesto que el contrato fue a suma alzada, y no se presentaron consultas sustanciales que ameriten un mayor alcance o reformulación de costos en la especialidad de sanitarias y demás especialidades. Pero, sin embargo, en relación al costo el presupuesto meta proyectado en el proyecto fue afectado por diversos factores identificados entre ellos fue la mala venta del proyecto, las deficiencias en la logística, la baja productividad, y el insuficiente apoyo a la metodología BIM por parte de la gerencia del proyecto. Otro factor, fue la logística que durante la ejecución presentó deficiencias debido a los problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora.

Otro punto en análisis fue el tiempo, en la cual se observó que el cronograma base o plan maestro se vio afectado debido a diferentes factores reconocidos los cuales fueron las incompatibilidades o interferencias entre la misma especialidad de instalaciones sanitarias y demás especialidades, la poca capacidad de respuesta para solucionar inconvenientes de campo, el insuficiente interés entre los implicados por las nuevas metodologías, problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora, y como también por el incumplimiento de las programaciones diarias y semanales, en lo cual considerablemente afectó el plazo contractual.

Además, debido a que en el proyecto realizaron programaciones en LOOK AHEAD PLANNING acompañadas de modelos 4D (BIM), también se implementó una herramienta del Last Planner System como parte de la metodología BIM para identificar el porcentaje de plan cumplido en el proyecto, en lo cual se observó un 40% en el mejor de sus casos, mencionando a su vez que este PPC presentó deficiencias debido por muchos factores, entre ellos tenemos los problemas sociales lo cual afectó considerablemente el plazo contractual.

Gráfico 27

Resumen del Porcentaje de plan cumplido en IISS, del proyecto N° 09



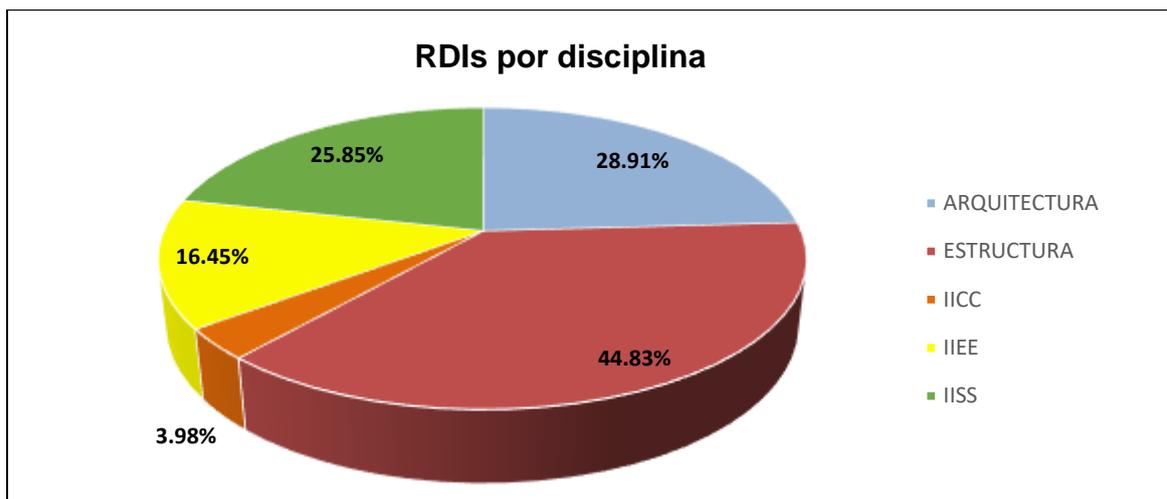
Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 27, se conoció que, en este proyecto se fijó un PPC de un 95.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 38.15%, y un 40.45% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 35.85% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

Asimismo, debido a que el expediente inicial fue realizado bajo la metodología tradicional, surgieron varios RFI's el cual correspondió un 25.85% en la especialidad de instalaciones sanitarias al momento de realizar el modelo de información, lo cual afectó considerablemente el plazo contractual.

Gráfico 28

Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N°09



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Otro punto en análisis fue la productividad, debido a los considerables retrasos con las programaciones y corto plazo contractual para terminar el proyecto, se realizó un estudio de nivel general de actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias, donde se pudo identificar que su tiempo productivo no superaba el 35.00%, debido al poco compromiso de los profesionales en campo y por los problemas sociales.

Tabla 13

Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 09

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	I.E. Terela - Piura	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
Área:		Confiability:	95% +/- 5%
Partidas evaluadas en el periodo:	Proyecto general		
Suministro e instalación de aparatos y accesorios, Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios, Salida de desagüe, Montante de desagüe, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, cajas de registro pluviales.			
Semana	TP	TC	TNC
04/01/2021	38.18%	29.80%	32.02%
11/01/2021	36.25%	30.75%	33.00%
18/01/2021	37.65%	31.37%	30.98%
25/01/2021	30.05%	34.35%	35.60%
01/02/2021	33.20%	31.80%	35.00%

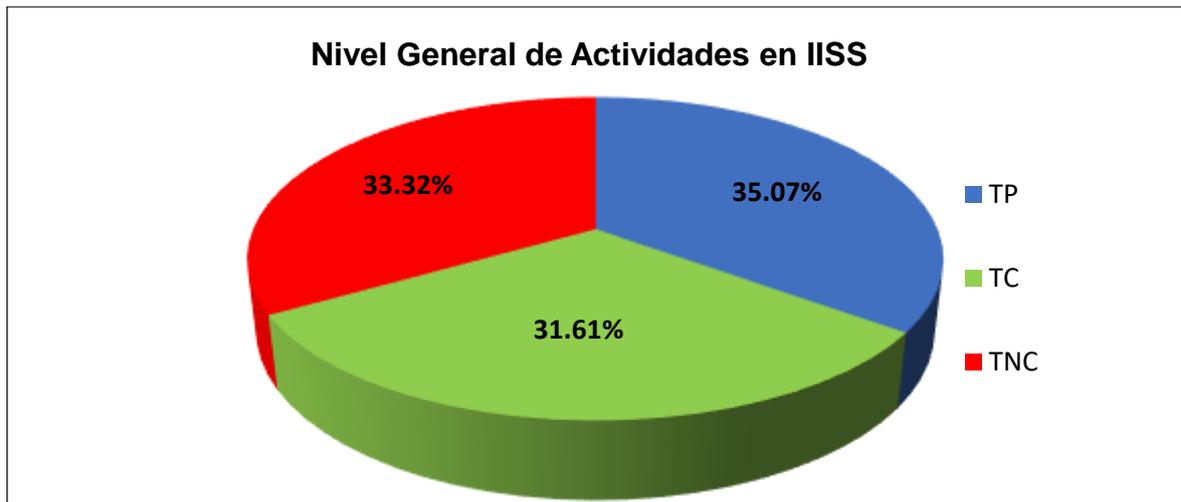
TP: Tiempo productivo **TC:** Tiempo contributorio
TNC: Tiempo no contributorio

Semana	35.07%	31.61%	33.32%
---------------	--------	--------	--------

Nota. Fuente: Propia de la investigación

Gráfico 29

Resumen del nivel general de actividades del proyecto N° 09 por semanas



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 29 y de la tabla 13 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% de manos de obra, solamente el 35.07% fue de actividades productivas, mientras que el 31.61% fue trabajo contributorio y el 33.32% trabajo no contributorio. Generando así una pérdida considerable en horas hombres al momento de ejecutar las actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

La metodología BIM facilitó considerablemente el control diario de la productividad puesto que las programaciones diarias estaban basadas en modelos con sus respectivos metrados según su programación. Sin embargo, los resultados de productividad no fueron óptimos tal como se mencionó en el nivel general de actividades. Asimismo, en la ejecución de este proyecto se utilizaron métodos convencionales de construcción en la especialidad de instalaciones sanitarias

Proyecto 10: Rehabilitación del Local Escolar N° 14065 con Código Local N° 414707 Distrito de la Unión, Provincia de Piura, Departamento de Piura, código ARCC N° 1680.

Este proyecto fue un colegio de educación primaria, constó de cuatro edificios de tres niveles, y 2 obras complementarias. El cual fue considerado como una obra pública financiada por la ARCC bajo la modalidad de suma alzada, fue ejecutada por el subcontratista EMR Ingeniería y construcción EIRL, utilizando la metodología BIM.

En este proyecto en cuanto a costo, durante su desarrollo si se presentaron eventos compensables de obra dentro de la especialidad de instalaciones sanitarias a favor del subcontratista, entre los más significativos se tuvo la elaboración del tanque séptico y pozos percoladores por falta de obras de saneamiento público. Por otro lado, también se dieron estos eventos compensables debido al cambio de alcance de planimetría entre sus versiones de entrega al licitar y al ejecutar el proyecto, al cambio de diseño en partidas específicas, indicado por el cliente como parte del mejoramiento del proyecto.

Por ende, esto afectó el presupuesto meta proyectado debido por las diferentes causas identificadas, en principio, por la nefasta venta del proyecto y después por las incompatibilidades e interferencias encontradas en su ingeniería de detalles durante su ejecución. Otro de los factores fue la logística, ya que durante la ejecución presentó carencias debido a diferentes factores como cambios inesperados en la programación diaria o semanal, la falta de coordinación entre los implicados al momento de realizar los requerimientos, productos de importación, y problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora.

Figura 15

Consulta y respuesta de información sobre la incompatibilidad de diámetro de redes colectoras

1. Se ha encontrado incompatibilidad a nivel de redes colectoras, la red principal es de Ø4" y se ha encontrado tramos de Ø6" por lo que se solicita que la red colectoras señalada (imagen n°1) sea de Ø4" según manda la memoria de cálculo (imagen n°2) además de mantener uniformidad en el diámetro de la red.

Respuesta : El diámetro de la red en mención es de Ø4", según la memoria de cálculos.



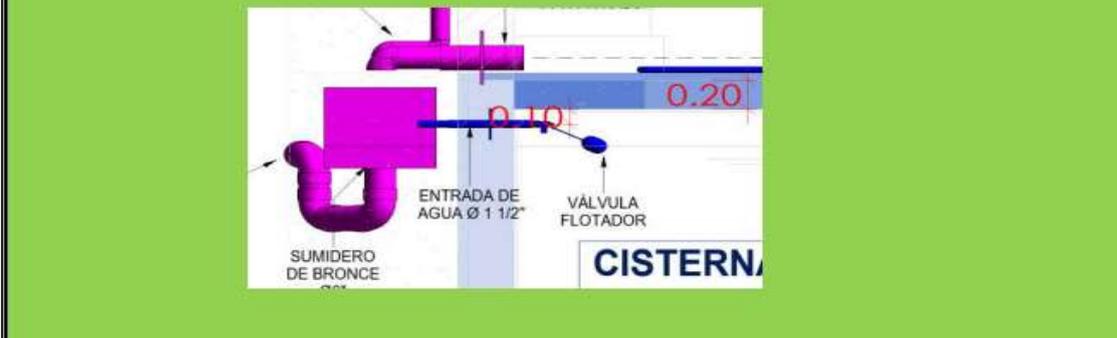
Nota. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL

Figura 16

RFI en Cisterna

DEBIDO A QUE LA TUBERIA DE ENTRADA DE AGUA EN LA CISTERNA ESTA MUY PEGADA HACIA EL TECHO (IMAGEN 01). SE PROPONE QUE LA ALTURA ENTRE LA BASE DE LA LOSA MACIZA Y EL EJE DE TUBERIA DE INGRESO SEA DE 10cm (IMAGEN 02).

respuesta : Se acepta la propuesta del eje de la tubería de ingreso este a 0.10 m.



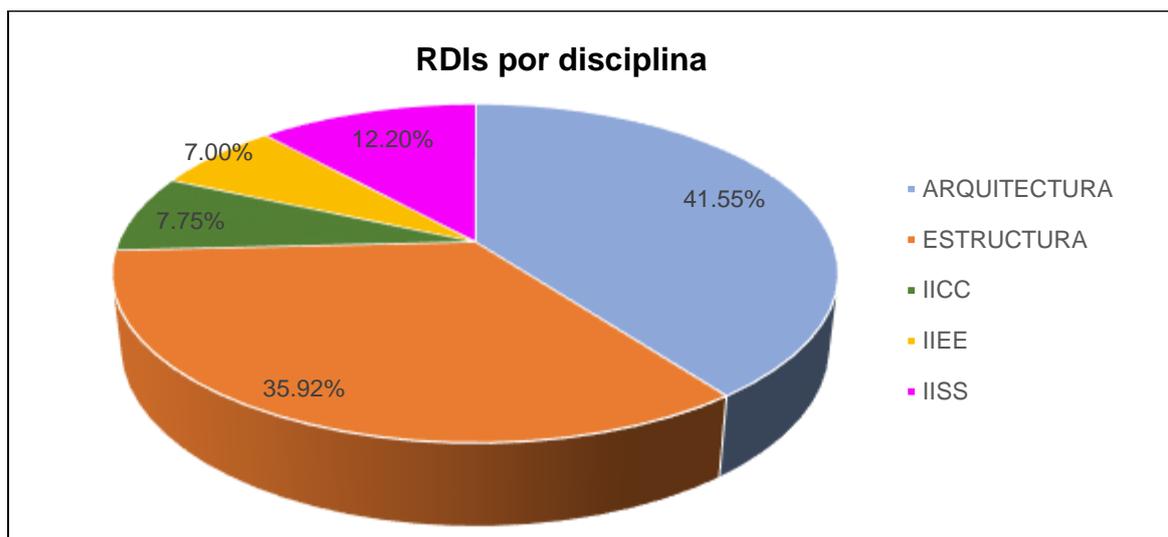
Nota. Consulta y respuesta de información sobre la altura de la tubería de ingreso de agua y la base de la losa maciza es pequeña. Fuente: EMR Ingeniería y construcción EIRL.

Otro punto en análisis fue el tiempo, el cual su cronograma base o plan maestro se afectó debido a las incompatibilidades e interferencias entre la especialidad de instalaciones sanitarias y demás especialidades, como también por la compra de materiales o equipos fuera del país, el incumplimiento de las programaciones diarias y semanales, las demoras para responder los RFI's que se realizaron en el

proyecto, donde el 12.20% corresponden a la especialidad de instalaciones sanitarias, la falta de coordinación entre los implicados, la ausencia del personal clave y problemas de liquidez por parte de la empresa ejecutora, causando problemas en el plazo de ejecución.

Gráfico 30

Resumen de RDI's por disciplina durante la ejecución del proyecto N°10

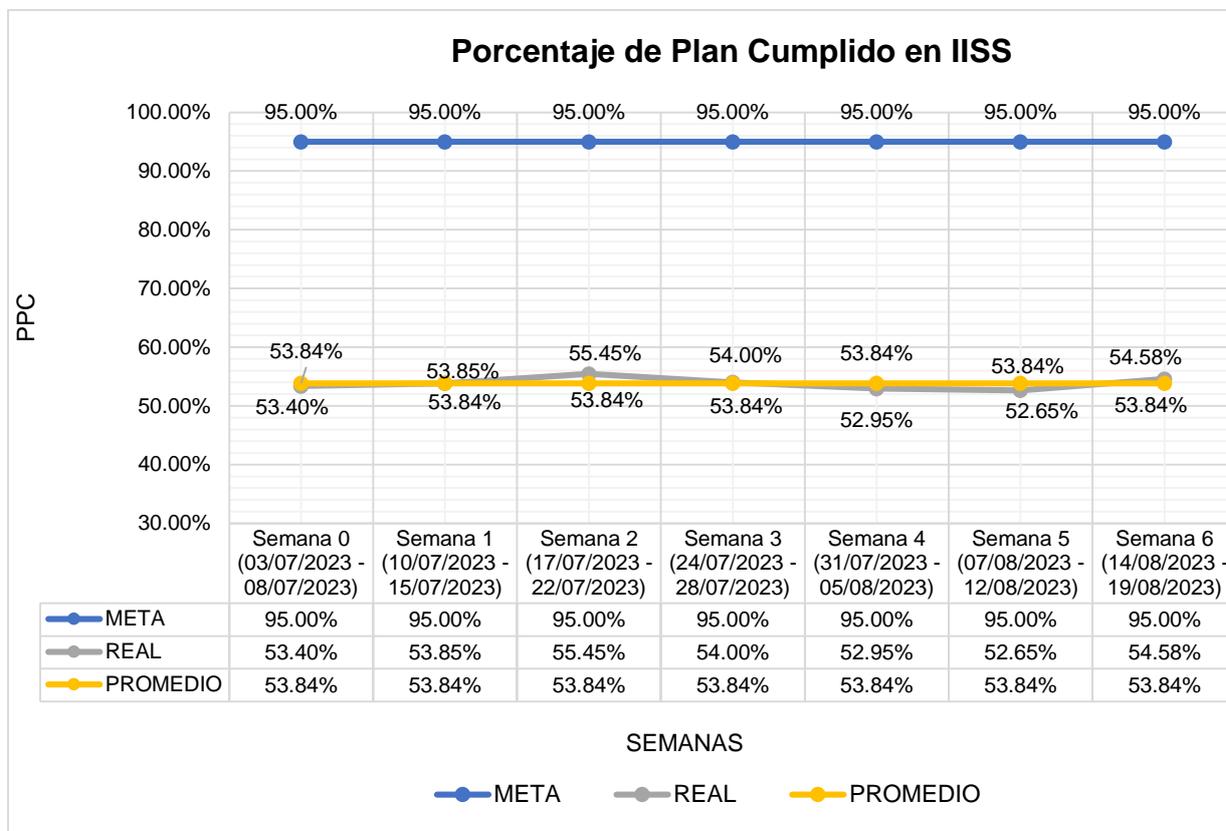


Nota. Fuente: Propia de la investigación

Asimismo, durante la ejecución del proyecto se realizó el análisis de restricciones bajo la herramienta del Last Planner System como complemento de la metodología BIM, con el cual mejoraron la programación, seguimiento y control de los procesos durante la construcción. Sin embargo, cabe indicar que este análisis fue afectado por inconvenientes logísticos y liquidez. Asimismo, en el proyecto se realizaron programaciones en Look Ahead Planning acompañadas de modelos 4D (BIM) con la finalidad de identificar el porcentaje de plan cumplido (PPC) en el proyecto, y como parte del last planner system también aplicaron un plan de porcentaje cumplido en la cual su finalidad fue en identificar el cumplimiento de sus distintas actividades en la especialidad de sanitarias, donde este fue mayor al 55.00% de cumplimiento. Esta falta de cumplimiento con la programación Look Ahead Planning generó un mayor plazo de ejecución.

Gráfico 31

Resumen de periodo del Porcentaje de plan cumplido del proyecto N° 10



Nota. Fuente: Propia de la investigación

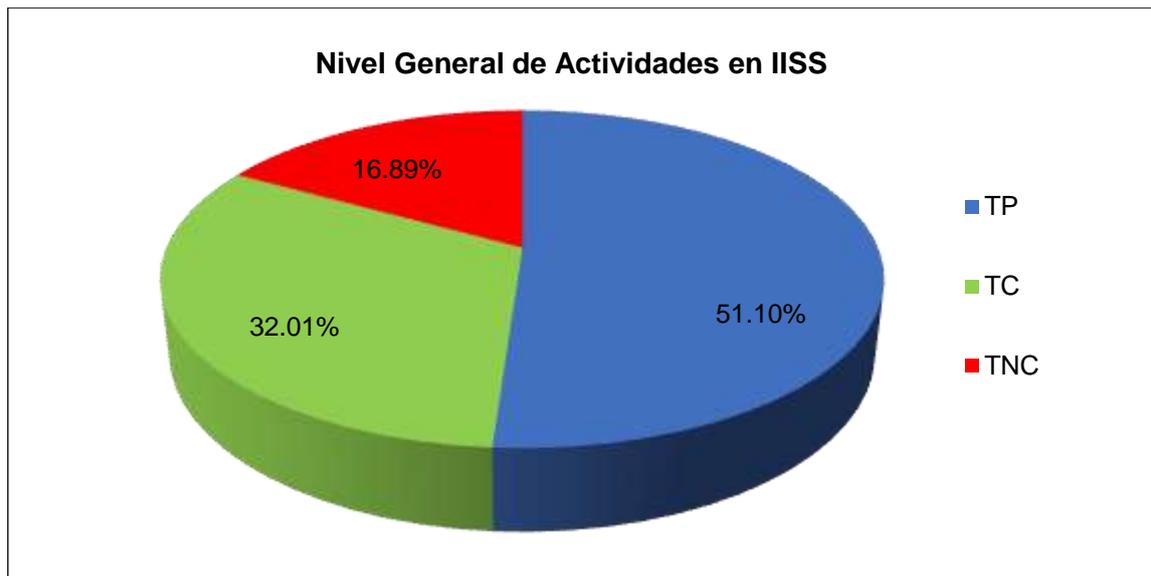
Según los resultados del gráfico 31, se conoció que, en este proyecto se fijó un PPC de un 95.00% como meta. Sin embargo, debido a diversos factores se pudo alcanzar un PPC promedio de un 53.84%, y un 55.45% en el mejor de los casos. Del mismo modo, su PPC más bajo fue de 52.65% en el cumplimiento de las actividades de instalaciones sanitarias.

En relación a la productividad, durante el desarrollo del proyecto se efectuaron estudios basados en reconocer el nivel general de actividades, en las cuales se observó que tenían bajos rendimientos respecto a lo establecido en sus análisis de precios unitarios de su presupuesto meta y experiencia de los profesionales involucrados, en el cual se obtuvo que la especialidad de instalaciones sanitarias tiene una considerable pérdida de horas hombre al momento de ejecutar las actividades.

Tabla 14*Resumen de nivel general de actividades en el periodo, proyecto N° 10*

Resumen del periodo - muestreo de trabajo			
Proyecto:	Local Escolar N° 14065 con Código Local N° 414707, Distrito de La Unión,	Semanas:	08/02/21 - 29/02/23
Área:	Proyecto general	Confiabilidad:	95% +/- 5%
Partidas evaluadas en el periodo:			
Suministro e instalación de aparatos y accesorios, Salida de agua fría, Redes de alimentación (exteriores), Redes de derivación montantes, Válvulas, llaves y accesorios, Salida de desagüe, Montante de desagüe, Accesorios de desagüe, Cámaras de inspección, Cisterna, tanque elevado y cajas de registro pluviales, instalación de accesorios en pozo séptico.			
Semana	TP	TC	TNC
04/07/2023	49.98%	35.20%	14.82%
11/07/2023	50.92%	33.65%	15.43%
18/07/2023	52.85%	30.00%	17.15%
25/07/2023	51.75%	30.20%	18.05%
02/08/2023	50.00%	31.00%	19.00%
<p>TP: Tiempo productivo TC: Tiempo contributorio</p> <p>TNC: Tiempo no contributorio TC: Tiempo contributorio</p>			
Semana	51.10%	32.01%	16.89%

Nota. Fuente: Propia de la investigación**Gráfico 32***Resumen del nivel general de actividades del proyecto 10 por semanas*



Nota. Fuente: Propia de la investigación

Según los resultados del gráfico 32 y de la tabla 14 se mostró que, durante la ejecución del proyecto, se tuvo que el 100% de mano de obra, solamente el 51.10% fue de actividades productivas, mientras que el 48.90% fue de tiempo y recursos no productivos. Generando así una pérdida considerable en horas hombres al momento de ejecutar las actividades en la especialidad de instalaciones sanitarias.

La metodología BIM contribuyó y facilitó colaborativamente el análisis de proyectividad en el proyecto, puesto que a través de su modelo de información se pudo ingresar los avances diarios, además de obtener los metrados reales diarios para así poder saber los índices diarios de productividad (IP). En el presente proyecto se hizo el uso de elementos prefabricados para el sistema de desagüe sanitario. Asimismo, cabe mencionar que para su fabricación se hizo un modelo de información tomando en cuenta el replanteo real de obra.

En lo referente a la metodología tradicional, se ha obtenido que el proyecto: “Ampliación y Mejoramiento de la I.E. N° 14587 San Miguel Arcángel, Distrito Miguel Checa, Provincia Sullana – Piura.” ha sido ejecutado con esta metodología, lo que ha generado mayores sobrecostos en la especialidad de instalaciones sanitarias, a través de adicionales de obra de partidas que no estuvieron contempladas en el presupuesto contractual y que generaron mayor alcance en su ejecución. Además, la deficiente logística fue otro factor que aumentó los sobrecostos de esta especialidad, debido a que surgieron diferentes causales que cambiaron la

programación diaria del avance de obra, se tuvo problemas en los requerimientos y en la liquidez de algunos pagos de mano de obra.

Con respecto al tiempo, se verificó que el cronograma meta no se cumplió, lo que generó una acumulación de ampliaciones de plazo para la culminación del proyecto. Se debe mencionar que, el equipo técnico en sus primeras 4 semanas de haber iniciado la ejecución de la obra implementó la herramienta Last Planner System, pero por el tiempo que esto tomaba y la acumulación de responsabilidades de los profesionales se dejó de implementar. Como las programaciones diarias no llegaban al porcentaje propuesto, se aplicó un plan de porcentaje cumplido para identificar las partidas de instalaciones sanitarias que demandaron de un gasto innecesario de horas hombre, de lo cual se obtuvo que en el mejor de los casos sólo se llegaba a cumplir el 61.69 % de un 90% proyectado. Estos valores están muy por debajo de los promedios de PPC, esa afirmación se corrobora en los resultados encontrados por Lagos y Alarcón (2020) donde indicaron que para que un proyecto sea exitoso deben estar en un PPC igual o superior al 83%, en otras palabras, mantener un PPC más alto conduce a un mejor rendimiento, productividad y cronograma de trabajo.

En cuanto a la productividad, se identificó que se tuvo una considerable pérdida de horas hombre en las diferentes partidas de instalaciones sanitarias. Del 100% del tiempo empleado en la ejecución de estas actividades, solo el 43.75% fue de actividades productivas, es decir, que el índice de productividad ha sido inadecuado porque la ejecución de estas partidas ha mostrado baja productividad por el exceso de horas hombre que no aportaron en el avance de obra. Este resultado no fue el esperado, ya que, se puede comparar con lo mencionado por Hinojosa et al (2019), donde muestran la composición del contenido de trabajo según Serpell (2002), esta estructura indica que el tiempo ideal de un tiempo productivo es del 60%, de un tiempo contributivo es 25% y de tiempo no contributivo es de un 15% del tiempo total. Asimismo, afirmaron que una productividad mayor se traduce en ejecutar más trabajo con la misma cantidad de recursos o también consiste en realizar lo mismo, pero con menos recursos, también señalaron que existen factores críticos que inciden en los trabajos no contributivos, como la espera por las herramientas y/o materiales necesarios para la ejecución de su trabajo y el

empleo de métodos de trabajo ineficientes. Demostrando que el trabajo no contributivo se origina principalmente porque no existe una planificación eficiente para la entrega y localización de los recursos para las cuadrillas de trabajo, lo que se traduce en tiempo perdido en tiempos de espera y transportes innecesarios.

Según Basualdo (2021) la metodología tradicional presenta un deficiente flujo de información entre los stakeholders del proyecto, lo cual genera retrasos y sobrecostos que afectan la ejecución del mismo. Además, según Aragón y flores (2018) esta metodología solo brinda planos en 2D e isométricos que son complicados de interpretar y pueden ocasionar retrasos en la ejecución de las partidas.

De forma similar, Yañez (2023) afirmó que, al trabajar con una metodología tradicional muchos proyectos quedan inconclusos por diversos factores, asimismo, concluye que aún existe una oposición al cambio, ya que la mayoría de los proyectistas están acostumbrados a diseñar en 2D y no se dan cuenta que con la aplicación de la metodología BIM se pueden evitar errores en la ejecución de las diferentes partidas de instalaciones sanitarias. Este resultado concuerda con lo que se encontró en el análisis del primer proyecto, ya que la metodología tradicional genera sobrecostos y una mayor demanda de tiempo para la culminación de la obra, es decir, las programaciones no se cumplen y la productividad no es la esperada para que la ejecución de las partidas alcance el porcentaje proyectado en el plan de porcentaje cumplido. Por esta razón, es necesario que todos los interesados en el proyecto no se opongan al cambio e implementen la metodología BIM, la cual si se aplica de manera adecuada ayuda a culminar los proyectos en el tiempo establecido, con una productividad adecuada y con favorables costos.

En lo referente a la metodología BIM, se ha obtenido que el proyecto 2: Rehabilitación del local escolar Colegio Técnico de Aplicación con código local 414444, se optó por subcontratar servicios a otras empresas constructoras para culminar el proyecto antes del tiempo programado. En cuanto al costo y avance de actividades de instalaciones sanitarias de este proyecto no se ha generado adicionales ni eventos compensables significativos, porque se han identificado problemas en la fase de revisión antes del inicio de actividades y así se han evitado sobrecostos, se han empleado diferentes herramientas que han ayudado a

controlar este aspecto, sin embargo, el presupuesto general se fue afectado en un porcentaje mínimo por aspectos que aún deben afinarse en la implementación de esta metodología. En esa misma línea, Hinostroza y Romero (2019) indicaron que la metodología BIM recién se viene implementando, pero de una manera menos eficaz debido a la falta de capacitación de los profesionales con respecto a este tema y a la deficiente aplicación de las herramientas.

En cuanto a la logística realizada por la contratista se siguió la programación establecida, y se implementó una comunicación efectiva con los proveedores, pero por diferentes dificultades que suelen ocurrir en obra y por la deficiente capacidad de respuesta, se produjo un retraso en la ejecución de diversas actividades, lo que a su vez perjudicó el cronograma base. Esto confirma que al efectuar adecuadamente la aplicación de la metodología se reducen costos y se pueden introducir nuevos métodos constructivos que optimizan los tiempos de ejecución.

De acuerdo al seguimiento realizado se ha identificado que las actividades no ejecutadas a tiempo se reprogramaron, pero su cumplimiento no tuvo un buen porcentaje debido a los inconvenientes diarios que se presentaron, es decir, que dentro de los proyectos se ha establecido un porcentaje meta de 85%, pero solo se llegó a cumplir un 58.11% en promedio, este valor está por debajo del promedio meta, esto se corrobora en los resultados encontrados por Lagos y Alarcón (2020) donde indicaron que para que un proyecto sea exitoso deben estar en un PPC igual o superior al 83%, en otras palabras mantener un PPC quiere decir que las actividades programadas se están alcanzando a tal porcentaje establecido por la empresa.

En cuanto a productividad, durante la ejecución de las partidas de instalaciones sanitarias de estos proyectos de un 100% del tiempo empleado en la ejecución de estas partidas, el porcentaje de actividades productivas estuvo en un 52.74%, lográndose porcentaje normal de producción, reduciendo pérdidas y tiempos muertos en la ejecución de la obra para alcanzar el cronograma meta proyectado, este resultado no fue tan malo, ya que, se puede comparar con lo mencionado por Hinostroza et al (2019), donde muestran la composición ideal del contenido de trabajo según Serpell (2002), esta estructura indica que el tiempo ideal de un tiempo

productivo es del 60%, de un tiempo contributorio es 25% y de tiempo no contributorio es de un 15% del tiempo total.

Los resultados obtenidos en el análisis de los proyectos no fueron los esperados, pero tampoco fueron desalentadores porque se ha obtenido una optimización de tiempo y costo del proyecto en menor porcentaje. Esto se refuerza con lo mencionado por Patel y Nayam (2022), que al aplicar la metodología BIM se deben reducir sobreesfuerzos humanos y minimizar la probabilidad de cometer errores en la ejecución de partidas, pero para la adecuada implementación de la misma se tiene que recibir una capacitación apropiada de los elementos que componen la metodología.

Asimismo, Espinoza (2021) menciona que esta metodología permite que la información de un proyecto no se pierda a lo largo de su ejecución y se maximice la eficiencia en todas sus fases. Por otro lado, Valero (2023) menciona que los tres pilares de la metodología BIM es la comunicación, la interoperabilidad que sirve para intercambiar información del proyecto y la centralización de la información en un solo modelo. Esta metodología se puede aplicar en la ejecución de cualquier proyecto, pero se tiene que tener en cuenta que Sparrow (2018) menciona la especialidad de instalaciones sanitarias está conformada por el sistema de agua potable, desagüe y drenaje pluvial.

Por otro lado, El proyecto 3: Rehabilitación del Local Escolar N° 14062 Nuestra Señora de las Mercedes con Código Local N° 770240, Distrito de La Unión, Provincia de Piura, Departamento de Piura - Código ARCC N° 2261, el proyecto 4: Rehabilitación de la infraestructura y dotación de equipamiento en el I.E. Micaela Bastidas, distrito Veintiséis De Octubre, provincia de Piura, departamento de Piura, el proyecto 5: Servicio de Ejecución del Saldo de Obra - Obras Exteriores, IIEE, IISS y ejecución de acabados de I.E. San Cristo Nos Valga- PQ7, el proyecto 6: Rehabilitación del Local Escolar N° 14037 Santiago A. Requena Castro con Código Local N° 413350, Distrito de Catacaos, Provincia de Piura, Departamento de Piura - Código ARCC N° 2358, el proyecto 7: Rehabilitación del Local Escolar Virgen del Carmen con código Local N° 413307, Distrito de Catacaos, Provincia de Piura, Departamento de Piura – código ARCC N°2806, el proyecto 8: Recuperación del local escolar 14556 del caserío Tolingas, Distrito de Huarmaca Provincia de

Huancabamba, Departamento de Piura, el proyecto 09: Rehabilitación del Local Escolar N° 15181 con código Local 412534 del Centro Poblado Terela, Distrito de Castilla, Provincia de Piura, y el proyecto 10: Rehabilitación del Local Escolar N° 14065 con Código Local N° 414707 Distrito de la Unión, Provincia de Piura, Departamento de Piura, código ARCC N° 1680.

Fueron proyectos donde también se aplicó la metodología BIM, asimismo, en estos proyectos hubo variaciones en su presupuesto meta debido a la modalidad de contratación fast track, así como también debido a los cambios significativos que se realizaban a solicitud del cliente. Sin embargo, algunos de estos factores se lograron controlar gracias a la aplicación de herramientas de la metodología BIM.

Dentro del análisis, se ha identificado que existieron eventos compensables por una deficiente asignación de partidas, deficiente revisión de incompatibilidades y un diseño no definido en su totalidad dentro de la especialidad. Estos eventos ocurrieron por los problemas topográficos del terreno el interior y exterior del proyecto, lo que generó un replanteo de las redes trazadas; problemas climáticos de la ubicación del proyecto y por cambios para mejorar partidas específicas que se hicieron a solicitud del cliente. Debido a esto, el presupuesto meta tuvo que modificarse para lograr cumplir con las exigencias del alcance del proyecto, el porcentaje de incremento del presupuesto contractual de instalaciones sanitarias de estos proyectos tuvo un incremento no mayor del 28.12%, dentro de este presupuesto estuvieron consideradas nuevas partidas, materiales, equipos y la gestión BIM para solucionar los nuevos alcances requeridos. Mezquita (2018) demostró que los proyectos siempre presentan interferencias e incompatibilidades en su diseño y que mediante el uso de herramientas BIM para modelar y analizar interferencias de un proyecto en todas sus especialidades se pueden absolver estas interferencias generando un costo – beneficio en la fase de diseño y de ejecución.

En relación a la logística, se realizaron programaciones desde el inicio de la obra hasta su etapa final, y se tuvo una buena comunicación con los proveedores. Sin embargo, en la adquisición de algunos materiales de instalaciones sanitarias no hubo buena gestión porque se tenía que importar materiales fuera del país, creando así restricciones de trabajo, problemas sociales, falta de liquidez por parte de las

empresas ejecutoras y demoras en la aprobación de los materiales, lo que ocasionó mayores costos del proyecto. El cronograma proyectado por su parte se tuvo que replantear por los diferentes factores que afectaban la producción a fin mejorar el control de obra, pero a pesar de esto, el plazo contractual se extendió con la finalidad de garantizar el término de las obras. Bello y Osorio (2022) concuerdan con este resultado, ya que hallaron que las falencias más comunes en la ejecución de proyectos de construcción son los cambios de diseño, pérdidas o desperdicios propiciados por errores de diseño, errores en la formulación, gestión y entrega de pedidos de materiales, falta de experiencia y habilidades de los trabajadores, falta de control y supervisión del uso de materiales, métodos de construcción inadecuados e ineficientes, problemas de comunicación y coordinación entre los participantes del proyecto, etc.

En relación con las actividades de instalaciones sanitarias programadas en los proyectos, se fijó un porcentaje de plan cumplido entre un 80% y 95%, sin embargo, debido a diversos factores solo se pudo alcanzar un porcentaje que estuvo entre un 48.84% y 66.20% en promedio, es decir, estos valores están por debajo de los promedios de PPC, esa afirmación se corrobora en los resultados encontrados por Lagos y Alarcón (2020) donde indicaron que para que un proyecto sea exitoso deben estar en un PPC igual o superior al 83% en promedio. Según el análisis de los RFI's, en la especialidad de instalaciones sanitarias el porcentaje de consultas no supera el 20% a excepción del proyecto 8 que llegó a 28.80%, pero la respuesta a estas ha demandado de un tiempo más del previsto, lo que también generó problemas en las programaciones de trabajo. Asimismo, esto coincide con lo mencionado por Campoverde y Salas (2022), autores que han estimado que las principales causales de pérdida que se originan en un proyecto de construcción son un 40% a 50% del tiempo total destinado al diseño que es posible optimizar, y entre el 20% a 30% del período de construcción total posible de mejorar producto principalmente de deficiencias en diseño y coordinaciones de especialidades, podrían mejorarse si se tiene en cuenta estas falencias y se cuenta con herramientas para disminuirlas.

Asimismo, del 100% empleado en la ejecución de todas las actividades realizadas en estos proyectos, el porcentaje de actividades productivas tuvo una variación

entre un 35.05% y 56.32%, estos valores no son los esperados porque expresan que los rendimientos de mano de obra son deficientes en comparación a los establecidos en los análisis de precios unitarios. Este resultado no fue tan malo, ya que, se puede comparar con lo mencionado por Hinostroza et al (2019), donde muestran la composición ideal del contenido de trabajo según Serpell (2002), esta estructura indica que el tiempo ideal de un tiempo productivo es del 60%, de un tiempo contributorio es 25% y de tiempo no contributorio es de un 15% del tiempo total.

Cabe mencionar que, con la implementación BIM, se ha permitido prácticas que han promovido el ahorro de tiempo, ser más productivos y reducir el costo del proyecto con elementos de calidad, además de facilitar la comunicación de información entre todos los involucrados. Esto se corrobora con lo mencionado por Bello y Osorio (2022) donde se resaltan 9 beneficios de la metodología BIM: mejora la colaboración y la comunicación de los equipos en la construcción, optimiza la planificación de costos y tiempo, aumenta la productividad y eficiencia en los proyectos, facilita la comunicación y transparencia de la información, detección temprana de problemas, mejor entendimiento del diseño, reduce el tiempo de construcción, predicción y minimización de residuos de construcción, y estimación de costos basados en los modelos del proyecto. En resumen, estos beneficios influyeron significativamente en la decisión de los profesionales de mejorar la cooperación para llevar a cabo todas las actividades que comprenden un proyecto de construcción.

Por consiguiente, para el desarrollo del segundo objetivo específico, el cual consistió en identificar y analizar los softwares que contribuyen en los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias, se hizo la revisión de 10 proyectos los cuales la mayor parte han empleado la metodología BIM.

En consecuencia, los softwares encontrados que se utilizaron en los diferentes proyectos para llevar un buen desarrollo en sus diferentes etapas de los proyectos, bajo la metodología BIM fueron: el Autodesk Revit, Autodesk Navisworks Manage, AutoCAD, Tekla Structures, Sketchup, ETABS, SAP2000, Microsoft Excel, Microsoft Word, Revizto, BIM Collaborate Pro, H canales, Primavera P6, Revit MEP,

Autodesk InfraWorks, Ms Project, S10 Costos y Presupuestos, Trimble connect, Revit Structure, entre otros.

Sin embargo, los softwares utilizados en la especialidad de instalaciones sanitarias durante las etapas del desarrollo de los proyectos de investigación fueron:

H canales, software utilizado para el diseño de las canaletas pluviales, debido a que en él se pudo calcular el tirante crítico, normal, la curva de remanso, los caudales y el resalto hidráulico, datos necesarios para definir adecuadamente las dimensiones y demás características que tuvieron estas obras de drenaje pluvial en los proyectos.

Autodesk Revit, el cual ha tenido uno de los mayores alcances durante las diferentes etapas del desarrollo de estos proyectos, puesto que con este software se pudo elaborar modelos en 3D de los distintos elementos como las tuberías, aparatos sanitarios, accesorios sanitarios, canaletas que conforman el sistema de drenaje pluvial, desagüe, agua fría, riego e instalaciones especiales, además de permitir importar, exportar y vincular los datos con formatos utilizados habitualmente a través de extensiones de trabajo e inclusive con las demás especialidades, así también a través de este se pudo actualizar los cambios en los modelos y desarrollar los LODS de trabajo.

Autodesk Navisworks Manage, el uso de este programa en las instalaciones sanitarias durante el desarrollo de los proyectos fue de gran relevancia, debido a que mediante los modelos federados de este software se pudo analizar, encontrar y dar solución a las interferencias e incompatibilidades desde la fase de diseño hasta su etapa final, además, gracias a Navisworks Manage se pudo gestionar el avance del proyecto mediante las simulaciones 4D. Por otro lado, al ser un programa que utiliza bajos recursos de hardware es accesible y facilita el trabajo colaborativo entre la mayoría de los stakeholders involucrados.

AutoCAD, este software ha sido uno de los más utilizados en la gestión BIM de las instalaciones sanitarias de los proyectos investigados, puesto que utiliza bajos recursos de hardware, por lo cual es más accesible a los profesionales involucrados. Por otra parte, sus modelos 2D son extraídos directamente desde Revit, lo cual permite la lectura y uso de los planos actualizados del proyecto.

Sketchup, su función principal de este programa en las instalaciones sanitarias de los presentes proyectos fue realizar el modelamiento 3D de elementos complejos como son los accesorios y aparatos sanitarios, para finalmente ser adaptados mediante el uso de extensiones plugin hacía los programas de Autodesk Revit.

Primavera P6, es un software que se integra con herramientas BIM, y el alcance que tuvo dentro de los proyectos fue en la gestión de cambios y revisiones, como también en controlar el tiempo de las actividades a ejecutarse en el plazo determinado, tomando en cuenta la afectación de los eventos compensables aceptados por la entidad ejecutora en la especialidad de sanitarias y demás especialidades.

BIM Collaborate Pro, es un servicio en la nube que permitió el desarrollo y actualización de los modelos 3D en la especialidad de instalaciones sanitarias y demás especialidades los cuales pudieron ser guardados en la nube y así ser trabajados desde cualquier lugar mediante una sincronización inteligente y en tiempo real. Asimismo, también se pudo visualizar los cambios que sufren los modelos diariamente como producto de las mejoras hechas al proyecto.

S10 Costos y Presupuestos, es un software que fue utilizado en los diferentes proyectos para la gestión de la dimensión 5D BIM (Estimación de Costo y Presupuesto). Su mayor uso fue para controlar los precios unitarios entre los insumos contractuales y de eventos compensables.

Ms Project manager, el alcance que asumió este software durante las distintas etapas en los proyectos fue en la planificación y programación de las diferentes tareas a realizarse, es decir, ayudó en la secuencia del trabajo, asignación de recursos y a establecer fechas de inicio y finalización de las tareas. Asimismo, este software ayudó a generar informes detallados sobre el estado del proyecto, la programación y los costos.

Microsoft Excel, este software desempeñó un papel importante en el soporte y la gestión de datos en el entorno de la metodología BIM. El cual fue utilizado para tareas específicas, como son cálculos, sustentos de metrados manuales, informes de avance diarios, métricas, gestión de presupuesto, control de productividad y

programación (Lookahead Planning, entre otras), asimismo, fue una herramienta útil para integrar y presentar datos generados por otros softwares BIM.

Trimble connect, el alcance que asumió esta plataforma en los diferentes proyectos fue la coordinación, comunicación y gestión de datos entre el contratista y la entidad ejecutora, lo cual mejoró eficientemente el uso de los detalles durante la ejecución de los proyectos, ya que, a través de los modelos de información disponibles en esta plataforma, se logró mejorar la calidad del proyecto y la productividad.

Microsoft Word, es un software que desempeñó un papel fundamental en la creación de documentos como son las especificaciones técnicas, memorias descriptivas, informes de costo determinado, alertas tempranas, y demás informes técnicos que contribuyen al desarrollo de la metodología BIM.

Dentro de los proyectos analizados, se identificó que la mayor participación en la metodología BIM la tuvieron los programas autodesk Revit vinculado con el MEP y Autodesk Navisworks Manage. Estos softwares son importantes porque ayudaron a diseñar, modelar en 3D, desarrollar los LODS de trabajo, como también a identificar interferencias e incompatibilidades, además de gestionar el avance mediante simulaciones 4D dentro del proyecto, a fin de reducir sobrecostos y mayores plazos de ejecución. Estos resultados son respaldados por el autor Mesquita et al, (2018), el cual concuerda con esta percepción donde mencionó que Revit ayuda a modelar tridimensional, por otro lado, analizar los modelos dentro del programa Navisworks ayuda a verificar las interferencias que se puedan encontrar entre la misma especialidad de instalaciones sanitarias y demás especialidades y así evitar eventuales problemas que pudieran ocurrir durante la ejecución de la obra. Asimismo, Farfán y Chavil (2019), indicaron que al implementar estos softwares se debe capacitar a los profesionales con la finalidad de que estos tengan aporte en mejorar y reducir las incompatibilidades del proyecto.

Por otra parte, Carreiro (2018), en su investigación indicó la gran importancia de los softwares dentro de los proyectos de ingeniería entre los cuales están el Revit, el cual ayuda a diseñar, realizar modelamientos en 3D, y analizar dificultades en el proyecto. Por otro lado, Navisworks el cual muestra simulaciones en 4D, cuya finalidad son las posibles mejoras que se pueden realizar antes de llevarse a cabo

la ejecución del proyecto. Asimismo, el S10 es vital para la gestión de la dimensión 5D BIM el cual ayuda en la estimación de Costo y Presupuesto, así como también se puede observar la cantidad de insumos y el tiempo contractual.

Con respecto a los softwares utilizados en los distintos proyectos, fueron muy útiles debido que han permitido diseñar, modelar, y llevar un buen control de la planificación de los procesos constructivos de los proyectos, además, estos ayudaron en la medición del costo y presupuesto contractual, impidiendo que esto conlleve a sobrecostos en las diferentes actividades y un mayor plazo de ejecución.

Para el desarrollo del tercer objetivo, el cual consistió en evaluar el impacto de la aplicación de la metodología BIM por parte de las empresas ejecutoras, se aplicó entrevistas a los colaboradores de estas empresas. De los proyectos estudiados, tres de ellos fueron ejecutados por la empresa EMR Ingeniería y Construcción, asimismo, la empresa QARPAY SAC Innovación en la construcción SAC también ha ejecutado tres de estos proyectos, mientras que, los proyectos restantes han sido ejecutados por la empresa VISAP SAC, Consorcio AJANI GCZ, Consorcio F y K Rivadeneira y Grupo Huari Huanca, con un proyecto cada uno. Por consiguiente, de la entrevista aplicada se obtuvieron los siguientes resultados.

En cuanto a la metodología aplicada por las empresas, el entrevistado de VISAP SAC mencionó que en su proyecto se implementó la metodología tradicional porque siempre se ha trabajado de esa manera y era lo estipulado en el expediente, sin embargo, se implementaron herramientas Lean Construction a fin de ayudar a controlar los problemas en la ejecución de las diferentes partidas. Por otro lado, QARPAY SAC ejecutó proyectos tradicionales, pero a su vez introdujo parcialmente la metodología BIM, debido a que esta empresa estaba interesada en mejorar la producción y reducir costos. Los representantes de las empresas EMR, AJANI GCZ, Consorcio F y K y Grupo Huari Huanca mencionaron que en estos proyectos se aplicó la metodología BIM porque esta metodología conceptualiza los proyectos de manera entendible, además, su información está plasmada en modelos 3D con agregación de las dimensiones 4D y 5D, lo que les dio mayor entendimiento visual en todas sus etapas y así poder transmitir la información más efectiva al resto del equipo y al cliente.

Relacionado al nivel de implementación BIM, el representante de la empresa QARPAY SAC, indicó que estuvieron a un nivel bajo en implementación debido a que los modelos creados no bastaron para lograr satisfacer lo que implica la aplicación de la metodología BIM, como también los diferentes factores sociales y ambientales que impidieron que el nivel de implementación tenga ciertas deficiencias, o sea un reto. A pesar de ello, la información de estos modelos les sirvió para gestionar y transmitir información a campo para mejorar los procesos constructivos y lograr cumplir las metas propuestas. En esa misma línea, los entrevistados de las empresas que aplicaron la metodología BIM, indicaron que la aplicación estuvo en un nivel medio, debido a que existieron diversas situaciones negativas como deficiencias en la etapa de diseño, poca inversión, conocimiento básico de la metodología, etc., pero confirmaron que el uso de esta metodología ha generado un cambio radical en la manera de trabajar de los profesionales.

Por otro lado, comparando las respuestas de los entrevistados de las empresas que aplicaron la metodología tradicional o parcialmente la metodología BIM, indicaron que los resultados luego de la implementación no fueron muy favorables, ya que siempre han obtenido márgenes de error en cuanto al costo, calidad y tiempo, pero al identificar aquellos errores con herramientas complementarias y propias de la metodología BIM se han logrado reducir. En cambio, las empresas que aplicaron la metodología BIM en sus proyectos dijeron que ha sido favorable, debido a que les ha permitido realizar un análisis antes de ejecutar el proyecto utilizando simulaciones exportados en Navisworks y resolviendo conflictos a través de los RFI's, al realizar esa simulación con anterioridad, se mejora la eficiencia y se agiliza el tiempo. Además de ello, se pudo conocer la productividad real del proyecto en base a los tareas y metrados reales extraídos desde los modelos de información, sin embargo, los entrevistados afirmaron que la aplicación de la metodología requiere de una mejora, puesto que, no se obtienen los resultados esperados por diferentes factores que influyeron en la culminación del proyecto.

En lo que se refiere al organigrama de la empresa todos los entrevistados explicaron que la parte gerencial tiene diferentes áreas, las cuales se encargan de distintas gestiones para asegurar que sus proyectos se lleven a cabo de la mejor manera. Este se encabeza por el gerente, luego por áreas de ingeniería, estudios

de proyectos hasta el área administrativa y asesoría técnica y legal. Por otro lado, en la ejecución de estos proyectos se dio a conocer que las empresas que aplicaron la metodología tradicional tienen un organigrama ajustado donde la encabeza es el residente, seguido según el caso por el jefe de proyecto o jefe de almacén, arquitecto, ingeniero de seguridad e ingeniero de administración, estos involucrados junto a sus asistentes se encargaron de todo el control de la gestión constructiva salvaguardando la calidad y producción de la obra.

Por el contrario, las empresas que aplicaron la metodología BIM, del organigrama de un proyecto con metodología tradicional se adiciona un área BIM, la cual está compuesta por un especialista, un coordinador y un modelador, cada uno de ellos con sus asistentes, quienes fueron pieza fundamental en el proyecto para desarrollar adecuadamente la metodología, ya que, a través de ellos se transmitía la información actualizada a las demás áreas generando una red de comunicación entre los stakeholders.

Según las respuestas, en cuanto al nivel de conocimiento por parte de los profesionales sobre la metodología que implementan en las empresas, los profesionales que emplearon la metodología tradicional, dijeron estar a un nivel alto por la experiencia en proyectos de similar ejecución, además de la constante capacitación que realizan; no obstante, su conocimiento sobre la gestión de implementación BIM es limitado, pero estarían dispuestos a adecuarse a los nuevos retos que la demanda de la construcción lo exige. Por otro lado, aquellos que aplicaron la metodología BIM consideran que sus profesionales tienen un alto nivel de conocimiento, a pesar de la adaptación al cambio de algunos.

En relación al costo de inversión sobre la aplicación de nuevas metodologías como BIM en los proyectos de construcción, los entrevistados dieron a conocer que de la mayoría de las empresas se resisten al cambio por factores como decadencia de los recursos, deficiente soporte técnico que la metodología BIM demanda y falta de experiencia en esta metodología, es decir, que la inversión es considerable y le temen al fracaso. Pese a ello, otros entrevistados dijeron que las empresas lo tomaron como un nuevo reto de inversión, puesto que al tener una estructura organizada han logrado alcanzar los beneficios que esta metodología proporciona, además que no solo bastó con que sus profesionales conocieran el uso de

softwares, sino que implica la transformación en la manera de pensar, trabajar y dirigir de todos los involucrados en el proyecto.

En cuanto a la comunicación entre los involucrados de los proyectos, todos los entrevistados coincidieron que las empresas han mejorado su comunicación porque fue fundamental en la ejecución de los proyectos, más aún aquellas empresas que implementaron la metodología BIM, debido a que los modelos 3D han proporcionado la suficiente información para ser transmitida en todos los niveles de ejecución desde el gobierno, cliente, contratista, proveedores hasta los trabajadores de construcción civil. Contrariamente a ello, la mayoría de entrevistados también manifestaron que no fue lo más ideal, debido a que en su mayoría no conocían mucho sobre la metodología.

En virtud de lo obtenido, acerca del presupuesto meta en la ejecución del proyecto a pesar que la metodología BIM ha mejorado muchos aspectos en beneficio de las empresas, los entrevistados indicaron que no llegaron a obtener los resultados esperados debido a diversas circunstancias propias de los proyectos que afectan directamente la ejecución, dentro de estas tenemos los problemas climáticos inesperados, los eventos sociales como los sindicatos y los bajos rendimientos de sus trabajadores provenientes de estas organizaciones que fueron diagnosticados con herramientas de Lean Construction, y los problemas que se generaron desde la etapa de diseño que han creado eventos compensables, incompatibilidades o adicionales de obra.

Para la especialidad de las instalaciones sanitarias, los entrevistados dijeron que la metodología BIM ha sido muy beneficioso debido a que se presentaron algunas interferencias que fueron identificados de manera temprana mediante información de una visualización gráfica haciendo referencia a los niveles de información necesaria (LOIN) descritas en sus planes de ejecución BIM. Para la ejecución de las partidas correspondientes a esta especialidad se logró optimizar tiempo, y recursos mediante la aplicación de la metodología.

Finalmente, las respuestas en cuanto a las deficiencias en la ejecución de las instalaciones sanitarias del proyecto fueron similares, pues los representantes de cada empresa aseguraron que las deficiencias provinieron desde la fase de diseño,

sin embargo, en la fase de ejecución se ha solucionado por la participación efectiva de los colaboradores. Los proyectos con metodología BIM permitieron acceder y solucionar problemas en la ejecución de diversas, esta ejecución tiene una similitud con la modalidad Fast Track, que consistió en trabajar paralelamente lo que se diseñó con lo que se necesitará en el proyecto, mediante gestión protocolizada a través de requerimientos de información.

En general, los resultados descritos anteriormente han contribuido a alcanzar el objetivo deseado, pues a través de las entrevistas se ha podido conocer el impacto que las empresas han tenido al aplicar metodologías como la tradicional y BIM a lo largo de la ejecución de sus proyectos en la región Piura. En este sentido se ha comprobado que la metodología BIM a diferencia de la metodología tradicional en el desarrollo de proyectos de construcción ofrece múltiples beneficios trayendo consigo un cambio en la manera de trabajo (gestión) de todo un equipo técnico. Sin embargo, en Piura esta metodología aún está entre un nivel de aplicación de bajo a medio, pues no todas las empresas van a un ritmo adecuado, además de los diferentes factores opositores a la metodología.

De lo anterior, Yañez (2023) demostró que las empresas del sector público y privado mantienen barreras en la aplicación de la metodología BIM, puesto que los proyectos tradicionales son los que mayor porcentaje tienen en el mercado laboral. Del mismo modo Sierra (2018, pp. 14-18) en su artículo mostró que existe un nivel bajo respecto a la implementación BIM con todos los involucrados y que se encontraron en un proceso gradual, ya que los sistemas y usos tradicionales aún se emplearán y son la base de toda metodología.

El impacto en el organigrama ha generado que las empresas formulen una nueva área BIM donde se pueda realizar toda la gestión de información a través de los modelos diseñados por los profesionales, para ello las empresas tuvieron que invertir generando un costo mayor a diferencia de los proyectos que implementaron la metodología tradicional. Esto a largo plazo fue beneficioso para aquellas empresas que tomaron esta decisión como un reto porque a través de la información generada y la construcción virtual previa, los errores en cuanto a interferencias o información dudosa se redujeron, optimizando costos, minimizando ampliaciones de plazo y contribuyendo al aumento de la productividad.

Contrariamente a esto, según lo analizado aún existe una oposición al cambio ya que la mayoría de empresas aún no invierten totalmente en softwares y tampoco en la capacitación total de sus profesionales sobre la metodología BIM.

Para dar conformidad a lo anterior, Hinojosa y Romero (2019) indicaron que en el sector público y privado aún existen esfuerzos por la implementación de la metodología BIM, sin embargo, aún falta realizar inversión en capacitación a los profesionales y la compra de softwares necesarios para la implementación, además a través de encuestas se ha logrado identificar que más del 50% de las MYPES del sector construcción aceptaron favorablemente implementar la metodología BIM en sus proyectos con más firmeza. Asimismo, Niño y Velásquez (2022) mostraron en unos de sus resultados que a pesar de que fue necesario ampliar su organigrama con un área especializada BIM, incurrieron en que el problema de las empresas estuvo en invertir en softwares por los altos costos de adquisición y actualización y no todas las empresas pueden hacer la implementación de forma completa en sus proyectos.

Por otro lado, la falta de conocimiento de la metodología BIM por parte de los involucrados en los proyectos de las empresas en cuestión, afectó en gran medida la comunicación, para trabajar colaborativamente. Respecto a ello, Coronado, et al (2023) precisó que esta herramienta fue importante para lograr resultados efectivos al implementar la metodología BIM; además Barrera y Bernhard (2020, p. 81) indicaron que la comunicación facilitó entendimiento entre las personas que diseñaron y los encargados de la ejecución de los proyectos. Por ende, los autores acertaron en este ítem, sin embargo, los resultados demostraron que la comunicación en los proyectos ejecutados por las empresas aún debe mejorar.

De igual manera los resultados mostraron que el presupuesto meta no se alcanzó a pesar de implementar herramientas Lean, esto debido a factores externos a la implementación, Patel y Nayam (2022) en sus resultados encontraron que el uso de BIM redujo errores humanos lo que ha optimizado el presupuesto debido a las diversas funcionalidades que ofrece esta metodología; también Barrera y Bernhard (2020, pp. 23 - 24) demostraron que en muchos de los proyectos solo hacen uso de las dimensiones 1D y 2D, con poca frecuencia el uso 3D y aún menos las dimensiones 4D y 5D de la metodología BIM, lo que ha ocasionado que los

proyectos de las empresas incurran en pérdidas a comparación de su presupuesto inicial. Entonces, en relación a los resultados obtenidos en esta investigación, los autores afirman que la implementación de BIM ofrece múltiples beneficios en cuanto a costo, pero que una mala implementación afecta directamente el presupuesto meta.

Asimismo, en la especialidad de instalaciones sanitarias la metodología BIM ha impactado positivamente porque se lograron identificar interferencias con otras disciplinas a temprana edad de los proyectos, por lo cual en esta parte la empresa ha reducido las pérdidas enormes que hubiese generado si no se hubiese implementado tal metodología. Esto es afirmado por Rofi et al. (2021), que demostró que el uso de softwares ha permitido definir las velocidades de flujo entre otros parámetros y determinar el diseño de las instalaciones sanitarias para garantizar que no ocurran daños posteriores a su ejecución, mostrando una mejora en su presupuesto de 0.4%, solo de la especialidad. En la misma línea, Mohamed y Mahmoud (2022) demostraron en sus resultados que la metodología BIM en instalaciones sanitarias resultó importante desde las primeras etapas del proyecto en su estudio hasta el mantenimiento porque tuvo herramientas para detectar problemas tempranos, asimismo indicó que las empresas generalmente sólo se centran en los costos de inversión, pero no prestan atención de los beneficios a largo plazo que puede traer en esta disciplina, generando un aumento en costo general del ciclo de vida del proyecto.

V. CONCLUSIONES

1. Mediante la presente la investigación se ha demostrado la eficiencia de la metodología BIM sobre la metodología tradicional, implementada por las diferentes empresas en los proyectos analizados. Asimismo, en cuanto al costo se pudo concluir que, tanto en proyectos tradicionales como en proyectos que implementaron la metodología BIM se han presentado adicionales o eventos compensables dentro de la especialidad de instalaciones sanitarias que han surgido desde un mal planteamiento en el diseño hasta los imprevistos en la etapa de ejecución, lo cual ha incrementado en cierta medida el presupuesto meta. Sin embargo, al utilizar la metodología BIM los incrementos no han sido exuberantes, ya que a través del modelado de información se ha logrado reducir los sobrecostos. Por otro lado, en cuanto al tiempo, este se vio afectado en los diferentes proyectos ejecutados con las dos metodologías en estudio, debido a los mismos factores ya mencionados, entre otros. Ante ello, con la aplicación de herramientas de la Filosofía Lean Construcción que formaron parte de la metodología BIM, la ampliación de plazos de ejecución fue menor que los proyectos donde aplicaron la metodología tradicional en la especialidad de instalaciones sanitarias.
2. Respecto a los softwares utilizados en la aplicación de la metodología BIM en los proyectos investigados, se puede concluir que, estos fueron muy útiles debido a que estos han facilitado el modelamiento, diseño, flujo de información, detección de interferencias e incompatibilidades en sus distintas etapas, así como también a llevar a cabo la mejora en los procesos constructivos para la optimización de los costos de los presupuestos, mejorando en la productividad, reduciendo el tiempo con respecto al plazo contractual, evitando impactos negativos durante la ejecución de las obras; además, estos también facilitaron la obtención de metrados, es decir, redujeron el margen de desperdicio en la compra de los insumos de las diferentes partidas ejecutadas.
3. Finalmente, el impacto de la metodología BIM se ha comprobado de acuerdo al nivel de implementación por parte de las empresas, el cual fue variado. En general las empresas experimentaron un cambio significativo en la manera

de trabajar con herramientas de esta metodología, sin embargo, esta generó eficiencia y agilización del tiempo gracias a los modelos de información generados antes de la ejecución de sus proyectos. Por otra parte, en cuanto a la estructura organizativa para la implementación de la metodología BIM fue necesario introducir un área BIM con especialistas capacitados, a fin de facilitar la comunicación con todos los involucrados del proyecto. No obstante, algunos profesionales expresaron tener un conocimiento limitado sobre la metodología BIM, reconociendo la necesidad de adaptarse a los nuevos desafíos de la construcción. En ese sentido, se puede decir que aún existe una oposición al cambio por parte de algunas empresas que ejecutaron los proyectos en la región Piura.

VI. RECOMENDACIONES

1. Las empresas constructoras deberían implementar la metodología BIM y no resistirse al cambio, puesto que esto ayudará a prevenir cualquier modificación sustancial que afecte con adicionales, retrasos, sobrecostos, y otros, durante la ejecución. Así mismo, cabe mencionar que la etapa de diseño tiene mayor prioridad en esta metodología debido a que en esta se puede dar solución a las interferencias e incompatibilidades de las diferentes especialidades, e inclusive la especialidad de instalaciones sanitarias, antes de su materialización.
2. Las diferentes entidades que forman parte de proyectos de construcción, deben invertir en plataformas colaborativas, como también en los diferentes softwares ya descritos en la presente investigación, los cuales ayudan a desarrollar con eficiencia las diferentes dimensiones de la metodología BIM como también en los niveles de LODS de trabajo.
3. Los profesionales que forman parte de las empresas constructoras deberían profundizar sus conocimientos en las nuevas metodologías, filosofías y herramientas como la filosofía Lean Construction, ya que estas se complementan con la metodología BIM y ayudan a mejorar la planificación, y seguimiento, productividad y control de los proyectos durante su etapa de ejecución, en la cual como beneficio de ello se tiene una mayor rentabilidad.
4. Las empresas deben capacitar a los profesionales involucrados con respecto en las nuevas metodologías innovadoras en los proyectos de construcción, con el fin de garantizar estándares de interoperabilidad y trabajo colaborativo dentro de los stakeholders.

REFERENCIAS

- Acevedo Fuentes, L. M. (2022). Implementación BIM bajo la norma ISO 19650 en una empresa de construcción de la ciudad de Cartagena. Universidad de Cartagena. <https://doi.org/10.57799/11227/7547>
- Almeida, R., Chaves, L., Silva, M., Carvalho, M., & Caldas, L. (2023). *Integration between BIM and EPDs: Evaluation of the main difficulties and proposal of a framework based on ISO 19650:2018*. *Journal of Building Engineering*. Elsevier, 68(106091), 106091. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106091>
- Aragón Espino, R. E., & Flores Rodríguez, P. J. (2018). “Análisis comparativo entre las metodologías BIM y tradicional implementadas en gestión de tiempo y gestión de costo del proyecto edificio central panadería corazón de oro” [Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/2504/1/92549.pdf>
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica. Enfoques Consulting EIRL. <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>
- Arreola Bravo, F. M., Aguilar Rodríguez, J. A., & Niebla Zatarain, J. C. (2019). Emociones y decisiones en la empresa familiar: Una propuesta de análisis fenomenológico interpretativo. *Ciencias Administrativas*, 14, 047. <https://doi.org/10.24215/23143738e047>
- Barrera Mondragón, P., & Bernhard Rojas, J. (2020). Importancia de la metodología BIM en la gerencia de proyectos [Universidad Distrital Francisco José Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/29742/BarreraMondragónPaulaKaterin-BernhardRojasJuanSebastian2020.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Basualdo Urbano, A. P., Morales Romero, P. A., García Castañeda, A., Torres Córdova, J. A., & Herrera Maquera, J. A. (2021). Sistemas y herramientas digitales para la gestión colaborativa. [Tesis para optar el título de Ingeniero

Civil]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/20877>

Bello Morales, V., & Osorio Galido, S. (2022). Caracterización de los beneficios de la metodología BIM identificando las principales causas que ocasionan falencias dentro de la construcción generando una consulta a profesionales del sector [Universidad Católica de Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ebd5334-394c-44c3-a8c9-3d0bccef202e/content>

Bohórquez Aliaga, H. A. (2022). Implementación de la metodología BIM en el diseño de las instalaciones sanitarias de un condominio multifamiliar de 15 niveles y 3 sótanos ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/8c5011e3-6954-4ab0-b69d-88781965643a>

Caicedo Vela, S. (2021). Estudio sobre el problema de espumas en las tuberías de agua residual de edificaciones [Universidad de los Andes].
<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/53551>

Campoverde Flores, V. R., & Salas Saavedra, L. (2022). Control de la productividad en obras aplicando la metodología BIM, Tarapoto 2021 [Universidad Científica del Perú]. <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/2338/VICTOR%20RAUL%20CAMPOVERDE%20FLORES%20Y%20LEVI%20SALAS%20SAAVEDRA%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carreiró, D. C. (2018). *Aplicação da metodologia BIM a um caso de estudo através do software Autodesk Navisworks. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*.
<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8691/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>

Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & Gonzáles Márquez, R. J. (2020). Introducción a la Metodología BIM. Researchgate.net.

- Corado López, M., Paiz Paz, C., & García Valdez, A. (2020). Repensar el trabajo multidisciplinar en el diseño de un objeto arquitectónico. Propuesta de metodología de trabajo entre diseñadores estructurales y arquitectos como transición hacia una metodología BIM en Guatemala. *Scielo*, 10(115), 3–4. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n115/1853-3523-ccedce-115-236.pdf>
- Cortez Quezada, M., & Maira Salcedo, M. P. (2019). Desarrollo de instrumentos de evaluación: pautas de observación. Centro UC Medición - MIDE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A356.pdf>
- Espinosa Galván, L. C. (2021). Propuesta para aplicar modelo de juegos cooperativos en contratos relacionales tipo Integrated Project Delivery (IPD) en proyectos de construcción inmobiliaria en Colombia [Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55485>
- Farfán y Chavil (2016), Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621662/C_HAVIL_PJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gómez Carreño, J. (2020). Guía de lineamientos para la implementación de la metodología BIM (*Building Information Modelling/Management*) aplicable en el desarrollo de infraestructura longitudinal de modalidades Asociación Público Privada - APP y Obra Pública en Colombia.
- Hinostroza Capani, J. C., Jurado Tasayco, S., & Manrique Tarazona, M. K. (2020). Propuesta de implementación de mejoramiento para reducir el trabajo no contributivo. Caso de estudio: vivienda multifamiliar “*Twenty*” en el distrito de Lince- Lima (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Ed.) [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://doi.org/10.19083/tesis/648648>
- Hinostroza Quilli, P. I., & Romero Falcón, M. A. (2019). Procedimientos para la implementación del modelado de la información de la construcción (BIM) en micro y pequeñas empresas del sector construcción. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21252021000300002&script=sci_arttext
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2019). Metodología de la investigación: La rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Lagos, C., & Fernando, A. L. (2020). *Using Percent Plan Completed for Early Success Assessment in the Last Planner System. Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 8.
- Martínez Antonio, J. C., & Vilet Espinosa, C. A. (2022). La gestión y control de cambios en proyectos de construcción. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 53. <http://www.reibci.org/publicados/2022/oct/4700101.pdf>
- Martínez Corona, J. I., Palacios Almón, G. E., & Oliva-Garza, D. B. (2023, January 19). *Guide for Documentary Review and Analysis: Proposal from the Research Approach*. *Researchgate.net*. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Isaias-Martinez-23Corona2/publication/369385707_Guia_para_la_Revision_y_el_Analisis_Documental_Propuesta_desde_el_Enfoque_Investigativo/links/6419d1a866f8522c38c211b7/Guia-para-la-Revision-y-el-Analisis-Documental-Propuesta-desde-el-Enfoque-Investigativo.pdf
- Mesquita, H. de C., Eduardo, R. C., Rodrigues, K. C., & Paula, H. M. de. (2018). *Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM*. *Matéria* (Rio de Janeiro), 23(3), e12173. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0507>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). Decreto Supremo N° 237-2019-EF "Plan Nacional de Competitividad y productividad". *El Peruano*.

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). GUÍA NACIONAL BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM. https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf
- Mohamed, M., & Mahmoud, H. (2022). *Modelling maintainability of healthcare facilities services systems using BIM and business intelligence*. *Journal of Building Engineering*, 46(103820), 103820. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103820>
- Niño Florez, J. N., & Velásquez Rivera, K. S. (2022). Análisis de BIM en la construcción en empresas constructoras de Bogotá [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44063/Vel%c3%a1squezRiveraKevinStevensJuanNicolasNi%c3%b1oFlorez2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Patel, D., & Nanyam, V. P. S. N. (2022). *Benefits of BIM in reducing errors in Indian construction projects*. In *Recent Advancements in Civil Engineering* (pp. 21–32). Springer Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-4396-5_3
- Pereira, V., Santos, J., Leite, F., & Escórcio, P. (2021). *Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review*. *Energy and Buildings*, 250(111292), 253. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>
- Riaño Farías, A. J. (2022). Ciclo de vida de un proyecto bajo la implementación de la metodología BIM para la planificación y control del proceso constructivo del conjunto cerrado altos del Villa Luz Tunja (Boyacá) [Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/44261>
- RNE. (2020). Norma IS 010. Gob.pe. https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes_publicaciones/2619716-is-010-instalaciones-sanitarias-para-edificaciones-ds-n-017-2012

- Rofi, K. A., Hapsari, R. I., Riskijah, S. S., Harsanti, W., Dharmawan, M. A., & Rahman, T. (2021). *Building Information Modeling for Clean Water and Wastewater System in Mid-Rise School Building*. Iop.org. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1073/1/012067/meta>
- Sancha Rubio, D. (2022). Análisis comparativo de herramientas y procesos BIM para diseño y cálculo de instalaciones en edificación [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54221>
- Sarmán, A. M., Jaison, C., Mazlan, E. M., & Nazeri, N. N. (2021). *Potential and opportunities of Building Information Modeling (BIM) for Home Maintenance*. IOPscience. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1176/1/012041/meta>
- Sierra Aponte, L. X. (2018). "Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM" [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://core.ac.uk/download/pdf/143452268.pdf>
- Sparrow Alamo, G. E. (2018). Universidad Nacional Del Santa. Biblioteca.uns.edu.Pe. http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/clases_instalaciones_sanitarias_final_sistema_directo.pdf
- Valero Reyes, L. C. (2020). Enseñanza y aprendizaje de la metodología BIM en disciplinas del sector AECO. Revisión sistemática. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/31649/Trabajo%20de%20grado_Enseñanza%20y%20aprendizaje%20de%20la%20metodología%20BIM%20en%20disciplinas%20del%20sector%20AECO.%20Revisión%20sistemática_Luis%20David%20Valero%20Reyes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yañez Correa, D. S. (2023). Retos de la implementación BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud. Repositorio Pontificia Universidad Católica Del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/24639/>

[YA%c3%91EZ Correa Diana Retos Implementacion BIM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Zulueta Pérez, P., Sánchez Lite, A., Blanco Caballero, M., & Sánchez Allende, F. J. (2018). Plan de Ejecución BIM (PEB): Una Aproximación Práctica Desde Un Entorno Académico. Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid, 2284.

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de categorización

Tabla 15

Matriz de Categorización

Categorías de estudio	Definición Conceptual	Categoría	Subcategoría	Códigos
Metodología BIM (VI)	Conjunto de procedimientos, políticas de trabajo y herramientas tecnológicas que al combinarse forman una metodología que permite planear, diseñar y construir proyectos de infraestructura de manera eficiente	Eficiencia en instalaciones sanitarias	Costo Tiempo Productividad	A - 01
		Softwares utilizados en instalaciones sanitarias	Diseño Dimensiones 2D, 3D, 4D y 5D. Calidad.	A - 02
		Impacto actual en las empresas	Organigrama de la empresa. Costo de inversión. Presupuesto meta	A - 03
Proyectos De Construcción (VD)	Se caracterizan por ser complejos necesitando la habilidad humana y otros recursos para construir y generar beneficios a un territorio mejorando su calidad de vida (Ali, 2020)	Tipología del proyecto	Residencial Industrial. Especiales.	B - 01
		Especialidad instalaciones sanitarias	Diseño Análisis de interferencias Normativa	B - 02
		Metodologías de construcción	Alcance de la metodología. Costo de aplicación.	B - 03

Fuente: Elaborado por los autores

ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos

	Instrumento 1	
	Tesis: “Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción – Piura”	

FICHA DE REGISTRO

Objetivo: Investigar la eficiencia de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de proyectos de construcción.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA ESPECIALIDAD DE INSTALACIONES SANITARIAS		
Proyecto / Obra:		
Empresa/ Consorcio ejecutor:		
Ubicación del proyecto:		
Metodología aplicada	BIM	Tradicional
Cumple con los Normas	SI	NO
Tipo de proyecto		
CRITERIO DE EVALUACIÓN	RESULTADOS	
Adicionales o eventos compensables en la especialidad de Instalaciones sanitarias.		
Afectación del presupuesto meta inicial en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Logística del proyecto relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Afectación del cronograma base relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Análisis de restricciones (Last Planner system) en la especialidad de Instalaciones sanitarias		
Porcentaje del plan cumplido (PPC) en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Requerimientos de información (RFI's) relacionados a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Estudios de mejora de productividad (Nivel General de Actividades) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Índices de productividad (IP) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		
Uso de nuevos métodos constructivos relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.		



Instrumento 2

Tesis:

“Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción – Piura”

FICHA DE REGISTRO

Objetivo: Identificar y analizar los softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias.

Softwares que contribuyen en la metodología BIM		
	Softwares	Alcance con los proyectos
1		
2		
3		
4		
5		
n..		



GUÍA DE ENTREVISTA

Evaluar el impacto actual de la metodología BIM en instalaciones sanitarias en proyectos de construcción del sector público.

Datos del entrevistado

Nombre:

Cargo:

Empresa a la que representa:

Proyecto:

Fecha: ___/___/___

1. ¿Qué tipo de metodología utiliza la empresa en el proyecto de construcción que representa? ¿Por qué?

2. Considerando un nivel alto (75 a 100%), nivel medio (35% a 74%) y nivel bajo (10 a 44%) de implementación BIM ¿En qué nivel y porcentaje considera usted que se aplicó la metodología BIM en este proyecto? Explique.

3. ¿Cree usted que los resultados que ha obtenido al utilizar esta metodología en cuanto a costo, calidad y tiempo de ejecución son favorables para la empresa que representa? Explique.

4. ¿De qué manera estuvo o está estructurado el organigrama del proyecto, según la metodología utilizada?

5. ¿En qué nivel considera que se encuentra el conocimiento de los profesionales acerca de la metodología en la empresa que representa?
¿Cree usted que están capacitados? Justifique su respuesta

6. ¿Cómo afectó el costo de inversión para la empresa en el proyecto al aplicar la metodología en el proyecto? Explique.

7. ¿Considera que con la metodología utilizada mejoró la comunicación entre los involucrados del proyecto ejecutado por la empresa que representa?

8. ¿La empresa a la que representa, ha logrado cumplir y/o alcanzar satisfactoriamente con su presupuesto meta? Explique

9. ¿En qué medida ha beneficiado la metodología utilizada en el proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias?

10. ¿Qué deficiencias encontró en la etapa de diseño y ejecución del proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias según la metodología utilizada?

ANEXO 3: Evaluación de juicio por expertos



EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos "Ficha de registro de datos y guía de observación". La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de estos sean utilizados eficientemente; aportando al campo de la ingeniería civil. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Luis Manuel Cabellos Farfán
Grado profesional:	Maestría (<input checked="" type="checkbox"/>) Doctor ()
Área de formación académica:	Hidráulica () Transportes () Geotecnia () Gestión de la Construcción () Estructural () Otra: Gestión Pública (<input checked="" type="checkbox"/>)
Áreas de experiencia profesional:	Gerencia de proyectos, diseño y construcción de edificaciones, tasaciones y peritaje, saneamiento físico legal, inspección técnica de seguridad en edificaciones.
Institución donde labora:	INMOBISOL
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (<input checked="" type="checkbox"/>)

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido de los instrumentos, por juicio de expertos

3. Datos de la escala

Nombre de la Prueba:	<ul style="list-style-type: none">- Ficha de registro de datos (Eficiencia de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias de proyectos de construcción)- Ficha de registro de datos (softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias)- Guía de entrevista (Impacto actual de la metodología BIM en instalaciones sanitarias de proyectos de construcción)
Autor (es):	Córdova Jaime Lesly Liset Cruz Santos Luis Francisco
Procedencia:	Elaboración propia
Administración:	Estudiantes de pregrado
Tiempo de aplicación:	20 minutos
Ámbito de aplicación:	Proyectos de construcción seleccionados para la investigación – Piura

Significación:	<p>Ficha de registro 1: compuesto de dos dimensiones, eficiencia en las instalaciones sanitarias (3 indicadores: costo, tiempo y productividad) y tipología de los proyectos (3 indicadores: residenciales, industriales y especiales). El instrumento contiene 10 ítems.</p> <p>Ficha de registro 2: compuesto de dos dimensiones: softwares (3 indicadores: diseño, dimensiones, calidad) y especialidad instalaciones sanitarias (3 indicadores: diseño, análisis de interferencias y normativa).</p> <p>Guía de entrevista: compuesto de dos dimensiones: impacto actual en las empresas (organigrama de la empresa, costo de inversión y presupuesto meta) y metodologías de construcción (2 indicadores: Alcance de la metodología y costo de aplicación).</p>
----------------	--

4. Soporte teórico

Escala/ÁREA	Sub-escala (dimensiones)	Definición
Metodología BIM	Eficiencia en instalaciones sanitarias	
	Softwares utilizados en instalaciones sanitarias	
	Impacto actual en las empresas	
Proyectos de construcción	Tipología del proyecto	
	Especialidad instalaciones sanitarias	
	Metodologías de construcción	

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento la "Ficha de registro de datos y guía de observación" de elaborado por Cordova Jaime Lesly Liset, y Cruz Santos Luis Francisco en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. Totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente

1 No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Dimensiones del instrumento: Ficha de registro de datos¹, para conocer el costo, tiempo y producción.

- **Objetivos de las dimensiones:** Investigar la eficiencia de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de proyectos de construcción

Indicadores			Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones
Residenciales Industriales Especiales	Costo	Adicionales o eventos compensables en la especialidad de Instalaciones sanitarias.	4	4	4		
		Afectación del presupuesto meta inicial en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Logística del proyecto relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
	Tiempo	Afectación del cronograma base relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Análisis de restricciones (Last Planner system) en la especialidad de Instalaciones sanitarias	4	4	4		
		Porcentaje del plan cumplido (PPC) en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Requerimientos de información (RFI's) relacionados a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
	Producción	Estudios de mejora de productividad (Nivel General de Actividades) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Índices de productividad (IP) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Uso de nuevos métodos constructivos relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		

Dimensiones del instrumento: Ficha de registro de datos 2, Softwares y especialidad de instalaciones sanitarias.

- **Objetivos de las dimensiones:** Identificar y analizar los softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias.

Indicadores				Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones
Diseño	Dimensiones	Calidad	Análisis de interferencias					
Normativa	Análisis de interferencias			Software 1 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 2 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 3 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 4 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 5 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 6 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 7 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 8 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 9 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software x (Alcance con el proyecto)	4	4	4	

Dimensiones del instrumento: Guía de entrevista, conocer la eficiencia en las instalaciones sanitarias y tipología de los proyectos

- **Objetivos de las dimensiones:** Evaluar el impacto actual de la metodología BIM en instalaciones sanitarias en proyectos de construcción del sector público.

Indicadores				Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones
Organigrama de la empresa	Costo de inversión	Presupuesto meta	Alcance de la metodología					
Costo de aplicación				1. ¿Qué tipo de metodología utiliza la empresa en el proyecto de construcción que representa? ¿Por qué?	4	4	4	
				2. Considerando un nivel alto (75 a 100%), nivel medio (35% a 74%) y nivel bajo (10 a 44%) de implementación BIM ¿En qué nivel y porcentaje considera usted que se aplicó la metodología BIM en este proyecto?	4	4	4	
				3. ¿Cree usted que los resultados que ha obtenido al utilizar esta metodología en cuanto a costo, calidad y tiempo de ejecución son favorables para la empresa que representa?	4	4	4	



					4. ¿De qué manera estuvo o está estructurado el organigrama del proyecto, según la metodología utilizada?	4	4	4	
					5. ¿En qué nivel considera que se encuentra el conocimiento de los profesionales acerca de la metodología en la empresa que representa? ¿Cree usted que están capacitados? Justifique su respuesta	4	4	4	
					6. ¿Cómo afectó el costo de inversión para la empresa en el proyecto al aplicar la metodología en el proyecto?	4	4	4	
					7. ¿Considera que con la metodología utilizada mejoró la comunicación entre los involucrados del proyecto ejecutado por la empresa que representa?	4	4	4	
					8. ¿La empresa a la que representa, ha logrado cumplir y/o alcanzar satisfactoriamente con su presupuesto meta? Explique	4	4	4	
					9. ¿En qué medida ha beneficiado la metodología utilizada en el proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias?	4	4	4	
					10. ¿Qué deficiencias encontró en la etapa de diseño y ejecución del proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias según la metodología utilizada?	4	4	4	

Firma del evaluador:

Luis Manuel Cabellos Farfán
ARQUITECTO - CAR. 12568

DNI: 42001995

EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos "Ficha de registro de datos y guía de observación". La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de estos sean utilizados eficientemente; aportando al campo de la ingeniería civil. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Juan Lenin Franco Sanchez
Grado profesional:	Maestría (X) Doctor ()
Área de formación académica:	Hidráulica () Transportes () Geotecnia () Gestión de la Construcción (X) Estructural (X) Otra: Dirección de la construcción (X)
Áreas de experiencia profesional:	Especialista en métodos constructivos y producción, planeamiento, control de proyectos e Ingeniería estructural
Institución donde labora:	Consejo Basico Stracon Universidad César Vallejo.
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (X)

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido de los instrumentos, por juicio de expertos

3. Datos de la escala

Nombre de la Prueba:	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de registro de datos (Eficiencia de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias de proyectos de construcción) - Ficha de registro de datos (softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias) - Guía de entrevista (Impacto actual de la metodología BIM en instalaciones sanitarias de proyectos de construcción)
Autor (es):	Córdova Jaime Lesly Liset Cruz Santos Luis Francisco
Procedencia:	Elaboración propia
Administración:	Estudiantes de pregrado
Tiempo de aplicación:	20 minutos
Ámbito de aplicación:	Proyectos de construcción seleccionados para la investigación – Piura



Significación:	<p>Ficha de registro 1: compuesto de dos dimensiones, eficiencia en las instalaciones sanitarias (3 indicadores: costo, tiempo y productividad) y tipología de los proyectos (3 indicadores: residenciales, industriales y especiales). El instrumento contiene 10 ítems.</p> <p>Ficha de registro 2: compuesto de dos dimensiones: softwares (3 indicadores: diseño, dimensiones, calidad) y especialidad instalaciones sanitarias (3 indicadores: diseño, análisis de interferencias y normativa).</p> <p>Guía de entrevista: compuesto de dos dimensiones: impacto actual en las empresas (organigrama de la empresa, costo de inversión y presupuesto meta) y metodologías de construcción (2 indicadores: Alcance de la metodología y costo de aplicación).</p>
----------------	--

4. Soporte teórico

Escala/ÁREA	Sub-escala (dimensiones)	Definición
Metodología BIM	Eficiencia en instalaciones sanitarias	
	Softwares utilizados en instalaciones sanitarias	
	Impacto actual en las empresas	
Proyectos de construcción	Tipología del proyecto	
	Especialidad instalaciones sanitarias	
	Metodologías de construcción	

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento la "Ficha de registro de datos y guía de observación" de elaborado por Cordova Jaime Lesly Liset, y Cruz Santos Luis Francisco en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. Totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente

1 No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Dimensiones del Instrumento: Ficha de registro de datos¹, para conocer el costo, tiempo y producción.

- Objetivos de las dimensiones: Investigar la eficiencia de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de proyectos de construcción

Indicadores			Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones		
Residenciales	Industriales	Especiales	Costo	Adicionales o eventos compensables en la especialidad de Instalaciones sanitarias.	4	4	4		
				Afectación del presupuesto meta inicial en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
				Logística del proyecto relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
			Tiempo	Afectación del cronograma base relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
				Análisis de restricciones (Last Planner system) en la especialidad de Instalaciones sanitarias	4	4	4		
				Porcentaje del plan cumplido (PPC) en la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4		
		Producción	Requerimientos de información (RFI's) relacionados a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4			
			Estudios de mejora de productividad (Nivel General de Actividades) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4			
			Indices de productividad (IP) relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4			
					Uso de nuevos métodos constructivos relacionado a la especialidad de Instalaciones Sanitarias.	4	4	4	

Dimensiones del instrumento: Ficha de registro de datos 2, Softwares y especialidad de instalaciones sanitarias.

- Objetivos de las dimensiones: Identificar y analizar los softwares que contribuyen a los procesos metodológicos de BIM en instalaciones sanitarias.

Indicadores				Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones
Diseño	Dimensiones	Calidad	Análisis de interferencias					
			Normativa	Software 1 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 2 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 3 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 4 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 5 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 6 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 7 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 8 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software 9 (Alcance con el proyecto)	4	4	4	
				Software x (Alcance con el proyecto)	4	4	4	

Dimensiones del instrumento: Guía de entrevista, conocer la eficiencia en las instalaciones sanitarias y tipología de los proyectos

- Objetivos de las dimensiones: Evaluar el impacto actual de la metodología BIM en Instalaciones sanitarias en proyectos de construcción del sector público.

Indicadores				Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones / Recomendaciones
Organigrama de la empresa	Costo de inversión	Presupuesto meta	Alcance de la metodología					
			Costo de aplicación	1. ¿Qué tipo de metodología utiliza la empresa en el proyecto de construcción que representa? ¿Por qué?	4	4	4	
				2. Considerando un nivel alto (75 a 100%), nivel medio (35% a 74%) y nivel bajo (10 a 44%) de implementación BIM ¿En qué nivel y porcentaje considera usted que se aplicó la metodología BIM en este proyecto?	4	4	4	
				3. ¿Cree usted que los resultados que ha obtenido al utilizar esta metodología en cuanto a costo, calidad y tiempo de ejecución son favorables para la empresa que representa?	4	4	4	



				4. ¿De qué manera estuvo o está estructurado el organigrama del proyecto, según la metodología utilizada?	4	4	4	
				5. ¿En qué nivel considera que se encuentra el conocimiento de los profesionales acerca de la metodología en la empresa que representa? ¿Cree usted que están capacitados? Justifique su respuesta	4	4	4	
				6. ¿Cómo afectó el costo de inversión para la empresa en el proyecto al aplicar la metodología en el proyecto?	4	4	4	
				7. ¿Considera que con la metodología utilizada mejoró la comunicación entre los involucrados del proyecto ejecutado por la empresa que representa?	4	4	4	
				8. ¿La empresa a la que representa, ha logrado cumplir y/o alcanzar satisfactoriamente con su presupuesto meta? Explique	4	4	4	
				9. ¿En qué medida ha beneficiado la metodología utilizada en el proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias?	4	4	4	
				10. ¿Qué deficiencias encontró en la etapa de diseño y ejecución del proyecto en la especialidad de instalaciones sanitarias según la metodología utilizada?	4	4	4	




Julín Lenin Franco Sanchez
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 102606

Firma del evaluador: _____

DNI: 4265 0380



Consentimiento Informado (*)

Título de la investigación: Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción - Piura.

Investigador (a) (es): Córdova Jaime Lesly Liset y Cruz Santos Luis Francisco

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada “Evaluación de la aplicación de la metodología BIM en la especialidad de instalaciones sanitarias en proyectos de construcción - Piura”, cuyo objetivo es “Evaluar la aplicación de la metodología BIM en las instalaciones sanitarias de los proyectos de construcción en el departamento de Piura”. Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pregrado de la carrera profesional de ingeniería civil, de la Universidad César Vallejo del campus Piura, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución.

Su investigación busca dar a conocer la situación actual de los proyectos dentro de la especialidad de instalaciones sanitarias, lo cual con la metodología tradicional se ha observado errores en su ejecución, generando sobrecostos, ampliaciones de plazo, sin considerar que ya existe la metodología BIM que puede disminuir estos errores, pero que existe poco o ningún interés por aplicarla.

Procedimiento

1. Se realizó la identificación y recolección de información a través de fichas de observación de los proyectos donde se aplique la metodología BIM y tradicional para responder los dos primeros objetivos.
2. Las fichas fueron completadas por los investigadores por lo cual se dispuso el consentimiento de las empresas en proporcionar los expedientes técnicos y facilitar el desarrollo de la investigación.
3. Para el tercer objetivo se aplicó una entrevista a los representantes de las empresas de los proyectos en estudio para evaluar el impacto de la metodología BIM.

ANEXO 6: Panel fotográfico de los proyectos y herramientas utilizadas en los proyectos en base a la filosofía Lean Construction.

Figura 17

Vista general del proyecto 1



Nota. Fuente: Expediente Consorcio San Miguel Arcángel

Figura 18

Elaboración de Nivel General de Actividades



Nota. Fuente: Elaboración propia

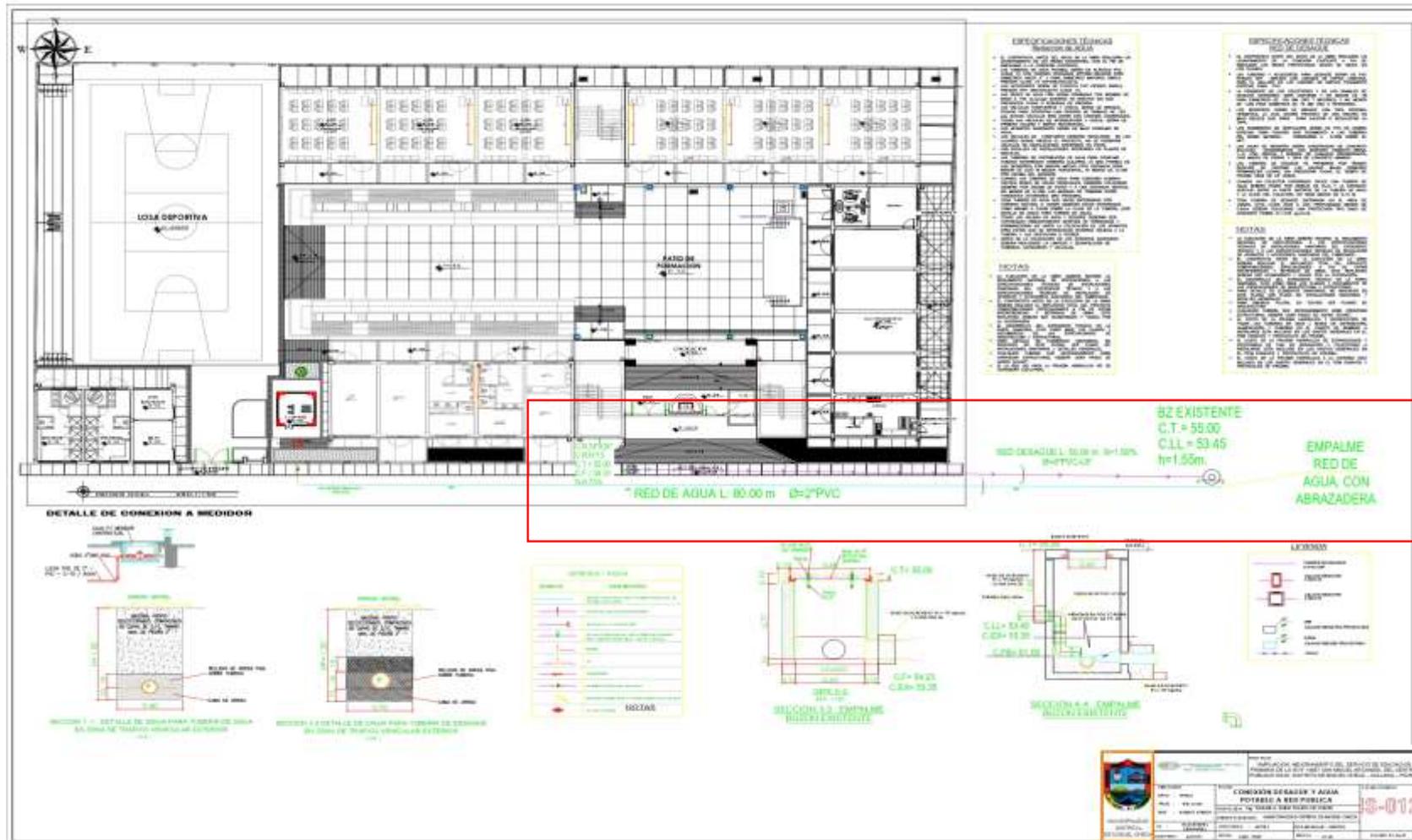
Tabla 16*Partidas de adicional N° 8 del proyecto 1*

Adicional 8: Dotación de servicios de agua y desague			
Partidas contractuales	Und	Metrado	
Sistema de agua fría			
Redes de alimentación			
Tubería pvc clase 10 - 2" /p. exteriores	m	80	
Movimiento de tierras			
Relleno compactado c/equipo mat/propio en redes ext. sanitarias	m	80	
Eliminación material excedente c/maquina	m3	8	
Válvulas, llaves y accesorios			
Codo pvc 90° ø 2"	und	3	
Varios			
Prueba hidráulica de tuberías de agua potable inc. desinfección	m	80	
Desagüe y ventilación			
Movimiento de tierras			
Relleno compactado c/equipo mat/propio en redes ext. sanitarias	m	50	
Eliminación material excedente c/maquina	m3	10.80	
Partidas Nuevas	Und	Metrado	
Sistema de agua fría exterior 2"			
Movimiento de tierras			
Trazo nivel y replanteo en redes de agua exterior	m	80.00	
Excavación para redes externas sistema de agua exterior	m3	32.00	
Refine y nivelación, fondo de zanja, manual	ml	80.00	
Cama de apoyo fondo de tubería (e= 0.10 m) arena gruesa	ml	80.00	
Relleno sobre tubería (e= 0.10 m) arena gruesa	ml	80.00	
Varios			
Empalme a red existente	glb	1.00	
Red de desagüe exterior			
Movimiento de tierras			
Trazo nivel y replanteo en redes de alcantarillado	m	50.00	
Excavación para redes externas sistema de desagüe	m3	42.00	
Refine y nivelación, fondo de zanja, manual	ml	50.00	
Cama de apoyo fondo de tubería (e= 0.10 m) arena gruesa	ml	50.00	
Relleno sobre tubería (e= 0.10 m) arena gruesa	ml	50.00	
Redes colectoras			
Suministro e instalación de red de desagüe pvc 6"	m	50.00	
Varios			
Empalme a buzón	und	1.00	
Prueba hidráulica de red de desagüe exterior 6"	m	50.00	
Dados de concreto 0.30x0.3x0.30 p/empalmar tubería a caja de registro	und	1.00	
Dados de concreto 0.30x0.3x0.30 p/empalmar tubería a buzón	und	1.00	
Flete			
Flete de materiales a obra del adicional n°08	glb	1.00	

Nota. Fuente: Expediente Consorcio San Miguel Arcángel

Figura 19

Plano Adicional N°8 del proyecto 1



Nota. Se puede observar el plano de adicional N°8 “Conexión de desagüe y agua potable a red pública”. Fuente: Expediente Consorcio San Migue Arcángel.

Figura 20

Vista general del proyecto 2



Nota. Fuente: Consorcio AJANI - GCZ

Figura 21

Elaboración de Nivel General de Actividades



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 22

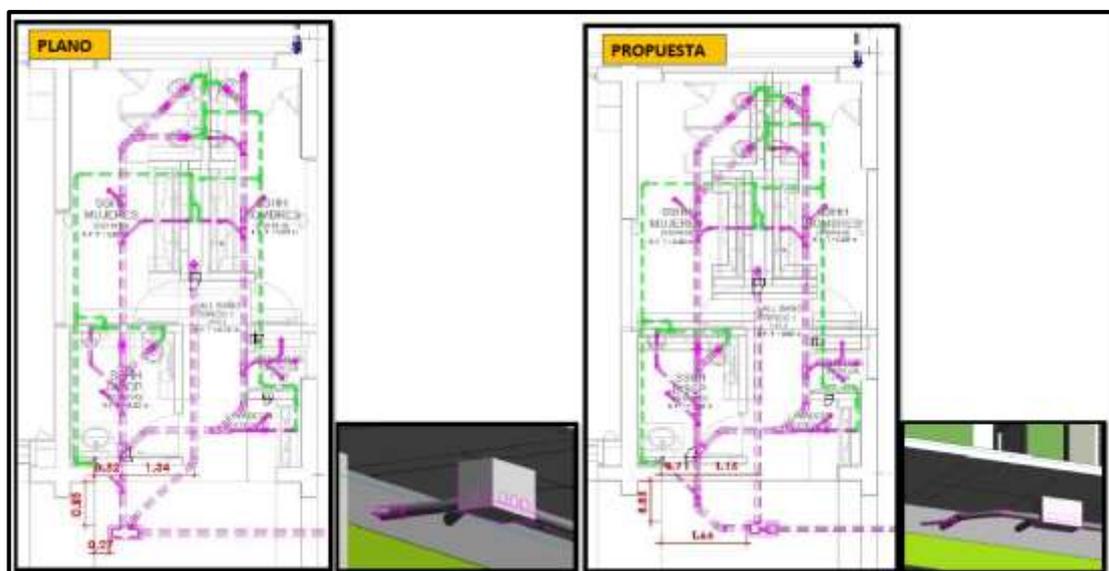
Interferencia caja pase de desagüe y canaleta de evacuación pluvial



Nota. Se observa colocación de una caja de pase de desagüe sobre sobre una canaleta de evacuación pluvial. Donde también existe un pequeño terraplén para las instalaciones sanitarias. Fuente: Consorcio AJANI – GCZ

Figura 23

Incompatibilidad instalaciones sanitarias y estructuras (sobrecimiento)



Nota. Se observa la propuesta de la contratista ya que no puede quedar un accesorio embebido en el sobrecimiento de los MBR's, considerando desplazar la C.R para que el accesorio quede fuera de esta estructura de concreto armado. evitando atravesar en diagonal el sobrecimiento de los MBR's. Fuente: Consorcio AJANI – GCZ

Figura 24

Ejemplo de Look Ahead Proyecto 2 – acumulación tercera semana

LAST PLANNER SYSTEM

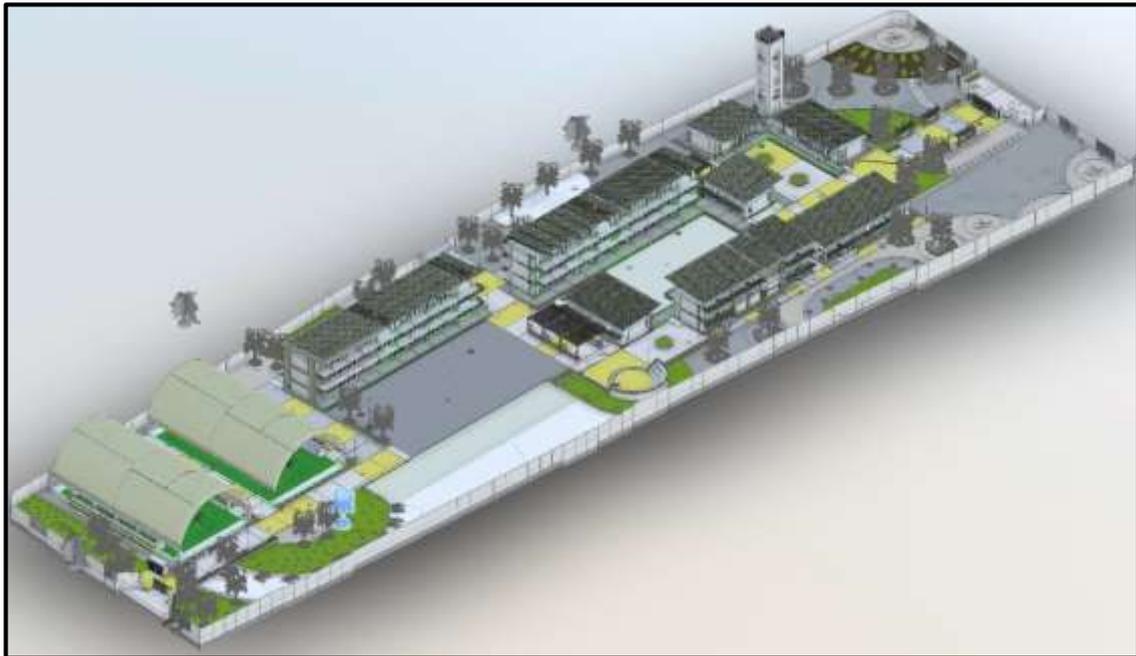
LOOK AHEAD

Proyecto : Dos intervenciones educativas - Paquete 10 (I.E. Colegio Técnico de Aplicación)
 Responsabil

Item	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Metrado	Unidad	Ratio HH	Trabajo	D	L	M	M	J	V	S	METRADO	D	L	M	M	J	V	S		D	L	M	M	J	V	S	
									27/08	28/08	29/08	30/08	31/08	1/09	2/09		3/09	4/09	5/09	6/09	7/09	8/09	9/09		10/09	11/09	12/09	13/09	14/09	15/09	16/09	
1	PROGRAMACION MAESTRA EJEMPLO LAST PLANNER SYSTEM GENERAL COTAM	282	24/08/2023	01/06/2024				23450 HH																								
	MBRs - Subestructura																															
1.1	Plataas de cimentación	24	24/08/2023	17/09/2023				1750 HH																								
1.1.1	Excavacion mecanica	6	24/08/2023	29/08/2023	700.00	m3	1.43	1000 HH																								
1.1.1.A	Excavacion mecanica - EJE A	2	30/08/2023	31/08/2023	300.00	m3	1.43	429 HH	100.00	100.00	100.00					300.00																
1.1.1.B	Excavacion mecanica - EJE B	2	01/09/2023	02/09/2023	200.00	m3	1.43	286 HH				100.00	100.00			200.00																
1.1.1.C	Excavacion mecanica - EJE C	2	03/09/2023	04/09/2023	200.00	m3	1.43	286 HH						100.00	100.00	200.00																
1.1.2	Solados	2	05/09/2023	06/09/2023	25.00	m2	4.00	100 HH									12.50	12.50						25.00								
1.1.3	Plataa decimentación	8	07/09/2023	14/09/2023	15.00	m3	26.67	400 HH											5.00	5.00	5.00				15.00							
1.1.4	sobrecimientos	2	15/09/2023	17/09/2023	12.00	m3	20.83	250 HH														6.00	6.00	12.00								
1.2	Edificacion 1er piso	31	17/09/2023	18/10/2023				6200 HH																								

Figura 25

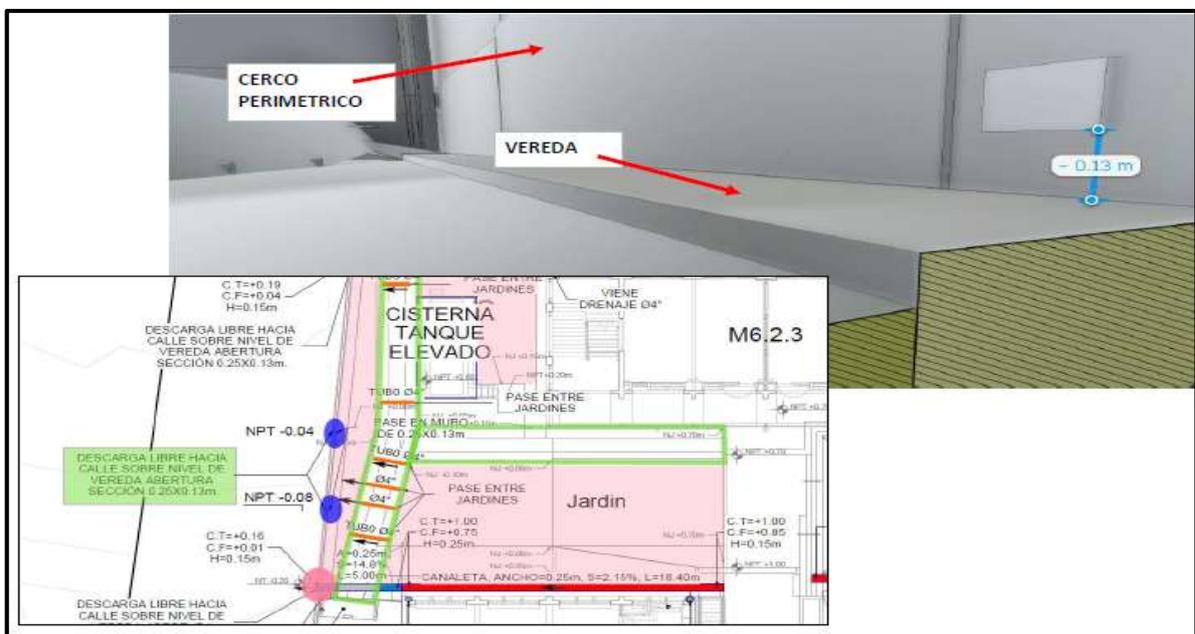
Vista general del proyecto 3



Nota. Fuente: Expediente Grupo Hurihuanca

Figura 26

Incompatibilidad de los pases para evacuación de agua



Nota. En el modelo se observa incompatibilidad de niveles en los pases de evacuación de agua, los cuales están por encima de la vereda imposibilitando el drenaje de agua al exterior. Fuente: Expediente Grupo Hurihuanca

Figura 28

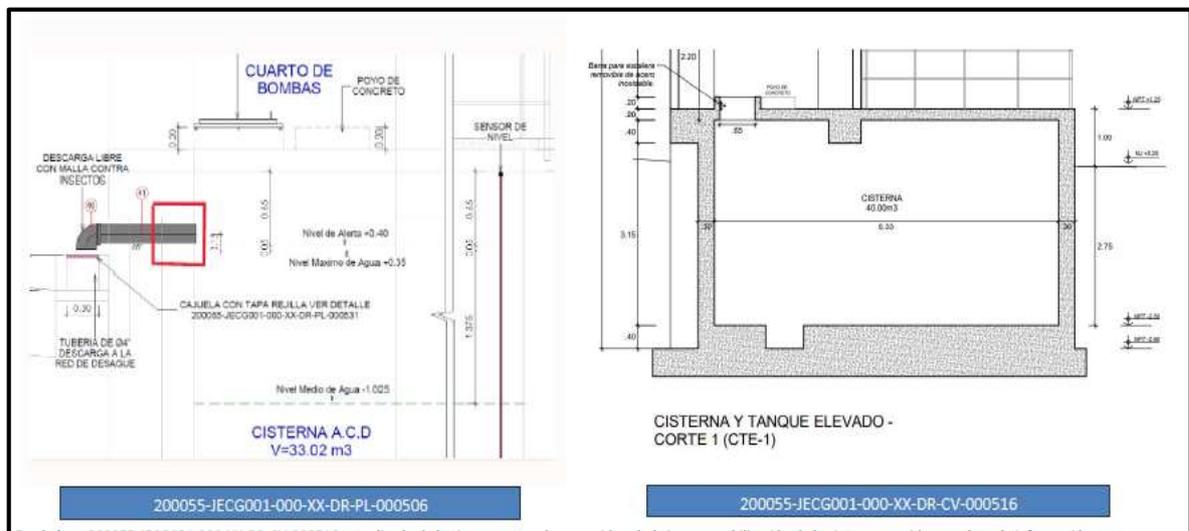
Vista general del proyecto 4



Nota. Fuente: Expediente QARPAY SAC

Figura 29

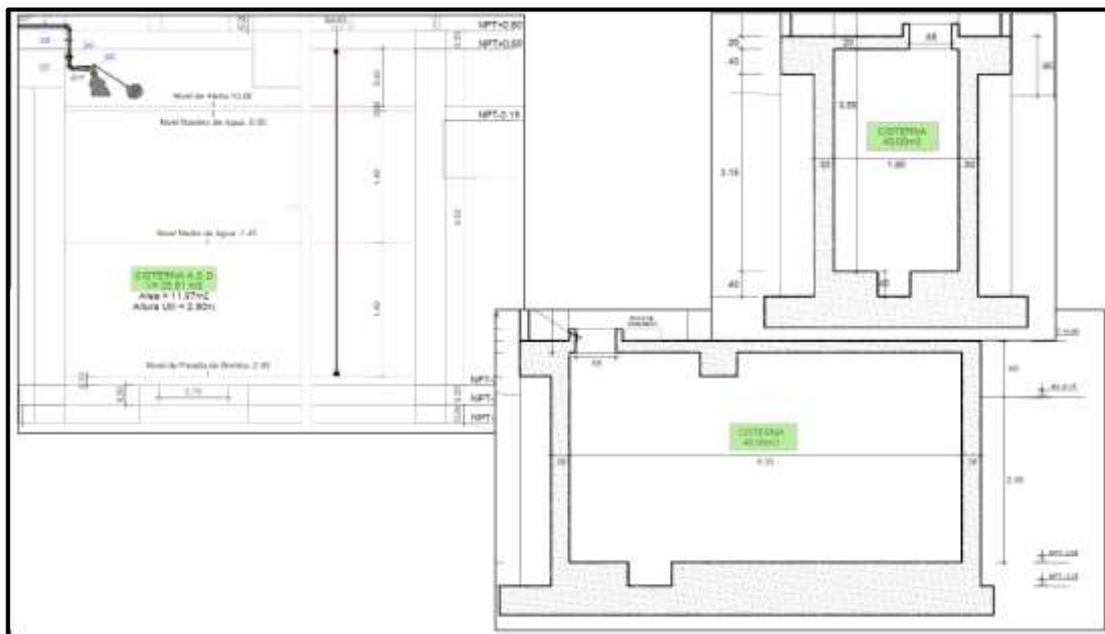
Incompatibilidad en cisterna y tanque elevado del proyecto 4



Nota. Se observa que han considerado la tubería de rebose de la cisterna de diámetro 6", además a ello en el corte y en la leyenda del plano no se visualiza la brida rompeagua la cual si debe ser instalada por ser un pase en una estructura que está en permanente contacto con agua. Fuente: Expediente QARPAY SAC.

Figura 30

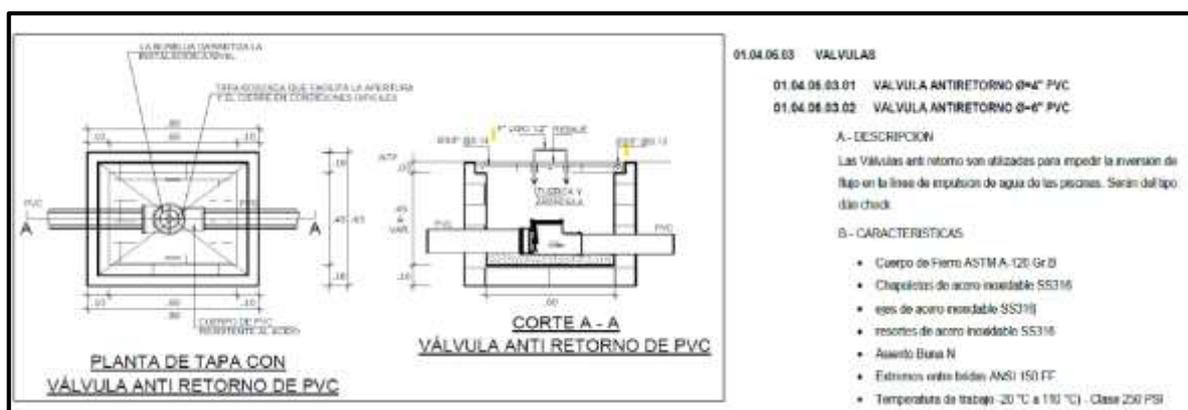
Incompatibilidad sobre capacidad de cisterna



Nota. La consulta se basa en la dotación del colegio es 43.95 m³/día., pero visualiza que el volumen de la cisterna en los planos de instalaciones sanitarias es de 33.51 m³ con una altura útil de 2.80 mts y en los planos de arquitectura el volumen es de 40.00 m³ con una altura útil de 3.33 mts. Por lo cual los niveles de alerta y máximo variarían. Fuente: Expediente QARPAY SAC.

Figura 31

Incompatibilidad en la definición de material en la válvula de retorno.



Nota. La consulta nace de la incompatibilidad entre el plano y las especificaciones técnicas ya que el plano señala que la válvula anti retorno es de PVC y las EETT. señala que el cuerpo de la válvula sea de hierro y la chapaleta de acero inox. Fuente: Expediente QARPAY SAC.

Figura 32

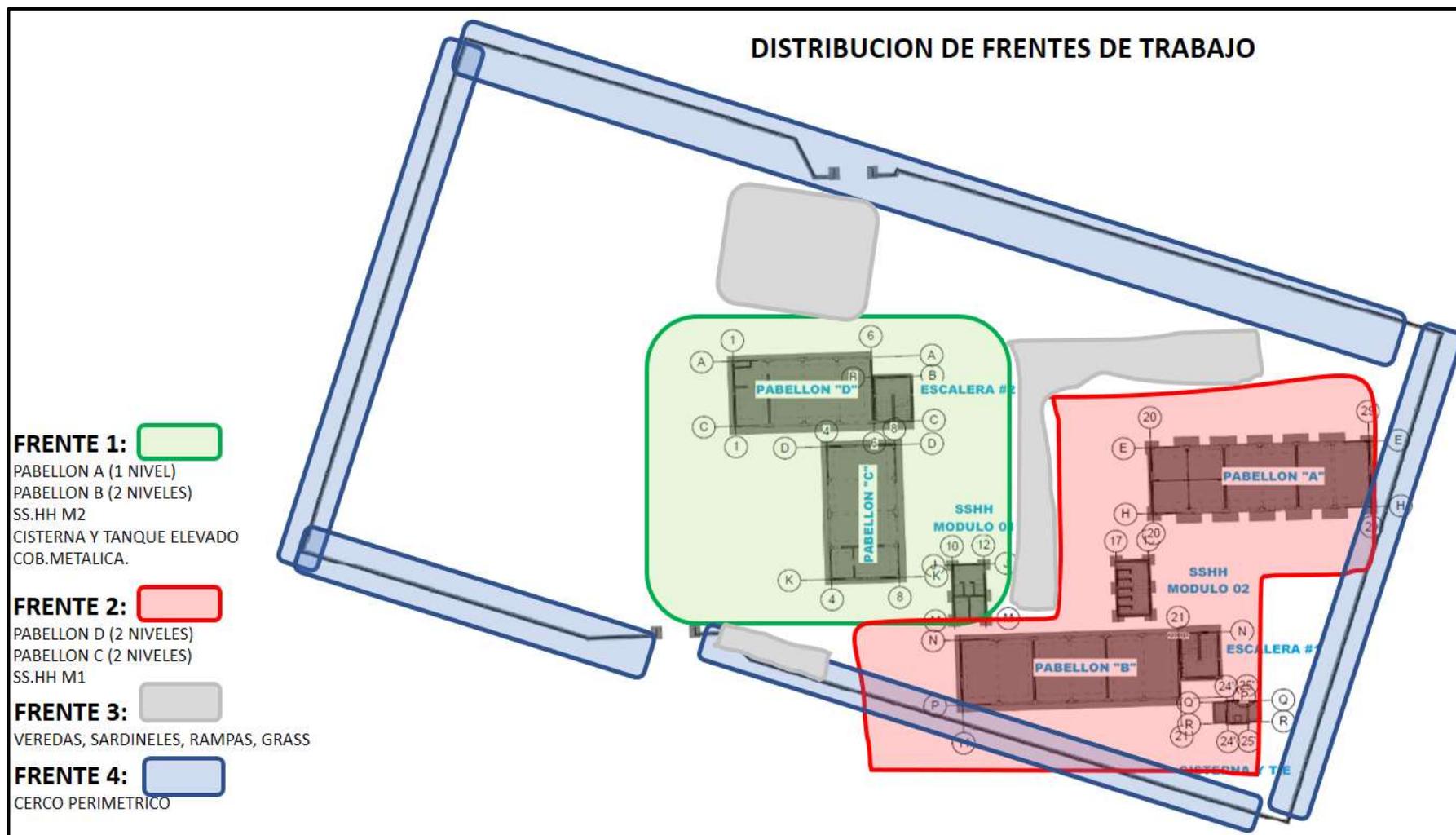
Ejemplo de Look Ahead Proyecto 4

ACTUALIZACION DE CRONOGRAMA - I.E MICAELA BASTIDAS LOOK AHEAD

Ítem	Descripción	Inicio	Fin	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	Restricciones
				03-Dic	04-Dic	05-Dic	06-Dic	07-Dic	08-Dic	09-Dic	10-Dic	11-Dic	12-Dic	13-Dic	14-Dic	15-Dic	
1	PABELLON A																
1.01	ENCOFRADO DE VIGAS	04-Dic	08-Dic														Compra de 20 fenólicos + 4 carpinteros
1.02	CONCRETO DE VIGAS HASTA FONDO DE LOSA	07-Dic	10-Dic														
1.03	SOPORTE DE LOSAS	10-Dic	15-Dic														4 carpinteros + 4 ayudantes
1.04	LADRILLO DE LOSAS	11-Dic	15-Dic														
1.05	ACERO EN LOSAS E INSTALACIONES	12-Dic	16-Dic														
1.06	CONCRETO DE LOSAS Y VIGAS	16-Dic	17-Dic														
2	PABELLON B																
2.01	ENCOFRADO DE VIGAS 2DO PISO	04-Dic	10-Dic														Entrada de 4 operarios carpinteros
2.02	CONCRETO DE VIGAS HASTA FONDO DE LOSA 2DO PISO	08-Dic	15-Dic														
2.03	SOPORTE DE LOSAS 2DO PISO	10-Dic	15-Dic														Madera adicional + fondo de losa
2.04	LADRILLO DE LOSAS 2DO PISO	13-Dic	18-Dic														
2.05	ACERO EN LOSAS E INSTALACIONES 2DO PISO	14-Dic	17-Dic														
2.06	CONCRETO DE LOSAS Y VIGAS 2DO PISO	18-Dic	20-Dic														
2.07	ALFEIZAR DE 1ER PISO	03-Dic	07-Dic														
2.08	COLUMNETAS DE ALEIZAR 1ER PISO	04-Dic	08-Dic														
2.09	VIGAS DE AMARRE DE ALFEIZAR 1ER PISO	07-Dic	10-Dic														
2.10	TARRAJEO DE CIELO RASO	06-Dic	07-Dic														Compra de madera + triplay aprox. S/2500
2.11	TARRAJEO DE MUROS 1ER PISO	08-Dic	11-Dic														Entrada de 4 albañiles

Figura 33

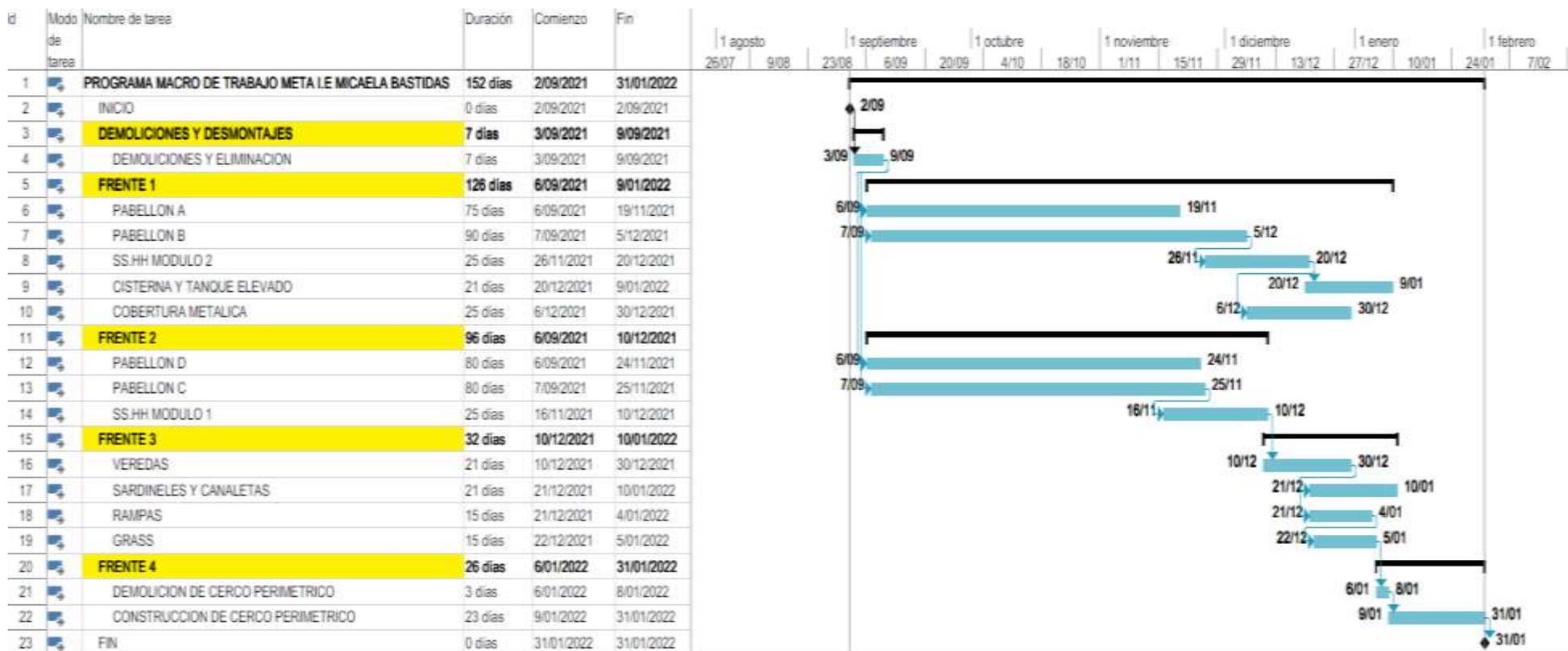
Distribución de frentes de trabajo



Nota. Fuente: Expediente QARPAY SAC

Figura 34

Programa de trabajo meta: IE Micaela Bastidas



Nota. Fuente: Expediente QARPAY SAC

Figura 35

Análisis de restricciones Proyecto 4

REGISTRO DE
RESTRICCIONES
OBRA: IE MICAELA BASTIDAS

Actividad del Cronograma (4W)	Sector	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Fecha de Registro (1)	Fecha Requerida de Liberación (3)	Fecha Comprometida de Liberación (2)	Responsable (Nombre EDP)	Prioridad	CONTROL POR EL ING. DE PRODUCCIÓN (ENCARGADO DE CADA FRENTE DE TRABAJO)			
									Estado (Cerrado/Abierto)	Comentarios	Fecha de Registro de Estado y Comentarios	
PABELLON A												
Vaciado de losa	Piso 1	CSP	Materiales	Comprar o traer 50 soleras adicionales para encofrado de techo	17/12/2021	28-Dic		Juan Franco / P.C	ALTA	ABIERTO		
Vaciado de losa	Piso 1	CSP	Materiales	Confirmar disponibilidad de concreto f'c 210 Kg/cm2 con acelerante con DOIG	17/12/2021	28-Dic		Juan Franco / P.C	ALTA	ABIERTO		
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1	CSP	Materiales	4 bolsas de 20 Kg de cal nieve	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1	CSP	Equipos	Se requiere de 4 amoladoras de 7.5" con 10 discos de copa de 7.5"	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Tarrajeo de muros interior y exterior	Piso 1	CSP	SC / Equipos	Definir subcontrato, alquilar 10 cuerpos de andamios	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		
Enchape de piso porcelanato	Piso 1	CSP	SC	Definir subcontrato	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		
Enchape de piso porcelanato	Piso 1	CSP	Materiales	Material de porcelanato (205 m2 + 60 bolsas pegamento + 1cto de crucetas de 1mm)	22/12/2021	07-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Pintura de muro exterior e interior	Piso 1	CSP	Materiales	Medrado y tipo de color.	27/12/2021	05-Ene		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Puertas y ventanas	Piso 1	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Cableado y colocacion de aparatos	Piso 1	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
PABELLON B												
Vaciado de losa	Piso 2	CSP	Materiales	Comprar o traer 50 soleras adicionales para encofrado de techo	17/12/2021	28-Dic	28/12/2021	Juan Franco / P.C	ALTA	CERRADO		
Vaciado de losa	Piso 2	CSP	Materiales	Confirmar disponibilidad de concreto f'c 210 Kg/cm2 con acelerante con DOIG	17/12/2021	28-Dic		Juan Franco / P.C	ALTA	ABIERTO		
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1-2	CSP	Materiales	4 bolsas de 20 Kg de cal nieve	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1-2	CSP	Equipos	Se requiere de 4 amoladoras de 7.5" con 10 discos de copa de 7.5"	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Tarrajeo de muros interior y exterior	Piso 2	CSP	SC / Equipos	Definir subcontrato, alquilar 10 cuerpos de andamios	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		

Enchape de piso porcelanato	Piso 1-2	CSP	SC	Definir subcontrato	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		
Enchape de piso porcelanato	Piso 1	CSP	Materiales	Material de porcelanato 430 m2 + 130 bolsas pegamento + 2cto de crucetas de 1mm)	22/12/2021	07-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Pintura de muro exterior e interior	Piso 1	CSP	Materiales	Medrado y tipo de color.	27/12/2021	05-Ene		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Puertas y ventanas	Piso 1	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Cableado y colocacion de aparatos	Piso 1	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
PABELLON C												
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1-2	CSP	Materiales	4 bolsas de 20 Kg de cal nieve	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Solaqueo de columnas y vigas	Piso 1-2	CSP	Equipos	Se requiere de 4 amoladoras de 7.5" con 10 discos de copa de 7.5"	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Tarrajeo de muros interior y exterior	Piso 1-2	CSP	SC / Equipos	Definir subcontrato, alquilar 10 cuerpos de andamios	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		
Enchape de piso porcelanato	Piso 1-2	CSP	SC	Definir subcontrato	22/12/2021	04-Ene		JF / PR	ALTA	ABIERTO		
Enchape de piso porcelanato	Piso 1-2	CSP	Materiales	Material de porcelanato (280 m2 + 100 bolsas pegamento + 1cto de crucetas de 1mm)	22/12/2021	07-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Pintura de muro exterior e interior	Piso 1-2	CSP	Materiales	Medrado y tipo de color.	27/12/2021	05-Ene		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Puertas y ventanas	Piso 1-2	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Cableado y colocacion de aparatos	Piso 1-2	CSP	Materiales	Cuadro de puertas y ventanas para cotizar	22/12/2021	30-Dic		Pedro Riofrio	ALTA	ABIERTO		
Materiales de tubería de gas	Piso 1	CSP	Materiales	Comprar tubería de gas	22/12/2021	04-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
OBRAS EXTERIORES												
Colocacion de cobertura calaminón	Piso 1	CSP	Equipos	Cotizar bobcat con "picotón"	20/12/2021	03-Ene		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Patios, rampas y veredas nuevas	Piso 1	CSP	Equipos	Realizar trazo en campo	20/12/2021	29-Dic		Patricio Córdova	ALTA	ABIERTO		
Patios, rampas y veredas nuevas	Piso 1	CSP	Materiales	Realizar pedido de afirmado	20/12/2021	29-Dic		Juan Franco	ALTA	ABIERTO		
Encofrado de veredas, patios	Piso 1	CSP	Materiales	Liberación de madera por vaciado de techo pabellón B	20/12/2021	03-Ene		Juan Franco	ALTA	ABIERTO		
Encofrado	Piso 1	CSP	Mano de obra	Llegada de encofradores	20/12/2021	03-Ene		Juan Franco	ALTA	ABIERTO		

Nota. Fuente: Expediente QARPAY SAC

Figura 36

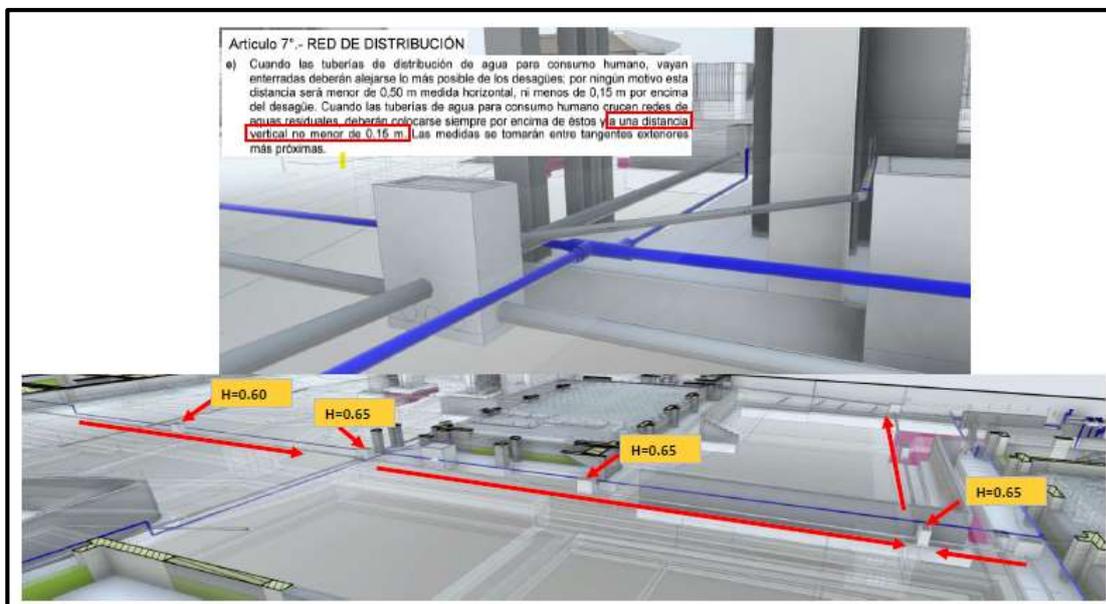
Vista General del proyecto 5



Nota. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción

Figura 37

Consulta para confirmar el trazo de red de agua



Nota. Se ha verificado las redes de redes en el modelado, se visualiza que la red de agua por el lateral del MBR 4.2.5 pasa por debajo de la red de desagüe. A lo que norma IS 0.10 nos indica que la red de agua no puede ir por debajo de la red de desagüe, debe colocarse siempre a una distancia vertical no menor de 0.15 m. Sea el caso que sólo por razones de niveles, se permitirá que tubo de agua cruce por debajo del colector, debiendo cumplirse

las 0,20 m de separación mínima y, la coincidencia en el punto de cruce con el centro del tubo de agua. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción.

Figura 38

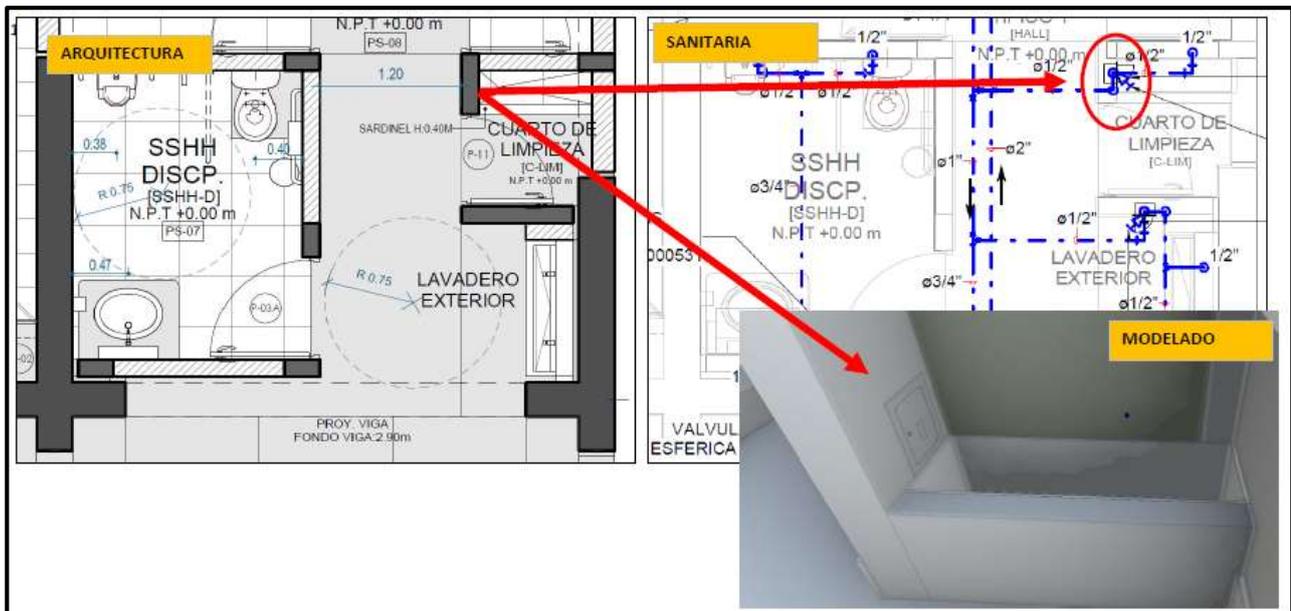
Interferencia detectada, definir pase en muro de cerco perimétrico



Nota. En el plano indica que el ingreso de la tubería para el abastecimiento por cisterna, va en un muro paralelo al cerco, y en el modelado dicha tubería va embebida en el muro del cerco perimétrico. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción.

Figura 39

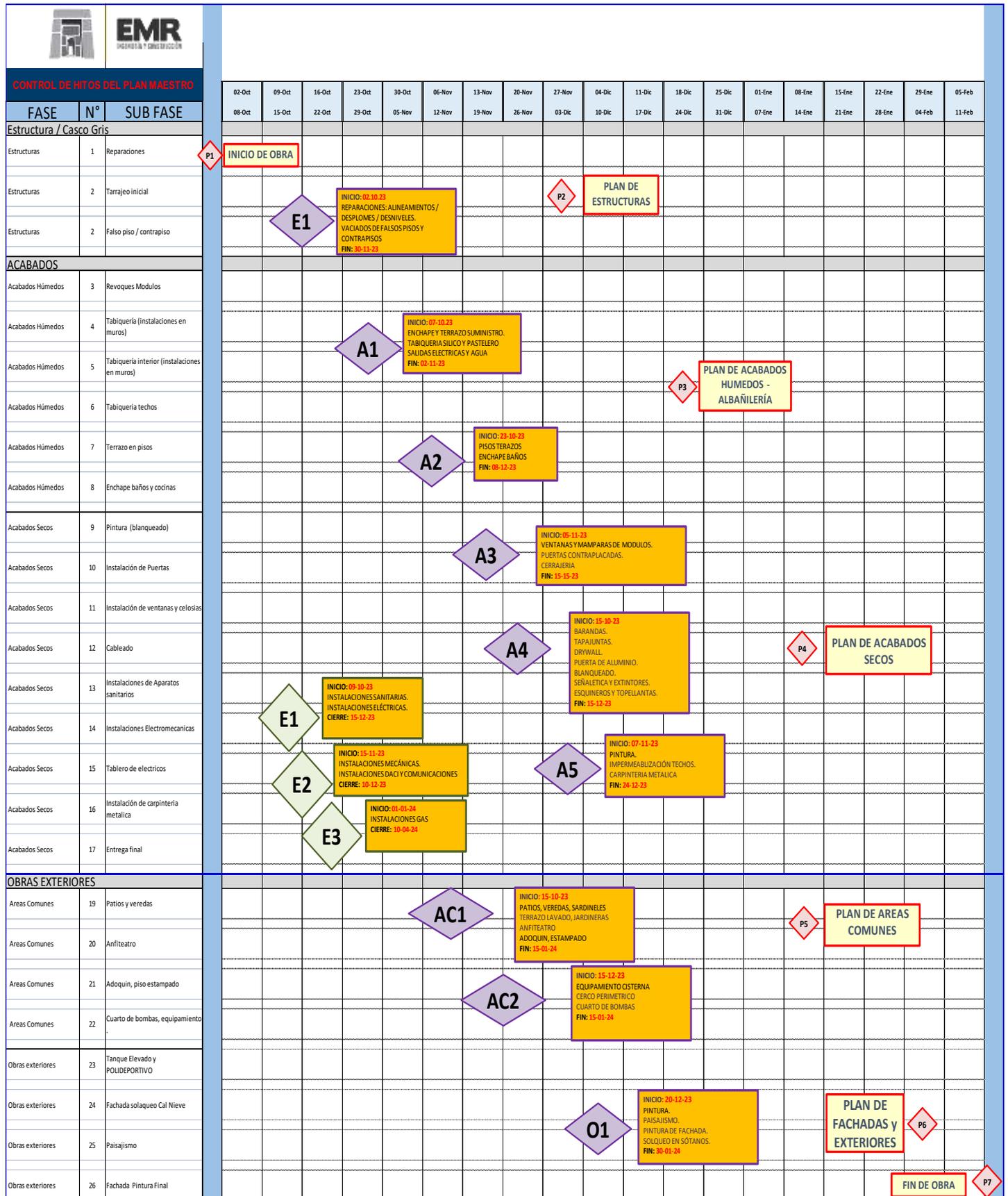
Interferencia, reubicación para caja de válvulas



Nota. De acuerdo a los planos de arquitectura se ha evidenciado una columneta en donde de acuerdo a los planos sanitarios manda ubicar la caja de válvulas del cuarto de limpieza, por lo que se solicitó reubicarla. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción.

Figura 40

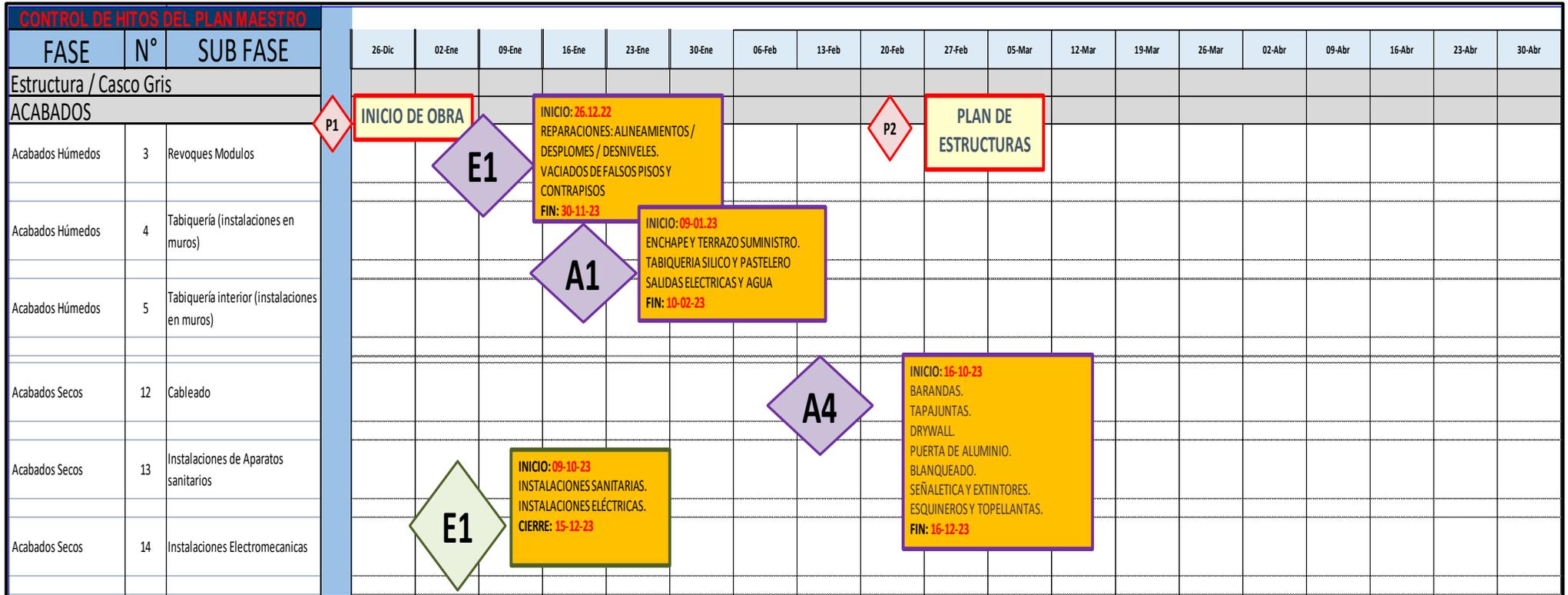
Plan Maestro, San Cristo – Proyecto 5



Nota. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción.

Figura 42

Plan maestro proyecto 6



Nota. Fuente: Expediente F y K

Figura 43

Plan general de obra Proyecto 7

 PLAN GENERAL DE OBRA		BANCO DE LA NACION															
		AV. JAVIER PRADO N°															
		LPS															
		APRIL 2018															
		BIB. 2018															
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO							
		SEMANA 1 7 al 13 Dic 2018	SEMANA 2 14 al 20 Dic 2018	SEMANA 3 21 al 27 Dic 2018	SEMANA 4 28 al 03 Ene 21	SEMANA 1 4 al 10 Ene 21	SEMANA 2 11 al 17 Ene 21	SEMANA 3 18 al 24 Ene 21	SEMANA 4 25 al 31 Ene 21	SEMANA 1 1 al 7 Feb 21	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4				
OBRAS PROVISIONALES																	
	Instalación de campamento																
	Movilización y desmovilización																
OBRAS REMODELACION																	
	Ejecución de demoliciones																
	Remodelaciones																
FRENTES DE TRABAJO																	
BLOQUE B1 - AULAS																	
Obras civiles																	
	'Movimiento de tierras																
	'Cimentaciones																
	'Piso 1																
	'Piso 2																
	'Escalera																
Terminaciones																	
	'Piso 1																
	'Piso 2																
	Escalera																
	Inst.eléctricas																
	Inst.sanitarias																
BLOQUE B2 - SS.HH																	
Obras civiles																	
	'Movimiento de tierras																
	'Cimentaciones																
	'Piso 1																
	Terminaciones																
	'Piso 1																
	Inst.eléctricas																
	Inst.sanitarias																

Nota. Fuente: Expediente Qarpay Innovación en la Construcción S.A.C

Figura 44

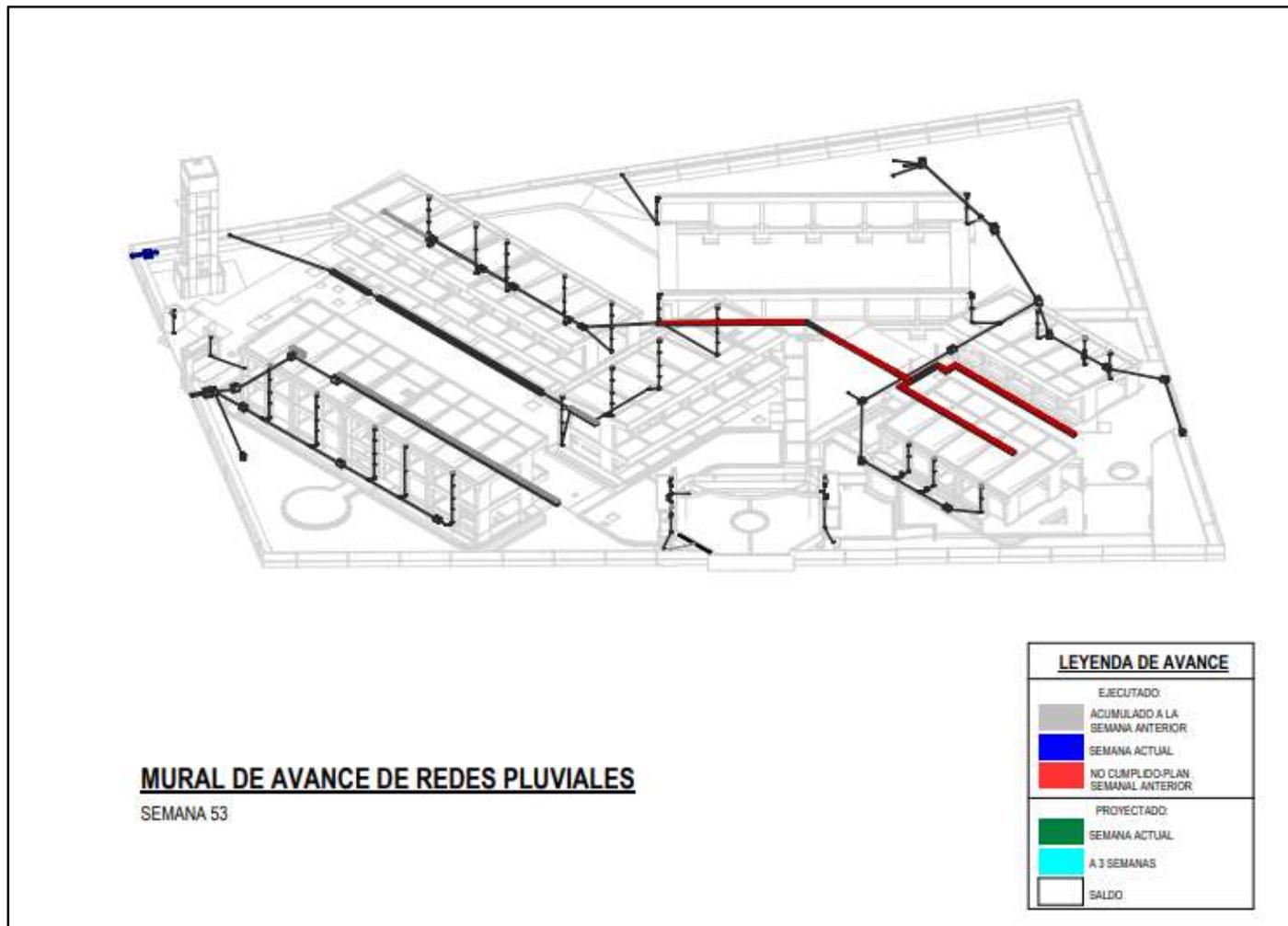
Plan general de obra Proyecto 8

 PROYECTO INTERVENCIÓN DEL LOCAL ESCOLAR 14556 DEL CASERÍO TOLINGAS, DISTRITO DE HUARMACA - HUANCABAMBA - CLIENTE EMR INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN		LOOK AHEAD PLANNING - IE TOLINGAS																				
		PERIODO 3			PERIODO 4					PERIODO 5							PERIODO 6					
		dom 18-Oct	lun 19-Oct	mar 20-Oct	mié 21-Oct	jue 22-Oct	vie 23-Oct	sáb 24-Oct	dom 25-Oct	lun 26-Oct	mar 27-Oct	mié 28-Oct	jue 29-Oct	vie 30-Oct	sáb 31-Oct	dom 01-Nov	lun 02-Nov	mar 03-Nov	mié 04-Nov	jue 05-Nov	vie 06-Nov	sáb 07-Nov
INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS																						
BLOQUE C			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
BLOQUE D			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
BLOQUE E			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
BLOQUE B			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
BLUQUE F			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
BLOQUE A			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
ACABADOS																						
BLOQUE C			X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X			
BLOQUE D			X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X			
BLOQUE E			X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X			
BLOQUE B				X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X		
BLUQUE F				X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X		
BLOQUE A				X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X		

Nota. Fuente: Expediente Qarpay Innovación en la Construcción S.A.C

Figura 45

Mural de avance de redes pluviales Proyecto 10



Nota. Fuente: Expediente EMR ingeniería y construcción.

ANEXO 7: Panel fotográfico entrevistas

Figura 46

Entrevista representante proyecto 1



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 47

Entrevista representante proyecto 2



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Entrevista representante proyecto 3



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 49

Entrevista representante proyecto 4



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Entrevista representante proyecto 5



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Entrevista representante proyecto 6



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Entrevista representante proyecto 7



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 53

Entrevista representante proyecto 8



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 54

Entrevista representante proyecto 9



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 55

Entrevista representante proyecto 10



Nota. Fuente: Elaboración propia