

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Implementación BIM para proyectos de coberturas con  
estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Heydi Thalia Valdera Rubio

**REVISOR**

Manuel Ismael Laurencio Luna

Rioja, Perú

2021

## RESUMEN

El presente informe de suficiencia tiene como objetivo principal la Implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019. Por tal motivo, corresponde una investigación cuasi experimental, longitudinal, descriptiva y explicativa; por medio del análisis, busca determinar mejoras existentes entre variables que influyen un fenómeno; por ende, considera la experiencia profesional para el desarrollo siendo el modelamiento de coberturas con estructuras metálicas. Asimismo, se utilizó el Revit para modelar y obtener el diseño editable con una visión detallada necesaria en la etapa de construcción, mejorando la productividad con los planos 2D y vistas 3D (vistas reales), permitiendo con facilidad la confección de partes metálicas reduciendo conflictos entre proveedores e involucrados por especialidades que participan del proyecto ahorrando tiempo y dinero, proporcionando acciones detalladas y registro de acciones concisas; es decir una herramienta confiable, valida e importante en la construcción. Por consiguiente, se realizó el análisis de la implementación BIM – Revit para proyectos de coberturas determinando como resultado satisfactorio las mejoras obtenidas con la propuesta de implementación, siendo favorables por la visión detallada del diseño, mejora de la productividad, y reducción de conflictos, a la vez insertando el software como herramienta de diseño para futuros proyectos.

**Palabras Claves:** Revit, BIM, Coberturas, Estructuras Metálicas.

## **ABSTRACT**

The main objective of this sufficiency report is the BIM Implementation for roofing projects with metallic structures in PEAM - Moyobamba, 2019. For this reason, a quasi-experimental, longitudinal, descriptive and explanatory investigation corresponds; Through analysis, it seeks to determine existing improvements between variables that influence a phenomenon; therefore, it considers the professional experience for the development being the modeling of roofs with metallic structures. Likewise, Revit was used to model and obtain the editable design with a detailed vision necessary in the construction stage, improving productivity with 2D plans and 3D views (real views), allowing easily the manufacture of metal parts reducing conflicts between suppliers and those involved by specialties who participate in the project saving time and money, providing detailed actions and concise record of actions; in other words, a reliable, valid and important tool in construction. Therefore, the analysis of the BIM - Revit implementation for coverage projects was carried out, determining as a satisfactory result the improvements obtained with the implementation proposal, being favorable due to the detailed view of the design, productivity improvement, and conflict reduction, to at the same time inserting the software as a design tool for future projects.

**Keywords:** Revit, BIM, Coverages, Metallic Structures

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
1. Antecedentes y fundamentación científica .....	9
1.1. Realidad problemática .....	9
1.2. Antecedentes .....	12
1.3. Fundamentación científica .....	17
2. Justificación de la investigación .....	25
3. Problema .....	28
3.1. Problema principal.....	28
3.2. Problemas específicos.....	28
4. Conceptuación de las variables .....	29
5. Objetivos .....	30
5.1. Objetivo principal .....	30
5.2. Objetivos específicos .....	30
<b>II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>31</b>
2.1. Tipo de estudio.....	31
2.2. Diseño de la Investigación.....	31
2.3. Método de Investigación.....	31
<b>III. METODOLOGIA DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA</b> .....	<b>32</b>
3.1. Análisis situacional .....	32
3.1.1. De la entidad.....	32
3.1.1.1. Base Legal.....	33
3.1.1.2. Estructura Orgánica de la Entidad.....	33

3.1.1.3. Misión y Visión de la Entidad.....	34
3.1.2. Resumen de la experiencia profesional.....	35
3.1.3. De la actualización y/o reformulación del Expediente Técnico de la Obra	36
3.1.3.1. Descripción de la Obra .....	36
3.1.3.2. Situación Problemática de la obra .....	38
3.1.3.3. Alcance y limitaciones para la Implementación BIM .....	40
3.1.3.4. Dibujo del diseño de la cobertura en AutoCAD .....	40
3.2. Alternativas de solución .....	47
3.2.1. A los problemas identificados en la ejecución de la obra .....	47
3.3. Desarrollo de la solución del problema .....	48
3.3.1. Modelado 3D del Techo Parabólico con el Revit .....	48
3.3.2. Análisis de visión detallada del diseño .....	54
3.3.2.1. Análisis de los metrados del proyecto en estudio .....	55
3.3.2.2. Cantidad de partidas adicionadas y variabilidad de metrados del Proyecto .....	57
3.3.2.3. Análisis del Costo del Proyecto .....	60
3.3.2.4. Análisis comparativo del Costo del Proyecto .....	64
3.3.3. Análisis de Productividad del Proyecto .....	68
3.3.4. Reducción de conflictos .....	70
3.4. Recursos requeridos .....	71
3.5. Análisis económico financiero .....	71
3.5.1. Presupuestos del proyecto .....	71
3.5.2. Presupuestos que limitan la propuesta .....	72
<b>IV. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADO .....</b>	<b>73</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>

<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variables .....</i>	29
<i>Tabla 2: Misión y Visión del GRSM - PEAM .....</i>	34
<i>Tabla 3: Resumen del Componente de Infraestructura .....</i>	37
<i>Tabla 4: Alternativas de solución .....</i>	47
<i>Tabla 5: Hoja de metrados Tradicional – BIM / Revit.....</i>	55
<i>Tabla 6: Número de partidas adicionadas y variabilidad de metrados del Proyecto.</i> <i>.....</i>	57
<i>Tabla 7: Cuadro resumen del número de partidas adicionadas del Proyecto. ....</i>	59
<i>Tabla 8: Cuadro resumen de partidas con variabilidad del Proyecto. ....</i>	59
<i>Tabla 9: Presupuesto Inicial del Proyecto. ....</i>	60
<i>Tabla 10: Cuadro resumen presupuestal inicial. ....</i>	62
<i>Tabla 11: Presupuesto Reformulado del Proyecto. ....</i>	62
<i>Tabla 12: Cuadro resumen presupuestal reformulado. ....</i>	64
<i>Tabla 13: Cuadro comparativo presupuestario del Proyecto. ....</i>	65
<i>Tabla 14: Variabilidad del Presupuesto Total del Proyecto. ....</i>	68
<i>Tabla 15: Cuadro característico. ....</i>	69
<i>Tabla 16: Cuadro valorativo característico. ....</i>	69
<i>Tabla 17: Implementación BIM para reducción de conflictos. ....</i>	70
<i>Tabla 18: Recursos requeridos. ....</i>	71
<i>Tabla 19: Resultados de la visión detallada del diseño. ....</i>	75

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Estructura Orgánica PEAM - GRSM .....	34
<b>Imagen 2:</b> Elevación frontal de la estructura del techo parabólico. ....	41
<b>Imagen 3:</b> Elevación de arriostres de columnas. ....	42
<b>Imagen 4:</b> Planta estructura techumbre.....	42
<b>Imagen 5:</b> Zapata centrada. ....	43
<b>Imagen 6:</b> Unión de inicio de arco y columna metálica. ....	44
<b>Imagen 7:</b> Detalles en 2D de las uniones y anclajes con pernos. ....	45
<b>Imagen 8:</b> Detalles en 2D de las uniones y anclajes con soldadura. ....	46
<b>Imagen 10:</b> Vista en 3D de modelo de diseño mejorado.....	48
<b>Imagen 11:</b> Vista en 3D de cobertura de estructura metálica. ....	49
<b>Imagen 12:</b> Sección 01 de cobertura.....	49
<b>Imagen 13:</b> Zapata centrada .....	50
<b>Imagen 14:</b> Vista en 3D de inicio de arco y conexiones. ....	51
<b>Imagen 15:</b> Cobertura en 3D de estructura metálica. ....	51
<b>Imagen 16:</b> Estructura de cobertura metálica. ....	52
<b>Imagen 17:</b> Visión detallada del diseño. ....	54
<b>Imagen 18:</b> Plano de Estructuras N° 01 .....	85
<b>Imagen 19:</b> Plano de Estructuras N° 02 .....	85
<b>Imagen 20:</b> Plano de Estructura N° 03 .....	86
<b>Imagen 21:</b> Plano de estructura N° 04.....	86
<b>Imagen 22:</b> Vista frontal de la estructura parabólica de la cobertura metálica. ....	87
<b>Imagen 23:</b> Vista de sección horizontal de la estructura metálica del proyecto. ....	87
<b>Imagen 24:</b> Vista isométrica del pedestal .....	88
<b>Imagen 25:</b> Vista 3D del proyecto de construcción de cobertura con estructura metálica.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Variación según visión detallada del diseño. ....	75
<b>Figura 2:</b> Mejora de la productividad en porcentajes. ....	77
<b>Figura 3:</b> Excavación para la cimentación de la cobertura metálica. ....	89
<b>Figura 4:</b> Verificación de los trabajos de excavación y coordinaciones con el equipo técnico para realizar mejoras en el diseño de la cobertura metálica. ....	89
<b>Figura 5:</b> Instalación y montaje de arcos metálicos con maquinaria, y conectores que fijarán a las correas metálicas. ....	90
<b>Figura 6:</b> Estructura metálica conformada por columnas metálicas, aspas metálicas, arcos metálicos y correas, se realizó el pintado previo a la colocación de la cobertura. ....	90
<b>Figura 7:</b> Vista frontal de la cobertura metálica terminada y puesta en funcionamiento. ....	91



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1. Antecedentes y fundamentación científica**

### **1.1. Realidad problemática**

El Proyecto Especial Alto Mayo es una unidad ejecutora subordinada por el Gobierno Regional de San Martín, es una entidad pública que busca ejecutar obras de infraestructura y facilitar los servicios sociales encaminados a la atención de las necesidades primordiales más urgentes de los ciudadanos, en consecuencia se centra en generar trabajo en el sector construcción buscando alternativas de implementación de nuevas prácticas tecnológicas innovadoras, afrontando nuevos retos y desafíos actualmente y para con el futuro.

Actualmente, enfocando globalmente las entidades públicas y privadas, en el sector construcción vienen desarrollando la implementación de nuevas tecnologías debido a la complejidad de los proyectos, para optimizar recursos, costos y tiempo; y a la vez disminuir las deficiencias e incongruencias desarrolladas en el diseño de planos; el fundamento de la Metodología BIM, es la representación de modelos 3D, que incluyan información indispensable y fundamental para transportarlos a la realidad, de modo que, estas conforman una manifestación inteligente de quien los ejecuta, de ahí que, proviene la exigencia de estudio y disposición de los implicados en la utilización de la herramienta Autodesk Revit, y se fundamenta en el estudio de aprendizaje de este campo.

Según Nieto (2016) afirma que, el diseño de una estructura se plasma en los planos, pero solo en dos dimensiones causando una mala integración entre arquitectura e ingeniería que generan cambios en la fase de construcción. En el país vecino Ecuador, AutoCAD sigue siendo la herramienta que muchos profesionales utilizan para el dibujo de planos, hace algunos años la empresa AUTODESK ha lanzado un nuevo software como alternativa, el REVIT. Lo increíble es que el modelamiento en 3D está al alcance del usuario, los mismos que no buscan implementar la práctica de esta herramienta que probablemente puede reemplazar al AutoCAD, dejando la

posibilidad de una fusión con otro software de análisis estructural y el dibujo asistido por computadora.

Asimismo, Chacón & Cuervo (2017) menciona que, en la fase de construcción se generan incongruencias que interrumpen la etapa constructiva, generando pérdidas económicas y baja producción. Para erradicar esta problemática mundial se desarrolló la metodología BIM; Autodesk, lanza su aplicación Revit en noviembre 1999, herramienta que facilita la creación de una expresión digital lo más similar a la realidad que usa elementos parametrizados, cualquier modificación en el modelo es posible. Actualmente la implementación de esta tecnología se hace notoria, aportando una mejora continua para con el sector construcción respecto a la eficiencia y la productividad, existen muchos países que ya implementaron esta nueva tecnología en diferentes proporciones, unos más desarrollados que otros.

Del mismo modo, Pacheco (2017) afirma que el método tradicional usado para diseñar sigue presente mediante representación de líneas y curvas con la diferencia de ser asistido por computadora; un modelo generado es unitario y global de la estructura misma de un proyecto, ya que al generarse errores en el diseño y no analizarse adecuadamente van a generar sobrecostos en la etapa de ejecución, dificultando el cumplimiento del plazo contractual, también genera controversias porque un proyecto tiene múltiples diseños y al modificar se tiene que evaluar independientemente cada uno de los modelos diseñados, generando pérdida de tiempo e incremento de los precios en la etapa de planificación y formulación de proyecto.

De igual manera, Villa (2017) dice que, actualmente el sector construcción continúa en crisis debido a la falta de implementación de nuevas tecnologías para la mejora continua en las diferentes etapas del proyecto, a pesar de estas deficiencias se siguen generando más ofertas para la construcción por esta razón se incrementó el poder de compra de la ciudadanía. A futuro los proyectos serán más complejos y de mayor requerimiento del mercado y de los usuarios sobrepasando las expectativas; el uso de diversos materiales y los procedimientos alternativos en el diseño, no solo deben encontrarse plasmados en los planos 2D no integrados, porque estos ignoran

detalles y/o información generando discrepancias e interposición que se detectan y se pueden corregir en la construcción.

Por lo tanto, Ybañez (2018) afirma que, gracias al progreso tecnológico y la persistente competencia, estamos obligados a dar una respuesta inmediata y adaptarnos al cambio, mostrando eficacia y poniendo en práctica los procesos para mejorar el estilo de vida y mejorar los resultados en costo y tiempo. También mencionan que el tiempo en un 53% es utilizado en actividades poco productivas por la mala planificación de los proyectos de construcción. Por esta razón, promueve la inserción de procesos, que mejoren el desarrollo de los trabajos, buscando incrementar la competencia y la productividad en el departamento que comprende la construcción. En el Perú, la problemática relevante se presenta en la etapa de diseño, generando retrasos en la ejecución e incrementan costos innecesarios, en consecuencia, conducen al rediseño, aumentan el tiempo, el costo y la carga laboral; estos encontrarían respuesta si se establece el hábito de las buenas prácticas de dirección desde el inicio del proyecto.

El PEAM - Moyobamba, dentro de su jurisdicción priorizo la construcción de techos permanentes convertibles en Instituciones Educativas del Alto Mayo durante los años 2017 al 2020, estas coberturas metálicas son obras significativas ya que se ejecutaron con la finalidad de proteger a la población estudiantil, pero también están destinadas al servicio de la comunidad; para cumplir estos objetivos se buscó implementar la metodología BIM de manera individual con el uso de la herramienta Autodesk Revit, con la colaboración de los involucrados en el diseño y modelamiento en 3D para darle una mejor perspectiva de la realidad a alcanzar, disminuyendo la brecha de deficiencias a la hora de la fabricación de las partes prefabricados para su posterior instalación en el lugar de ejecución del proyecto.

Todo lo anteriormente mencionado conlleva a desarrollar el Informe de Suficiencia Profesional, con las buenas prácticas aplicadas para dar solución a los problemas encontrados durante nuestra labor e ir mejorando e innovando tecnológicamente para estar a la altura del gremio en el sector construcción.

## 1.2. Antecedentes

Nieto (2016) estudió el manejo de la herramienta Revit y la repercusión que tiene en el modelamiento de información en el campo de la construcción de la ciudad Ambato. Actualmente continua la mala integración de los procesos tanto en arquitectura como en ingeniería, para la cual buscó implementar nuevas prácticas, una de ellas es el uso del Revit facilitando el modelamiento de los diseños en 3D, evitando cambios en el periodo de construcción de la obra. Por esa razón, desarrolló una investigación de enfoque cualitativo con una modalidad de investigación bibliográfica de nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. Realizó la toma de datos de una población acorde al INEC reajustando la tasa de crecimiento ascendiendo a 2560 profesionales en el 2014, la muestra de datos se recolectó mediante encuestas a 113 ingenieros de la ciudad de Ambato, aplicando la fórmula de universos finitos, para procesarlas se realizó una revisión crítica de la información recogida, posterior a ello mediante cuadros se tabuló de acuerdo a las hipótesis planteadas, en consecuencia los resultados fueron presentados en gráficos estadísticos. Asimismo, se evaluó la información obtenida como resultado de los cuestionarios a profesionales del gremio correspondientes al uso de nuevas tecnologías para el modelamiento de los diseños de planos en 3D dimensiones.

De tal manera, los resultados determinaron que: un 81% no conoce el diseño BIM y un 19% conoce la metodología; también se demostró que el 42% no conoce la herramienta Revit y un 58% si tiene idea; al tiempo que el 74% tiene intención de dibujar y/o modelar en 3 dimensiones y un 26% no. Se concluye que el uso de la herramienta Revit facilita la modificación de las incompatibilidades que puedan existir en el diseño, evitando sobrecostos y cambios de diseño en el periodo de la construcción de obra; la practica de esta metodología BIM mediante el software Revit, optimiza en su gran mayoría el tiempo, costo y trabajo mejorando la perspectiva que se ofrece al cliente aumentando la productividad; en consecuencia las respuestas adquiridas de los cuestionarios demuestran la aceptación de esta nueva herramienta Revit para el modelamiento en 3D dimensiones ya que son de gran ayuda para la confección de planos de diseños de proyectos.

Chacón & Cuervo (2017) implementó la práctica de la metodología BIM y las herramientas principales que se utilizan. Menciona que al incrementar el uso de la herramienta Revit en el diseño de planos y modelamiento en 3D dimensiones, creando un modelo digital con elementos parametrizados pretende disminuir la problemática en la fase de construcción evitando pérdidas económicas y baja producción. Actualmente la implementación de esta tecnología sale a flote aportando una mejora continua en el sector construcción en cuanto eficiencia y productividad. Por esa razón, se desarrolló el estudio tipo descriptivo, enfocándose en la recopilación y desarrollo de información mediante un diseño de tipo análisis documental y de tipo bibliográfica. Para la recopilación de datos informáticos incorporó algunas técnicas e instrumentos, así como visualización personal del material audiovisual, impreso y electrónico, que facilite conocer el funcionamiento de la herramienta; y la consulta y evaluación de fuentes bibliográficas.

Por lo tanto, los resultados fueron: Revit es un software BIM importante a pesar de ser de representación, permite la integración e interoperabilidad con otras herramientas facilitando el trabajo en las diferentes etapas del proyecto. Asimismo, permite el trabajo colaborativo a través de una carpeta compartida conocida como BIM A360, el acceso es mediante una cuenta de usuario de Autodesk. Esto permite que todos los involucrados en el proyecto, según su disciplina puedan trabajar en un mismo modelo y efectuar los cambios necesarios en tiempo real. Existen varios medios para el aprendizaje, por sus potentes herramientas de modelado en 3D. En conclusión son 17 países que utilizan la metodología BIM, actualmente para el sector público empieza a ser de carácter obligatorio, siendo necesario la implementación y la práctica de esta nueva herramienta metodológica; debido a la gran variedad de software existentes se requiere el aprendizaje oportuno y la actualización permanente para poder realizar la permuta de información entre las diversas organizaciones que abarca las disciplinas del proyecto; la interoperabilidad que posee esta metodología permite recopilar la mayor cantidad de información del proyecto en un patrón parametrizado con la ventaja de ser manipulado por otros software disminuyendo el trabajo, incompatibilidades y costos, facilitando la expresión mediante planos y elementos parametrizados.

Villa (2017) en la empresa JC. Ingenieros SRL determinó las ventajas de la implementación BIM – Revit en el desarrollo del diseño de proyecto. Actualmente el sector construcción sigue recibiendo más ofertas adquisitivas por parte de la población. A futuro los proyectos serán más engorrosos y de mayor requerimiento del mercado y el usuario sobrepasando expectativas; y estos no solo pueden estar plasmados en planos 2D no integrados, porque estos ignoran características e información generando deficiencias e incongruencias que se perciben y se solucionan en el campo de la construcción. Por esa razón, se llevó a cabo una investigación de tipo aplicada, de diseño descriptiva, con técnicas de recopilación de muestras mediante información directa. Para la recopilación de datos la población es el proyecto en su etapa de perfil técnico que se estaba elaborando en la institución en mención, desagregando sus componentes según niveles educativos, tomando como muestra el diseño de la infraestructura del nivel inicial, la unidad de análisis es en base costo y la calidad visual del proyecto. Posterior a ello, se realizó el estudio y evaluación de datos recopilados, mostrando los resultados en cuadros, gráficos y diagramas, generando un estudio comparativo y estadístico entre los resultados iniciales y los resultados nuevos encontrados con la herramienta Revit, según su disciplina.

Los resultados fueron: dibujo y modelado de planos con Revit BIM, mejorando el diseño base actual, mejorando el modelado a 3D y estimando beneficios en cuanto a costos y calidad; obtuvo un cuadro comparativo con la variación de partidas y estudio la relación entre las cantidades y porcentajes obtenidos de ambos diseños y modelados, determinando que de 176 partidas, un 54.55% presentan variación en sus metrados, sin embargo el 45.45% no muestra variaciones, en cuanto a costos el diseño base tiene un 100%, mientras que el obtenido del Revit tiene 83.37% en base al costo inicial del diseño variando un 16.63%. En conclusión, se logró obtener un modelamiento con visualización 3D, con un trabajo integrado por varias especialidades, es decir cuando se realiza una modificación esta automáticamente se actualiza en el modelo digital minimizando las falencias, se adquiere información de cálculo exacto de materiales, tamaños y áreas del modelo. Asimismo, el 58.54% de la totalidad de las partidas tienen variación en sus metrados, evidenciando que el Revit BIM muestra óptimos resultados.

Ybañez (2018) determinó como BIM mejora la fase de diseño en una edificación. Actualmente el medio es más competitivo debido al avance tecnológico, exigiendo resultados inmediatos adaptándonos al cambio mejorando los procedimientos y optimizando resultados en menor costo y tiempo. El sector de la construcción ha sido beneficiado gracias a estas nuevas tecnologías estimulando a profesionales a adoptar estos cambios tecnológicos para ser más eficientes. Por esa razón, se realizó una investigación con el método científico, logrando resultados veraces de las hipótesis, con un estudio de carácter aplicada, nivel descriptivo, usando el diseño experimental. Para la recopilación de información de datos, la población fue las edificaciones de 02 pisos con sótanos, siendo un espécimen 1 edificación utilizado para oficinas con las mismas cualidades; con muestreo de tipo no probabilístico e intencional por la cantidad de información mostrada, con la ayuda de las técnicas de observación directa, entrevistas, software de modelamiento, recopilaciones de investigaciones pasadas e instrumentos de recopilación de información BIM, con el método analítico de datos cuantitativo, de estadística inferencial y prospectiva.

Los resultados obtenidos fueron: optimización de procesos en la etapa de diseño, anticipando las incompatibilidades de las diferentes especialidades, todo ello abarca un 270.83% de mejora total en el proyecto. Asimismo, se consiguió que 142 interferencias fueran detectadas con la metodología BIM, con los planos 2D 54 incompatibilidades no se detectaron a tiempo, un 263% de veces indica que BIM es mejor que el método tradicional, el 76% son incompatibilidades detectadas por otras causas. También genero un ahorro económico significativo con respecto al presupuesto inicial y la optimización de tiempo. En conclusión: BIM identifica y mejora las incompatibilidades en la fase de diseño, en el análisis se encontraron inconsistencias en la fase de ejecución, al realizar la comparación con la metodología BIM arroja que es 263% veces mejor que el tradicional, y a su vez reducen costos y tiempos durante la etapa de diseño y minimiza los trabajos repetitivos después de la detección de incompatibilidades presentadas en las interferencias entre especialidades, la metodología BIM mediante sus herramientas aportan soluciones a los problemas durante la vida útil del proyecto.

Aniceto (2020) diseño una cobertura metálica utilizando Metodología BIM en la I.E Fe y Alegría N° 49, Piura. Mediante Resolución Ministerial N° 242-2019-Vivienda de fecha 17 de Julio se dictamino en el art. 1: aprobar los lineamientos generales a fin de utilizar BIM en proyectos de la construcción, con el fin de universalizar la herramienta BIM en proyectos de inversión pública, mejorando la construcción y ejecución de obra, permitiendo minimizar significativamente las carencias presentes y a su vez facilite el trabajo colaborativo de los participantes. Por esa razón, se realizó una investigación con el método científico de tipo descriptivo, donde se mencionará el sistema del techo metálico mediante el cálculo de estructuras por ser de elementos de acero; diseño de investigación no experimental transversal descriptivo estableciendo los procedimientos realizados del sistema teniendo en consideración las cargas empleando metodología BIM. Para la recolección de datos, la población fue el techo metálico de la I.E Fe y Alegría N° 49, compuesto por vigueta y tijeral metálico dividido en brida superior e inferior, diagonales y montantes; usando la técnica de análisis documental de la metodología BIM y la Norma E 090 del RNE y la Norma extranjera del AISC-LRFD para la elaboración del diseño del techo metálico.

Los resultados obtenidos fueron: el diseño de una cobertura metálica utilizando metodología BIM, cumpliendo con el RNE - Norma E-090 en estructuras metálicas, teniendo en cuenta consideraciones mínimas de diseño obteniendo resultados óptimos desde el predimensionamiento, evaluación y diseño estructural con el método del LRFD (de resistencia como de servicio aplicando cargas). Por consiguiente, se realizó la interoperabilidad con el Revit Structure, para continuar desarrollando los planos, confirmando que sí es posible la interoperabilidad de diferentes softwares BIM necesarios para el desarrollo de proyectos según su tipología, ya sean de inversión pública o privada, resultando económico y rentable para el proceso constructivo de la obra. En conclusión: el diseño de una cobertura metálica utilizando Metodología BIM en la I. E. Fe y Alegría N° 49 - Piura, cumple con las condiciones básicas y criterios considerados en la norma E-090 estructuras metálica y del AISC-LRFD. Igualmente, la metodología BIM es rentable, fácil de utilizar, a la vez, optimiza recursos y tiempos.



### 1.3. Fundamentación científica

Con respecto a la base teórica, se ha realizado una búsqueda de concepto de diferentes autores que permite fundamentar las variables Revit software BIM de Autodesk y el modelado 3D para techos parabólico de estructura metálica.

Ibarra (2020) define al BIM (Building Information Modeling) como metodología de trabajo colaborativo dirigido y se enfoca en la composición y dirección de proyectos de edificación con la finalidad de concentrar la mayor información en una expresión digital de información, concebido por los involucrados del proyecto, además constituye el periodo completo de un proyecto, que parte desde la percepción hasta llegar al periodo de operación y mantenimiento.

Asimismo, Chacón & Cuervo (2017) definen al Revit como un software de Autodesk para modelado de información para profesionales del sector construcción y demás interesados, los usuarios a través de este pueden diseñar un edificio o estructura con sus elementos en 3D, también se puede obtener información de la base de datos del modelo, asimismo, en su entorno de trabajo permite manipular edificios o estructuras completas o por partes (en el entorno del proyecto) o de formas 3D individual (en las familias editables), las herramientas se consiguen usar con elementos macizos prefabricados o modelos geométricos importados.

Por otro lado, Autodesk (2019), precisa que Revit admite el diseño, los dibujos y las tablas de planificación necesarias para Building Information Modeling (BIM). Asimismo, BIM es el diseño de prototipos digitales, que contribuyen con información valiosa sobre el diseño, la magnitud, las cuantías y las fases de un proyecto de ser necesario. A continuación, se mencionan algunos conceptos claves, antes de iniciar el uso del software Revit:

**Modelado:** el modelo de construcción virtual realizada en Revit desprende información originada del mismo modelo como: plano de dibujo, vista 2D y 3D, secciones y tablas de planificación; luego del trabajo continuo recoge toda la

información en el resto de representaciones del proyecto, además organiza los cambios realizados en cualquier parte del proyecto.

**Elementos:** son los bloques que constituyen un modelo 3D, que reproducen los componentes del mundo real, estos elementos pueden ser muros, ventanas y vigas en 3D mostrando todas las vistas, también conocidos como componentes que pueden encontrarse en un edificio, asimismo, se pueden encontrar otros elementos como etiquetas, cotas y otras anotaciones, que se visualizaran donde sean colocadas.

**Parámetros:** estos definen las propiedades como el tamaño, la forma, la posición, el material y otra información de las partes que componen el modelo, es decir se conoce bajo el término de modelado paramétrico, haciendo referencia a las conexiones que se establecen entre todos los elementos de un proyecto, asimismo permite realizar modificaciones y la coordinación que proporciona el software Revit.

**Familias:** es un conjunto de elementos que tienen parámetros comunes y una geometría similar, es decir pueden tener diferentes tamaños, pero todos pertenecen a esa familia.

Asimismo, en Revit existen las familias, que son más complejas con más ventajas que los bloques usados en CAD, estos son puntos de información y son la base del programa.

Ahora bien, Interna (s.f.) menciona que la familia está conformada por un conjunto de componentes con una variedad de características generales (parámetros) y una reproducción gráfica referida, los elementos que componen esta familia tienen diferentes valoraciones en la mayoría de sus parámetros, sin cambiar la agrupación de parámetros (nombres y significados), es decir esta variabilidad dentro de la familia se denomina tipos de familia. Asimismo, cuando se crea una familia tipificada, se realiza mediante un prototipo del elemento con su conjunto de propiedades, donde solo se cambia ciertos parámetros de forma independiente de los parámetros tipificados de familia. A continuación, se describe los 3 tipos de familias en Revit que son necesarios para crear un modelo digital:

**Familias de sistema:** estas crean los elementos básicos, se pueden unir en alguna parte necesaria de la construcción, estas familias están predefinidas en el programa, sin almacenarse en ubicaciones externas del proyecto. Algunas de estas familias son los muros, cubiertas, suelos, conductos, tuberías, etc.

**Familias cargables:** estas se hacen fuera del proyecto con primigenio e incorporadas al proyecto donde se requiere su uso. Se crean para componentes de edificación como: ventanas, muebles, mobiliario y vegetación; componentes de instalación como: calderas, aparatos sanitarios, termas de agua y elementos de anotación personalizada como: símbolos y cuadros de rotulación.

Estas familias son fáciles de crear y modificar por esta razón son las más usadas en Revit, por ser cargables se componen archivos RFA externos y se insertan al proyecto.

**Familias in situ:** son elementos exclusivos creados por el usuario cuando requiere un componente específico, puede ser creado con referencia a otro que cambie sus propiedades y se adaptan a las modificaciones producidos en la geometría que refiere. Además, Revit crea una familia compuesta solo de ese tipo de familia.

Además, Cavazos (2020) cita las **diferencias** entre BIM y Revit, ya que generalmente se confunde creyendo que son lo mismo y causando conflicto en los proyectos, por tal motivo se describen a continuación:

**BIM** es una metodología basada en un modelo 3D que representa las propiedades del proyecto tanto físicas como funcionales, a su vez, es la transformación digital de los diseños tradicionales, incorporando información de planimetría y geometría (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), de sostenibilidad (6D) y de operación y mantenimiento (7D). Asimismo, su finalidad es centralizar los datos del proyecto en un solo modelo digital concebido por los involucrados, también cuenta con un medio de intelectual colectivo para adquirir información confiable para decidir adecuadamente en las distintas fases del proyecto, a su vez enlaza la mayor información del proyecto y produce un modelo digital.

El **software Revit** permite modelar diversas disciplinas: arquitectura, estructura e ingenierías MEP, con detalles que tiene diferentes aspectos involucrando materiales, costos, información adicional, controlando de manera digital la totalidad de un proyecto. Asimismo, permite crear un modelo virtual del proyecto de construcción antes de ejecutarse, para deducir complejidades y resolver antes de la construcción, evitando trabajos repetitivos, reduciendo costos, tiempos, etc. También se puede obtener un modelo basado en BIM con datos de la información del proyecto arquitectónico, estructural y las ingenierías correspondientes.

Por lo tanto, los trabajos repetitivos, las modificaciones en la etapa de construcción, adición de algún componente u otro generan costos adicionales, esto se reduce mediante la colaboración simultánea entre disciplinas y contratistas, la metodología BIM atribuye un mejor enfoque al proyecto, facilitando la toma de decisiones adecuadas y pertinentes de mayor costo-beneficio en las etapas iniciales. Asimismo, los riesgos se minimizan con la colaboración en tiempo real usando una plataforma para generar el proyecto.

Por ende, BIM es un procedimiento instruido fundamentado en modelos tridimensionales 3D utilizados en las diversas fases del proyecto como planeación, diseño, construcción y gestión de un edificio, estructura o proyecto de infraestructura. Sin embargo, Revit es un software BIM que es utilizado para componer modelos BIM facilitando la obtención de información sobre cualquier elemento del proyecto.

Por otro lado, el informe de suficiencia consta de trabajos desarrollados con el Software de AutoCAD, posterior a esto se dio la iniciativa de la Implementación del Revit en el modelado 3D para techos parabólicos de estructuras metálicas, razón por la cual tomaremos conceptos claves e importantes para el sustento del desarrollo del presente informe.

Sonda (2019) menciona que AutoCAD es un software de dibujo que crea geometría necesaria que representa la realidad, sin embargo, Revit es utilizado para simular geometría que tenga información realista: de ahí nace el término Modelado de información para la construcción o BIM (Building Information Modeling).

**Formatos:** AutoCAD tiene soporte de archivos DWG, asimismo se puede importar archivos PDF, inclusive archivos SHX, rellenos, imágenes rasterizadas y texto TrueType. En cambio, Revit importa y exporta archivos en formato DWG al modelo 3D.

**Plataformas y dispositivos:** AutoCAD está disponible para Windows y Mac y también en versión móvil y web, para acceder de cualquier parte que te encuentres. Sin embargo, Revit también está disponible para Windows y Mac. Con BIM 360, además, puedes acceder al modelo BIM y herramientas de modelado 3D desde distintos dispositivos.

**Herramientas:** Revit posee herramientas de diseño inteligentes fundadas en expresiones 3D, las modificaciones se pueden observar en las vistas y los elementos contiguos, se restauran instantáneamente para conservar las comunicaciones creadas, además permite el proceso de diseño multidisciplinario y colaborativo en diseños arquitectónicos, en ingeniería MEP y estructural, y en construcción. Por otro lado, AutoCAD admite un flujo de trabajo de dibujo 2D y 3D para arquitectos y todo tipo de diseñadores, se dibujan y modifican los dibujos de manera individual. Asimismo, Revit abarca más etapas del proceso de construcción, en consecuencia, los dos softwares generan documentación para la construcción, un modelo BIM abarca toda la información para gestionar la colaboración entre los involucrados del proyecto, también automatiza las tareas repetitivas y analiza varios tipos en el modelo 3D.

Administración (2020) analiza la diferencia más importante que muestran los dos programas realizando diseños y modelos 2D y 3D, que aparentemente realizan lo mismo, Revit es un programa de modelamiento de información digital para los involucrados en donde permite la aplicación adecuada de la metodología BIM para proyectos, hoy en día se crea un modelo unificado con información según las fases del proyecto con información realista, mientras que AutoCAD emplea geometría básica representativa del mundo real sin emplear como fundamento el BIM. Se detallan las diferencias funcionales a continuación:

**Flujo de trabajo:** Revit Architecture permite un flujo de trabajo de modelamiento donde los dibujos y cronogramas forman parte de los entregables que nacen del modelo único. Las modificaciones se observan completamente en las vistas, además estos se uniforman en cada fase, permite implementar el flujo de trabajo con la aplicación de la metodología BIM, conllevando a ser organizado y eficaz. Sin embargo, AutoCAD permite crear flujos de trabajo de dibujo, la modificación y variación del dibujo se realiza de forma única, generando retraso en la productividad de los procedimientos.

**Modelado:** Revit architecture es un programa de modelamiento en 3D con herramientas que desarrollan esta función, compone los elementos primordiales de la edificación, asimismo la información brindada por el proveedor del material aporta en tema de costos, estructuras, y modelos, etc. Por otro lado, AutoCAD muestra una interpretación real del mundo exterior con gráficos geométricos, sin embargo, no unifica ni procesa la información real de un proyecto con la facilidad que posee Revit.

**Procesos de automatización:** Los re-trabajos se minimizan, al igual que los tiempos y costos al proyecto en ejecución, en Revit se actualiza la información sin necesidad de la intervención humana, mientras que en AutoCAD no es posible, convirtiendo a Revit en una alternativa para las necesidades actuales del mercado.

Por consiguiente, Areatecnología (s.f.) define a la estructura como una agrupación de elementos unidos que conforman un cuerpo, con la finalidad de sostener las consecuencias ocasionadas por las fuerzas que ejercen del cuerpo.

Asimismo, define a la **estructura metálica** como una agrupación de elementos formado por partes donde la mayoría son materiales metálicos, generalmente de acero también conocidos como estructura de acero. Estas estructuras metálicas se emplean en el campo de las industrias por sus maravillosas propiedades para la construcción, su costo de producción es muy barato, además son muy funcionales, considerando que tienen que ser estables, resistentes y rígidas para que la estructura funcione correctamente, durante el tiempo de vida útil del proyecto.

Asimismo, Nexometal (2016), menciona las condiciones que deben cumplir a la hora de diseñar, además se debe tener en cuenta la distribución y dimensiones de las partes de la estructura de modo que tengan resistencia, rigidez y sean accesibles, a la vez que su instalación sea práctica y fácil. Estas condiciones son las siguientes:

**Estabilidad:** Deben ser firmes y no volcarse.

**Resistencia:** Cada uno de los elementos soporten las fuerzas aplicadas sin deformarse o romperse.

**Rigidez:** Actuarán esfuerzos sobre la estructura, ésta no debe deformarse.

Asimismo, posee cualidades que van según el diseño, tales como:

**Estructura Metálica Principal:** conformada por partes que fijan y transmiten los esfuerzos de las cargas a la cimentación, asegurando y evitando que no se vuelque, resistiendo y sin deformarse.

**Estructura Metálica Secundaria:** se refiere básicamente a los elementos de las vistas principales (fachadas y techos) que se ubican encima de la estructura metálica principal.

Además, si las estructuras metálicas superan el 80% del conjunto de partes de acero, estas aportan ventajas como:

**Alta resistencia:** posee un límite elevado de elasticidad, por ende, las cargas muertas serán menores debido a la alta resistencia por unidad de peso.

**Equilibrio:** las propiedades del acero se mantienen, la variación es mínima.

**Elasticidad:** posee mayor afinidad, la inercia puede ser calculada con más precisión, soporta la deformación sin romperse.

**Durabilidad:** con un adecuado mantenimiento su durabilidad es mayor.

El pandeo es una desventaja de estas estructuras metálicas, a mayores longitudes y mínimos espesores mayor es el peligro.

Las estructuras metálicas presentan características favorables que hacen que su uso sea más continuo, entre estas tenemos se construyen más rápido, se pueden cubrir grandes luces, facilita la unión de las partes de la estructura, poseen facilidad y flexibilidad a las dimensiones necesarias, las construcciones son más ligeras.

Por otra parte, Ramírez 2006 citado en Vargas (2017) define a la nave industrial metálica como una construcción de alojamiento y operación industrial, y a la vez como instalación física hecha para hacer trabajos industriales de producción, entre otros. Asimismo, la Norma E 030 Diseño Sismorresistente, E 020 Cargas y E 090 Estructuras Metálicas, organizan según el uso: almacén, taller, hangar y edificio logístico. A continuación, se detalla los tipos arquitectónicos de nave industrial:

**Techo Parabólico:** es una estructura conformada por la agrupación de partes que conforman una cercha construyendo una estructura curva con rigidizadores, también lo constituyen elementos secundarios de acero estructural ASTM- A36. El montaje es práctico, de forma parabólica, trabaja como aislante térmico y es presentable estéticamente.

**Techo a dos aguas:** se tiene en cuenta las pendientes según el material, clima, ubicación de la estructura, el diseño es a criterio a más pendiente cuando más cantidad de juntas tenga. Se complementan con luminarias o ventiladores según sea necesario.

**Techo a un agua:** su finalidad es conducir el agua a un sentido, está conformado por una sola pendiente apoyado en los muros o entramados paralelos.

**Techo tipo sierra:** conformado por colgantes de pendientes variables, permite el ingreso de la iluminación natural por la sección vertical, asimismo en su estructura no considera columnas interiores a pesar de soportar cargas cuantiosas.



## **2. Justificación de la investigación**

Actualmente estamos inmersos en un ambiente de un alto nivel competitivo, siendo indispensable las nuevas prácticas tecnológicas aplicando conocimientos teóricos – prácticos, enfocados a realizar los proyectos de mejor calidad de manera exacta, activa y eficaz, por esta razón el presente informe es de carácter tecnológico, ya que incentiva el uso de herramientas BIM para el modelado de estructuras metálicas que permiten mejorar los procesos tradicionales, y a la vez teórico ya que se aplicarán conocimientos obtenidos a través de actualizaciones y/o capacitaciones referentes al tema, incluyendo conocimientos adquiridos en la casa de estudio y en el campo de desarrollo profesional.

Además, el presente informe proporcionará una contribución valiosa y significativa en el sector de la construcción gracias a los resultados obtenidos, dando a conocer la facilidad con la que se puede implementar el uso de un software que posibilita el aumento del índice de proyectos ejecutados en la región San Martín, siendo a la fecha (abril del 2021) la región que encabeza el ranking de ejecución del PMI con un 26.9%, de forma oportuna y de primera, aportando más puestos de trabajo y encaminando al crecimiento económico.

La construcción tiene un sinnúmero de problemas comunes que parten de la deficiencia para generar documentos de diseño e ingeniería, incompatibilidades e interferencias que han generado cuantiosos daños económicos en los proyectos de inversión pública y privada, los avances tecnológicos se hacen notar como propuestas de solución, es cuestión de adoptar e implementar estas nuevas prácticas tecnológicas, para obtener mejores resultados y minimizar las pérdidas en lo posible.

La implementación de nuevas tecnologías para el diseño de la cobertura de techo, el uso de materiales de acero, cada vez más ligeros y que abarcan más terreno en el mercado industrial cumpliendo con las mismas condiciones técnicas, es un gran avance para la ingeniería, a su vez aporta en la prevención del medio ambiente por su forma de procedimiento de construcción sin causar interferencias en el lugar a construir, y a la vez reciclando los materiales de acero no utilizados.

Socialmente, teniendo en cuenta las altas temperaturas de radiación solar y las precipitaciones pluviales, el beneficio es para la población estudiantil, padres de familia y ciudadanos en general que concurra a dicho lugar, al mismo tiempo se desarrolló el proyecto con el objetivo de reducir posibles afecciones en el alumnado a causa de la exposición solar, el techado de losa contribuye al mejoramiento de la infraestructura de la institución brindando un espacio de uso múltiple más seguro y protegido.

Hoy en día, las entidades públicas o privadas exigen más competitividad, razón por la cual las capacitaciones y/o actualizaciones se vuelven más necesarias e indispensables, en este sentido, la implementación de nuevas prácticas y herramientas tecnológicas, la metodología BIM en sí son esenciales para facilitar el trabajo en conjunto de los interesados del proyecto.

Por otro lado, en Perú, mediante Resolución Ministerial N°242 – 2019- vivienda, de fecha 17 de julio del 2021, en el artículo 1 se aprobó los rasgos característicos adoptados para la utilización del BIM para los proyectos de construcción, con el objetivo de difundir y universalizar el programa tecnológico BIM, de esta manera realizar el trabajo colaborativo con la participación de los involucrados en el proyecto y optimizar el diseño. Esto generó la revolución en la industria de la construcción en lo que comprende la inversión pública de nuestro país, en la ciudad Lima 2019 se desarrolló el proyecto de la Videna de los Juegos Panamericanos y Para panamericanos Lima 2019, luego se realizó la construcción de la obra utilizando tecnología BIM, alcanzando una grandiosa culminación con los plazos designados, colocando al Perú en uno de los países emblemáticos por la implementación BIM en el campo de la construcción.

En la región San Martín, las entidades públicas como: el Gobierno Regional de San Martín, el Proyecto Especial Alto Mayo, y otras entidades públicas tienen que comprometerse a insertar la implementación BIM para proyectos de financiamiento público en edificaciones, infraestructura y otros. Por esta razón, el PEAM inicio con la implementación BIM para proyectos de financiamiento público, buscando mejoras

con el uso de nuevas prácticas tecnológicas, a su vez enfrentar nuevos retos y desafíos, con la ayuda de los profesionales que son partícipes de los proyectos, de esta manera seguir trabajando por el crecimiento del departamento de San Martín.

Muchos profesionales reconocen al BIM como una metodología eficaz para la planificación y control de los proyectos a través de sus visualizaciones, permite la modificación del diseño generando múltiples alternativas según las exigencias del proyecto, manteniendo la integridad de la información generando de manera rápida el plan de ejecución, asimismo, influye en las decisiones a tomar durante la vida útil del proyecto.

Los ingenieros civiles influyen en muchos aspectos de la sociedad, ya que está en constante crecimiento y el trabajo en el sector construcción es indispensable para un ingeniero civil, en sus diferentes especialidades, por ende, debe orientarse en la búsqueda de mejores gestiones de diseño de proyectos, aportando de manera favorable en su ambiente de trabajo.

Para el presente informe de suficiencia, aplicaremos la experiencia profesional adquirida en la ejecución de proyectos IOARR en las diferentes instituciones educativas y en la reformulación de expedientes técnicos de los mismos, para la cual debido a la modalidad de ejecución, la información alcanzada a los proveedores del servicio no fue suficiente para alcanzar las metas físicas plasmadas en el expediente técnico, por tal motivo, se planteó la propuesta de modelar la cobertura metálica en 3D para obtener vistas reales del diseño y a su vez facilitar la interpretación de las partes de los elementos estructurales que componen la cobertura, con el objetivo de alcanzar las metas propuestas, en tal sentido se dio la implementación BIM, (uso de la herramienta REVIT), acompañado con el seguimiento de los procesos administrativos y la observación in situ, posteriormente determinar las mejoras obtenidas con la implementación del software para estudios futuros.

### **3. Problema**

#### **3.1. Problema principal**

¿Cómo implementar BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019?

#### **3.2. Problemas específicos**

¿De qué manera la implementación BIM mejora la visión detallada del diseño para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019?

¿Cómo la implementación BIM mejora la productividad para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019?

¿Cómo la implementación BIM influye en la reducción de conflictos para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019?

#### 4. Conceptuación de las variables

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES IMPLEMENTACIÓN BIM PARA PROYECTOS DE COBERTURAS CON ESTRUCTURAS METÁLICAS EN EL PEAM – MOYOBAMBA, 2019

*Tabla 1: Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Escala de medición
V. 1. BIM	Es el software BIM (Building Information Modeling), un referente de software de arquitectura. Integra en una única plataforma funciones de diseños arquitectónicos e ingeniería estructural y MEP. BIM es una metodología de trabajo colaborativo orientada a la creación y dirección de proyectos de construcción y obras civiles. (EspacioBIM, 2015)	Universaliza la información de la obra en un modelo de información digital constituido por sus involucrados, con vistas paramétricas que dan una visión más real hacia el cliente.	Visión detallada del diseño  Mejora la productividad  Reducción de conflictos	Ordinal
V. 2. Cobertura	Es una estructura formada por partes diagonales unidas entre sí, que transmiten las cargas en los nodos hacia los pilares. Su forma parabólica consigue reducir la resistencia de carga de viento sobre la estructura. (Infante, 2013).	Resultado general sobre el modelo de los planos de diseño en 3D dimensiones que sirven de mejora de la productividad para la construcción de techos parabólicos de estructuras metálicas.	Mayor detalle en elementos prefabricados  Obtención de métricas	Ordinal

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **5. Objetivos**

### **5.1. Objetivo principal**

Determinar la implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.

### **5.2. Objetivos específicos**

Determinar de qué manera la implementación BIM mejora la visión detallada del diseño para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.

Determinar como la implementación BIM mejora la productividad para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.

Determinar como la implementación BIM influye en la reducción de conflictos para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.

## **II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION**

### **2.1. Tipo de estudio**

Ybañez (2018) menciona que el estudio es de tipo aplicada porque implementa nuevas ciencias aplicadas en la búsqueda de resultados favorables a los problemas y obtener resultados inmediatos en un plan de mejora en el estudio; en tal sentido, implementaremos BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas.

La investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo, porque recolecta información para el análisis de datos para dar respuesta a los problemas del presente informe mediante la implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.

### **2.2. Diseño de la Investigación**

El estudio en mención es de diseño cuasi experimental, en tal sentido de manera intencional analizará la manipulación entre variables, es decir, entre la implementación BIM (variable independiente) y proyectos de coberturas (variable dependiente) que guardan relación entre sí para obtener una relación causal y en consecuencia dar una solución o propuesta de mejora.

### **2.3. Método de Investigación**

El estudio se basa en el método científico, porque abarca una cantidad de procesos contiguos mediante técnicas que analicen la información, con el fin de aplicar nuevos conocimientos tecnológicos y garantizar que la implementación BIM alcance las soluciones adecuadas.

Ramos (2019) menciona que la investigación fue descriptiva – explicativo, ya que describimos los aspectos fundamentales de análisis recogiendo información de manera individual o conjunta, después explicamos la influencia de la Implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas. Por otro lado, es de corte longitudinal porque se desarrolló en un tiempo determinado que tiene inicio y un fin.

### **III. METODOLOGIA DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Análisis situacional**

##### **3.1.1. De la entidad**

El Proyecto Especial Alto Mayo - PEAM es una unidad ejecutora subordinada por el Gobierno Regional de San Martín que durante varios años ha logrado intervenir en proyectos que contemplan actividades de inversión para mejorar la infraestructura de los centros educativos que resulta de mucha importancia para el logro de la gestión por parte de los gobiernos locales que pertenecen al Alto Mayo, por ello los trabajos de financiamiento en el ámbito de acción que le compete a mejoramiento de infraestructura para dar un adecuado ambiente de desarrollo de las actividades a los escolares son de vital importancia, a ello el proyecto ha realizado varios estudios de mejoramiento de infraestructura de instituciones educativas.

Para la formulación de los proyectos se ha tenido en consideración el Expediente técnico, deductivos de obra, adicionales de obra, también se considera las Normas Técnicas de diseño contempladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas de Seguridad (Defensa Civil) y Normas de Accesibilidad, asimismo las modificaciones autorizadas por la Entidad y los aportes solicitados por el personal involucrado de las Instituciones Educativas beneficiarias.

Los criterios de diseño para definir el proyecto, se basan en la concepción de su funcionamiento, forma, estructura, áreas, ubicación y otros, que se han realizado estableciendo en niveles para densificar las áreas en forma vertical y permitir crear áreas libres adecuadas. Su Arquitectura será contemporánea en su concepción de espacios, funcionabilidad y acabados e instalaciones.

Dentro del crecimiento humano, la instrucción es un agente indispensable para alcanzar la expansión integrada de la persona y por consiguiente de los ciudadanos, por este motivo se considera los principios básicos de la política del sector Educación y los lineamientos generales para la década; se han elaborado varios estudios con el



propósito de mejorar el servicio educativo dentro de la jurisdicción del Alto Mayo en la región de San Martín, logrando de esta manera disminuir las brechas existentes y promoviendo la equidad de oportunidades en la educación urbana y rural, restableciendo la educación cívica y física para fortalecer la identidad nacional y promover el deporte desde la niñez en el área intervenida.

El PEAM se ubica en la Calle La Marginal N° 233 Sector Uchuglla – Moyobamba, en el distrito y provincia de Moyobamba, región de San Martín – Perú, con RUC: 20172237127.

#### **3.1.1.1.Base Legal**

PEAM (2017), el Proyecto Especial Alto Mayo fue fundado con D.S. N°. 031-81-PCM, siendo una entidad pública individual. En el año de 1990 obtuvo la condición de Programa Presupuestario, contando con personería jurídica e independencia económica, asimismo, contaba con independencia financiera, técnica y administrativa, según D.L. N°. 556 Art. 419.

En este contexto el PEAM ha ido realizando gestiones con la utilización múltiple de fondos del Tesoro Público, las Donaciones y el Crédito Externo, fundado hasta el 09 de setiembre del 2003, en políticas y lineamientos del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE); en correspondencia el D.S. N°. 024-2003-VIVIENDA y la Ley N°. 27902 instituyen el comienzo del procedimiento de traspaso a los Gobiernos Regionales considerando el marco del proceso impuesto por el Consejo Nacional de Descentralización, se dispone el traspaso de manera permanente al Gobierno Regional San Martín, permaneciendo como Unidad Ejecutora subordinada de este.

#### **3.1.1.2.Estructura Orgánica de la Entidad**

El PEAM al ser transferido como unidad ejecutora dependiente del GRSM adopta una nueva estructura orgánica que es dirigida, controlada y monitoreada por la misma, para realizar un trabajo en conjunto obteniendo mejores resultados en beneficio de la población sanmartinense; se muestra a continuación:



**Imagen 1:** Estructura Orgánica PEAM - GRSM

**Fuente:** Proyecto Especial Alto Mayo

### 3.1.1.3. Misión y Visión de la Entidad

Según el Plan Estratégico del Gobierno Regional de San Martín 2018 – 2020, esta entidad define al 2021 su misión y visión a continuación:

**Tabla 2:** Misión y Visión del GRSM - PEAM

<b>GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN - PEAM</b>	
<b>Misión</b>	<b>Visión</b>
<p>Promover el desarrollo integral y sostenible de la región San Martín de manera inclusiva, competitiva y solidaria; en el marco de la modernización, con enfoque territorial y gestión de cuenca.</p>	<p>Al 2021 somos modelo de región en bienestar social, competitividad y valoración de nuestros recursos naturales y diversidad biológica.</p>

**Fuente:** Plan Estratégico del Gobierno Regional de San Martín 2018 – 2020.

### **3.1.2. Resumen de la experiencia profesional**

El presente Informe de Suficiencia Profesional se basa en la experiencia laboral adquirida a partir del egreso de las aulas universitarias, por tal motivo en parte mi desarrollo profesional fue realizado en el PEAM en el último trimestre del año 2019 y el primer trimestre del año 2020, durante la ejecución y actualización de los expedientes técnicos aprobados de las IOARR, para la construcción de techos permanentes convertibles en las diferentes instituciones educativas del Alto Mayo.

Asimismo, mi persona en calidad de egresada, durante el último trimestre 2019 desarrollo actividades como asistente técnico de ingeniería en la ejecución de las IOARR autorizadas mediante Resolución Gerencial del Gobierno Regional de San Martín – PEAM, siendo estas cambiadas de modalidad de ejecución: por contrata a administración directa, motivo por el cual debido a los inconvenientes encontrados en la ejecución de los primeros proyectos nace la iniciativa de implementar BIM para actualizar y/o reformular los diseños que contemplan los expedientes técnicos siguientes para su aprobación y posterior ejecución.

Por consiguiente, se dio inicio a la implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas, con el apoyo del Ing. Joseph Miguel Pizarro Dávila quien laboraba en el área de Estudios de la Oficina de Presupuesto, Planificación, Estudios y Ordenamiento Territorial, teniendo total disponibilidad y voluntad de aportar sus conocimientos para aplicar la nueva tecnología y obtener resultados satisfactorios, en ese sentido, el jefe de OPPE y OT apoyo la iniciativa de aplicar esta tecnología BIM con los conocimientos adquiridos anteriormente (capacitación y actualización por sus propios medios), pero que no se ponían en práctica debido a que en ese entonces la entidad no contaba con el software Revit, una de las desventajas era que los equipos de cómputo no soportaban la instalación de software actualizados, además no se contaba con las licencias para el funcionamiento del programa. Aun así, seguimos adelante con la propuesta de implementación para que en un futuro a corto plazo se solicite la compra de dicha licencia incluyendo otros programas, ya que, debido a la aceptación y apoyo del entorno laboral otros

profesionales del gremio decidieron aplicar sus conocimientos y capacitarse de manera individual para unirse a la innovación tecnológica y posterior a los resultados de prueba, solicitaron se les permita la implementación del uso de otros softwares según sus ramas.

El PEAM durante los años 2017 al 2020 priorizo la construcción de 2 bloques de techos permanentes convertibles que contemplan 10 expedientes técnicos respectivamente; para el presente informe de suficiencia con la implementación BIM se tomó como base el modelamiento en 3D del techo parabólico de estructura metálica en la I.E. Atumplaya, distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín, que fue aprobado mediante acto resolutivo.

Asimismo, en los meses de octubre a diciembre del 2019 y enero a marzo del 2020 se ejecutaron 7 proyectos de techos permanentes convertibles, y se actualizaron y/o reformularon los 3 pendientes quedando a solicitud de aprobación mediante acto resolutivo para su posterior ejecución.

### **3.1.3. De la actualización y/o reformulación del Expediente Técnico de la Obra**

#### **3.1.3.1. Descripción de la Obra**

El proyecto surgió de la necesidad de techar el área de losa deportiva de la Institución Educativa N° 0497 en la Localidad Atumplaya, distrito y provincia de Moyobamba, departamento San Martín, teniendo en cuenta las altas temperaturas de radiación solar, y las precipitaciones pluviales que afecta el desempeño psicomotriz de la población estudiantil al momento de realizar sus actividades. Al mismo tiempo se desarrolló el proyecto con el objetivo de evitar posibles afecciones en el alumnado a causa de la exposición solar, el techado de losa contribuye al mejoramiento de la infraestructura del servicio educativo de la institución brindando un espacio de uso múltiple más seguro y protegido.

#### **Componentes de Infraestructura:**

Los componentes de infraestructura se muestran a continuación:

*Tabla 3: Resumen del Componente de Infraestructura*

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	OBRAS PRELIMINARES
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS
3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO
4	ESTRUCTURAS DE ACERO

**Fuente:** Elaboración Propia.

La finalidad del proyecto fue describir los trabajos requeridos para la construcción del techo liviano en la Institución Educativa N° 0497 en la Localidad Atumplaya, en el cual se construyó una cobertura parabólica de estructura metálica que cubra la losa deportiva existente.

**Obras Preliminares:** abarcan todas las actividades preliminares al inicio de la ejecución del proyecto necesarias para la adecuada ejecución de las partidas: Demoliciones y picados en concreto armado para anclajes de refuerzos, Trazo y Replanteo, etc.

**Movimiento de Tierras:** lo que corresponde a este componente son los trabajos relacionados a los trabajadores y herramientas para desarrollar las actividades de excavación, relleno y eliminación de material para las zapatas según sea requerido.

**Obras de Concreto:** en esta etapa los trabajos consistirán en la ejecución de las partidas de concreto armado. Las partidas de concreto armado consistirán en: Habilitado y colocado de armaduras de refuerzos, encofrados y vaciados de concreto en zapatas y losas. El concreto a emplear debe ser de buena calidad con  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y el acero corrugado de construcción será de Grado 60 y tendrá un esfuerzo de fluencia de  $Fy = 4280 \text{ Kg/cm}^2$  y el diseño efectuado sigue las pautas del R.N.E.

**Estructuras de acero:** estas estructuras metálicas a instalarse será un sistema aporticado de acero hecho con perfiles tubulares. Estos materiales han sido elaborados de acuerdo a las especificaciones del R.N.E. y las Normas ASTM que le competen, puesto que se utilizará acero ASTM A-36 de la mejor calidad.

### **3.1.3.2. Situación Problemática de la obra**

El problema principal para la construcción del techo metálico surgió en la ejecución del proyecto, cuando se encontraba en un avance físico de ejecución del 66.83%, donde se encontró que no se habían considerado partidas necesarias para brindar el servicio a cabalidad y la variación de costos de materiales y servicios por las demoras de los procedimientos administrativos que se hacen extenso y dificultan la ejecución del proyecto, trayendo consigo la necesidad de realizar la actualización y/o reformulación del expediente técnico implementando tecnología BIM para la modificación del modelo de diseño.

Asimismo, la ejecución de la obra contempla gastos financieros a evaluarse antes de seguir con el procedimiento administrativo, entre ellos se encontraban gastos por la ejecución de obras provisionales, movimiento de tierras (adicional de obra aprobado mediante acto resolutorio), gastos por la compra de materiales y gastos generales, estos gastos financieros se encontraban en diferentes fases, siendo gastos girados y gastos en la fase de devengados, estos modifican la situación de la obra para proseguir con la evaluación para concretizar la actualización y/o reformulación del expediente técnico, en consecuencia de toda la situación generada se indica los problemas ocasionados a continuación, los mismos que se dieron solución con la implementación BIM:

**Omisión de partidas y variación de costos de materiales y servicios:** en el expediente técnico inicial aprobado se encontraron falencias ya que no se consideró partidas indispensables para el cumplimiento de meta, las mismas que dieron lugar a la variación de costos de materiales y servicios necesarios e indispensables para la construcción del techo, estos fueron ocasionados debido que los proveedores fueron de la ciudad de Rioja y Moyobamba (local) y de la ciudad de Lima (nacional), los mismos que debido al tiempo extenso transcurrido para la ejecución de la obra

presentaron cotizaciones variables siendo un punto importante para la actualización y/o reformulación del expediente técnico.

**Generación de conflictos:** durante la ejecución de la obra hubo problemas con los proveedores de los servicios de confección de las partes de las estructuras metálicas, debido a la falta de visualización de detalles de los planos de diseño, los mismos que mostraban especificaciones de anclaje y dimensiones de las partes, pero no tenía una visualización en 3D (isometría), insumos no contemplados para la instalación y acondicionamiento; asimismo, en las especificaciones técnicas no daban mayor detalle, generando conflictos entre la contratista, la entidad y el proveedor, debido a la falta de una mejor visualización del diseño a confeccionar.

**Disminución de la Productividad:** se encontraron falencias en los componentes del expediente técnico inicial aprobado, ya que no se habían considerado partidas necesarias para el correcto funcionamiento del servicio, asimismo, para la instalación de las diferentes partidas de estructura metálica no se habían contemplado partidas de servicios, esto fue otro punto que dio origen a la reformulación del expediente técnico, que a su vez generó adicionales y deductivos vinculantes, dando como resultado el Expediente Técnico Reformulado, sin modificar el presupuesto total aprobado mediante acto resolutorio, las variaciones solo fueron hechas con el presupuesto asignado según meta presupuestaria afectando costos de materiales y servicios en las partidas según componentes.

Esto generó deficiencias en la productividad, ya que no se podía corregir errores de manera inmediata debido a que el diseño fue elaborado en AutoCAD y cualquier modificación generaba incremento de tiempo y costo, debido a la desventaja de no poder modificar el modelo unificado. Por otro lado, disminuyó la productividad en cuanto a confección de las partes metálicas, estas se paralizaron por motivo de modificación del modelo de diseño de la cobertura.

### **3.1.3.3. Alcance y limitaciones para la Implementación BIM**

En el presente informe de suficiencia se realizó la Implementación BIM en el modelado 3D del diseño para cobertura liviana de estructura metálica de la I.E N° 0497 en la Localidad Atumplaya, haciendo uso solamente del software REVIT en el dibujo y modelado del techo parabólico en mención, teniendo imposibilidad de usar otro software BIM para el diseño estructural, ya que este estudio se enfoca básicamente al dibujo, modelado y mejora del diseño antiguo existente.

Las soluciones de este estudio se presentan en tablas e imágenes, del cual se desarrolló un estudio de análisis comparativo de las variaciones encontradas en los diferentes componentes (partidas) del proyecto inicial con respecto al proyecto nuevo mejorado con el software BIM.

### **3.1.3.4. Dibujo del diseño de la cobertura en AutoCAD**

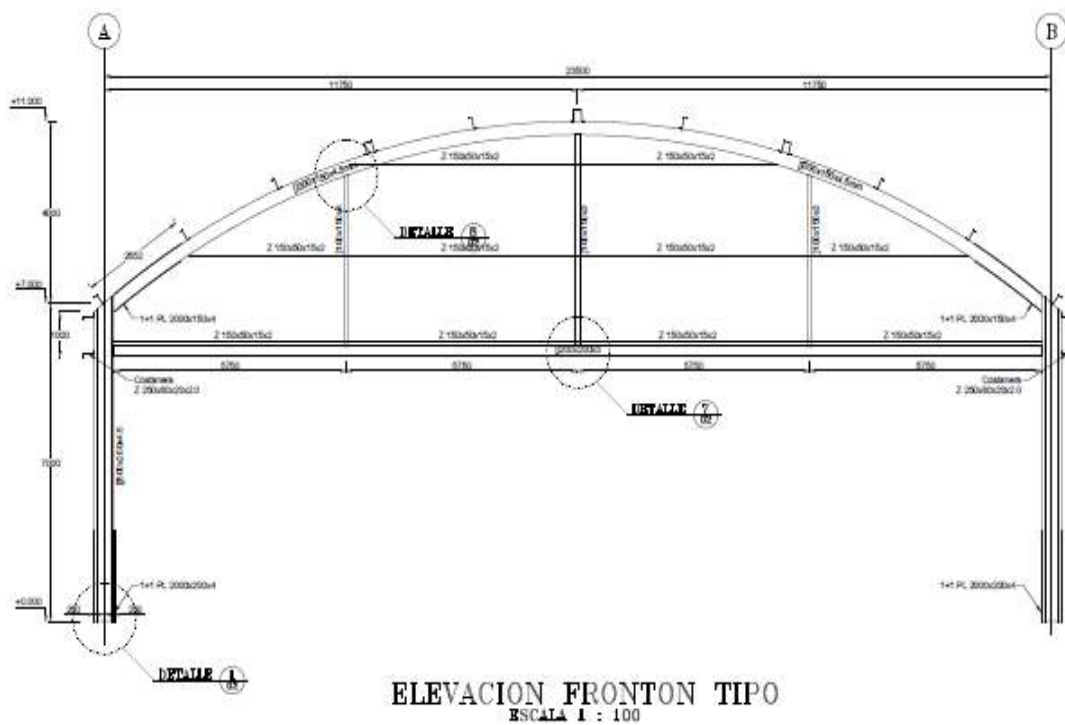
Para el dibujo del diseño de la cobertura en estudio del presente informe se tuvo como base la construcción del techo parabólico en la I.E N° 0497 en la Localidad Atumplaya, proyecto existente realizado por el PEAM, por el cual se encaminó a la mejora del diseño existente para adquirir nuevos resultados que sean favorables en cuanto a costo y calidad se refiere, a su vez estimar posibles beneficios.

El modelo inicial fue realizado en el software AutoCAD dibujado en 2D con detalles de modelo en 3D, que pueden ser modificados y editados manualmente y posteriormente obtener los planos de construcción o la composición de imágenes tridimensionales, es el más usado por los ingenieros y arquitectos de la entidad.

AutoCAD trabaja mediante un fundamento con información geométrica con las cuales el usuario consigue actuar por medio de un programa de gráfico, la colaboración del interesado se trabaja mediante Shell, de dibujo o edición, iniciando de la llamada de programación (comandos), a la cual el software obedece. Actualmente existen diferentes versiones, la más reciente facilita la automatización de procesos a través de la introducción de estas en una interfaz gráfica de usuario. A continuación, se muestran imágenes de los diseños generados en AutoCAD del proyecto inicial aprobado:



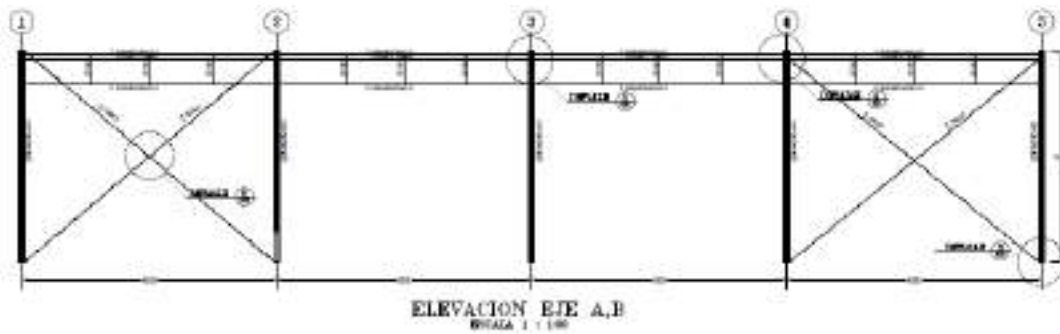
En la **Imagen 2** se observa la elevación frontal de la estructura metálica del techo parabólico conformado por columnas de acero, arcos tubulares, arriostres de columnas (horizontales), correas y arriostres de correas, conectores para la colocación e instalación de la cobertura curva aluzinc AZ 200 TR4 de 0.45 mm pre pintada.



**Imagen 2:** Elevación frontal de la estructura del techo parabólico.

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM

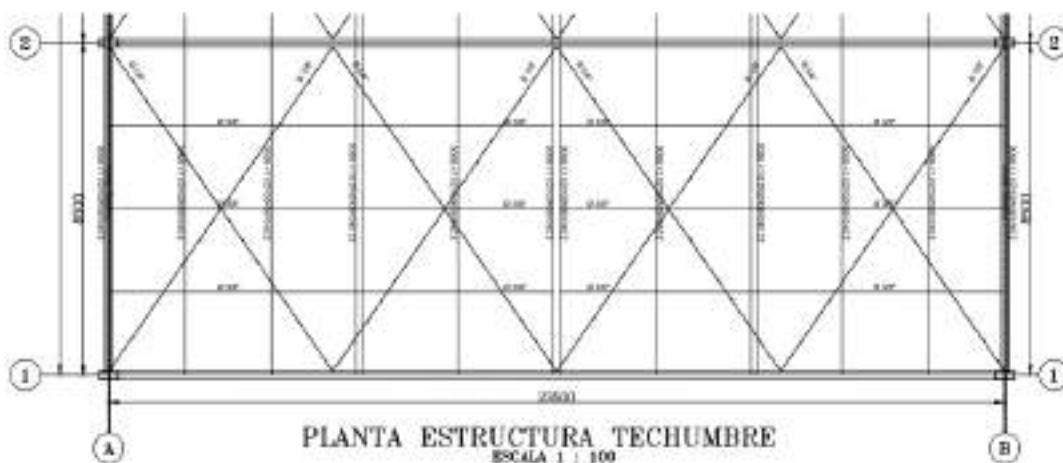
La **Imagen 3** muestra las columnas metálicas, en el eje A, B en elevación, con arriostres de columnas (aspas) que van entre los ejes 1-2 y 4-5, colocadas a lo largo de la estructura metálica, soldados en las columnas, formando una cercha, que son el soporte y fijación de las columnas en los dados de concreto (cimentación) para soportar el peso de las partes metálicas que conforman la cobertura del techo.



**Imagen 3:** Elevación de arriostres de columnas.

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

En la **Imagen 4** se observa el modelo estructural de la cobertura metálica con las correas, arriostres de correas, arriostres de arcos, tensores y conectores metálicos, el proveedor del servicio que realizó la confección de la estructura metálica no tenía buen criterio de interpretación y lectura de planos, dificultando su trabajo e incurriendo en penalidad en servicios anteriores contratados para construcción del techo parabólico.

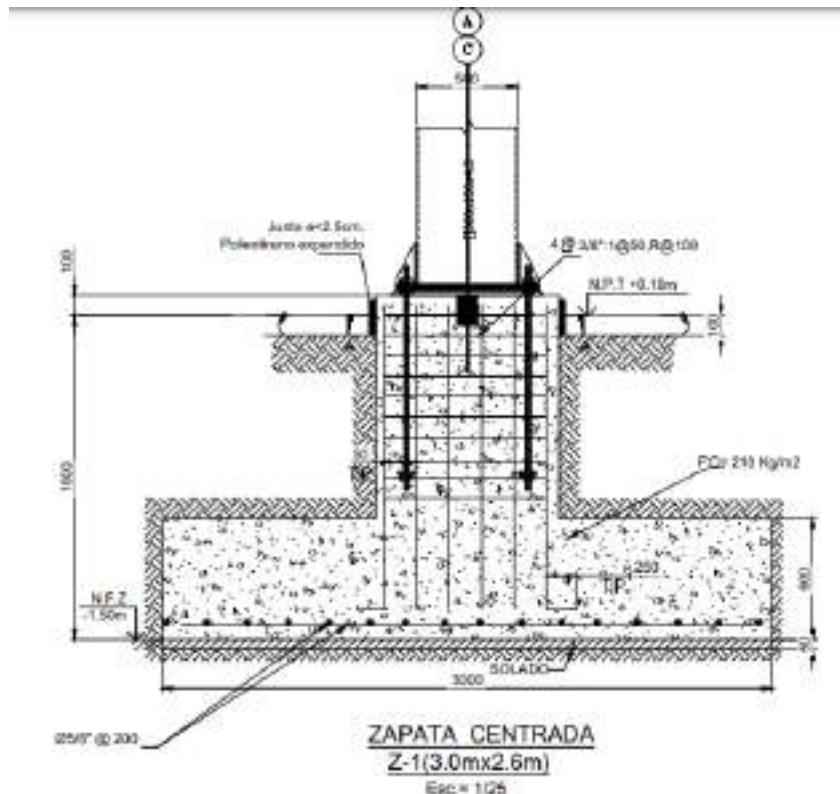


**Imagen 4:** Planta estructura techumbre.

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

La **Imagen 5** muestra el diseño de la cimentación y los detalles, siendo estos dados de concretos con pernos de anclaje confeccionados de varilla de acero roscado de 1" (en sus extremos, ver detalle) de diámetro de longitud de 1.20m, debiendo disponer de rosca continua en uno de los extremos en una longitud mínima de 0.20 m., embebidos

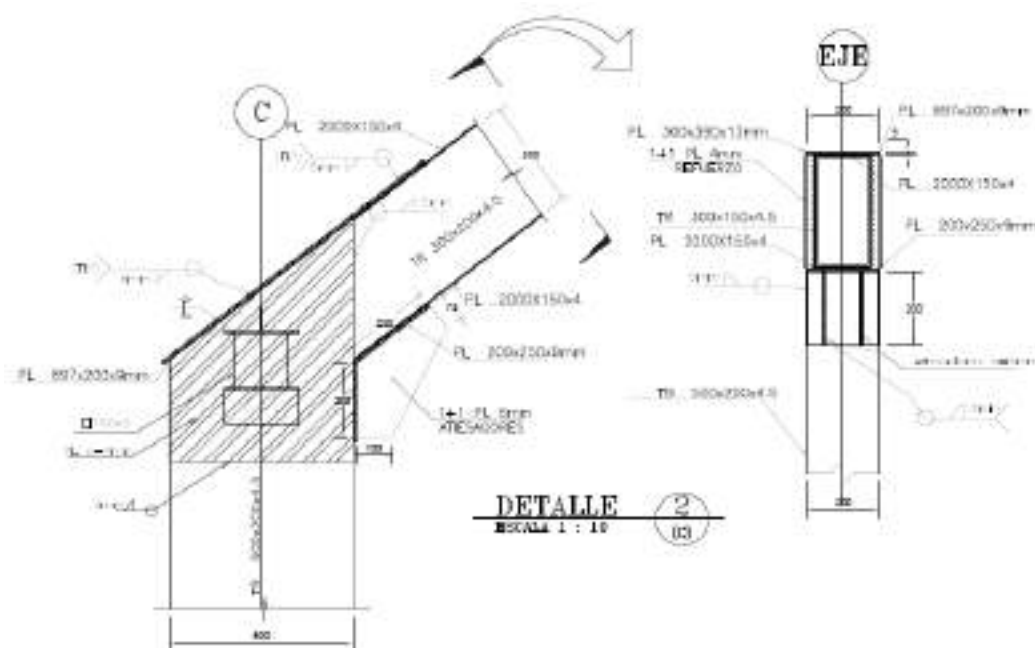
en el concreto para la instalación de las columnas de acero. La falencia encontrada que afectaba directamente el cálculo estructural fue el cruce entre los pernos de anclaje y los aceros del dado de concreto (acero longitudinal y estribos), estos chocaban entre sí, impidiendo la colocación de los pernos de acuerdo a las dimensiones que indicaba los planos.



**Imagen 5:** Zapata centrada.

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

En la **Imagen 6** se visualiza el detalle 2 que corresponde a la unión del inicio de arco y columna metálica, con soldadura y atiesadores (placas de acero para refuerzo) en la unión de ambos, con perfiles para soportar la fuerza de empuje por la carga de la estructura. La falencia que se encontró fue el ángulo de inclinación que no indicaba a detalle, este al momento de unir las partes confeccionadas en el taller no encajaban para la soldadura correspondiente, razón por la cual se tenía que corregir la parte metálica.

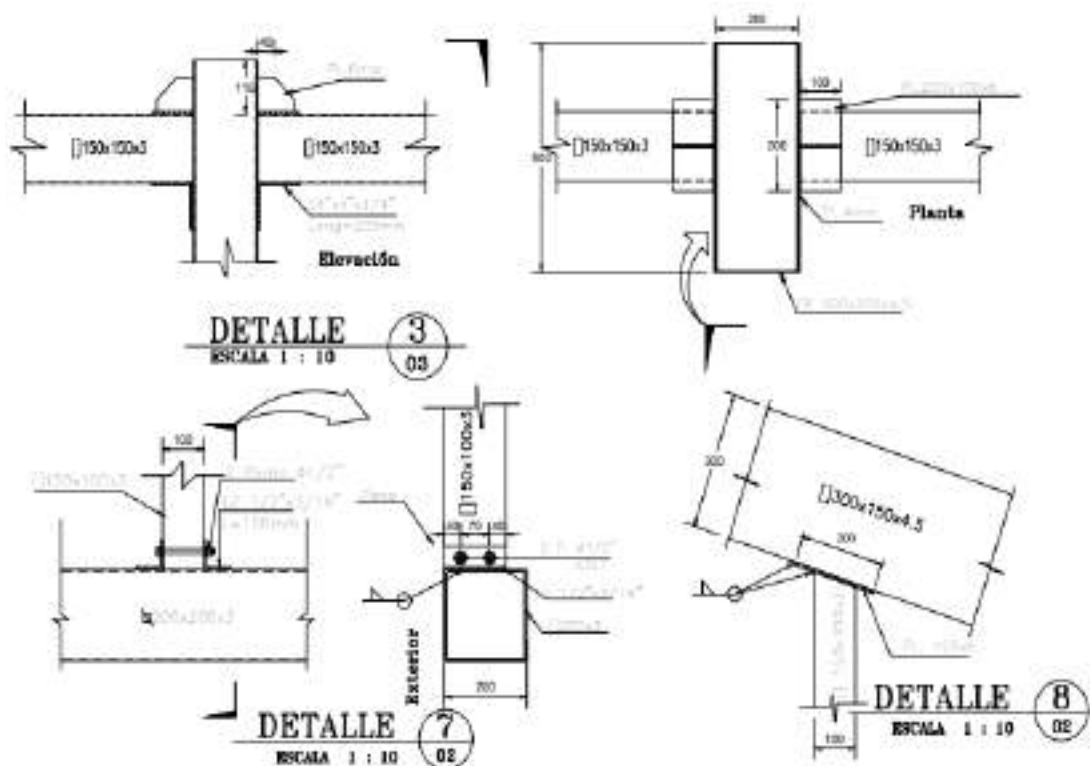


**Imagen 6:** Unión de inicio de arco y columna metálica.

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

La **Imagen 7** muestra los detalles en 2D de las uniones de las partes metálicas con puntos de soldadura reforzados con atiesadores y perfiles, que sirven de soporte y disminuyen la fuerza dinámicas y estáticas de los elementos contiguos; la unión en el detalle 8 no garantiza la seguridad para la colocación e instalación de cobertura debido a la inclinación de la barra y la montante, ya que solo se consideró una placa de acero soldada, en el detalle 7 se observa la unión de las barras verticales con el pendolón que cargan el peso de la estructura conectadas con placas soldados en forma de perfiles, estas a su vez son conectadas con 2 pernos que atraviesan al pendolón.

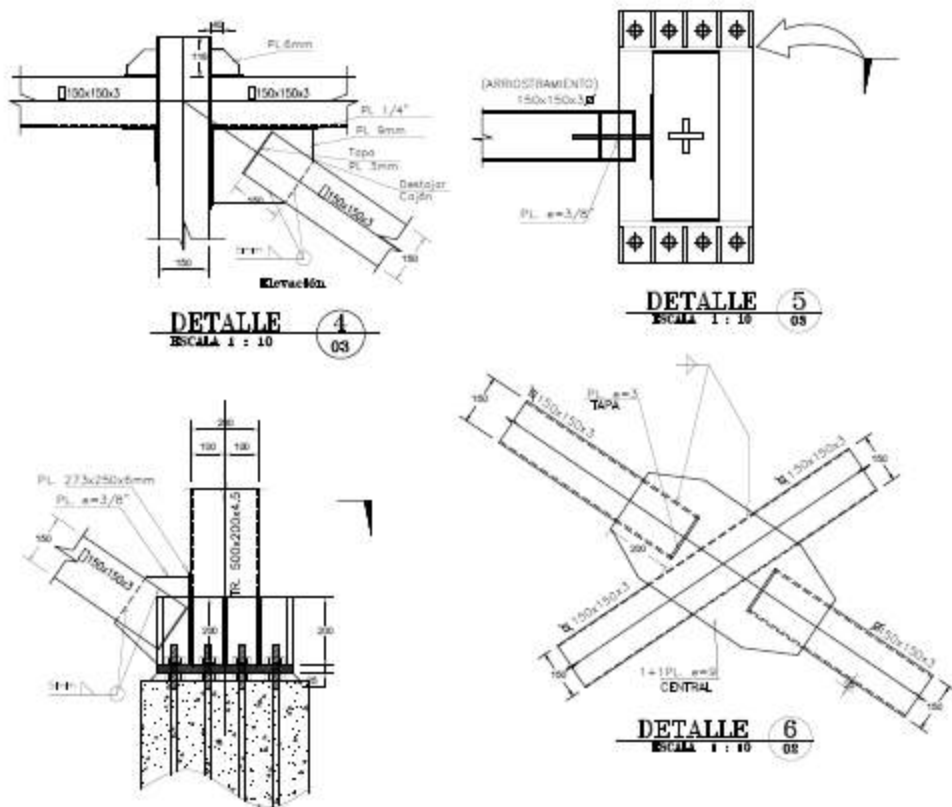
Por otro lado, el detalle 3 muestra las mismas falencias, además se observa una placa de acero con un atiesador ubicado de forma vertical, en la parte inferior se coloca 2 perfiles, mostrando una estética inadecuada generando conflicto entre especialidades y con falencias en el empalme de las uniones y conexiones.



*Imagen 7: Detalles en 2D de las uniones y anclajes con pernos.*

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

La **Imagen 8** muestra los detalles en 2D de las uniones, conexiones y anclajes mediante placas, pernos y juntas de soldadura afectando el diseño arquitectónico, debido a la cantidad de partes metálicas (elementos), la instalación y colocación de las partes metálicas se volvió tedioso y no muestra un empalme adecuado, además no garantiza un correcto funcionamiento, por las formas y tamaños que impiden la colocación correcta, estéticamente queda lejos de las expectativas, además las conexiones quedaran abruptamente resaltadas.



*Imagen 8: Detalles en 2D de las uniones y anclajes con soldadura.*

**Fuente:** Elaboración del Expediente Técnico – PEAM.

Todas las imágenes mostradas anteriormente son parte de los planos en 2D diseñados con AutoCAD, que conforman el expediente técnico inicial aprobado, de donde se obtienen los metrados, análisis de costos unitarios y estos a su vez generan la lista de insumos a utilizar en la construcción de la cobertura. Asimismo, para contratar los servicios de confección de las estructuras se tuvo que hacer una reñida selección de proveedores, ya que con la mala experiencia del primer servicio se cambió las bases siendo más exigentes con respecto a la ejecución de obras similares de estructuras metálicas y sobre todo que el contratista cuente con el personal necesario y capacitado para brindar el mencionado servicio.

El presente informe de suficiencia que describe el análisis situacional del proyecto, tiene como fin implementar el uso de la tecnología BIM mediante el software Revit en la reformulación del expediente técnico correspondiente al modelo de diseño de la obra

en ejecución del techo parabólico en estudio, a la vez dar otras alternativas de mejores vistas en 3D a detalles, procesos automatizados para obtener métricas y minimizar conflictos en las diferentes etapas del proyecto, esta iniciativa tuvo un gran respaldo por parte del área de Estudios de la Oficina de Presupuesto, Planificación, Estudios y Ordenamiento Territorial. Asimismo, los resultados obtenidos sirvieron para la reformulación de los expedientes técnicos pendientes realizados por el PEAM, que fueron 2 bloques de 10 techos parabólicos cada uno y a la vez para la formulación de estudios futuros que contemplen estructuras metálicas.

### 3.2. Alternativas de solución

#### 3.2.1. A los problemas identificados en la ejecución de la obra

La situación problemática identificada en la construcción del proyecto de Construcción de techo parabólico de estructura metálica en la Institución Educativa Atumplaya en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, región San Martín, que dio lugar a la reformulación del expediente técnico, para la cual se determinaron e implementaron las siguientes alternativas de solución para lograr concretar las metas y efectuar los objetivos de la ejecución del proyecto.

*Tabla 4: Alternativas de solución*

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN			
PROYECTO	PROBLEMÁTICA	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	SOLUCIÓN / RESULTADO
Construcción de techos permanentes convertibles en la I.E N°0497, en la localidad de Atumplaya, distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.	Modelo de diseño inicial aprobado con falencias.	Mejorar el modelo inicial aprobado con el software BIM-Revit.	Implementación BIM para el modelado de diseño de cobertura de estructura metálica para la reformulación del expediente técnico del proyecto.

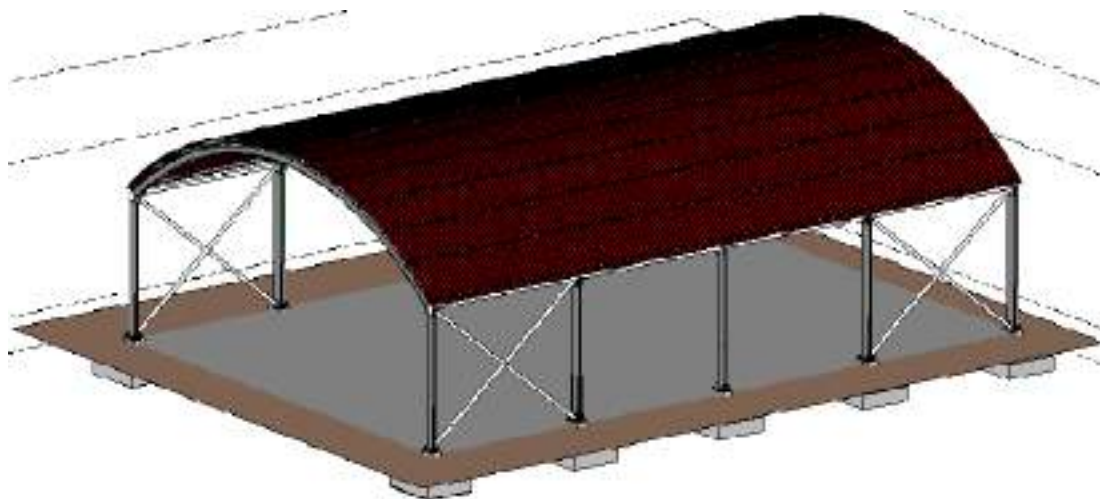
**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3. Desarrollo de la solución del problema

En el presente informe de suficiencia se desarrolla los resultados a las problemáticas encontradas en la ejecución de la obra, el cual es mejorar el modelo de diseño de la cobertura metálica que da origen a la Reformulación del Expediente Técnico, por tal motivo se da la Implementación BIM - Revit para el proyecto de cobertura con estructuras metálicas en la Institución Educativa N° 0497 en la Localidad Atumplaya, para luego ser aprobado y continuar con la ejecución de la obra. Asimismo, los problemas descritos son las consideraciones que se deben tener en cuenta, adquiriendo información necesaria e importante para reformular el expediente técnico y lograr las metas trazadas.

#### 3.3.1. Modelado 3D del Techo Parabólico con el Revit

Como producto del modelado de la estructura metálica en el software REVIT, se fabricó una figura lo más acertada a la realidad o renderizada en distintas vistas, incorporando imágenes 3D. Por añadidura y como resultado del software REVIT, se muestra una representación 3D que permite la visualización arquitectónica de la estructura de Ingeniería. Se mejoró la visualización expuesta de forma apartada, debido a que los alrededores al lugar del proyecto ya se encontraban construidos.

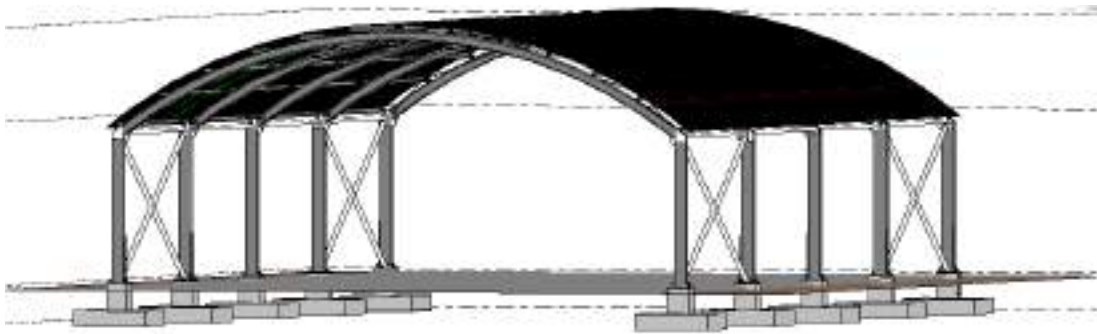


*Imagen 9: Vista en 3D de modelo de diseño mejorado.*

**Fuente:** Elaboración Propia.



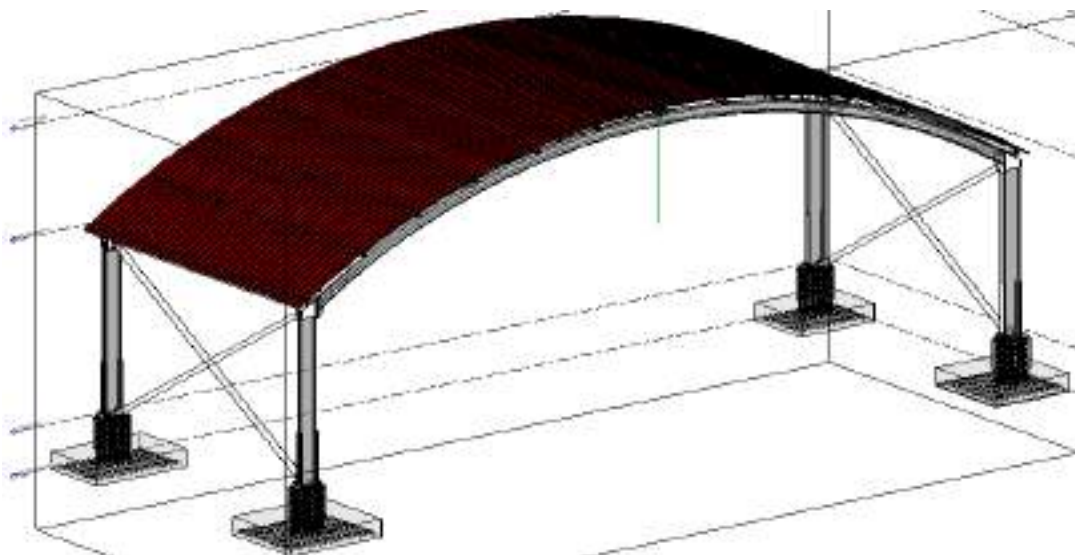
La **Imagen 10** muestra el modelo 3D del diseño de la cobertura mejorado terminada desde la cimentación hasta la colocación e instalación de cobertura, logrando visualizar de manera más real toda la estructura, con la ventaja de ser un modelo digital unificado que se puede realizar cambios sin generar re-trabajos.



**Imagen 10:** Vista en 3D de cobertura de estructura metálica.

**Fuente:** Elaboración Propia.

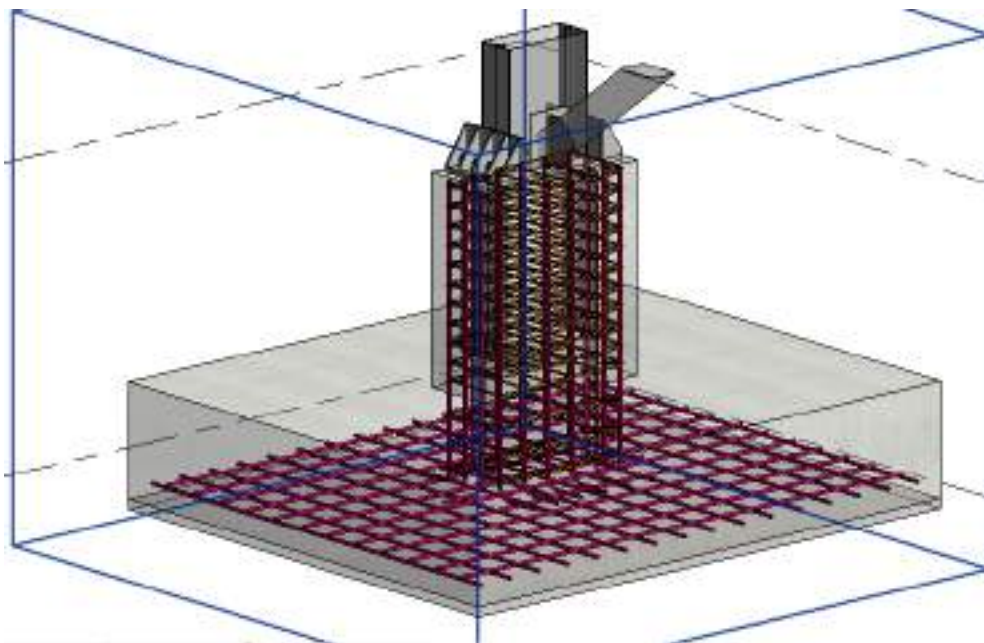
La **Imagen 11** muestra el modelo 3D de la sección 1 que se repite al otro extremo de la cobertura, formando una cercha, con columnas rectangulares de acero, anclado con perno recto de anclaje de  $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " (incluye tuercas y arandelas) en el dado de concreto, para soportar la carga de la estructura de la cobertura.



**Imagen 11:** Sección 01 de cobertura.

**Fuente:** Elaboración Propia.

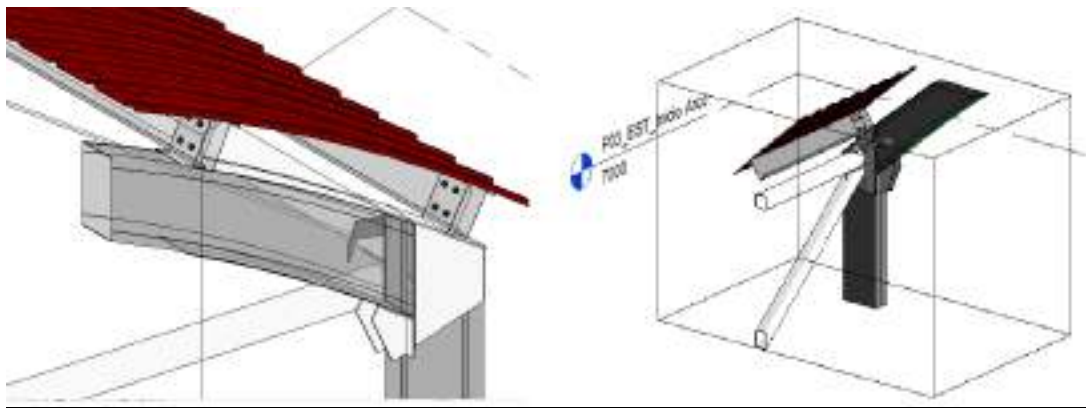
En la **Imagen 12** se muestra la zapata centrada con la distribución de acero y los pernos de anclaje embebidos en el concreto, los mismos que fueron reubicados para evitar el choque entre ambos materiales, logrando así cumplir con la distribución adecuada sin afectar el diseño estructural. Además, los anclajes de las aspas tienen una mejor vista estéticamente, estas son soldadas con placas de refuerzo de la misma forma. El software Revit permite modelar el acero en la cimentación, en este caso de estudio se muestra la distribución de acero en zapata.



**Imagen 12:** Zapata centrada

**Fuente:** Elaboración Propia.

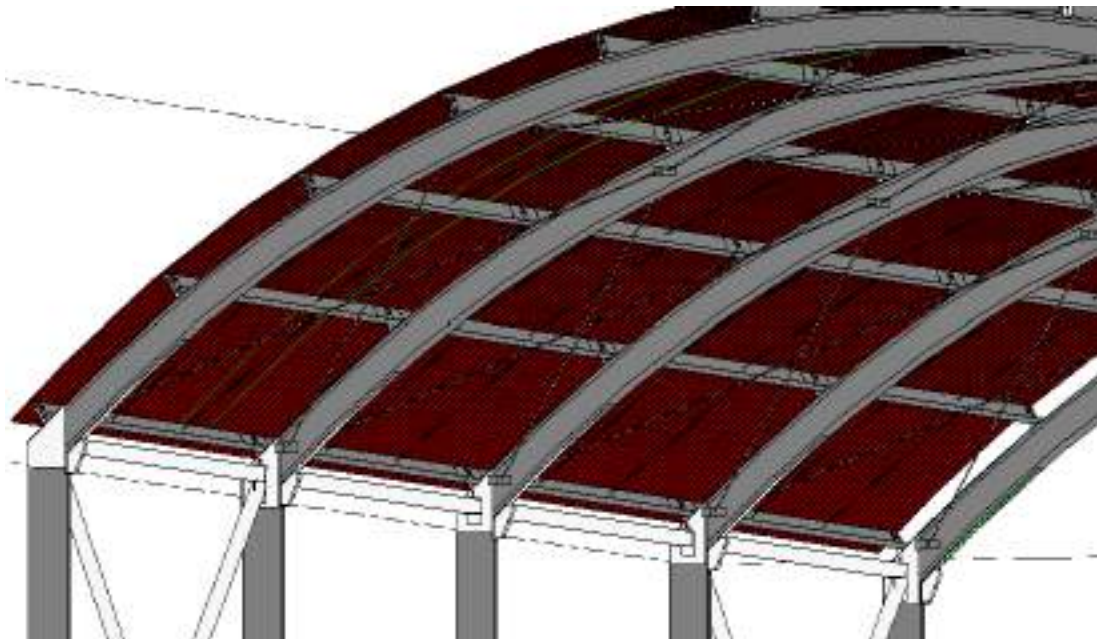
La **Imagen 13** muestra el inicio del arco conectado a la columna de acero mediante placas y juntas de soldadura, del cual también sale la costanera conectada con placas soldadas y fijadas con pernos para reforzar la estructura para la correcta colocación e instalación de la cobertura metálica. Las vistas en 3D son del punto de inicio y fin de las conexiones, tanto interno como externo.



**Imagen 13:** Vista en 3D de inicio de arco y conexiones.

**Fuente:** Elaboración Propia.

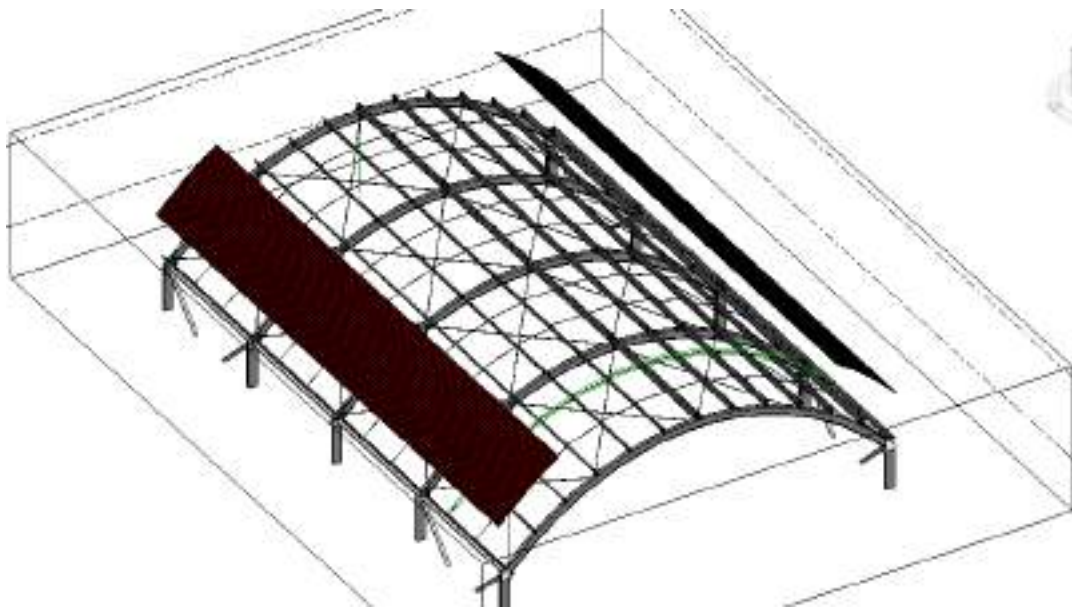
La **Imagen 14** muestra parte de la cobertura en 3D de estructura metálica, con todas las partes metálicas conectadas mediante juntas de soldadura y pernos de anclaje empalmados según la forma de conexión mejorando la vista estéticamente. Todas las partes metálicas consideradas responden al diseño estructural sin afectar la seguridad de la estructura.



**Imagen 14:** Cobertura en 3D de estructura metálica.

**Fuente:** Elaboración Propia.

La **Imagen 15** muestra la estructura metálica en forma parabólica conformada por las partes metálicas como la conexión de columnas metálicas con los arcos parabólicos, los arriostres metálicos y los perfiles zeta para luego colocar la cobertura curva de acero pre pintada con recubrimiento de aluzinc AZ200, E=0.45mm. Asimismo, se proyectó el suministro e instalación de canaleta semicircular de plancha galvanizada D=6", E=1/27", incluyendo montantes de PVC S-25 D=6", este último se añadió en el modelo de diseño mejorado con Revit.



**Imagen 15:** Estructura de cobertura metálica.

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### **Descripción del proyecto:**

El Proyecto ha sido concebido teniendo las consideraciones o parámetros siguientes:

- Las Metas deberán ser armónicas o cumplir con el Expediente técnico.
- El diseño es funcional, da prioridad a la interrelación de sus actividades y racionaliza sus espacios, para tener un área final adecuada.

Los Criterios de diseño para definir el proyecto, se basan en la concepción de su funcionamiento, forma, estructura, áreas, equipamiento, ubicación y otros, que se han realizado bajo las premisas siguientes:

- El Expediente técnico y las modificaciones aprobadas por la Entidad, determina como meta las actividades descritas en las líneas más adelante.

La I.E. N° 0497 ATUMPLAYA amerito su intervención considerando la construcción integral de su infraestructura para mejorar sus servicios con eficiencia, estableciéndose la intervención con la programación y áreas.

La construcción de techo permanente convertible comprende la instalación de una estructura metálica con techo de cobertura liviana de plancha curva de acero con recubrimiento de aluzinc E=0.45mm con un área techada proyectada de 800 m<sup>2</sup>, instalación de 10 zapatas y dados de concreto reforzado que servirán de base para las columnas metálicas de 200mm x 500mm emplazadas con vigas y arcos metálicos en forma de parabólica.

### **Metas Físicas**

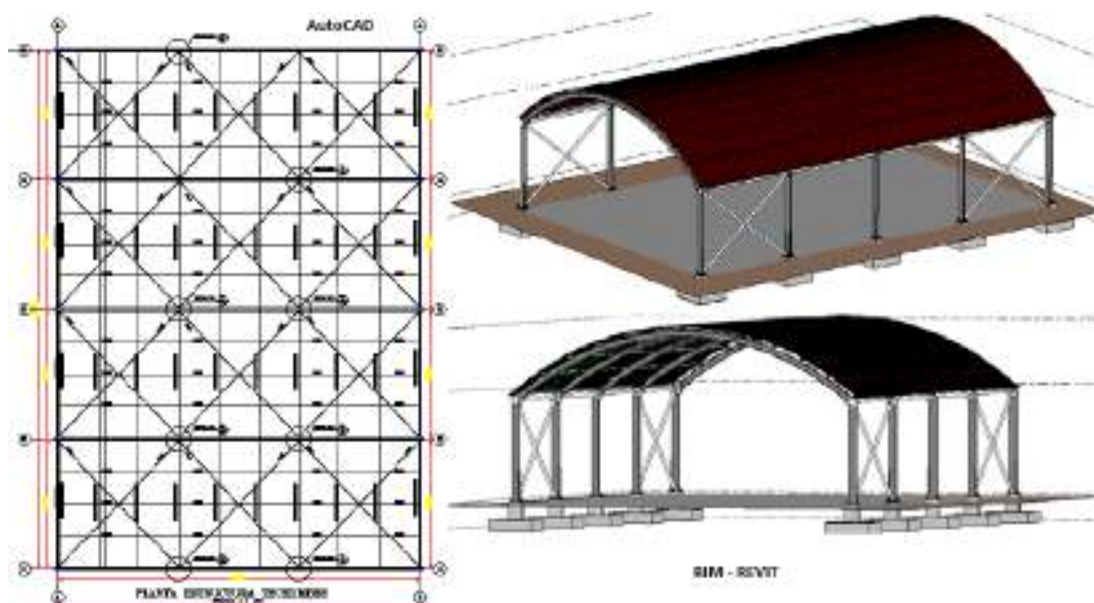
Las metas físicas desarrolladas en el expediente técnico son las siguientes:

- Demolición y reposición de la losa de concreto.
- Construcción de zapatas y dados de concreto para base de columnas metálicas.
- Confeción e montaje de columnas metálicas de 500mm x 200mm x 4.5mm x 7000mm.
- Confeción y montaje de arriostres metálicos con tubos cuadrados de 150mm x 3.00mm y de 100mm x 2.50mm.
- Confeción y montaje de arcos parabólicos metálicos de 400mm x 200mm x 4.50mm x 2.50mm.
- Confeción y montaje de perfil zeta de 240mm x 80mm x 20mm x 2mm.
- Suministro e instalación de cobertura curva de acero pre pintada con recubrimiento de aluzinc AZ200, E=0.45mm.

- Suministro e instalación de canaleta semicircular de plancha galvanizada D=6”, E=1/27”, incluye montantes de PVC S-25 D=6”.

### 3.3.2. Análisis de visión detallada del diseño

En el presente informe se detalló el modelo de diseño inicial realizado con el software AutoCAD, describiendo en cada uno las falencias encontradas, asimismo se realizó la descripción detallada del nuevo modelo de diseño mejorado realizado con implementación BIM – Revit, luego se realizará el análisis de los metrados del proyecto con ambas tecnologías para determinar la variabilidad de metrados por partidas según tecnologías usadas, de esta manera demostrar que la implementación BIM aporta en cuanto a la visión detallada del diseño se refiere, permitiendo así que los proyectos sean más productivos.



**Imagen 16:** Visión detallada del diseño.

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Imagen 16 se presenta el modelo de diseño inicial realizado en AutoCAD y el modelo de diseño realizado con Revit, gracias a los detalles que presentan cada tecnología, se analizará la información de cada uno para determinar la variabilidad de metrados y el costo del proyecto.

### 3.3.2.1. Análisis de los metrados del proyecto en estudio

Para el presente informe se tiene como base de datos los metrados y el presupuesto del proyecto en estudio, asimismo, gracias al software Revit y sus procesos automatizados se obtuvo la información de las tablas de planificación / cantidades para realizar el cálculo de metrados nuevos, los mismos que sirvieron para realizar el análisis de variabilidad de metrados; además, en el nuevo modelo de diseño mejorado se adiciono las partidas que fueron omitidas en el modelo inicial. A continuación, se presenta los metrados obtenidos de manera tradicional (existente) y los metrados calculadas con el software Revit (nuevos).

**Tabla 5: Hoja de metrados Tradicional – BIM / Revit.**

<b>HOJA DE METRADOS TRADICIONAL – BIM / Revit</b>				
<b>PRO YECTO:</b> CONSTRUCCIÓN DE COBERTURA METÁLICA EN LA I.E N° 0497 EN LA LOCALIDAD ATUMPLAYA, DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN.				
<b>ENTIDAD:</b> PRO YECTO ESPECIAL ALTO MAYO				
PARTIDAS DEL PRO YECTO			TECNOLOGÍAS	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	TRADICIONAL MET.	BIM MET.
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>			
01.01	TRAZOS Y REPLANTEO	m2	799.00	89.6
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
02.01	EXCAVACION MANUAL EN TIERRA SUELTA	m3	120.90	120.9
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	69.15	79.38
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	62.10	65.7
02.04	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO (H=0.15m)	m3	0	5.81
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>			
03.01	SOLADOS CONCRETO f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> h=2"	m2	3.90	78
03.02	CONCRETO PARA ZAPATAS y COLUMNA f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	51.75	51.75
03.03	ACERO fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1,649.20	1955.77
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m2	30.80	0
03.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE DADO	m2	0	30.8
03.06	LOSA CONCRETO 175 kg/cm <sup>2</sup> E=4", INCLUYE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	0	38.7
03.07	JUNTA DE DILATACION E=1" CON TEKNOPORT	m	0	70.25

<b>04</b>	<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>			
04.01	COLUMNAS DE ACERO			
04.01.01	COLUMNAS			
04.01.01.01	COLUMNAS RECTANGULARES DE ACERO 500 mm x 200 mm x 4.5 mm x 7000mm	u	10.00	10
04.01.01.02	PERNO RECTO DE ANCLAJE Ø=1", L=1.20m (incluye tuercas + arandelas)	u	0	80
04.01.02	ARCOS TUBULARES			
04.01.02.01	ARCO DE TUBOS RECTANGULARES DE 300 mm x 150 mm x 6000 mm x 4.5 mm	m	130.00	0
04.01.02.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN E INSTALACIÓN ARCOS PARABÓLICOS METÁLICOS	glb	0	1
04.01.03	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (HORIZONTALES)			
04.01.03.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	68.00	0
04.01.04	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (ASPAS)			
04.01.04.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	96.00	0
04.01.05	ARRIOSTRES DE COLUMNAS			
04.01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTALES Y ASPAS METÁLICAS (ARRIOSTRES DE COLUMNAS)	glb	0	1
04.02	COBERTURAS			
04.02.01	CORREAS			
04.02.01.01	CORREAS ZETA TELESCÓPICAS DE 240 mm x 80 mm x 2 mm x 6000 mm	m	396.00	0
04.02.01.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN Y MONTAJE DE PERFILES ZETA TELESCÓPICAS (CORREAS), ARRIOSTRES DE ARCOS PARABÓLICOS Y ARRIOSTRES DE CORREAS METÁLICAS	glb	0	1
04.02.02	ARRIOSTRES DE CORREAS			
04.02.02.01	FIERRO LISO DE 3/8"	m	288.00	0
04.02.03	ARRIOSTRES DE ARCOS			
04.02.03.01	FIERRO LISO DE 5/8"	m	384.00	0
04.02.04	COBERTURAS			
04.02.04.01	COBERTURA, CURVO TR4 COLOR NARANJA DE 0.45 MM (EN TECHO)	m <sup>2</sup>	884.00	0
04.02.04.02	CANALETAS DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6"	m	68.00	0
04.02.04.03	COBERTURA CURVA ALU ZINC AZ 200 TR4 DE 0.45mm PRE PINTADA	m <sup>2</sup>	0	897.75
04.02.04.04	CANALETAS DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6" e=1/27"	m	0	68
<b>05</b>	<b>REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS</b>			
05.01	TARRAJEO DE SUPERFICIES COLUMNAS (DADOS) INDEPENDIENTES	m <sup>2</sup>	0	10.1

Fuente: Elaboración Propia.



### 3.3.2.2. Cantidad de partidas adicionadas y variabilidad de metrados del Proyecto

El proyecto comprende de 4 componentes de infraestructura, del cual se tiene las partidas existentes del modelo de diseño inicial con el método tradicional, sin embargo, con la ayuda del software Revit se modelo el nuevo diseño mejorado, adicionando partidas nuevas para cumplir con las metas físicas del proyecto y posteriormente con las tablas de planificación/cantidades se pudo determinar los metrados nuevos calculados con la información actualizada para analizar la variabilidad de cantidades. Posteriormente, se muestra la hoja de metrados de partidas existentes y partidas nuevas del proyecto:

**Tabla 6:** Número de partidas adicionadas y variabilidad de metrados del Proyecto.

NUMERO DE PARTIDAS ADICIONADAS Y VARIABILIDAD DE METRADOS DEL PROYECTO						
PRO YECTO: CONSTRUCCIÓN DE COBERTURA METÁLICA EN LA I.E N° 0497 EN LA LOCALIDAD ATUMPLAYA, DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN.						
ENTIDAD: PRO YECTO ESPECIAL ALTO MAYO						
PARTIDAS DEL PRO YECTO			TECNOLOGÍAS		CANT. DE PART. CON VAR.	CANT. DE PART. ADIC.
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	TRAD. MET.	BIM MET.		
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					
01.01	TRAZOS Y REPLANTEO	m2	799.00	89.6	1	0
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
02.01	EXCAVACION MANUAL EN TIERRA SUELTA	m3	120.90	120.9	0	0
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	69.15	79.38	1	0
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	62.10	65.7	1	0
02.04	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO (H=0.15m)	m3	0	5.81	1	1
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
03.01	SOLADOS CONCRETO f'c=100kg/cm2 h=2"	m2	3.90	78	1	0
03.02	CONCRETO PARA ZAPATAS y COLUMNA f'c=210 kg/cm2	m3	51.75	51.75	0	0
03.03	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	kg	1,649.20	1955.77	1	0
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m2	30.80	0	1	1
03.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE DADO	m2	0	30.8	1	1
03.06	LOSA CONCRETO 175 kg/cm2 E=4", INCLUYE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	0	38.7	1	1
03.07	JUNTA DE DILATACION E=1" CON TEKNOPORT	m	0	70.25	1	1
<b>04</b>	<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>					

04.01	COLUMNAS DE ACERO					
04.01.01	COLUMNAS					
04.01.01.01	COLUMNAS RECTANGULARES DE ACERO 500 mm x 200 mm x 4.5 mm x 7000mm	u	10.00	10	0	0
04.01.01.02	PERNO RECTO DE ANCLAJE Ø=1", L=1.20m (incluye tuercas + arandelas)	u	0	80	1	1
04.01.02	ARCOS TUBULARES					
04.01.02.01	ARCO DE TUBOS RECTANGULARES DE 300 mm x 150 mm x 6000 mm x 4.5 mm	m	130.00	0	1	0
04.01.02.02	SUMINISTRO, CONFECCION E INSTALACION ARCOS PARABÓLICOS METÁLICOS	glb	0	1	1	1
04.01.03	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (HORIZONTALES)					
04.01.03.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	68.00	0	1	0
04.01.04	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (ASPAS)					
04.01.04.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	96.00	0	1	0
04.01.05	ARRIOSTRES DE COLUMNAS					
04.01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE PUNTALES Y ASPAS METÁLICAS (ARRIOSTRES DE COLUMNAS)	glb	0	1	1	1
04.02	COBERTURAS					
04.02.01	CORREAS					
04.02.01.01	CORREAS ZETA TELESCÓPICAS DE 240 mm x 80 mm x 2 mm x 6000 mm	m	396.00	0	1	0
04.02.01.02	SUMINISTRO, CONFECCION Y MONTAJE DE PERFILES ZETA TELESCÓPICAS (CORREAS), ARRIOSTRES DE ARCOS PARABÓLICOS Y ARRIOSTRES DE CORREAS METÁLICAS	glb	0	1	1	1
04.02.02	ARRIOSTRES DE CORREAS					
04.02.02.01	FIERRO LISO DE 3/8"	m	288.00	0	1	0
04.02.03	ARRIOSTRES DE ARCOS					
04.02.03.01	FIERRO LISO DE 5/8"	m	384.00	0	1	0
04.02.04	COBERTURAS					
04.02.04.01	COBERTURA, CURVO TR4 COLOR NARANJA DE 0.45 MM (EN TECHO)	m2	884.00	0	1	0
04.02.04.02	CANAleta DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6"	m	68.00	0	1	0
04.02.04.03	COBERTURA CURVA ALUZINC AZ 200 TR4 DE 0.45mm PREPINTADA	m2	0	897.75	1	1
04.02.04.04	CANAleta DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6" e=1/27"	m	0	68	1	1
05	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS					
05.01	TARRAJEO DE SUPERFICIES COLUMNAS (DADOS) INDEPENDIENTES	m2	0	10.1	1	1

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se realizó cuadros de resumen para facilitar la interpretación de resultados de la hoja de metrados para determinar la cantidad de partidas nuevas del proyecto en relación a las partidas existentes según las tecnologías empleadas, también se

determinará la cantidad de partidas con variabilidad y partidas sin variabilidad de metrados; seguidamente se demuestra:

**Tabla 7:** Cuadro resumen del número de partidas adicionadas del Proyecto.

<b>PARTIDAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>N° DE PARTIDAS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Total de Partidas con el método tradicional	Und	17	100%
Total de Partidas con BIM - Revit	Und	28	164.71%
Total de diferencia de partidas	Und	11	64.71%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 7, se presenta el cuadro resumen del número de partidas nuevas del proyecto, donde el total de partidas existentes es 17 que equivale al 100% del modelo de diseño inicial aprobado, el 64.71% corresponde a 11 partidas nuevas adicionadas al modelo de diseño mejorado, tendiendo un total de 28 partidas que equivalen a 164.71% que sería la totalidad del proyecto reformulado.

**Tabla 8:** Cuadro resumen de partidas con variabilidad del Proyecto.

<b>PARTIDAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>N° DE PARTIDAS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Total de Partidas	und	28	100%
Total de partidas con variabilidad	und	25	89.29%
Total de partidas sin variabilidad	und	3	10.71%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 8, se presenta el cuadro resumen de partidas con variabilidad de metrados, donde el total de partidas del proyecto es 28 que equivale al 100%, el 89.29% de ellas tienen variabilidad en sus metrados, mientras que el 10.71% de las partidas no presenta variabilidad en los metrados.

### 3.3.2.3. Análisis del Costo del Proyecto

Continuando con el análisis del proyecto en estudio, se tomó como dato el presupuesto inicial del proyecto aprobado y con la implementación BIM- Revit y las tablas de planificación/cantidades, se determinó el presupuesto actualizado del proyecto reformulado mediante cálculo del producto de los metrados actuales y el análisis de precios unitarios considerados en el presupuesto inicial y añadiendo los precios unitarios de las partidas nuevas. En adelante, se expone el presupuesto inicial del proyecto:

*Tabla 9: Presupuesto Inicial del Proyecto.*

<b><u>PRESUPUESTO INICIAL</u></b>					
<b><u>OBRA:</u></b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE COBERTURA METÁLICA EN LA I.E. N° 0497 EN LA LOCALIDAD ATUMPLAYA, DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN.</b>				
<b><u>ENTIDAD:</u></b>	<b>PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO</b>				
<b><u>UBICACIÓN</u></b>	<b>ATUMPLAYA - MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTÍN</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>MEIRADO</b>	<b>PRECIO (S/)</b>	<b>PARCIAL (S/)</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>767.04</b>
01.01	TRAZOS Y REPLANTEO	m2	799.00	0.96	767.04
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>7,530.38</b>
02.01	EXCAVACION MANUAL EN TIERRA SUELTA	m3	120.90	34.64	4,187.98
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	69.15	29.71	2,054.45
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	62.10	20.74	1,287.95
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				<b>36,285.57</b>
03.01	SOLADOS CONCRETO $f_c=100\text{ kg/cm}^2$ $h=2''$	m2	3.90	25.09	97.85
03.02	CONCRETO PARA ZAPATAS y COLUMNA $f_c=210\text{ kg/cm}^2$	m3	51.75	494.66	25,598.66
03.03	ACERO $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ GRADO 60	kg	1,649.20	5.52	9,103.58
03.04	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE COLUMNA	m2	30.80	48.23	1,485.48
<b>04</b>	<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>				<b>108,275.82</b>
04.01	COLUMNAS DE ACERO				54,919.06
04.01.01	COLUMNAS				23,658.90
04.01.01.01	COLUMNAS RECTANGULARES DE ACERO 500 mm x 200 mm x 4.5 mm x 7000 mm	u	10.00	2,365.89	23,658.90

04.01.02	ARCOS TUBULARES				20,774.00
04.01.02.01	ARCO DE TUBOS RECTANGULARES DE 300 mm x 150 mm x 6000 mm x 4.5 mm	m	130.00	159.80	20,774.00
04.01.03	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (HORIZONTALES)				4,347.92
04.01.03.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	68.00	63.94	4,347.92
04.01.04	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (ASPAS)				6,138.24
04.01.04.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	96.00	63.94	6,138.24
04.02	COBERTURAS				53,356.76
04.02.01	CORREAS				13,935.24
04.02.01.01	CORREAS ZETA TELESCOPICAS DE 240 mm x 80 mm x 2 mm x 6000 mm	m	396.00	35.19	13,935.24
04.02.02	ARRIOSTRES DE CORREAS				1,788.48
04.02.02.01	FIERRO LISO DE 3/8"	m	288.00	6.21	1,788.48
04.02.03	ARRIOSTRES DE ARCOS				2,538.24
04.02.03.01	FIERRO LISO DE 5/8"	m	384.00	6.61	2,538.24
04.02.04	COBERTURAS				35,094.80
04.02.04.01	COBERTURA, CURVO TR4 COLOR NARANJA DE 0.45 MM (EN TECHO)	m2	884.00	37.46	33,114.64
04.02.04.02	CANALETAS DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6"	m	68.00	29.12	1,980.16

<b>COSTO DIRECTO (C.D.)</b>			<b>152,858.81</b>
GASTOS GENERALES	10.00% (C.D.)		15,285.88
UTILIDAD	10.00% (C.D.)		15,285.88
<b>SUB TOTAL (S.T.)</b>			<b>183,430.57</b>
I.G.V.	18.00% (S.T.)		33,017.50
<b>VALOR REFERENCIAL (V.R.)</b>			<b>216,448.07</b>
SUPERVISIÓN	10.00% (C.D.)		15,285.88
EXPEDIENTE TÉCNICO	10.00% (C.D.)		15,285.88
<b>TOTAL DE INVERSIÓN (S/)</b>			<b>247,019.83</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

Para una mejor interpretación de la base de datos presupuestales que se tiene en el presupuesto inicial del proyecto viable, se realizó un cuadro resumen presupuestal inicial separado según datos del costo directo y costo indirecto. A continuación, se presentan:

**Tabla 10:** Cuadro resumen presupuestal inicial.

COSTO	TOTAL S/.	MODALIDAD
COSTO DIRECTO	152,858.81	
COSTO INDIRECTO	94,161.02	EJECUCIÓN POR CONTRATA
COSTO TOTAL	247,019.83	

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por otro lado, tenemos los datos presupuestales obtenidos mediante los cálculos del BIM - Revit, presentados a continuación:

**Tabla 11:** Presupuesto Reformulado del Proyecto.

<b>PRESUPUESTO REFORMULADO BIM - REVIT</b>					
<b>OBRA:</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE COBERTURA METÁLICA EN LA LE N° 0497 EN LA LOCALIDAD ATUMPLAYA, DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN.</b>				
<b>ENTIDAD:</b>	<b>PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	<b>ATUMPLAYA - MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SANMARTÍN</b>				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	MEIRADO	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>83.33</b>
01.01	TRAZOS Y REPLANTEO	m2	89.60	0.93	83.33
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>8,541.22</b>
02.01	EXCAVACION MANUAL EN TIERRA SUELTA	m3	120.90	34.64	4,187.98
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	79.38	29.71	2,358.38
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	65.70	20.74	1,362.62
02.04	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO (H=0.15m)	m3	5.81	108.82	632.24
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				<b>43,917.45</b>
03.01	SOLADOS CONCRETO f'c=100 kg/cm2 h=2"	m2	78.00	25.09	1,957.02
03.02	CONCRETO PARA ZAPATAS y COLUMNA f'c=210 kg/cm2	m3	51.75	494.66	25,598.66
03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,955.77	5.52	10,795.85
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m2	-	47.68	-
03.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE DADO	m2	30.80	83.80	2,581.04
03.06	LOSA CONCRETO 175 kg/cm2 E=4", INCLUYE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	38.70	67.78	2,623.09

03.07	JUNTA DE DILATACION E=1" CON TEKNOPORT	m	70.25	5.15	361.79
<b>04</b>	<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>				<b>164,818.68</b>
04.01	COLUMNAS DE ACERO				79,167.90
04.01.01	COLUMNAS				28,022.90
04.01.01.01	COLUMNAS RECTANGULARES DE ACERO 500 mm x 200 mm x 4.5 mm x 7000mm	u	10.00	2,365.89	23,658.90
04.01.01.02	PERNO RECTO DE ANCLAJE Ø=1", L=1.20m (incluye tuercas + arandelas)	u	80.00	54.55	4,364.00
04.01.02	ARCOS TUBULARES				24,675.00
04.01.02.01	ARCO DE TUBOS RECTANGULARES DE 300 mm x 150 mm x 6000 mm x 4.5 mm	m	-	159.80	-
04.01.02.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN E INSTALACIÓN DE ARCOS PARABÓLICOS METÁLICOS	glb	1.00	24,675.00	24,675.00
04.01.03	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (HORIZONTALES)				-
04.01.03.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	-	63.94	-
04.01.04	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (ASPAS)				-
04.01.04.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	-	63.94	-
04.01.05	ARRIOSTRES DE COLUMNAS				26,470.00
04.01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTALES Y ASPAS METÁLICAS (ARRIOSTRES DE COLUMNAS)	glb	1.00	26,470.00	26,470.00
04.02	COBERTURAS				85,650.78
04.02.01	CORREAS				32,101.20
04.02.01.01	CORREAS ZETA TELESCÓPICAS DE 240 mm x 80 mm x 2 mm x 6000 mm	m	-	35.19	-
04.02.01.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN Y MONTAJE DE PERFILES ZETA TELESCÓPICAS (CORREAS), ARRIOSTRES DE ARCOS PARABÓLICOS Y ARRIOSTRES DE CORREAS METÁLICAS	glb	1.00	32,101.20	32,101.20
04.02.02	ARRIOSTRES DE CORREAS				-
04.02.02.01	FIERRO LISO DE 3/8"	m	-	6.21	-
04.02.03	ARRIOSTRES DE ARCOS				-
04.02.03.01	FIERRO LISO DE 5/8"	m	-	6.61	-
04.02.04	COBERTURAS				53,549.58
04.02.04.01	COBERTURA, CURVO TR4 COLOR NARANJA DE 0.45 MM (EN TECHO)	m2	-	37.46	-
04.02.04.02	CANALETAS DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6"	m	-	29.12	-
04.02.04.03	COBERTURA CURVA ALUZINC AZ 200 TR4 DE 0.45mm PREPINTADA	m2	897.75	56.10	50,363.78
04.02.04.04	CANALETAS DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6" e=1/27"	m	68.00	46.85	3,185.80
<b>05</b>	<b>REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS</b>				<b>418.44</b>
05.01	TARRAJEO DE SUPERFICIES COLUMNAS (DADOS) INDEPENDIENTES	m2	10.10	41.43	418.44

<b>COSTO DIRECTO (C.D.)</b>		<b>217,779.12</b>
GASTOS GENERALES	7.0189833% (C.D.)	15,285.88
<b>COSTO TOTAL DE OBRA (C.T.)</b>		<b>233,065.00</b>
INSPECCIÓN DE OBRA	2.5744% (C.T.)	6,000.00
LIQUIDACIÓN DE OBRA	3.0035% (C.T.)	7,000.00
EXPEDIENTE TÉCNICO	0.4097% (C.T.)	954.83
<b>TOTAL DE INVERSIÓN (S/)</b>		<b>247,019.83</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

Asimismo, para interpretar los datos presupuestales obtenidos mediante BIM – Revit, se realizó un cuadro resumen presupuestal reformulado separado según datos del costo directo y costo indirecto. A continuación, se presentan:

**Tabla 12:** Cuadro resumen presupuestal reformulado.

<b>COSTO</b>	<b>TOTAL S/.</b>	<b>MODALIDAD</b>
COSTO DIRECTO	217,779.12	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DIRECTA
COSTO INDIRECTO	29,240.71	
COSTO TOTAL	247,019.83	

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3.2.4. Análisis comparativo del Costo del Proyecto

Por consiguiente, se realizó un análisis comparativo del presupuesto inicial obtenido mediante tecnología tradicional con el presupuesto reformulado obtenido con tecnología BIM – Revit, para luego calcular la variación presupuestaria entre ambas tecnologías, teniendo en cuenta que se modificaron e incluyeron metas físicas, por lo tanto, se generaron partidas nuevas, asimismo, debido a la variación del costo directo en la fase de inversión y en base al estudio de posibilidades que ofrece el mercado (local, regional y nacional) elaborado por la Oficina de Abastecimiento del PEAM), se dio la actualización de costos; sin embargo las modificaciones efectuadas no cambian el objetivo del proyecto ni el presupuesto. A continuación, se presenta el cuadro comparativo presupuestario:



**Tabla 13: Cuadro comparativo presupuestario del Proyecto.**

CUADRO COMPARATIVO PRESUPUESTARIO								
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	PRESUPUESTO INICIAL			PRESUPUESTO NUEVO		
			MEIRADO	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	MEIRADO	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>767.04</b>			<b>83.33</b>
01.01	TRAZOS Y REPLANTEO	m2	799.00	0.96	767.04	89.60	0.93	83.33
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>7,530.38</b>			<b>8,541.22</b>
02.01	EXCAVACION MANUAL EN TIERRA SUELTA	m3	120.90	34.64	4,187.98	120.90	34.64	4,187.98
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	69.15	29.71	2,054.45	79.38	29.71	2,358.38
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	62.10	20.74	1,287.95	65.70	20.74	1,362.62
02.04	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO (H=0.15m)	m3	-	-	-	5.81	108.82	632.24
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				<b>36,285.57</b>			<b>43,917.45</b>
03.01	SOLADOS CONCRETO f'c=100 kg/cm2 h=2"	m2	3.90	25.09	97.85	78.00	25.09	1,957.02
03.02	CONCRETO PARA ZAPATAS y COLUMNA f'c=210 kg/cm2	m3	51.75	494.66	25,598.66	51.75	494.66	25,598.66
03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,649.20	5.52	9,103.58	1,955.77	5.52	10,795.85
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m2	30.80	48.23	1,485.48	-	-	-
03.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE DADO	m2	-	-	-	30.80	83.80	2,581.04
03.06	LOSA CONCRETO 175 kg/cm2 E=4", INCLUYE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	-	-	-	38.70	67.78	2,623.09
03.07	JUNTA DE DILATACION E=1" CON TEKNOPORT	m	-	-	-	70.25	5.15	361.79
<b>04</b>	<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>				<b>108,275.82</b>			<b>164,818.68</b>
04.01	COLUMNAS DE ACERO				54,919.06			79,167.90

04.01.01	COLUMNAS				23,658.90			28,022.90
04.01.01.01	COLUMNAS RECTANGULARES DE ACERO 500 mm x 200 mm x 4.5 mm x 7000mm	u	10.00	2,365.89	23,658.90	10.00	2,365.89	23,658.90
04.01.01.02	PERNO RECTO DE ANCLAJE Ø=1", L=1.20m (incluye tuercas + arandelas)	u	-	-	-	80.00	54.55	4,364.00
04.01.02	ARCOS TUBULARES				20,774.00			24,675.00
04.01.02.01	ARCO DE TUBOS RECTANGULARES DE 300 mm x 150 mm x 6000 mm x 4.5 mm	m	130.00	159.80	20,774.00	-	-	-
04.01.02.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN E INSTALACIÓN ARCOS PARABÓLICOS METÁLICOS	glb	-	-	-	1.00	24,675.00	24,675.00
04.01.03	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (HORIZONTALES)				4,347.92			-
04.01.03.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	68.00	63.94	4,347.92	-	-	-
04.01.04	ARRIOSTRES DE COLUMNAS (ASPAS)				6,138.24			-
04.01.04.01	TUBOS CUADRADOS DE 150 mm x 3m	m	96.00	63.94	6,138.24	-	-	-
04.01.05	ARRIOSTRES DE COLUMNAS				-			26,470.00
04.01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTALES Y ASPAS METÁLICAS (ARRIOSTRES DE COLUMNAS)	glb	-	-	-	1.00	26,470.00	26,470.00
04.02	COBERTURAS				53,356.76			85,650.78
04.02.01	CORREAS				13,935.24			32,101.20
04.02.01.01	CORREAS ZETA TELESCÓPICAS DE 240 mm x 80 mm x 2 mm x 6000 mm	m	396.00	35.19	13,935.24	-	-	-
04.02.01.02	SUMINISTRO, CONFECCIÓN Y MONTAJE DE PERFILES ZETA TELESCÓPICAS (CORREAS), ARRIOSTRES DE ARCOS PARABÓLICOS Y ARRIOSTRES DE CORREAS METÁLICAS	glb	-	-	-	1.00	32,101.20	32,101.20
04.02.02	ARRIOSTRES DE CORREAS				1,788.48			-
04.02.02.01	FIERRO LISO DE 3/8"	m	288.00	6.21	1,788.48	-	-	-
04.02.03	ARRIOSTRES DE ARCOS				2,538.24			-
04.02.03.01	FIERRO LISO DE 5/8"	m	384.00	6.61	2,538.24	-	-	-
04.02.04	COBERTURAS				35,094.80			53,549.58
04.02.04.01	COBERTURA, CURVO TR4 COLOR NARANJA DE 0.45 MM (EN TECHO)	m2	884.00	37.46	33,114.64	-	-	-
04.02.04.02	CANALET A DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6"	m	68.00	29.12	1,980.16	-	-	-

04.02.04.03	COBERTURA CURVA ALUZINC AZ 200 TR4 DE 0.45mm PREPINTADA	m2	-	-	-	897.75	56.10	50,363.78
04.02.04.04	CANALET A DE PLANCHAS GALVANIZADA DE Ø 6" e=1/27"	m	-	-	-	68.00	46.85	3,185.80
<b>05</b>	<b>REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS</b>				<b>-</b>			<b>418.44</b>
05.01	TARRAJEO DE SUPERFICIES COLUMNAS (DADOS) INDEPENDIENTES	m2	-	-	-	10.10	41.43	418.44

<b>COSTO DIRECTO (C.D.)</b>		<b>152,858.81</b>		<b>217,779.12</b>
GASTOS GENERALES	10.00% (C.D.)	15,285.88	7.019% (C.D.)	15,285.88
UTILIDAD	10.00% (C.D.)	15,285.88	0.00% (C.D.)	-
<b>SUB TOTAL (S.T)</b>		<b>183,430.57</b>		<b>-</b>
I.G.V.	18.00% (S.T.)	33,017.50	0.00% (S.T.)	-
<b>VALOR REFERENCIAL (V.R.)</b>		<b>216,448.07</b>		<b>-</b>
SUPERVISIÓN	10.00% (C.D.)	15,285.88	0.00% (C.D.)	-
EXPEDIENTE TÉCNICO	10.00% (C.D.)	15,285.88	0.00% (C.D.)	-
<b>COSTO TOTAL DE OBRA (C.T.)</b>		<b>-</b>		<b>233,065.00</b>
INSPECCIÓN DE OBRA	0.00% (C.T.)	-	2.574% (C.T.)	6,000.00
LIQUIDACIÓN DE OBRA	0.00% (C.T.)	-	3.003% (C.T.)	7,000.00
EXPEDIENTE TÉCNICO	0.00% (C.T.)	-	0.410% (C.T.)	954.83
<b>TOTAL DE INVERSIÓN (S/)</b>		<b>247,019.83</b>		<b>247,019.83</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para un mejor análisis del Presupuesto del Proyecto, se realizó un cuadro resumen de variación del presupuesto total del proyecto, en base al costo directo de ambas tecnologías y en porcentajes. A continuación, se muestra:

**Tabla 14:** Variabilidad del Presupuesto Total del Proyecto.

<b>COSTO</b>	<b>TOTAL (S/.)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
COSTO DIRECTO INICIAL	152,858.81	100%
COSTO DIRECTO BIM - REVIT	217,779.12	142.47%
VARIACIÓN DE COSTO DIRECTO	64,920.31	42.47%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 14, nos presenta que, el costo directo del presupuesto inicial al 100% es de S/. 152,858.81, sin embargo, con la implementación BIM – Revit se ha incrementado un 42.47% del costo directo del presupuesto inicial, mostrando una variación de S/. 64,920.31, modificándose el costo directo con BIM – Revit a S/. 217,779.12.

Se realizó el análisis de la visión detallada del diseño con respecto al nuevo modelo mejorado determinando la cantidad de partidas adicionadas para mejorar la calidad del proyecto final, a partir de este se determinó la variabilidad de metrados por partida existente y partidas nuevas que dio lugar a la variabilidad del costo del proyecto, todo lo mencionado gracias a la visión detallada del modelo que permite la fácil interpretación del diseño con vistas más reales y minimizando desperdicios en función a cantidades de materiales a utilizar, haciendo de este un proyecto más rentable gracias a la implementación BIM.

### **3.3.3. Análisis de Productividad del Proyecto**

En el presente informe se desarrolla un cuadro de características de mejora de la productividad del proyecto, entre el modelo con el método tradicional y el nuevo

modelo de diseño con Implementación BIM usando nuevas tecnologías en proyectos para coberturas de estructuras metálicas. A continuación, se presenta:

**Tabla 15: Cuadro característico.**

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO TRADICIONAL		IMPLEMENTACIÓN BIM	
	SI	NO	SI	NO
REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN	x		x	
AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA		x	x	
IDENTIFICAR Y CORREGIR ERRORES		x	x	
PERMITE REALIZAR EVALUACIONES PERIÓDICAS		x	x	
DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO	x		x	
ENTREGA MÁS RÁPIDA DE LOS RESULTADOS	x		x	
MAYOR EFICIENCIA Y MEJOR CALIDAD	x		x	
REDISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS		x	x	
INFORMACIÓN MÁS CONFIABLE	x		x	
GARANTIZA LOS PROCESOS DE CALIDAD		x	x	

**Fuente:** Elaboración Propia.

Luego, se realizó un cuadro valorativo característico, según las características para mostrar la mejora de la productividad en el proyecto en función de la cantidad de características analizadas:

**Tabla 16: Cuadro valorativo característico.**

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO TRADICIONAL		IMPLEMENTACIÓN BIM	
	SI	NO	SI	NO
TOTAL DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD	5	5	10	0
PORCENTAJE	50%	50%	100%	0%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 16, nos muestra que, el método tradicional cumple con el 50 % de las características, mientras que con la implementación BIM se alcanzó el 100% característico esperado; es decir, con el uso de nuevas tecnologías los beneficios se incrementan dando como resultado un nuevo modelo de diseño mejorado.

### 3.3.4.Reducción de conflictos

En el presente informe se realizó implementación BIM para reducir conflictos en la etapa de diseño (modelado 3D) para el proyecto de cobertura con estructuras metálicas entre especialidades y también con los proveedores y demás involucrados en la etapa de construcción, por tal motivo se desarrolló un cuadro descriptivo según las etapas intervenidas del proyecto y los aportes necesarios para una adecuada gestión de proyectos, a continuación, se presenta:

*Tabla 17: Implementación BIM para reducción de conflictos.*

<b>IMPLEMENTACIÓN BIM PARA REDUCCIÓN DE CONFLICTOS</b>		
<b>Etapas de diseño</b>	<b>Etapas de construcción</b>	<b>Aportes</b>
Cumplir con las perspectivas del cliente.	Revisar visualmente el diseño.	Mejora la comunicación entre especialidades.
Adquirir planos de planta, secciones y elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.	Analizar las interferencias físicas del diseño.	Proporciona registro de acciones concisas.
Obtener la lista de materiales.	Obtener tablas de planificación / cantidades de materiales.	Minimiza riesgos y ahorra tiempo y dinero.
Imágenes con visión real.	Intercambio de datos de diseño con proveedores (para detalles y fabricación de las partes metálicas, prefabricación e instalación).	Proporciona acciones detalladas.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Cabe mencionar que gracias a la Implementación BIM, se da la reducción de conflictos entre todos los involucrados que intervienen el proyecto, ingeniero civil, arquitecto, diseñador, contratista, proveedor, cada uno de ellos interviene en su especialidad sin necesidad de particionar el modelo, todos pueden trabajar en un solo modelo digital, realizando las modificaciones pertinentes.

Esta reducción de conflictos genera un espacio de trabajo armonioso mediante el trabajo colaborativo, usando las herramientas tecnológicas del BIM.

### 3.4. Recursos requeridos

Dentro de los Recursos requeridos para el desarrollo del presente informe de suficiencia se requirió de recursos humanos, equipos de computación, materiales de escritorio, entre otros; como se muestra a continuación:

*Tabla 18: Recursos requeridos.*

<b>RECURSOS</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
1	Recursos humanos
2	Impresora
3	PC's
4	Papel bond
5	Software (AutoCAD, Revit 2019, Microsoft Word, otros)

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.5. Análisis económico financiero

#### 3.5.1. Presupuestos del proyecto

El proyecto incrementa los costos por la inclusión de metas, modificación del modelo de diseño, a su vez simplifica procesos y minimiza desperdicio de materiales, ya que el nuevo diseño cuenta con vistas detalladas más reales que facilitan la construcción en la ejecución del proyecto.

### **3.5.2. Presupuestos que limitan la propuesta**

El presente informe tiene condiciones que limitan el financiamiento de las licencias para los softwares ya que los presupuestos asignados al inicio del año, no abarcan ninguna compra, la Oficina de Presupuesto, Planificación, Estudios y Ordenamiento Territorial, elevo su solicitud a la Gerencia General, para su evaluación y aprobación para la Implementación BIM – Revit como nueva tecnología adoptando las nuevas prácticas tecnológicas.



#### **IV. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADO**

El objetivo del presente informe de suficiencia es obtener información como resultado de la iniciativa de implementación BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM.

Después del análisis teórico de los componentes del proyecto, se realizó un estudio analítico a través del modelado 3D del diseño, mediante el cual podemos comprobar la validez de la implementación BIM - Revit frente a la tecnología tradicional (AutoCAD), desarrollando modificaciones y cambios oportunos para comprobar la influencia de la implementación BIM en proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM.

Actualmente la formulación de proyectos de inversión es generada con el uso del Revit facilitando el diseño de proyectos, a la vez dando alternativas de diseño debido a la facilidad de modificaciones parciales que se pueden realizar sin necesidad de modificar todas las vistas de forma manual. Aún existe la desventaja de no contar con profesionales preparados para enfrentar este reto tecnológico BIM, debido a la poca remuneración que se asigna para cada profesional que interviene dentro del estudio de proyectos, esto genera conflictos a la hora de asignar tareas, ya que se recarga de actividades al profesional competitivo.

La implementación BIM en el modelado de techos parabólicos generó grandes expectativas, que a su vez trajó consigo incertidumbre ya que era una propuesta que aún se desconocía los resultados que se iban a obtener, sin embargo, los resultados fueron favorables, pero con la desventaja que tomó más tiempo para deducir las equivocaciones del porqué o en que parte no se realizó el procedimiento adecuado, los involucrados que participaron de la iniciativa, tomaron el reto de demostrar que sí funcionaba y era cuestión de práctica, actualización y/o capacitación para manejar adecuadamente la herramienta BIM, y lograr los resultados esperados, siendo este un resultado favorable después del análisis de las interferencias ocasionadas.

La implementación del Revit está dando sus primeros frutos, ya que debido a la pandemia del Covid-19, el PEAM inicio con los trabajos remotos en la formulación de proyectos de inversión, a su vez inserto el uso de esta herramienta dentro de la categoría de apoyos multisectoriales, proyectos realizados mediante elaboración de fichas técnicas y solventados con la compra de materiales. Los apoyos multisectoriales del rubro de construcción son los que más aprovechan esta herramienta implementada, ya que debido a la pequeñez de su estructura es más fácil y toma menos tiempo realizarla obteniendo resultados favorables. Además, debido al buen clima laboral, los profesionales solicitaron se les capacite en el uso de estas nuevas prácticas tecnológicas, teniendo buena acogida y poniendo en práctica dentro del desarrollo de las actividades encargadas por el PEAM.

- **Determinar de qué manera la implementación BIM mejora la visión detallada del diseño para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.**

La implementación BIM mejora la visión detallada del diseño mediante el modelado 3D para adquirir planos de planta, secciones y elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas de un modelo digital editable.

También, podemos observar los detalles que genera el programa automáticamente (ver Imagen 10), solo con insertar los parámetros adecuados, estos coordinan y gestionan el modelo arrojando información verídica para la construcción del modelo.

Este tipo de detalles hacen más fácil la contratación del proveedor para ejecutar el servicio debido a que será más fácil entender lo que los planos muestran, a su vez encontrarán características tales como tipo de material, dimensiones y especificaciones técnicas que no fueron consideradas. Asimismo, la visión detallada del diseño según documentación bibliográfica indica que sistematiza el procedimiento de diseño de un proyecto de construcción reduciendo el riesgo de error hasta un 21% y genera mejoras en la calidad del proyecto final.

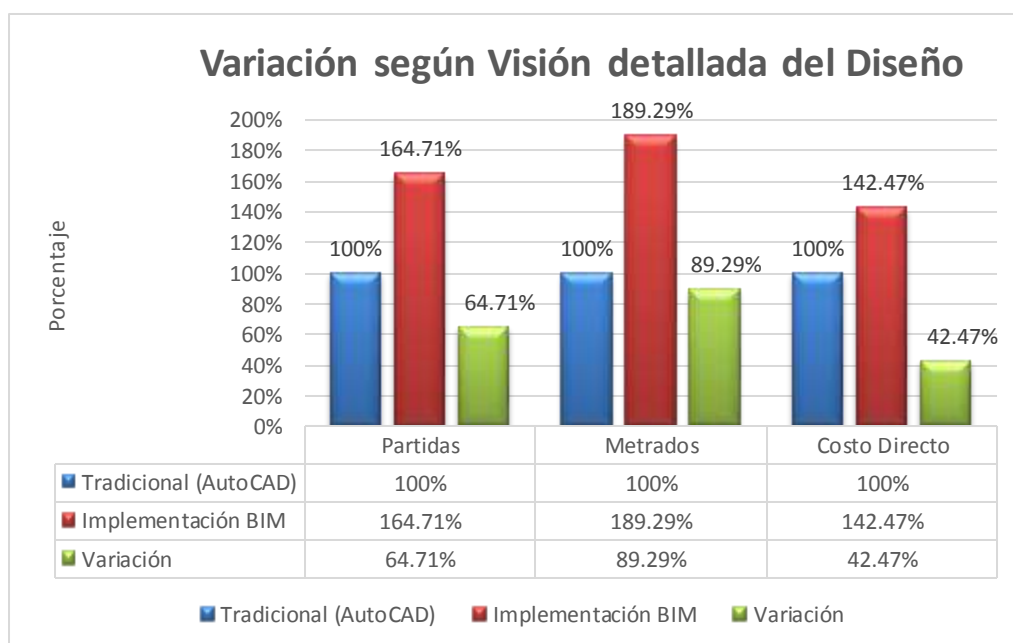
A continuación, se realizó un cuadro con datos característicos del proyecto donde se muestra las variaciones porcentuales en cuanto a variabilidad de partidas, variabilidad de metrados por partidas y variabilidad de costo directo obtenidos con ambas tecnologías. Se toma como base al 100% el proyecto con tecnología tradicional, en función a ello, se realizó las mejoras.

**Tabla 19:** Resultados de la visión detallada del diseño.

Datos característicos	Partidas	Metrados	Costo Directo
Tradicional (AutoCAD)	100%	100%	100%
Implementación BIM	164.71%	189.29%	142.47%
Variación	64.71%	89.29%	42.47%

**Fuente:** Elaboración Propia.

Asimismo, se realizó un gráfico de barras para comparar los valores obtenidos como resultados de la visión detallada del diseño; se presenta a continuación:



**Figura 1:** Variación según visión detallada del diseño.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se muestra en la Figura 1 la variación según visión detallada del diseño, con los resultados obtenidos del análisis de las partidas, metrados y costo directo del proyecto, determinando que la variación de partidas se incrementa en un 64.71%, insertando partidas nuevas como parte de la mejora del modelo de diseño, tomando como base el proyecto existente, considerándolo al 100%; también se muestra la variación de metrados por partidas en un 89.29%, donde se comprueba la variación que genera la implementación BIM en función a la tecnología tradicional, ya que modifica los metrados haciéndolos más exactos minimizando desperdicios. Asimismo, los puntos analizados dan como solución la variabilidad del costo directo del proyecto, incrementándolo en un 42.47% debido a la inclusión y modificación de metas físicas, teniendo en cuenta que afecta directamente las partidas.

Sin embargo, con la implementación BIM se verifica que los proyectos son más rentables, generando facilidades de modificación global, actualizándose según la información modificada, evitando los retrabajos.

- **Determinar como la implementación BIM mejora la productividad para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.**

La Implementación BIM - Revit mejoro la productividad en la construcción de techos parabólicos de estructuras metálicas, gracias al nivel de detalle de los planos en 2D y las vistas en 3D (vistas reales) obtenidos de este modelo digital, esto permitió que las partes de las estructuras metálicas prefabricadas en los talleres tengan menos complicaciones en la lectura de planos a la hora de confeccionarlas teniendo en cuenta las medidas adecuadas para que la instalación se realice sin ninguna dificultad, los procesos constructivos mejoraron minimizando falencias. Asimismo, las deficiencias encontradas en la ejecución de los primeros servicios de confección e instalación de estructuras metálicas, sirvieron como base de datos recolectados a tener en cuenta para que se puedan corregir, sin necesidad de generar costos adicionales y sin incrementar tiempos para las modificatorias, ya que, si fuera el caso, se extendería el tiempo de ejecución debido a la suscripción de nuevas actas de paralizaciones de la obra.

El Gobierno Regional de San Martín mediante el Proyecto Especial Alto Mayo priorizo al sector educación en su gestión, para ello asigno recursos para la construcción de techos parabólicos de estructuras metálicas en diferentes instituciones del valle del Alto Mayo.

Con el Cuadro valorativo característico (ver Tabla 16), se realizó un gráfico para demostrar la mejora de la productividad en el proyecto en función de la cantidad de características analizadas:



**Figura 2:** Mejora de la productividad en porcentajes.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se muestra en la Figura 2 los datos porcentuales en barras, en función a las características analizadas, donde se evidencia que el método tradicional cumple con el 50 % de las características, mientras que la Implementación BIM alcanza el 100% característico esperado; demostrando que el uso de nuevas tecnologías beneficia a los proyectos en cuanto a modelado de diseño se refiere.

- **Determinar como la implementación BIM influye en la reducción de conflictos para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM – Moyobamba, 2019.**

En el presente informe se realizó implementación BIM para la reducción de conflictos entre todos los involucrados que intervienen en el proyecto, profesionales según su especialidad que trabajen en coordinación sin necesidad de particionar el modelo, capaces de trabajar en un solo modelo digital, realizando las modificaciones necesarias. Asimismo, los resultados obtenidos son favorables en cuanto a la inclusión y modificación de metas físicas, adoptando una mejora en el modelo de diseño y generando un espacio armonioso de trabajo colaborativo, disminuyendo falencias y minimizando conflictos en lo posible.

Se realizó un Cuadro (ver Tabla 17) para demostrar como la implementación BIM aporta en la reducción de conflictos, describiendo los aportes que genera y las consideraciones características en la etapa de diseño y la etapa de construcción del proyecto de cobertura de estructuras metálicas.

## V. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se Implementó BIM para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM y se determinó de qué manera mejoró la visión detallada del diseño, por tal motivo se concluye que, al implementar BIM – Revit en la etapa de diseño se obtuvo la variabilidad en las partidas, metrados y costos del proyecto (ver Tabla 19), verificando que la variabilidad de partidas se incrementa en 64.71%, los metrados por partidas tienen una variabilidad de 89.29%, y la variabilidad del costo directo se incrementó en un 42.47% debido a la inclusión y modificación de metas físicas, demostrando que la Implementación BIM logro disminuir falencias en la etapa de diseño creando un modelo unificado más real y exacto en comparación a la tecnología tradicional. Asimismo, Villa (2017) en la empresa JC. Ingenieros SRL determinó los beneficios de la implementación BIM – Revit en los procesos de diseño de proyectos y obtuvo dibujo y modelado de planos con Revit BIM, mejorando el diseño base actual, mejorando el modelado a 3D y estimando beneficios en cuanto a costos y calidad.

Del mismo modo, se determinó como la implementación BIM mejora la productividad para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM, por tal motivo se concluye que, al implementar BIM - Revit en la etapa de diseño se aplica el trabajo colaborativo mediante la implementación tecnológica que trabaja en todos los procesos lo que permite corregir errores del proyecto desde las etapas prematuras mediante la creación de un modelo central unificado por tal motivo se verifica que las características analizadas (ver Tabla 16) con la tecnología tradicional cumplen solo el 50%, demostrando que la implementación BIM cumple al 100% las expectativas arrojando resultados favorables, también facilitó la confección de las partes metálicas en los talleres para evitar problemas en el montaje e instalación. Asimismo, Nieto (2016) estudió el manejo de la herramienta Revit y la repercusión que tiene en el modelamiento de información en el sector construcción en la cual obtuvo que el uso de la herramienta Revit facilita la modificación de las incompatibilidades que puedan existir en el diseño, evitando sobrecostos y modificaciones del diseño en la etapa de

construcción del proyecto; también optimiza en su gran mayoría el tiempo, costo y trabajo mejorando la perspectiva que se ofrece al cliente aumentando la productividad.

De igual forma, se determinó como la implementación BIM influye en la reducción de conflictos para proyectos de coberturas con estructuras metálicas en el PEAM, por tal motivo se concluye que, al implementar BIM - Revit se obtuvo un resultado significativo en cuanto a la reducción de conflictos logrando que todos los involucrados del proyecto participen en el trabajo colaborativo (Ver Tabla 17) en la fase de diseño y en la fase de construcción reduciendo conflictos entre especialidades, también se determinó los aportes que genera para una adecuada gestión del proyecto. Asimismo, Ybañez (2018) determino de qué manera BIM mejora la etapa de diseño en una construcción y obtuvo la reducción de conflictos entre las distintas disciplinas disminuyendo falencias e incompatibilidades en la etapa de diseño, detectándolas desde el inicio para evitar re trabajos y así disminuir costos y tiempos.



## **VI. RECOMENDACIONES**

Teniendo en consideración como la Implementación BIM mejora la visión detallada del diseño, se recomienda poner en práctica los procesos de implementación tecnológica, ya que aportan beneficios en cuanto a costos y tiempos de los proyectos. Asimismo, aplicar el uso de otras herramientas tecnológicas que complementen al modelo aportando más mejoras en cuanto a la visión detallada del diseño se refiera, también se debe tener en cuenta que al minimizar falencias desde el inicio del diseño se obtendrá resultados favorables y de mejor calidad.

Con respecto a la Implementación BIM para la mejora de la productividad, se recomienda a los profesionales intervenir según su especialidad, para realizar el trabajo colaborativo mediante la implementación tecnológica trabajando en conjunto en los procesos que les permitan detectar y solucionar errores del proyecto desde el inicio mediante la constitución de un modelo central unificado. Asimismo, se recomienda tener en cuenta que el uso de nuevas herramientas tecnológicas facilitará la modificación de las observaciones y/o errores que estén presentes en el proyecto, minimizando el incremento de costos y defectos en la etapa de construcción, generando mejores expectativas en cuanto a la productividad.

También se recomienda la Implementación BIM para la reducción de conflictos de los proyectos, teniendo en cuenta que este aporta y encamina a realizar el trabajo colaborativo desde la fase de diseño detectando falencias e incompatibilidades, para de esta manera evitar discrepancias entre los profesionales, facilitando el trabajo colaborativo según sus ramas y competencias. Asimismo, se recomienda llevar a la práctica el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la calidad del diseño evitando costos adicionales por trabajos repetitivos y modificaciones posteriores en la etapa de construcción.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración. (18 de Febrero de 2020). *Autodesk Revit vs AutoCAD: 3 poderosas diferencias para ganar esta batalla*. Obtenido de [academia]:  
<https://blog.academia.com/autodesk-revit-vs-autocad-3-poderosas-diferencias-para-ganar-esta-batalla/>
- Aniceto, L. (2020). Diseño de un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N° 49 Piura. (*Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Gestión Pública*). Universidad César Vallejo, Piura, Perú.
- Areatecnología. (s.f.). *Estructuras Metálicas*. Obtenido de Areatecnología:  
<https://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>
- Autodesk. (01 de Julio de 2019). *Conceptos clave de Revit*. Obtenido de [Autodesk - Productos Revit soporte y aprendizaje]:  
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn/caas/qsarticles/key-revit-concepts.html>
- Cavazos, D. (14 de Julio de 2020). *BIM vs. Revit, ¿Cuál es la diferencia?* Obtenido de [Recurso V]: <https://recursosov.com/2020/07/14/bim-vs-revit-cual-es-la-diferencia/>
- Chacón, D., & Cuervo, G. (2017). Implementación de la Metodología BIM para Elaborar Proyectos Mediante el Software Revit . (*Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar por el título de Ingeniero Civil*). Universidad de Carabobo, Bárbula, Carabobo, Venezuela.
- EspacioBIM. (2015). *Revit Architecture, Structure y MEP*. Obtenido de (EspacioBIM): <https://www.espaciobim.com/software-bim/revit>
- Ibarra, G. (29 de Abril de 2020). *Recurso V*. Obtenido de BIM:  
<https://recursosov.com/2020/04/29/metodologia-bim/>
- Infante, E. (16 de Octubre de 2013). *Techo Parabólico*. Obtenido de (Scribd):  
<https://es.scribd.com/doc/176680384/techo-parabolico>

- Interna. (s.f.). *¿Qué son las familias en Revit y qué tipos de familia existen?*  
 Obtenido de [ip21 ingeniería]: <https://ip21ingenieria.com/que-son-las-familias-en-revit-y-que-tipos-de-familia-existen/#:~:text=Tipos%20de%20Familias%20en%20Revit,crear%20familias%20anidadas%20y%20compartidas.>
- Nexometal, g. i. (2016). *Estructuras Metálicas*. Obtenido de [Nexometal, grupo ingemetal]: <https://nexometal.com/hacemos/estructuras-metalicas/#:~:text=Por%20estructura%20met%C3%A1lica%20se%20entiende,excelentes%20caracter%C3%ADsticas%20para%20la%20construcci%C3%B3n.>
- Nieto, M. (2016). Manejo del Software Revit y su Incidencia en el Modelado de Información para la Construcción de Edificaciones en la Ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua. (*Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Pacheco, R. (2017). Comparación del sistema tradicional vs la Implementación del BIM (Building Information Management) en la etapa de diseño y seguimiento en ejecución. Análisis de un caso de estudio. (*Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Ingeniero Civil*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- PEAM. (2017). *Proyecto Especial Alto Mayo*. Obtenido de ¿Quiénes Somos?: <https://www.peam.gob.pe/web/institucion/quienes-somos>
- Ramos, E. (2019). Metodología Building Information Modeling en la construcción de viviendas multifamiliares en el distrito de Miraflores - Lima. (*Para optar título profesional de: Ingeniero Civil*). Univerisdad Peruana Los Andes, Lima, Perú.
- Sonda, A. (06 de Noviembre de 2019). *Revit vs. AutoCAD*. Obtenido de [Autodesk Corporate Business Partner]: <https://www.sonda-mco.com/novedad/revit-vs-autocad>
- Vargas, W. (2017). Diseño estructural de nave industrial metálica para mejoramiento de almacenes en Av. Argentina, Callao-2017. (*Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil*). Universidad César Vallejo, Lima.

- Villa, J. (2017). Implementación de Tecnologías BIM-Revit en los procesos de diseño de Proyectos en la Empresa Consultora JC. Ingenieros S.R.L. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ybañez, J. (2018). BIM, para optimizar la etapa de diseño en una edificación, distrito Villa El Salvador, Lima. (*Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01: Imágenes obtenidas de AutoCAD

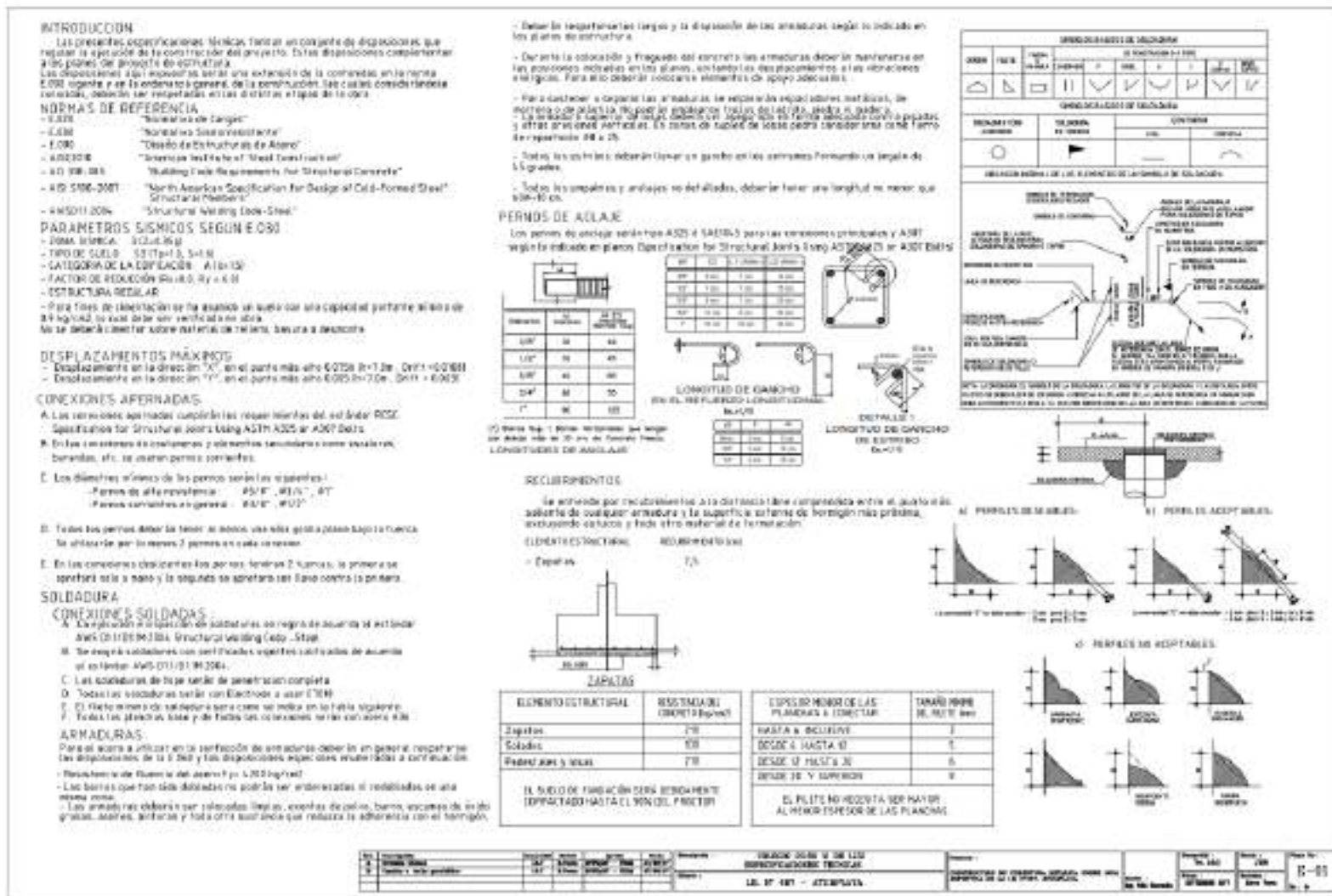


Imagen 17: Plano de Estructuras N° 01

Detalla las especificaciones técnicas y las consideraciones para el Proyecto.

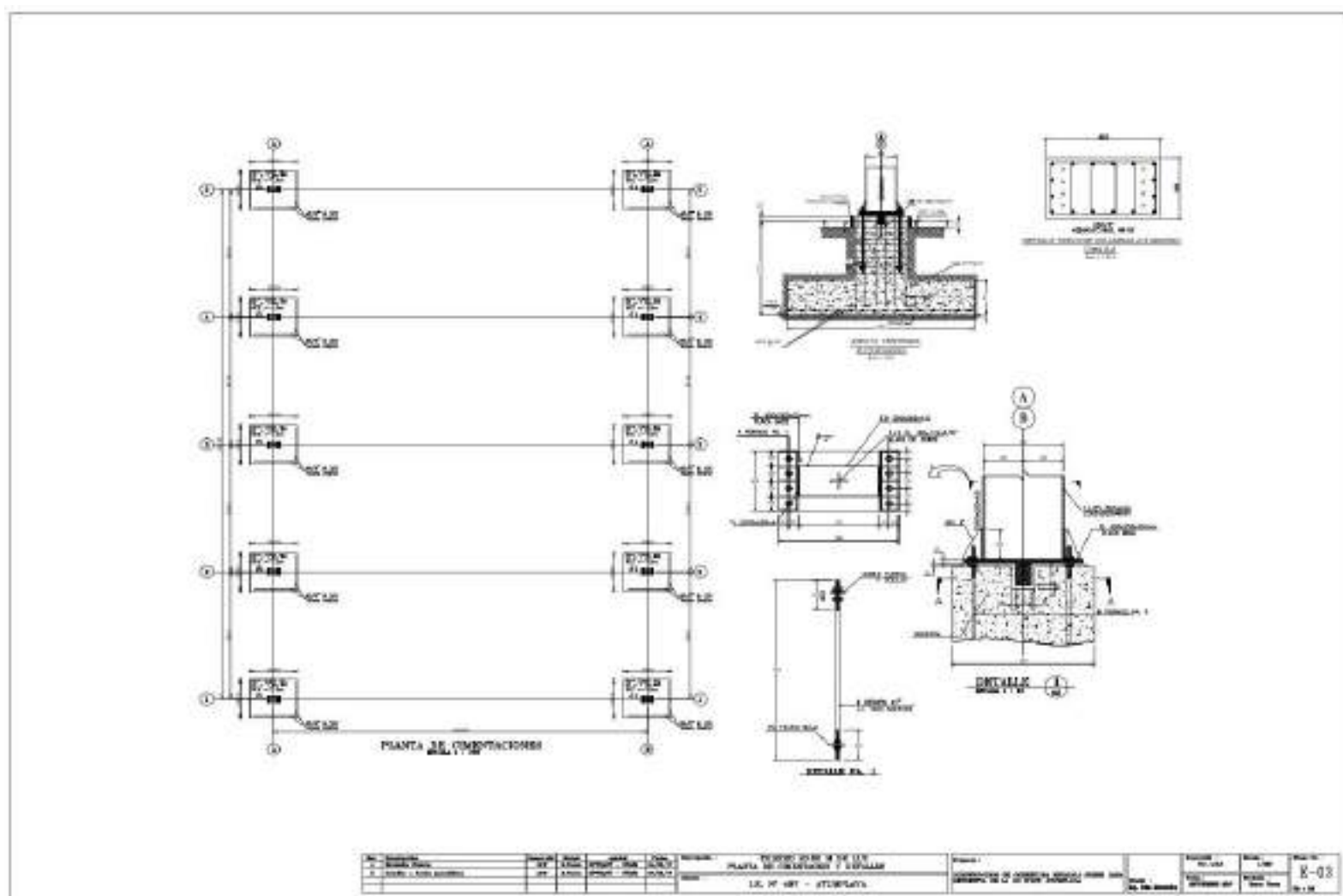


Imagen 18: Plano de Estructuras N° 02

Detalla la distribución de cimentación con la distribución de acero y pernos de anclajes.

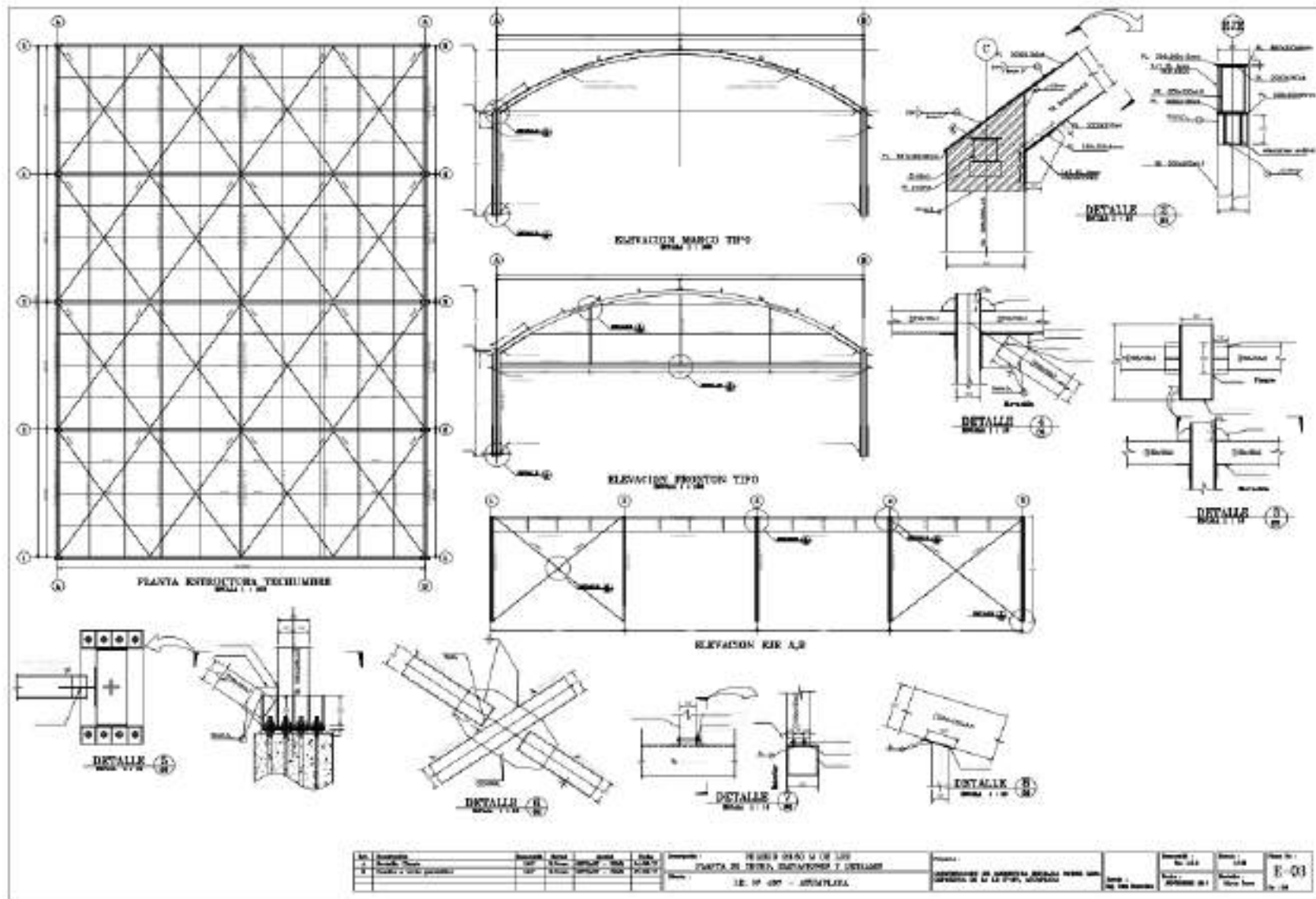


Imagen 19: Plano de Estructura N° 03

Detalla uniones y anclajes con placas de acero con puntos de soldadura y partes con pernos autorroscantes, también detalla las distancias y distribución de las partes metálicas a colocar e instalar.

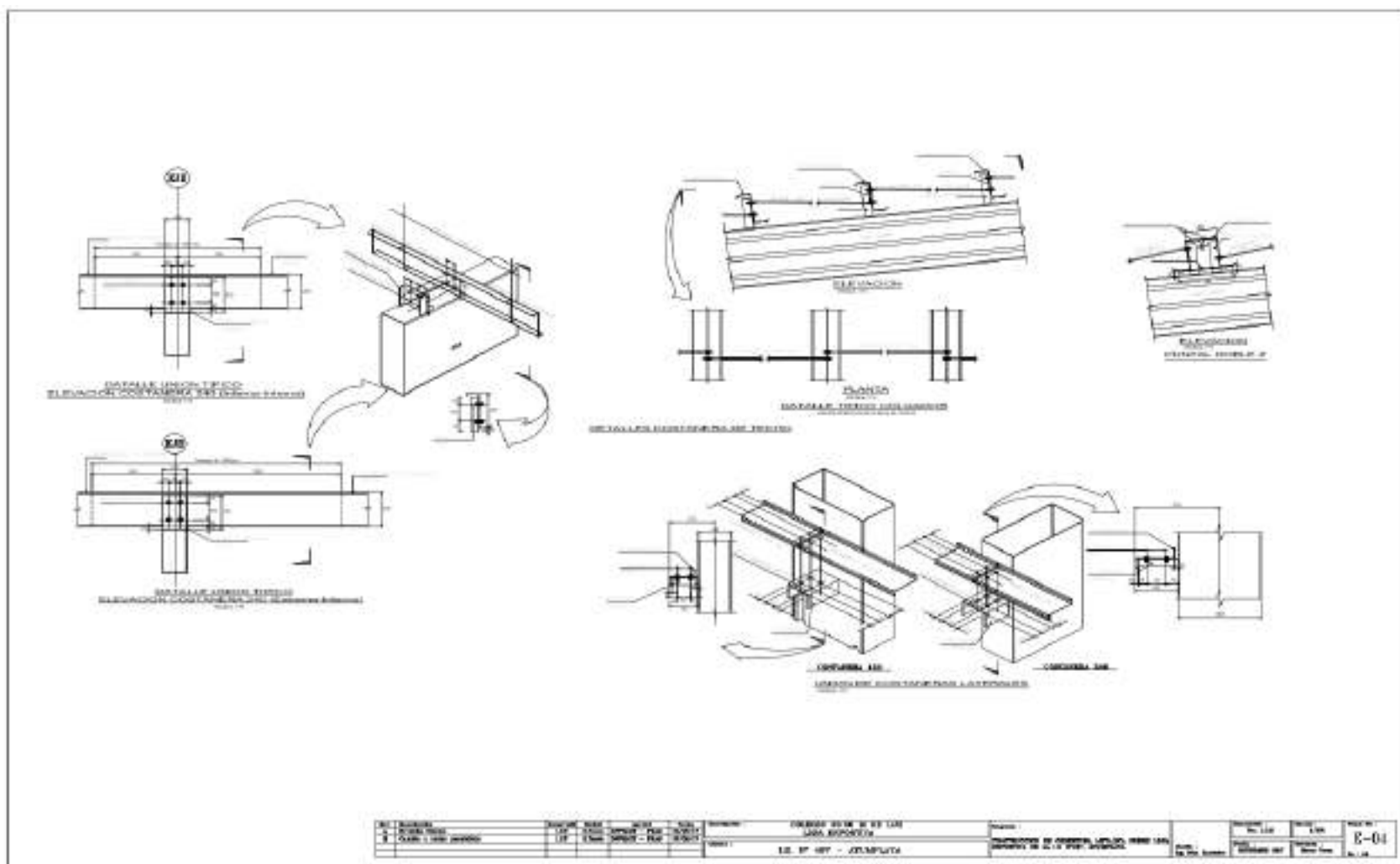
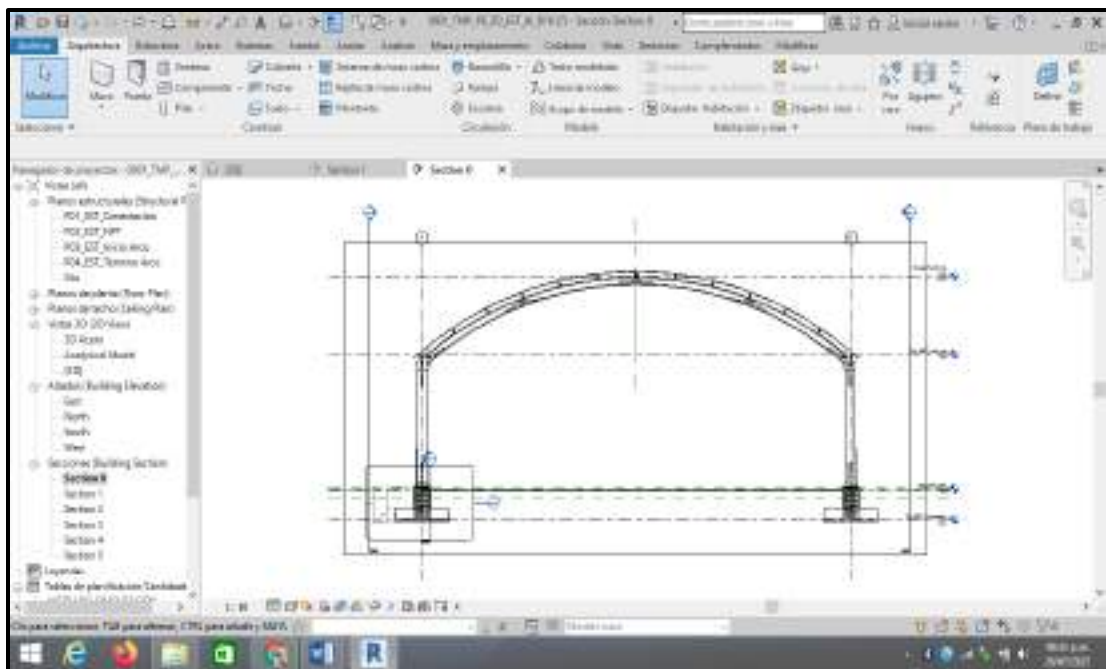


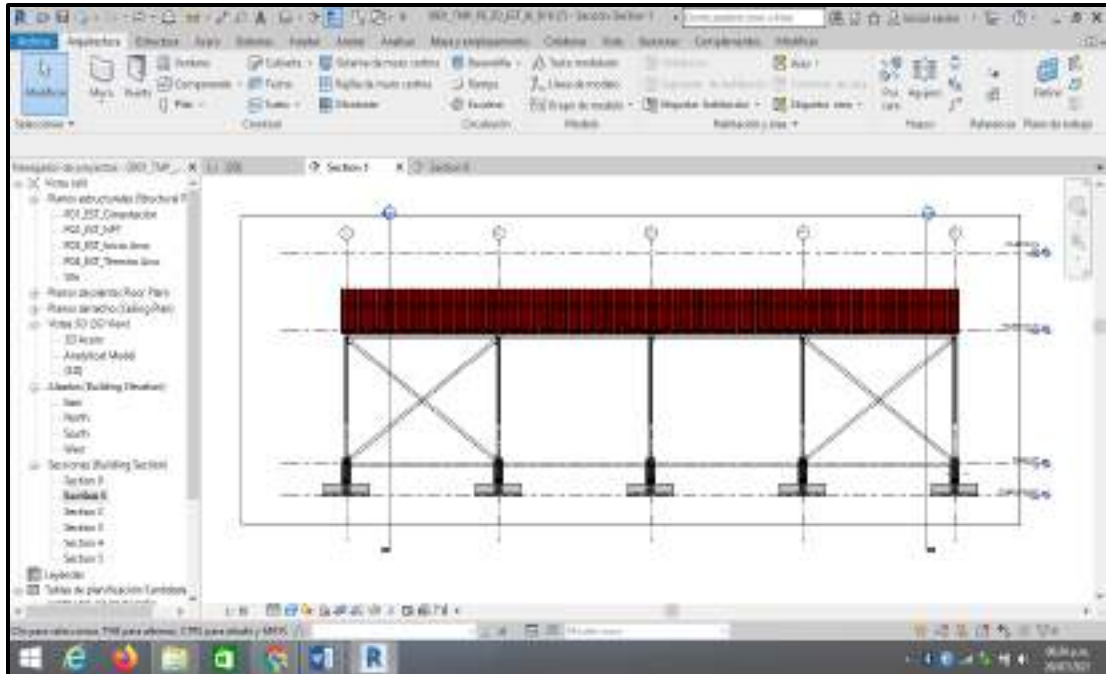
Imagen 20: Plano de estructura N° 04

Detalles para el montaje e instalación de la cobertura metálica.

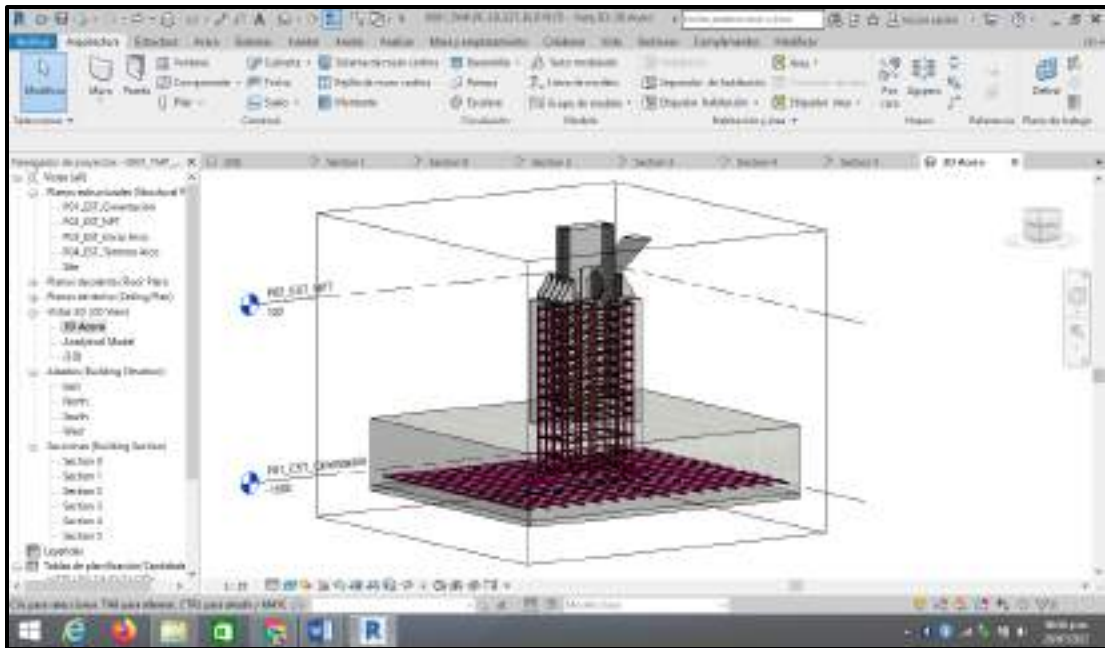
## Anexo N° 02: Imágenes obtenidas del BIM – Revit



*Imagen 21: Vista frontal de la estructura parabólica de la cobertura metálica.*

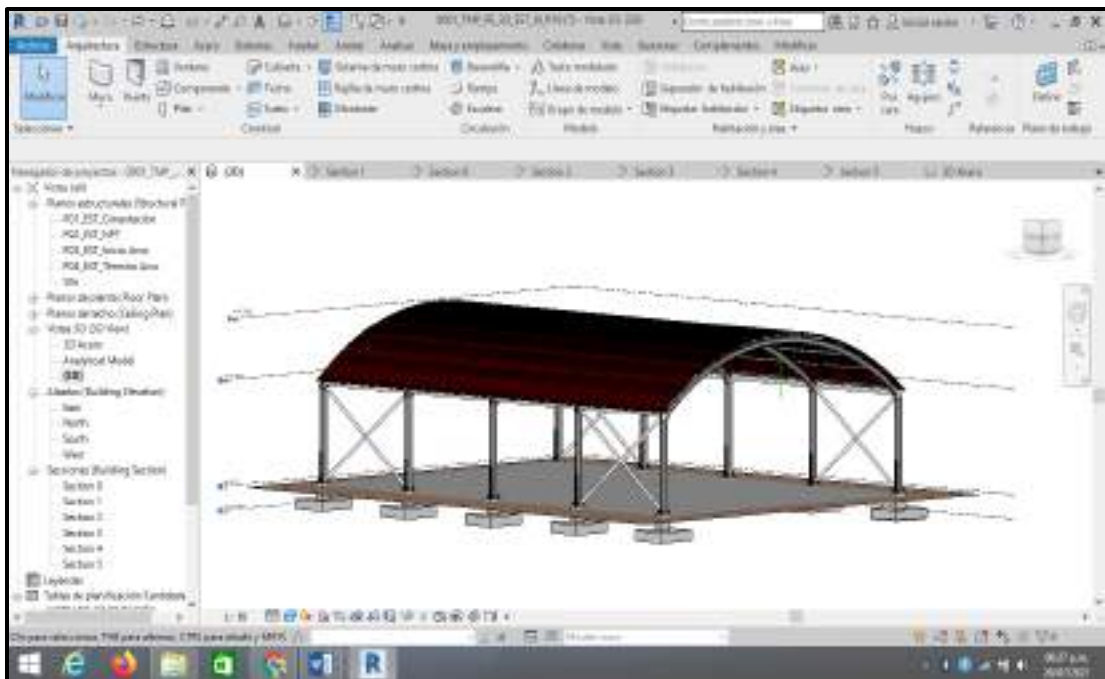


*Imagen 22: Vista de sección horizontal de la estructura metálica del proyecto.*



**Imagen 23:** Vista isométrica del pedestal

Distribución de acero con pernos de anclaje que fijan la columna metálica, también se observa la unión de la barra del aspa metálica con placas soldadas.



**Imagen 24:** Vista 3D del proyecto de construcción de cobertura con estructura metálica.



### Anexo N° 03: Evidencias Fotográficas



*Figura 3: Excavación para la cimentación de la cobertura metálica.*



*Figura 4: Verificación de los trabajos de excavación y coordinaciones con el equipo técnico para realizar mejoras en el diseño de la cobertura metálica.*



**Figura 5:** *Instalación y montaje de arcos metálicos con maquinaria, y conectores que fijarán a las correas metálicas.*



**Figura 6:** *Estructura metálica conformada por columnas metálicas, aspas metálicas, arcos metálicos y correas, se realizó el pintado previo a la colocación de la cobertura.*



*Figura 7: Vista frontal de la cobertura metálica terminada y puesta en funcionamiento.*