

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**MODELACIÓN, COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN UTILIZANDO
LAST PLANNER SYSTEM Y BIM DE UN PROYECTO DE ESTADIO
EN UN COMPLEJO DEPORTIVO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Lucero Mercedes Vilchez Condori

ASESOR:

Xavier Max Brioso Lescano

Lima, agosto 2024

Informe de Similitud

Yo, XAVIER MAX BRIOSO LESCANO, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada MODELACIÓN, COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN UTILIZANDO LAST PLANNER SYSTEM Y BIM DE UN PROYECTO DE ESTADIO EN UN COMPLEJO DEPORTIVO, de la autora:

VILCHEZ CONDORI LUCERO MERCEDES,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 20/08/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 20 de agosto del 2024

| | |
|--|--|
| Apellidos y nombres del asesor: Brioso Lescano Xavier Max | |
| DNI: 09856898 | Firma  |
| ORCID: 0000-0002-0174-0241 | |

Resumen

En los últimos años, el Perú ha sido elegido como sede de distintos eventos deportivos a nivel regional e internacional. Esto ha ocasionado que se deban plantear planes para el mejoramiento de instalaciones deportivas para un correcto desarrollo de las distintas disciplinas atléticas. En relación a ello, surgen ideas de implementación de la metodología BIM en dichos proyectos a través de modelos 3D, en el cual se busca reducir errores de diseño, plazo y costos a través de la colaboración entre los interesados del proyecto. Asimismo, también se busca trabajar de manera colaborativa las propuestas de planificación de plazos para disminuir la variabilidad de los cronogramas y mejorar la confiabilidad de plazos establecidos, identificando restricciones y evaluando los sectores de trabajo, a través del uso de la herramienta Last Planner System.

Así, la presente tesis muestra la implementación del uso de la metodología BIM y la herramienta Last Planner System a través del uso de modelos 3D y 4D para un proyecto deportivo. Esto se logró a partir de la creación de modelos 3D de las especialidades de arquitectura, estructura y MEP, así como la revisión de interferencias a partir de un modelo federado, los cuales fueron presentados a los proyectistas a través de sesiones ICE y un reporte de interferencias en Excel. Asimismo, a partir de estos modelos, se crearon planos y metrados que fueron entregados a los interesados. Además, se propuso una planificación de obra realizando una estimación análoga usando datos de un proyecto real en ejecución. Para ello, se calcularon ritmos de trabajo y se desarrolló la planificación desde un Plan Maestro hasta una Planificación Semanal. Así, se creó un modelo 4D que fue presentado y aprobado por expertos, junto con la propuesta de tren de trabajo. Finalmente, estos mismo expertos validaron la metodología aplicada en la tesis para la implementación BIM y LPS en un proyecto deportivo.

DEDICATORIA

*A Amanda y Antonio, por su amor y cariño,
a Erik, por las alegrías y ser mi inspiración desde pequeños,
a Itala, por enseñarme a ver la vida por segunda vez,*

Infinitas gracias.

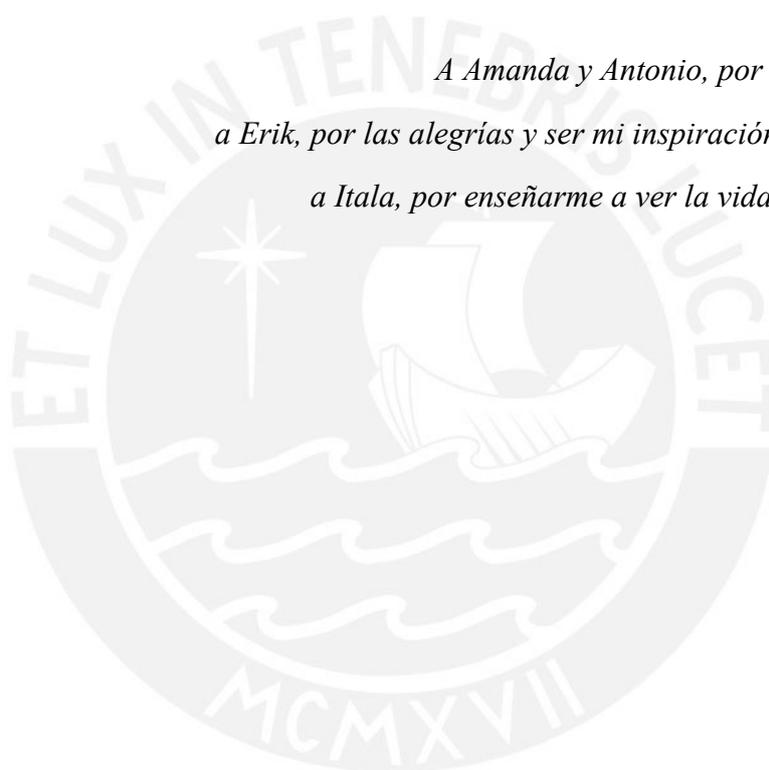


Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Índice de tablas..... | ix |
| Índice de figuras..... | x |
| 1. Generalidades..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2. Preguntas de investigación..... | 2 |
| 1.2.1. Pregunta de investigación principal..... | 2 |
| 1.2.2. Preguntas de investigación específicas..... | 2 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 3 |
| 1.4. Hipótesis..... | 3 |
| 1.5. Justificación..... | 3 |
| 1.6. Alcances..... | 5 |
| 2. Marco teórico..... | 6 |
| 2.1. Lean Construction..... | 6 |
| 2.1.1. Definición y principios de Lean Construction..... | 6 |
| 2.2. Herramienta Last Planner System (LPS)..... | 9 |
| 2.2.1. Concepto de LPS..... | 9 |
| 2.2.2. Principios de LPS..... | 12 |
| 2.2.3. Casos de uso de LPS..... | 13 |
| 2.3. Metodología Building Information Modeling (BIM)..... | 14 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.3.1. | Definición de BIM | 15 |
| 2.3.2. | Beneficios de usar BIM..... | 17 |
| 2.3.3. | Implementación BIM en proyectos peruanos | 18 |
| 2.3.4. | Integrated concurrent engineering (ICE) | 20 |
| 2.4. | Comparación entre LPS, BIM y el Uso de Metodología Tradicional..... | 22 |
| 2.4.1. | Características de la metodología tradicional | 22 |
| 2.4.2. | BIM vs Sistema tradicional..... | 26 |
| 2.4.3. | LPS vs Sistema Tradicional | 27 |
| 2.4.4. | BIM y LPS | 28 |
| 2.5. | Complejos Deportivos..... | 30 |
| 2.5.1. | Estadios | 33 |
| 2.5.2. | Situación de estadios y complejos deportivos en el Perú..... | 34 |
| 2.5.3. | Normativa deportiva..... | 37 |
| 2.6. | Procedimiento de entrevistas y encuestas | 41 |
| 2.6.1. | Herramientas y técnicas sugeridas en la Guía PMBOK..... | 41 |
| 3. | Metodología | 44 |
| 3.1. | Modelación y coordinación..... | 44 |
| 3.2. | Planificación y simulación 4D | 46 |
| 4. | Aplicación de BIM en el modelado y coordinación 3D | 49 |
| 4.1. | Implementación y características BIM..... | 49 |
| 4.1.1. | Softwares de uso y características de modelos | 49 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1.2. | Interoperabilidad entre softwares | 52 |
| 4.1.3. | Estandarización de modelos | 53 |
| 4.2. | Fases y procesos BIM del proyecto..... | 54 |
| 4.2.1. | Etapa 01. Modelado 3D de estructuras y arquitectura | 56 |
| 4.2.2. | Etapa 02. Coordinación BIM interno entre arquitectura y estructura | 57 |
| 4.2.3. | Etapa 03. Gestión BIM con proyectistas y sesiones ICE | 58 |
| 4.2.4. | Etapa 04. Resolución de interferencias y recepción de nuevos planos de diseño | 59 |
| 4.2.5. | Etapa 05. Revisión de planos de especialidades de instalaciones (MEP) | 60 |
| 4.2.6. | Etapa 06. Coordinación BIM entre especialidades | 61 |
| 4.2.7. | Etapa 07. Revisión final de modelos BIM y coordinación con especialistas en sesiones ICE..... | 62 |
| 4.2.8. | Etapa 08. Resolución de interferencias finales y presentación de entregables. | 64 |
| 4.2.9. | Etapa 09. Planificación y simulación 4D del proyecto en fase de estructuras | 65 |
| 4.2.10. | Etapa 10. Verificación y validación por especialistas proyectistas y planificadores | 66 |
| 4.3. | Definición y características del proyecto de estudio | 66 |
| 4.3.1. | Definición del proyecto..... | 66 |
| 4.3.2. | Objetivo del proyecto | 67 |
| 4.3.3. | Ubicación y límites | 69 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4. | Organización de fases del proyecto de estudio | 69 |
| 4.4.1. | Consideraciones de modelado..... | 69 |
| 4.4.2. | Revisión de consideraciones de diseño | 71 |
| 4.4.3. | Modelado 3D de cada especialidad según planos de diseño..... | 71 |
| 4.4.4. | Sesiones colaborativas internas y con proyectistas..... | 74 |
| 4.4.5. | Extracción de planos finales para construcción | 75 |
| 5. | Planificación 4D del proyecto..... | 76 |
| 5.1. | Datos de proyecto de ejemplo | 76 |
| 5.2. | Implementación de Last Planner System | 77 |
| 5.2.1. | Consideraciones para la sectorización | 77 |
| 5.2.2. | Master Plan propuesto..... | 79 |
| 5.2.3. | Planificación de fases y elección de actividades..... | 81 |
| 5.2.4. | Lookahead propuesto | 82 |
| 5.2.5. | Plan semanal propuesto..... | 83 |
| 5.3. | Sinergia BIM y Last Planner System | 84 |
| 5.3.1. | Simulación 4D..... | 84 |
| 5.4. | Entrevistas a especialistas del área..... | 86 |
| 6. | Análisis de resultados | 93 |
| 6.1.1. | Modelación y coordinación..... | 93 |
| 6.1.2. | Planificación y simulación 4D | 94 |
| 6.1.3. | Validación de metodología | 96 |

| | |
|----------------------|-----|
| Conclusiones | 98 |
| Recomendaciones..... | 100 |
| Bibliografía | 101 |



Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 01. Número de bienes administrados por el IPD | 34 |
| Tabla 02. Número de infraestructuras deportivas y recreativas en cada región en el 2022..... | 36 |
| Tabla 03. Número de infraestructuras deportivas en mantenimiento en el 2022..... | 36 |
| Tabla 04. Aforo del estadio del caso de estudio. | 69 |
| Tabla 05. Codificación y nomenclatura de modelos 3D del estadio..... | 72 |
| Tabla 06. Datos del proyecto de estadio de ejemplo | 76 |
| Tabla 07. Volumen de concreto de la tribuna SUR..... | 77 |
| Tabla 08. Volumen de concreto por sector – SUR-1 | 78 |



Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Relación entre fases y actores de un proyecto según la filosofía LEAN..... | 7 |
| Figura 2. Muestreo de trabajo productivo, Contributorio y no Contributorio en distintos países de Sudamérica..... | 8 |
| Figura 3. Proceso de la planificación Last Planner System..... | 12 |
| Figura 4. Percepción de la adopción BIM en proyectos..... | 18 |
| Figura 5. Ciclo de inversión de un proyecto..... | 19 |
| Figura 6. Comparación de nivel de adopción BIM entre los años 2017, 2020 y 2023 en proyectos de edificaciones urbanas en Lima..... | 20 |
| Figura 7. Comparación entre la cantidad de observaciones y tiempos de respuesta con sesiones ICE..... | 21 |
| Figura 8. Interface de comunicación y entendimiento en el método tradicional..... | 23 |
| Figura 9. Diagrama de un equipo de proyecto y los límites típicos organizacionales..... | 24 |
| Figura 10. Diagrama de PDS..... | 26 |
| Figura 11. Conceptualización ideal de diseño y construcción..... | 26 |
| Figura 12. Flujo de trabajo con la integración de BIM, LPS y modelos conceptuales..... | 29 |
| Figura 13. Estadio Monumental “U”..... | 31 |
| Figura 14. Coliseo Gran Qhapac Ñan..... | 32 |
| Figura 15. Villa Deportiva Nacional..... | 32 |
| Figura 16. Regiones con mayor número de predios e infraestructura deportiva administradas por IPD..... | 35 |
| Figura 17. Flujograma del desarrollo de modelación y coordinación del proyecto de estadio..... | 46 |
| Figura 18. Relación entre la planificación con Last Planner System y BIM..... | 48 |
| Figura 19. Vinculación entre modelos activos y de sitio..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Ejemplo de coordenadas en punto base de proyecto. | 51 |
| Figura 21. Estado actual del estadio del complejo deportivo de estudio. | 67 |
| Figura 22. Diseño propuesto del estadio del complejo deportivo de estudio. | 68 |
| Figura 23. Nomenclatura de elementos verticales. | 71 |
| Figura 24. Modelo de Estructuras del estadio..... | 73 |
| Figura 25. Modelo de Arquitectura del estadio | 73 |
| Figura 26. Sectorización del primer nivel del módulo SUR-1 del estadio | 78 |
| Figura 27. Master plan propuesto para la tribuna SUR | 79 |
| Figura 28. Cronograma Gantt propuesto para el módulo SUR-1 | 80 |
| Figura 29. Lookahead propuesta del módulo SUR-1..... | 83 |
| Figura 30. Planificación semanal..... | 84 |
| Figura 31. Simulación 4D del módulo SUR-1..... | 86 |
| Figura 32. Formato de encuesta de validación de planificación..... | 90 |
| Figura 33. Resultados de encuesta de validación de propuesta de planificación..... | 92 |
| Figura 34. APU de partida de vaciado de concreto con carmix..... | 95 |
| Figura 35. Resultados de validación de objetivos y metodología de la tesis..... | 97 |

1. Generalidades

1.1. Planteamiento del problema

Las infraestructuras deportivas son espacios que permiten el desarrollo físico y recreativo, además de favorecer a la accesibilidad y la promoción de nuevos talentos deportivos. En el Perú, el ente estatal encargado de administrar estas instalaciones es el Instituto Peruano del Deporte (por sus siglas IPD), un organismo que rige bajo los lineamientos del Ministerio de Educación (por sus siglas MINEDU) y organiza, junto con gobiernos locales y municipios, el mejoramiento o la creación de nuevos estadios, complejos, polideportivos, entre otros.

Para mejorar la calidad de los planes de infraestructura, el Perú ha puesto en marcha la implementación BIM (por sus siglas en inglés: Building Information Modeling) para las distintas fases de un ciclo de inversión de un proyecto, a través de hitos de adopción progresiva (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). En relación a esto, se ha implementado esta metodología a algunos proyectos deportivos como la Villa Deportiva Nacional, el Polideportivo Villa El Salvador, entre otros, en los cuales se ha demostrado la eficiencia y el mejor manejo de los productos virtuales antes y durante de la ejecución de los proyectos. Sin embargo, aún no se ha implementado en todos los proyectos deportivos a nivel nacional debido al escaso presupuesto otorgado al IPD, la poca o nula gestión municipal y al largo plazo que se necesita para realizar un expediente técnico (IPD, 2021).

En algunos de estos proyectos deportivos solo se ha utilizado los modelos 3D como ayuda para visualización de cómo culminaría la obra. Otros han avanzado y han utilizado los modelos para generar la detección de interferencias e incompatibilidades entre especialidades, pero son muy pocos son los que han llegado a utilizarlos para la planificación de plazos y costos del proyecto. Incluso, es posible generar sinergias con

herramientas como el Last Planner System para la gestión de los plazos mediante una programación maestra, semanal e incluso diaria, así como el seguimiento de los avances en tiempo real del proyecto.

1.2.Preguntas de investigación

1.2.1. Pregunta de investigación principal

¿Es posible implementar eficazmente el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto deportivo integrando las metodologías BIM y la herramienta Last Planner System?

1.2.2. Preguntas de investigación específicas

- ¿Cómo son los modelos 3D de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio?
- ¿Se puede levantar interferencias utilizando los modelos 3D del proyecto indicado?
- ¿Cómo se organiza la planificación de un proyecto deportivo utilizando la metodología BIM y la herramienta Last Planner System?
- ¿Es posible validar la planificación propuesta por juicio de expertos en el rubro?

1.3.Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

1.3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho.
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

1.4.Hipótesis

La implementación de la metodología BIM y Last Planner System permite tener un mejor control de los avances de un proyecto de gran envergadura como un estadio de un complejo deportivo, al utilizarse modelos 3D para la detección de interferencias y el modelo 4D para la simulación de la construcción a partir de una planificación semanal.

1.5.Justificación

Por un lado, los proyectos constructivos que dependen de una gestión administrativa estatal deben seguir los hitos y propuestas de implementación de nuevas tecnologías explicadas en el Plan BIM Perú. Este plan indica los puntos estratégicos de adopción de la metodología BIM a lo largo del ciclo de inversiones de un proyecto (Ministerio de economía y Finanzas, 2021), y que permite mejorar la calidad del producto final. Con ella, no solo se pueden generar modelos 3D para la detección de interferencias e incompatibilidades entre las distintas especialidades involucradas en un proyecto, sino que también se puede realizar un análisis de costos y plazos para el mejor seguimiento de la ejecución de la obra, incluso implementando otras herramientas de gestión como Last Planner System (LPS). En este sentido, el Tercer estudio de adopción BIM en proyectos

de edificación en Lima señala que un 84% de encuestados indica que BIM ayuda en la planificación de obra de un proyecto y un 78% indica que mejora la calidad del proyecto al utilizarse (Murguía et al., 2023). A pesar de esta información, aún es necesario dar a conocer estas ventajas e involucrar a los interesados en los distintos proyectos para, así, lograr una mayor productividad desde las etapas iniciales mediante un proceso colaborativo.

Existen estudios en los cuales se evidencia una interacción entre el uso de BIM y la herramienta Last Planner System para la planificación de un proyecto. Por ejemplo, Wickramasekara et al (2020) utiliza la literatura de otros estudios acerca del desarrollo de LPS y BIM para presentar un flujo de trabajo en las fases de conceptualización, diseño inicial, diseño a detalle y construcción; e incluye las herramientas LPS como Plan Maestro, Fase de programación, Planificación Lookahead y planificación semanal. Asimismo, Trejo (2022) presenta un estudio acerca de la implementación 4D y 5D en proyectos inmobiliarios, en la que hace uso de las dimensiones de BIM y el uso de herramientas del LPS como el Plan Maestro, sectorización y líneas de flujo para la planificación de plazos y costos de un edificio multifamiliar, concluyendo que se puede obtener de forma automatizada los cronogramas y se puede realizar un seguimiento al control de tareas.

Por otro lado, según un estudio realizado sobre la infraestructura deportiva de los Juegos Panamericanos en Lima, ha sido necesario que ocurra una actividad o evento deportivo de gran magnitud para planificar la creación o mejoramiento de espacios para ejercitarse (Monstestuque, 2019). En este sentido, el IPD ha gastado más de 4mil millones de soles para el mantenimiento de las instalaciones y organización del evento, el cual ha beneficiado a miles de personas que viven en zonas aledañas a los estadios o polideportivos dado que ya existe un lugar adecuado para que puedan ejercitarse y

recrearse. Sin embargo, aún existe una brecha de construcción en otros espacios administrados por el IPD y que se encuentran en mal estado debido a la pandemia, el escaso presupuesto y el largo plazo que se necesita para la evaluación de una nueva infraestructura. Es por ello que ganar las sedes de estos eventos es una oportunidad para mejorar y refaccionar la infraestructura existente y nuevas.

En base a los puntos anteriores, presentar la implementación de BIM y LPS en un proyecto de gran alcance como un estadio permite no solo mostrar las ventajas del uso de modelos BIM en la gestión inicial, sino que, al proponer la planificación de ejecución de proyecto mediante el uso de la herramienta LPS, facilita el seguimiento y el control de cambios en base a un modelo virtual y a los avances planificados para la ejecución del proyecto. Para esto, también se propone el trabajo colaborativo de todas los involucrados en la propuesta de diseño y planificación para lograr acuerdos a fin de mejorar la calidad de un proyecto, en este caso, deportivo.

1.6. Alcances

El alcance de la presente tesis es el modelamiento 3D de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones mecánicas, eléctricas, sanitarias y comunicaciones de un proyecto de estadio de un complejo deportivo. Con estos modelos, se realizará la coordinación mediante la detección de interferencias y registros de reuniones de colaboración con los interesados. Asimismo, se presentará una propuesta de planificación del proyecto en la fase de caso estructural utilizando la herramienta Last Planner System y modelos 4D BIM, la cual será validado por juicio de expertos del rubro. El proyecto de estudio es un estadio dentro de un complejo deportivo ubicado en la ciudad de Ayacucho.

2. Marco teórico

2.1. Lean Construction

La filosofía Lean fue aplicada por el ingeniero Taiichi Ohno en una empresa automotriz en Japón para lograr la reducción de pérdidas y generar valor al producto final mediante un aumento de la productividad, el desarrollo de equipos de trabajo y optimizar cada fase de una línea de producción. Esto se sugirió y reformuló para la construcción en 1992 a través de estudios realizados que buscaban una nueva filosofía de mejoras en la productividad, dar valor al producto final, controlar los procesos a lo largo del ciclo de vida del proyecto y reducir las pérdidas (Koskela, 1992). En relación a esto, también se concluyó que la implementación de la filosofía Lean Construction es más efectiva que la planificación de manera tradicional al tener una mejor metodología de trabajo a lo largo de la creación del proyecto (Koskela et al, 2007).

2.1.1. Definición y principios de Lean Construction

La definición más acertada al referirse a Lean Construction es el de “Construcción sin pérdidas”. Tal como se explicó en el párrafo anterior, la filosofía Lean ha sido estudiada y revisada en base a los objetivos logrados en la empresa Toyota, en la que se ha logrado la evasión o reducción de pérdidas, mejora de procesos, dar valor al proceso final, entre otros. Estas ideas o principios también están relacionados a la reducción de la variabilidad, control de todo el proceso, el desarrollo continuo a lo largo del ciclo de vida del proyecto, la reducción de desperdicios, entre otros (Koskela, 1992). En relación a esto, se ha aplicado dicha teoría en la construcción en la que no solo se busca cambiar paradigmas tradicionales, sino que se mantienen los flujos de trabajo añadiéndoles valor durante el proceso e involucrar a más partes del proyecto. Tradicionalmente, los procesos son desarrollados en fases, desde el anteproyecto, diseño, hasta la adquisición e instalación, los cuales son realizados de manera separada sin la conexión correcta entre

cada etapa. Es decir, cada fase tiene incluso distintos tipos de tareas, actores y flujos que no se conectan con la fase siguiente. En la figura 1 se muestra el esquema para la creación de flujos de trabajo Lean relacionando en las fases de proyecto, buscando que la entrega del producto final logre los objetivos de transformación, flujo y valor planteados por Lauri Koskela (Koskela et al, 2007).

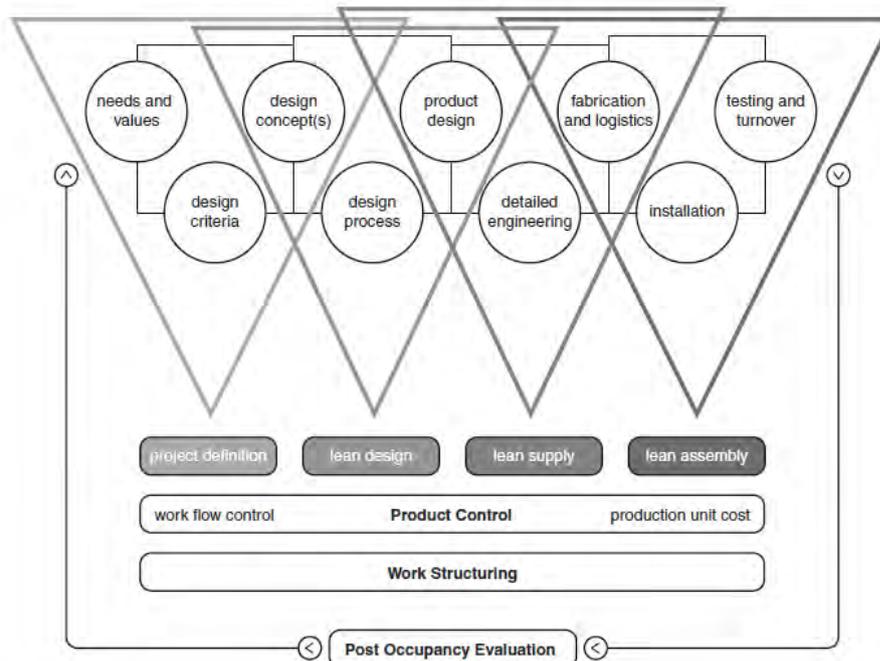


Figura 1. Relación entre fases y actores de un proyecto según la filosofía LEAN. Tomado de “The foundations of lean construction” por Koskela et al, (2007)

Asimismo, esto se vincula con las estructuras contractuales basadas en el término “Project Delivery System” o sistema de entrega de proyectos, en los que se tienen los modelos Diseño-Oferta-Construcción (por sus siglas en inglés: DBB), Diseño-construcción (Por sus siglas en inglés: DB) (Sacks et al, 2018), las cuales son referentes a la forma de interacción de los especialistas proyectistas y constructores con el cliente durante la creación de un proyecto. Con ellas y con el enfoque Lean, no se busca solo estructurar los flujos de entrega de proyectos durante las etapas de diseño – construcción,

es decir, no se busca realizar contratos con distintos involucrados hasta llegar al cliente, sino que se busca incluir y manejar los conceptos desde la concepción de la idea hasta la entrega del cliente (Koskela et al, 2007).

Al realizarse un análisis sobre la importancia de la eliminación de desperdicios, el cual es uno de los principios que sigue Lean, se ha registrado 3 tipos de trabajos en la construcción tales como Trabajo Productivo (TP), el cual es aquel que genera valor al producto; Trabajo Contributorio (TC), el cual es aquel que ayuda a genera valor al producto; y Trabajo No Contributorio (TNC), el cual no genera ni ayuda a crear valor al producto (Oglesby et al., 1989). Estos tipos de labores se han estudiado y se ha concluido que aún existe un margen alto de desperdicios al momento de la producción de un proyecto, tal como se muestra en la Figura 2 y que, por tanto, es de necesaria la aplicación de un nuevo enfoque para la reducción de mermas y otros.

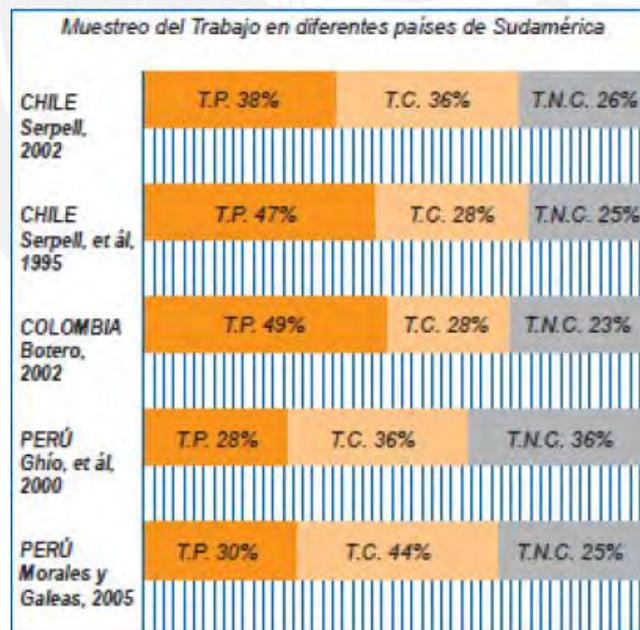


Figura 2. Muestreo de trabajo productivo, Contributorio y no Contributorio en distintos países de Sudamérica.

Tomado de “Lean Construction en el Perú” por Pablo Orihuela (2011).

2.2.Herramienta Last Planner System (LPS)

La herramienta Last Planner System (LPS) es conocida por vincular la planificación de un proyecto involucrando a los distintos actores o stakeholders para lograr una mejora en la productividad y control de plazos, desde lo más general a lo más específico; en contraste con lo definido y utilizado de manera tradicional en los proyectos. Esta idea surge desde la poca confiabilidad de un plan semanal en un proyecto en el cual existía un desfase entre las tareas que deberían estar siendo realizadas en el momento y tareas que ya habían empezado. Esta situación más la medición del porcentaje de avance realizado frente al porcentaje de avance planeado significó un cambio en los paradigmas de la planificación tradicional (Ballard et al, 2020). Desde ahí, se ha propuesto la implementación de esta herramienta en la planificación de los proyectos para lograr los objetivos deseados mediante el seguimiento del control de tareas a lo largo de la planificación del proyecto hasta su entrega al cliente.

2.2.1. Concepto de LPS

Last Planner System es una herramienta de gestión de planificación que nace de la relación entre la planificación, los planes y el plan de ejecución de un proyecto en contraste con lo tradicional. Este fue creado para generar un estándar de planeación de proyectos para crear cronogramas maestros a niveles de hitos generales, hasta la planificación semanal y diaria (Ballard, 2000). Asimismo, el LPS ha surgido para mejorar la variabilidad de los cronogramas de un proyecto y ha ayudado a mejorar la confiabilidad de los procesos de planificación, el rendimiento de la producción y el flujo de trabajo en un proyecto de construcción (Hamzeh, 2011).

Parte de esta herramienta son seis componentes de planificación, que van desde lo más general hasta lo más específico y detallado (Daniel, E. I. 2017) y son los siguientes:

1. Master Plan o Planificación Maestra. Este nivel de planificación se basa en crear cronogramas generales mediante hitos, duración del tiempo necesario para la culminación de una actividad y establecer precedencias entre tareas. Es un nivel de detalle amplio en la cual se analiza inicialmente las actividades y tareas importantes y necesarias para lograr los objetivos y organizar mejor el costo y plazo del proyecto.
2. Planificación por fases. El nombre de este nivel es más usado por la literatura en Lean Construction Institute, pero también es conocido como programación colaborativa entre algunos profesionales. Este nivel se refiere a la continuación del cronograma mediante la vinculación y colaboración de los proyectistas asociados al proyecto (Hamzeh, 2011). En ella, se identifica las relaciones entre las especialidades e, incluso, llega a incluir en las decisiones al cliente. En esta etapa se busca generar un mayor detalle sobre las fechas y actividades a realizarse, así como elaborar un horario más detallado para cada fase o hito descrito en el Plan Maestro.
3. Lookahead Planning o Programación anticipada. En este nivel de desarrollo de la planificación se busca la continuidad o el detalle más específico de las actividades a desarrollarse. Se examinan tareas que comprenden el trabajo de 3 a 6 semanas, y se revisan las restricciones en el flujo de trabajo, se detalla más específicamente las tareas de los procesos y/u operaciones y se asignan responsables (Hamzeh, 2011). Cabe mencionar que las fechas indicadas en un cronograma Lookahead no corresponde a una fecha de inicio establecido, sino que es una fecha ideal a las actividades para lograr mantener el flujo de trabajo (Daniel et al, 2017).

4. Proceso de preparación. Este componente sugiere la eliminación de las restricciones encontradas en el nivel anterior de planificación y distribuye los insumos de acuerdo a la productividad para lograr los objetivos deseados en los plazos establecidos (Daniel et al, 2017).
5. Planificación Semanal. Este nivel de planificación sugiere un mayor detalle respecto a las tareas, plazos y recursos a utilizarse en la ejecución del proyecto. Se revisan las tareas planificadas para la semana actual y se coordina con el equipo de proyectistas e involucrados para generar una nueva programación para la semana siguiente. Para esto, es necesario contar con que las 4 anteriores componentes sean cumplidas para que se pueda desarrollar, sin ningún tipo de restricción, las tareas indicadas. En ese sentido, se debe cumplir que el trabajo se encuentre bien definido (referido a la Programación Maestra), que pueda realizarse, que se encuentre secuenciado y que la carga de trabajo sea consistente con el rendimiento de los insumos (Daniel et al, 2017).
6. Aprendizaje. Como parte de la coordinación y planificación, se utilizarán las experiencias y conocimiento aplicados al proyecto para el registro y posterior implementación a otras propuestas de construcción. Como parte de la medida de implementación de LPS en un proyecto, se tiene el Porcentaje de Plan Completado (PPC) y la razón de no finalización (RPC) (Daniel et al, 2017).

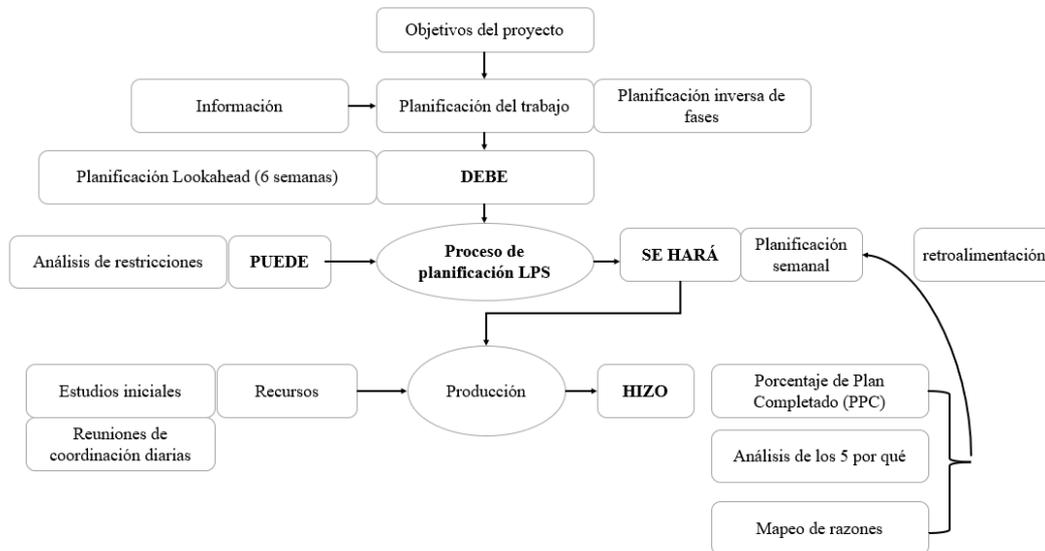


Figura 3. Proceso de la planificación Last Planner System.

Adaptado de “Last planner System implementation challenge” de Porwal et al (2010)

2.2.2. Principios de LPS

Al compartir las ideas de mejora para la entrega de un producto, la herramienta Last Planner System también se vincula con la filosofía Lean, incluso es considerada como una de las principales ideas de aplicación en la construcción (Koskela, 2007). Al estar ligada a esta filosofía, también se comparte algunos principios con el fin de lograr los objetivos deseados. Por ejemplo, Ballard et al., (2020) presenta lo siguiente:

- Mantener todos los planes y los niveles de detalles abiertos al público dentro del proyecto.
- Generar planes de manera colaborativa con los involucrados en el proyecto.
- Revisar y corregir la planificación de ser necesario
- Mejorar los flujos de trabajo en razón a mejorar el rendimiento en la operación.

- Aprender de los fracasos y errores encontrados al momento de realizar y ejecutar la planificación

Es importante destacar que esta herramienta LPS aun continua en constante investigación y cambios, sin embargo, aun comparte el objetivo de implementar una planificación colaborativa entre las partes involucradas en un proyecto y la revisión según la variación de nivel de detalle necesario para cada etapa y fase de la planificación de un proyecto.

2.2.3. Casos de uso de LPS

En la literatura, se puede encontrar distintos casos de estudio referente al uso de la herramienta LPS en distintas fases de la planificación de proyectos, tanto internacionales como nacionales. Por ejemplo, se tiene lo siguiente:

- Fosse y Ballard (2016) muestran un estudio de aplicación de la herramienta LPS durante la fase de diseño inicial, en la que se desarrolla la estimación de costos y plazos iniciales de un edificio de oficinas en Boston. En ella, demuestran que la implementación de una planificación maestra en la etapa inicial benefició en la elección de tareas y plazos entre actividades marcando hitos. Asimismo, se analizaron tareas precedentes y se definió la ruta crítica con las tareas sin lugar a cambios de plazos, luego se revisaron las tareas de manera semanal para la creación y aumento del nivel de detalle de las tareas hasta generar un aprendizaje sobre las restricciones encontradas. Esta decisión se tomó de manera colaborativa entre los involucrados y no solo logró la entrega del proyecto a tiempo, sino que la propuesta se mantuvo dentro del costo que deseaba el cliente

- Hamzeh (2011) presentó 3 casos de implementación LPS en las fases iniciales y finales en proyectos como hospital, edificios de oficinas y administrativas. En cada una de ellas explica que la aplicación de LPS conlleva a asumir ciertos retos de

reconocimiento, concepción de nuevas ideas y el aprendizaje sobre las restricciones y actividades realizadas. La primera de ellas se trata de la aplicación de LPS en un proyecto de hospital desde las etapas de diseño, en la que se aplicaron capacitaciones a los involucrados y se tenía una colaboración con el cliente en base al uso de herramientas y filosofía Lean. El segundo caso es un edificio de administración en la que se implementó LPS en la fase de construcción por un requerimiento del cliente. Aquí se evidenció que algunos interesados en el proyecto no conocían las formas de aplicación, por lo que fue necesaria una capacitación para lograr mejorar la planificación ya aprobada en la etapa de diseño. Finalmente, el tercer caso es un edificio de oficinas en la que se implementó LPS en la etapa final de la construcción del proyecto. En ella se evidenció que aún existe una falta de organización y asunción de la existencia de nuevas tecnologías para la mejora de la planificación, a pesar de haber probado la aplicación de LPS desde etapas tempranas sin éxito. Es decir, no hubo un aprendizaje adecuado.

En síntesis, es posible la aplicación de la herramienta LPS en etapas iniciales de planificación de un proyecto ya que genera valor al producto final, establece plazos deseados y detalla las actividades a realizarse. Sin embargo, es indispensable que exista una capacitación sobre los conceptos y principios de esta herramienta, así como el liderazgo para lograr que los objetivos deseados.

2.3. Metodología Building Information Modeling (BIM)

La Modelación de la Información de Construcción (por sus siglas en inglés: BIM) puede ser definida como una metodología, herramienta o enfoque entre las distintas revisiones de literatura. Sin embargo, todas concuerdan en que BIM facilita la colaboración entre los involucrados a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, utilizando modelos en 3D, 4D, 5D y más que dependen del nivel de madurez que se quiera lograr. En función a esto, distintos países han decidido implementar BIM en los planes de ejecución de proyecto

para, así, poder lograr una mayor interacción entre la realidad y lo virtual antes de pasar a la etapa de construcción.

2.3.1. Definición de BIM

Como se explicó anteriormente, BIM posee distintas definiciones según los autores que lo analizan. Por ejemplo, Sacks et al (2018) explica que la definición de BIM es un proceso de diseño, construcción y la gestión de activos, el cual asocia la implementación de tecnologías, la misión comercial sobre esta aplicación y el ingreso de información a los modelos virtuales para el control cuando una edificación esté finalizada. Esto implica la creación de modelos virtuales o 3D mediante softwares que permiten la revisión de especialidades y realizar cambios al momento, antes de pasar a la construcción. Asimismo, según la Norma Técnica Peruana ISO 19650-1 indica que BIM es un modelo virtual compartido de un proyecto que se utiliza para facilitar los procesos de diseño, ejecución y operación para la toma de decisiones (INACAL, 2021). Para esto, BIM provee la integración de toda la información a través de parámetros o información no gráfica y solamente gráfica. Del mismo modo, el documento del Plan de implementación y Hoja de Ruta BIM propuesta por el Ministerio de Economía define a BIM como “una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). Esto también refiere al uso de modelos 3D para la gestión de los procesos y revisión de interferencias, así como facilitar la programación multianual, formulación, diseño y construcción, y operación y mantenimiento, es decir, el ciclo de inversión para el caso de un proyecto público.

En base a lo anterior, se puede concluir que la mayoría de estas definiciones se refieren a BIM como un proceso o metodología integrada, el cual se rige bajo estándares y procesos para poder desarrollar modelos virtuales a través de tecnologías y softwares,

mostrando la información contenida en el proyecto para ser usada a lo largo del ciclo de vida.

Parte de esta metodología es el uso de modelos 3D del proyecto, en el cual se hacen las revisiones respectivas referentes a la integración entre especialidades como arquitectura, estructura e instalaciones, y se incluye la información en los elementos modelados a través de parámetros. Para esto, existen softwares comerciales como Revit, Tekla, Archicad, entre otros, que son de fácil manejo, facilitan el acceso al manejo de información incluso a personas sin una capacitación exhaustiva previa y permiten la visualización del proyecto para las coordinaciones necesarias. Sin embargo, aún persiste la idea errónea de que estos softwares son BIM y, por tanto, se debe dejar en claro que estos solo son plataformas utilizadas para implementar BIM en un proyecto.

BIM ha sido aplicado en distintos proyectos de países como Reino Unido, Estados Unidos, Chile, Colombia, entre otros, mediante estándares y planes de ejecución e implementación tanto a los sectores privados como públicos. En ellos, se ha reconocido los desafíos a cumplir para lograr un avance en el crecimiento de la industria de la construcción y la mayor vinculación de los involucrados mediante la colaboración a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). En relación a esto, tanto en Europa como América se han creado grupos de trabajo con una idea en común que es la realización de programas nacionales de implementación BIM en proyectos de sectores públicos y privados, tales como el EU BIM Task Group y la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.

2.3.2. Beneficios de usar BIM

Según la literatura revisada, existen distintos beneficios BIM que dependen de la etapa en la que se esté implementando y el conocimiento de su uso por parte de los miembros de los equipos encargados. En el libro BIM Handbook se explica que el uso de BIM facilita los procesos de diseño, construcción, sostenibilidad, operación, entre otros, en proyectos complejos en comparación con una metodología tradicional (Sacks et al., 2018). En relación a esto, los principales beneficios de BIM son los siguientes:

- Para el constructor, el mayor beneficio BIM es la evaluación anticipada de la viabilidad de un proyecto al analizar los costos y plazos para la ejecución de un proyecto.
- Los modelos 3D BIM ayudan a observar los cambios en el diseño en diferentes vistas creadas en cualquier momento durante el proceso.
- Reduce los errores asociados a dibujos 2D al proporcionar una información consistente ante cualquier cambio durante el proceso de diseño.
- La revisión de los modelos coordinados entre distintas especialidades permite la detección de interferencias, incompatibilidades y faltas de información necesarias en el proyecto.
- Facilita la colaboración y comunicación entre proyectistas de distintas especialidades a través de un entorno común de datos y mediante modelos coordinados 3D.
- El uso de modelos 4D (tiempo) y 5D (costos) en la etapa de diseño permite también la inclusión de los contratistas constructores en esta etapa del proyecto para resolver dudas y encontrar la mejor propuesta.
- Permite incluir otras metodologías, filosofías o herramientas en el proceso para mejorar la calidad del producto final.

Asimismo, el Tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima indica que un 49% y 44% de los profesionales encuestados están entre De acuerdo y Totalmente de acuerdo, respectivamente, en que BIM mejora la calidad de la información; y un 91% coinciden en estar De acuerdo y Totalmente de acuerdo en que BIM mejora la calidad del proyecto (Murguía et al., 2023). La figura 3 muestra los resultados de la percepción del impacto BIM en un proyecto.

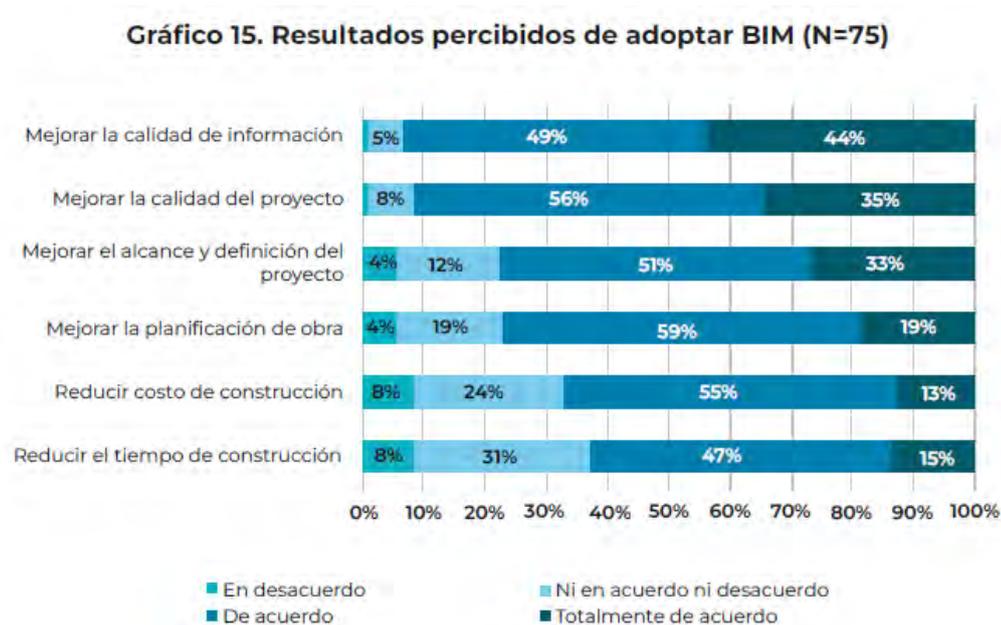


Figura 4. Percepción de la adopción BIM en proyectos.

Tomado del “Tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima” por Murguía et al., 2018.

2.3.3. Implementación BIM en proyectos peruanos

En el Perú existe un interés en la adopción de BIM en proyectos del sector público para, principalmente, reducir o eliminar errores al seguir la metodología tradicional de gestión de proyectos y evitar situaciones de corrupción por parte de funcionarios del estado (Salinas et al., 2021). Ante esto, el Ministerio de Economía y Finanzas (conocido como su acrónimo MEF) ha desarrollado el Plan BIM Perú, el cual surge como un planteamiento acerca de la implementación BIM en proyectos desarrollados en el sector

público, junto con la colaboración del sector privado y universidades, para mejorar los procesos de las 4 etapas del ciclo de inversión de un proyecto estatal, estableciendo hitos y rutas (MEF, 2021). Este ciclo de inversión (véase figura 4) incluye las fases de una programación multianual de inversiones por parte de los gobiernos locales, municipios y/o gobiernos regionales; formulación y evaluación, en la cual se estudia la viabilidad de los proyectos a realizarse; ejecución, en la que se realizan los expedientes técnicos de la gestión de un proyecto; y finalmente funcionamiento, el cual es la puesta en marcha de los servicios que se brinde en el establecimiento construido (Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de inversiones [INVIERTE.PE], s.f.).



Figura 5. Ciclo de inversión de un proyecto.

Adaptado de (INVIERTE.PE, s.f)

Por otro lado, el Tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima muestra que existe una variación entre los años 2020 y 2023 respecto al nivel de adopción BIM en proyectos de edificaciones urbanas, tal como se muestra en la figura 5. Según el estudio, esta reducción de 3% es menor al margen de error del 5% y, al tenerse un 95% de confiabilidad de la encuesta, el porcentaje de nivel de adopción finalmente se encuentra entre el 30 a 42% (Murguía et al., 2023)

Gráfico 2. Comparación de nivel de adopción BIM en Lima – 2017 vs 2020 vs 2023

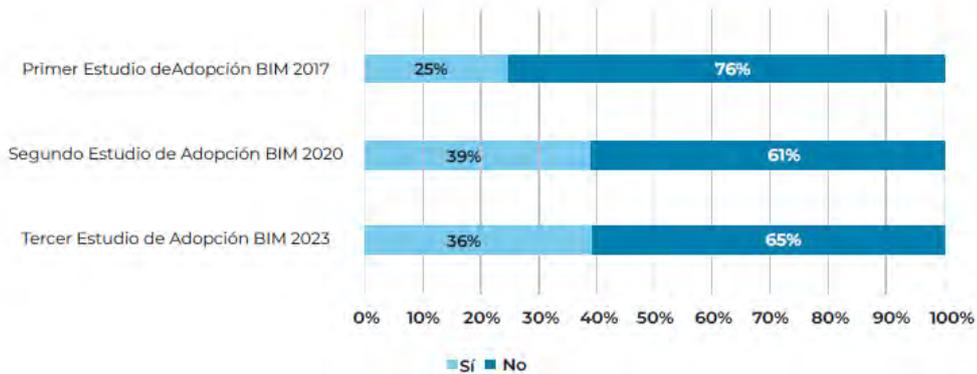


Figura 6. Comparación de nivel de adopción BIM entre los años 2017, 2020 y 2023 en proyectos de edificaciones urbanas en Lima.

Tomado del “Tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima” por Murguía et al., 2023.

2.3.4. Integrated concurrent engineering (ICE)

La ingeniería concurrente integrada, conocida por sus siglas ICE en inglés, es una metodología que permite la colaboración entre los interesados de un proyecto para la resolución de interferencias y situaciones en determinadas fases de un proyecto (Chachere et al., 2009). En ella, se realizan reuniones dentro de un área diseñada para esto que permita la visualización de modelos 3D, 4D, 5D, entre otros, para una evaluación eficiente y rápida. Este método surge a partir de la idea de aplicación en oficinas de la NASA en 1996 para la fase de diseño en la cual se observó una reducción en los tiempos de latencia de observaciones realizadas. A partir de ello, se empezó a aplicarlo de manera pedagógica junto con la enseñanza de métodos de Diseño y Construcción Virtual (por sus siglas en inglés VDC) en el Centro de Ingeniería de Instalaciones Integrada (por sus siglas en inglés CIFE) en el año 2004, en la cual se evidenció la capacidad de creación y coordinación de proyectos entre los alumnos (Chachere et al., 2009).

Una de las soluciones prioritarias que brinda la aplicación de sesiones ICE en la gestión de un proyecto es la reducción del tiempo de latencia, el cual es el periodo de respuesta ante una situación presentada a un grupo de proyectistas y el tiempo que demoren en acordar una solución. Generalmente, en la práctica convencional, los tiempos de latencia son ente 1 a 3 semanas, sin embargo, al integrarse las sesiones ICE esta se reduce a solo horas o minutos (Chachere et al., 2009), además que se logra una reducción también en los cronogramas de un proyecto. Por ejemplo, la empresa Graña y Montero, en el 2014, presentó una comparación entre la cantidad de situaciones y los tiempos de latencia al implementar sesiones ICE en sus proyectos (Murguía, 2020), tal como se puede observar en la Figura 7.

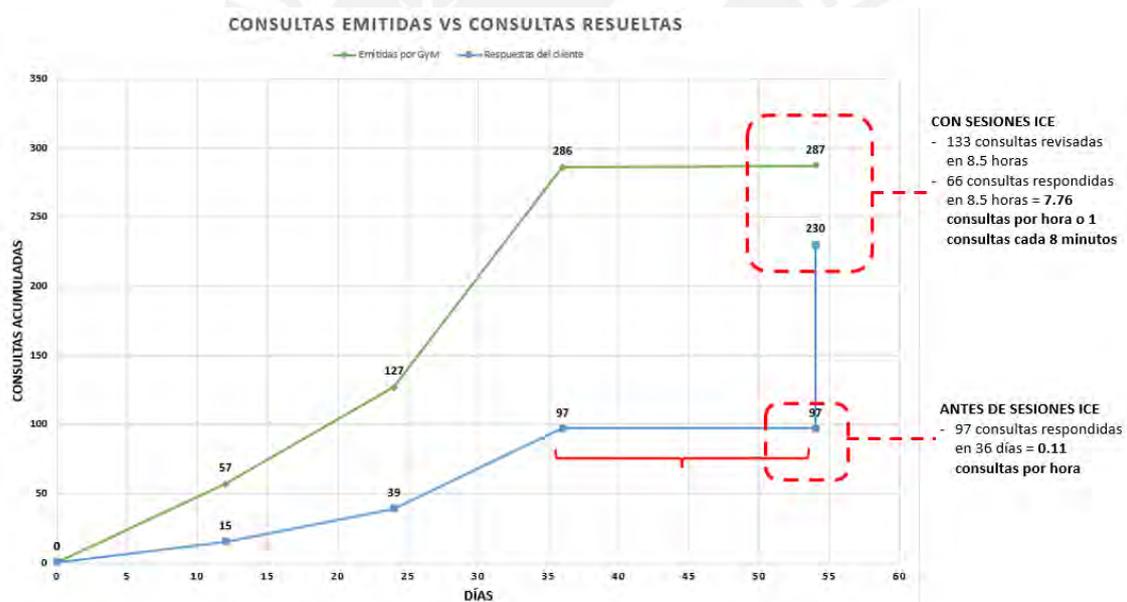


Figura 7. Comparación entre la cantidad de observaciones y tiempos de respuesta con sesiones ICE.

Traducido de Sesión 8: ICE y BIM por el Departamento de Ingeniería PUCP

Asimismo, un estudio de implementación de filosofía VDC y sesiones ICE en proyectos inmobiliarios en Lima señala que un 50% de profesionales entrevistados confirma que diariamente se presentan problemas causados por una incorrecta comunicación entre las

partes del proyecto (Quiso et al., 2021). Esto puede solucionarse a través de la implementación de sesiones ICE y, así, lograr un aumento de la productividad, resolver interferencias e incompatibilidades al instante, revisar restricciones y evaluar propuestas de planificación de plazos y costos. Esto se evidenció en el mismo estudio al presentar que con ICE se logró reducir la cantidad de observaciones a cero, facilitar la comprensión del equipo de obra y aumenta la productividad al mejorar el entendimiento de los procesos y entregables (Quiso et al., 2021).

2.4.Comparación entre LPS, BIM y el Uso de Metodología Tradicional

La metodología tradicional aún es aplicada en la ejecución de distintos proyectos tanto en el sector privado como público, sin embargo, en los subcapítulos anteriores se ha evidenciado que al incluir nuevas herramientas y metodologías como Last Planner System y BIM se han obtenido beneficios para mejorar la calidad de un proyecto o producto final. Esto no solo funciona por separado, sino que también existen estudios que han evaluado la integración entre LPS y BIM en distintos proyectos, incluso incluyendo la filosofía Lean para lograr los objetivos deseados.

2.4.1. Características de la metodología tradicional

Para aprobar la factibilidad de un proyecto es necesario evaluar los costos y plazos que demandan para elegir una propuesta del proyecto que se desea ejecutar. Sin embargo, existe la idea de que los planes realizados para una propuesta son suficientes y no necesitan de evaluaciones posteriores o revisiones ni ajustes (Ballard, 2000). Tradicionalmente, la planificación de un proyecto se realiza en distintas fases como anteproyectos, diseño, construcción y operación, en las que no existe una interacción ni colaboración entre los equipos encargados (Koskela et al. 2007) y tampoco se genera un flujo de trabajo en la que se revise el avance para lograr la entrega de valor. De encontrarse algún error u otro, generalmente se detiene la ejecución del proyecto hasta solucionar lo

observado, variando el cronograma propuesto inicialmente e influenciando en los costos al realizarse retrabajos.

Asimismo, las entregas de la información se realizan con dibujos 2D y son compartidos a los distintos proyectistas interesados, en los que la falta de información, incompatibilidades entre especialidades, entre otros, también generan un costo adicional y retrasos en el cronograma (Sacks et al., 2018). Esto ocurre debido a la diferente percepción entre el equipo de diseño y de construcción, ya que los proyectistas diseñadores materializan en 2D lo que imaginan en 3D y los contratistas constructores revisan los dibujos 2D a su manera y luego lo plasman en un modelo 3D mental (Eyzaguirre, 2015) y lo ejecutaran en obra. De presentarse alguna interferencia, está recién será observada al momento de su construcción, lo cual genera Solicitudes de Información (por sus siglas en inglés RFI) y se paraliza la tarea hasta la solución de la misma. La figura 7 muestra el flujo de comprensión de información 2D.



Figura 8. Interface de comunicación y entendimiento en el método tradicional.

Adaptado de Eyzaguirre (2015).

Actualmente, los proyectos son más complejos ya que se evalúa la capacidad de integrar funciones de sostenibilidad, diseños retadores, reducción de costos y plazos más cortos. Además, el crear proyectos de gran magnitud también genera una mayor cantidad de personas dentro de los equipos para lograr cumplir con los tiempos estimados de entrega, sin embargo, es difícil lograr el manejo de una gran cantidad de recursos al

trabajar en fases distintas (Sacks et al, 2018). La figura 8 muestra un diagrama de un equipo de proyecto y los límites típicos organizacionales:



Figura 9. Diagrama de un equipo de proyecto y los límites típicos organizacionales

Traducido y adaptado de “BIM Handbook” por Sacks et al., (2018).

Muchos de estos proyectos dependen de la interacción entre los involucrados y el tipo de contrato bajo el que se rigen para el desarrollo del diseño y construcción de un proyecto bajo un Sistema de Entrega de Proyecto o Project Delivery System (PDS).

- Modelo Design - Bid – Build (DBB). Se caracteriza al proponer que el cliente contrate a un especialista arquitecto, quien a su vez contrata a otros especialistas para el diseño de instalaciones, estructuras, entre otros, y genera un expediente técnico. Una vez finalizada este último se desarrolla un proceso de licitación y se designa a un constructor externo que no tiene vinculación con el equipo de diseño. Este método obliga a que el arquitecto desarrolle una entrega completa a los demás especialistas para desarrollar los documentos necesarios para que, al iniciarse la construcción, no se generen RFIs por la falta de información o alguna incompatibilidad entre las especialidades

incluidas (Farfán et al., 2016), generándose sobrecostos y aumento en los plazos del trabajo.

- Modelo Design – Build (DB). Aquí, el cliente contrata tanto al equipo de diseño como de construcción para generar un expediente técnico en base a las necesidades y solicitudes del propietario (Sacks et al., 2018). Se caracteriza por la rapidez en el comienzo de la ejecución de un proyecto ya que se definen los costos y la planificación de tiempo entre el equipo de diseñadores, constructores y cliente (Farfán et al., 2016).

- Modelo Construction Management at Risk (CM@R). Se caracteriza por la inclusión temprana del constructor en la fase de pre diseño y mantiene a los diseñadores en la etapa de construcción (Sacks et al., 2018). Sin embargo, los contratos entre las partes involucradas son por separado (Farfán et al., 2016).

- Modelo Integrated Project Delivery (IPD). Se caracteriza por buscar la mayor colaboración entre el equipo de diseño, constructores y cliente durante toda la creación del proyecto hasta su entrega final (Sacks et al., 2018). Para ello, se utilizan herramientas que permitan la comunicación y conceptualización del proyecto a través de la colaboración. Además, el principal beneficiado en este tipo de métodos es el cliente (Farfán et al., 2016).

La figura 10 muestra las relaciones contractuales y los involucrados en un proyecto de construcción.

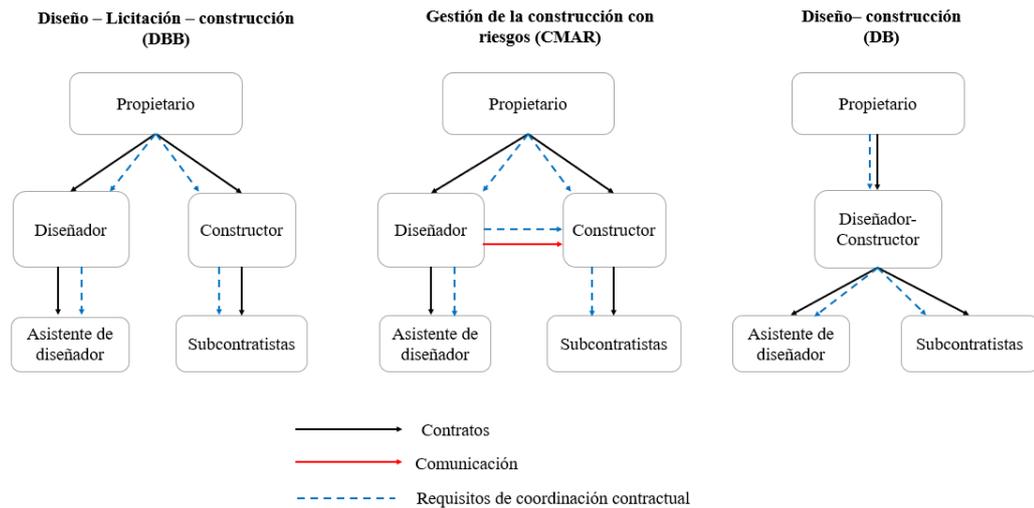


Figura 10. Diagrama de PDS.

Traducido de BIM Handbook de Sacks et al., (2018).

2.4.2. BIM vs Sistema tradicional

Es posible implementar BIM en distintas fases de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, sin embargo, es importante reconocer en cuales se tendrá mayor beneficio para lograr los objetivos deseados. Entre ellas, uno de los mejores beneficios al implementar BIM es en la parte de diseño, ya que en ella se conceptualiza una propuesta en modelos 3D involucrando a los proyectistas diseñadores y a los constructores, logrando una mayor idealización del proyecto y evitando pasos innecesarios y errores de conceptualización al usar dibujos 2D (Eyzaguirre, 2015), tal como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Conceptualización ideal de diseño y construcción.

Adaptado de Eyzaguirre (2015).

Cada uno de los involucrados trabaja en un único entorno de datos compartiendo la misma información. Asimismo, es en esta fase de diseño en la que se crean los modelos 3D y se evalúan los conflictos e interferencias que pueden generarse a partir de la coordinación entre especialidades, además de que se puede generar modelos de simulación de la construcción 4D y un análisis de costos 5D (Wickramasekara et al., 2020) incluyendo a los stakeholders que, con la metodología tradicional, pudieron haber entrado en una fase siguiente de la de diseño.

Del mismo modo, es posible utilizar los modelos 3D permite que los cambios se actualicen en todas las vistas o planos generados a partir de ellos, ya que ya no se realizan de manera separada, sino que se crean directamente de los modelos (Sacks et al., 2018). Asimismo, de haber alguna consulta sobre algún detalle en el proceso, es posible compartir y revisar en el instante toda la información que se encuentre incluida dentro de los modelos. Al agregarse información no solo geométrica, sino que también paramétrica, se logra mayores beneficios en la etapa de diseño al poder realizar análisis de sostenibilidad, extracción de costos de manera temprana para su evaluación, extracción de cantidades de materiales e insumos, planificación de la obra, evaluación de espacios, entre otros (Sacks et al., 2018).

2.4.3. LPS vs Sistema Tradicional

La principal razón del surgimiento de la herramienta LPS es por la falta de seguimiento de la planificación de un proyecto siguiendo una metodología tradicional, ya que no se genera una evaluación respecto a las fechas programadas y tareas planificadas y realizadas (Ballard, 2000), es decir, se genera una variabilidad que influye en el rendimiento. LPS incluye 5 etapas de planificación desde un nivel general mediante hitos hasta un cronograma detallado de tareas por semana o día, la cual es evaluada y dirigida

por un equipo encargado y no solo por una persona, además de incluir principios Lean en su aplicación.

En la metodología tradicional se cree que la planificación de no sugiere cambios y, más bien, esta es considerada perfecta (Ballard et al, 2020) y debe ejecutarse tal y como ha sido planeado, sin evaluar la existencia de restricciones y otros. En relación a ello, LPS se divide en 4 tipos, desde la ejecución del trabajo que debe ser hecho según una planificación inicial (DEBE), el trabajo que puede ser realizado en base a las restricciones presentadas (PUEDE), el trabajo que se ejecutará al haber evaluado las restricciones y la planificación inicial (HARÁ), hasta el trabajo realizado (HECHO) (Ballard, 2000). Asimismo, cada uno de los niveles en los que se divide el LPS para la planificación se debe desarrollar junto con un equipo que incluya a la producción de la construcción (Kongguo, 2014). En ese sentido, con el LPS es posible controlar dos aspectos: el flujo de trabajo y el flujo de la unidad de producción, las cuales se refieren a vincular las diferentes unidades de producción en un proyecto y presentar las tareas semanales a los trabajadores a través de una mejora continua de las actividades programadas, respectivamente (Kongguo, 2014).

Sin embargo, aún se observa que los cronogramas son excesivamente detallados aun en la planificación inicial (Ballard et al, 2020) debido, principalmente, a que los autores de estos cronogramas no conocen completamente el proyecto o la gestión del mismo. Frente a ello, se puede concluir que esta herramienta aún se encuentra en constante cambio y estudio para aprovechar los principios en los que se rige.

2.4.4. BIM y LPS

Existen estudios e investigaciones acerca del aprovechamiento de implementar la metodología BIM y la herramienta LPS en la planificación y gestión de un proyecto. Por ejemplo, Wickramasekara et al., presenta una recopilación de las investigaciones de

distintos autores quienes presentan los beneficios y la sinergia de utilizar BIM y LPS en diferentes proyectos. La mayoría recalca en que BIM y LPS trabajan correctamente en la implementación de modelos de simulación 4D junto con la integración de un plan maestro, planificación anticipada y una planificación semanal; así como la detección de interferencias y generación de RFIs para la planificación anticipada, semanal y diaria (Wickramasekara et al., 2020). Asimismo, se presenta un flujo de trabajo integrando BIM y LPS en las fases de conceptualización, diseño inicial, diseño a detalle y construcción, junto con la implementación de modelos conceptuales (Wickramasekara et al., 2020), tal como se observa en la figura 12.

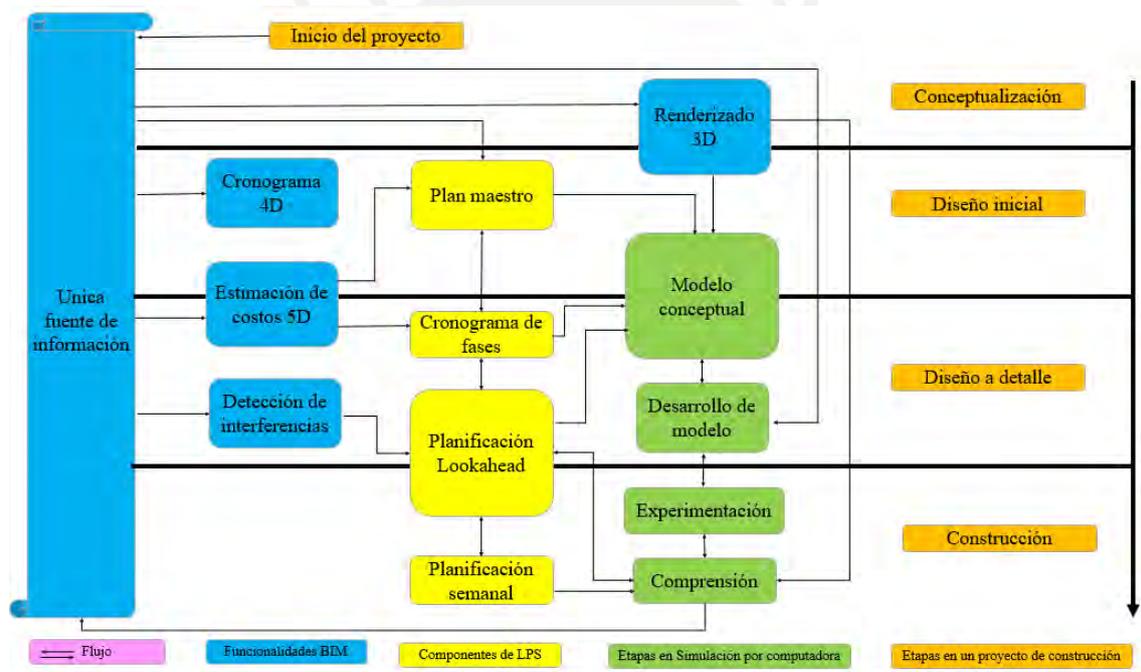


Figura 12. Flujo de trabajo con la integración de BIM, LPS y modelos conceptuales.

Traducido de “Exploring the integration of Last Planner System, BIM, and Construction Simulation” por Wickramasekara et al., 2020.

De forma similar, diferentes tesis de investigación concluyen que la integración de LPS y BIM para la planificación inicial y detallada en diferentes proyectos permiten otorgar un mayor valor al producto final aprovechando los beneficios que cada metodología otorga. Por un lado, la tesis de Trejo (2022) presenta una evaluación al

implementar LPS y el uso de dimensiones 4D y 5D de BIM en la planificación de un proyecto inmobiliario, en la cual concluye que la sinergia entre LPS y BIM a través de uso de softwares como Vico Office permite un mayor control sobre la planificación a través de la automatización de procesos; incluso, otorgan un nivel de confiabilidad mayor respecto a los documentos e información extraída de los modelos. Por otro lado, la tesis de Infante (2023) menciona que es importante que antes de empezar con la implementación de BIM en un proyecto, es necesario que se implemente y capacite primero la herramienta LPS para lograr los objetivos de la ejecución. En base a la literatura revisada, es posible aplicar la sinergia del LPS y BIM en proyectos no solo de edificios multifamiliares, sino de grandes complejos deportivos.

2.5. Complejos Deportivos

Los complejos deportivos son un conjunto de edificios que pueden estar en una sola estructura o dispersos en toda el área del terreno (Crane et al., 1992), diseñados especialmente para el desempeño de diferentes deportes. Estas pueden caracterizarse por la cantidad de espectadores que pueden albergar, las actividades a realizarse y la influencia en la población. Algunos edificios que se encuentran en ella permiten la ejecución de deportes como natación, atletismo, lucha, fútbol, básquet, vóley, entre otros, y deben cumplir las normativas exigentes a cada una de estas actividades y según los requerimientos técnicos de asociaciones internacionales tales como la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA por sus siglas en inglés), Federación Internacional de Natación (FINA por sus siglas en inglés), entre otras.

Según Crane y Dixon en el libro “Espacios Deportivos Cubiertos” (1992), los complejos o centros deportivos se pueden caracterizar según su función y según su forma. En primer lugar, según su función se dividen en:

- Centros deportivos regionales. Estos complejos se definen por la capacidad de albergar entre 25 000 a 100 000 espectadores, además de ser apta para diversos deportes y actividades de ocio. Como ejemplo, el Estadio Monumental “U” tiene la capacidad de casi 80 093 personas entre tribunas y palcos, y es considerada como uno de los estadios más grandes de Sudamérica. Posee distintas estructuras como canchas de frontón, tenis, polideportivos y zonas de esparcimiento (El Comercio, 2023).



Figura 13. Estadio Monumental “U”.

Tomado de “¿Qué se sabe del estadio Monumental? Capacidad, cuándo se inauguró y otros detalles del escenario para la final de la Liga 1” en El Comercio (2023)

- Centros deportivos locales. Estos complejos deportivos se caracterizan por albergar entre 2000 a 10 000 espectadores en sus instalaciones, además de incorporar en sus instalaciones la ejecución de otras actividades distintas a las deportivas. Como ejemplo, el coliseo Gran Qhapac Ñan ubicado en la provincia de Cajamarca tiene capacidad de recibir a cerca de 8 000 espectadores y permite la ejecución de distintas actividades deportivas y culturales, tales como la práctica de vóley, básquet, concursos y conciertos (Lozano, 2023)



Figura 14. Coliseo Gran Qhapac Ñan

Tomado de “Cajamarca: municipio inaugura coliseo Gran Qhapac Ñan” por Lozano (2023).

En segundo lugar, según su forma, los complejos deportivos pueden diferenciarse entre compactos y dispersos de acuerdo a la agrupación de práctica de deportes en un mismo lugar o si estos se desarrollan en distintos edificios dentro de un mismo terreno. (Orellana, 2017). Como ejemplo, el estadio Monumental descrito anteriormente tiene instalaciones aptas para la ejecución de deportes como frontón, tenis, entre otros, dentro del mismo edificio. Sin embargo, complejos como la Villa Deportiva Nacional (por sus iniciales VIDENA) albergan no solo polideportivos, sino que también un centro acuático, velódromo, oficinas, estacionamientos, estadios atléticos, entre otros, ubicados y ordenados en toda el área disponible del terreno (Montestruque, 2019).



Figura 15. Villa Deportiva Nacional.

Tomado de “Legado Lima 2019” en <https://legado.gob.pe/sedes-legado/videna>

2.5.1. Estadios

Los estadios son espacios que permiten la realización de actividades deportivas, de ocio y entretenimiento, y manifestaciones de carácter políticos-económicos y sociales al tener la capacidad de recibir una afluencia significativa de personas (Paramio, 2004). Estas instalaciones pueden contener áreas de esparcimiento y desarrollo de distintos deportes, así como ubicarse dentro de un complejo deportivo junto con otros edificios asignados a la práctica de otras actividades, tales como polideportivos, centros de natación, entre otros.

Actualmente, se ha priorizado el diseño arquitectónico, junto con la seguridad, comodidad y versatilidad de los espacios para generar una mayor rentabilidad a la ciudad y a los clubes asociados a los estadios, aumentar las rentas de espacios, implementar avances tecnológicos y permitir el desarrollo de actividades de diversión y entretenimiento (Paramio, 2004). Esto se debe a que construir este tipo de infraestructuras en una determinada zona de una ciudad posibilita la creación y surgimiento de nuevos comercios cerca de su ubicación, así como mejorar el contexto urbano y permitir el desarrollo de eventos deportivos de relevancia significativa (De Rioja, 2004).

En algunos casos, la creación y mantenimiento de estos espacios deportivos dependen de la participación en eventos deportivos trascendentales como Olimpiadas, Juegos internacionales, entre otros, debido a la exigencia de diseño necesario para cumplir con las exigencias de reglamentos internacionales y nacionales (Montestruque, 2019). Así, si un estadio no cumple con los requerimientos actuales necesarios para admitir la ejecución de deportes, existe el riesgo de que no se desarrollen estos eventos y genere un impacto social y económico en la ciudad. Para ello, De Rioja (2004) indica que los diseños de los estadios deben contemplar componentes esenciales como actividad, espectadores, lugar, tradición, legislación, cultura, negocios, centros de ocio, entre otros. Ellos, junto

con la necesidad de construirlos para un evento internacional, genera la creación de grandes centros deportivos o super estadios.

En ese sentido, se puede concluir que un estadio no solo debe estar habilitado para las prácticas de distintos deportes, sino que también debe ser multifuncional al ser sede de eventos de entretenimiento, espectáculos, áreas de concentración de masas para transmitir la cultura e ideas políticas-económicas de una sociedad. Esto puede llevarse a cabo ya que logran albergar a una significativa cantidad de personas de distintas clases sociales, género, ideales, etc., además de crear un ambiente de comunidad e intercambio social.

2.5.2. Situación de estadios y complejos deportivos en el Perú

En el documento del Compendio Estadístico emitido por el IPD en el año 2022, se indican las siguientes cifras respecto a las condiciones en las que se encuentran los complejos deportivos en el Perú. Tal como se puede observar en la tabla 01, actualmente el IPD administra 216 infraestructuras deportivas como coliseos, estadios, complejos deportivos, piscinas, entre otros, y terrenos propios.

Tabla 01. *Número de bienes administrados por el IPD*

| BIENES INMUEBLES | NÚMERO | PORCENTAJE |
|-----------------------------|------------|----------------|
| TOTAL | 216 | 100.00% |
| Infraestructura deportiva | 142 | 65.74% |
| • Coliseos deportivos | 23 | 10.65% |
| • Mini coliseos | 1 | 0.46% |
| • Complejos deportivos | 27 | 12.50% |
| • Mini complejos deportivos | 8 | 3.7% |
| • Estadios | 56 | 25.93% |
| • Piscinas | 8 | 3.70% |
| • Otros | 19 | 8.80% |
| Terrenos | 74 | 34.26% |

Nota. Adaptado de “Compendio Estadístico”, por IPD, 2022.

Asimismo, la mayor cantidad de infraestructura deportiva y predios se encuentran en la región de Cajamarca, seguida de Lima Metropolitana y Arequipa, tal como se puede observar en la figura 16:

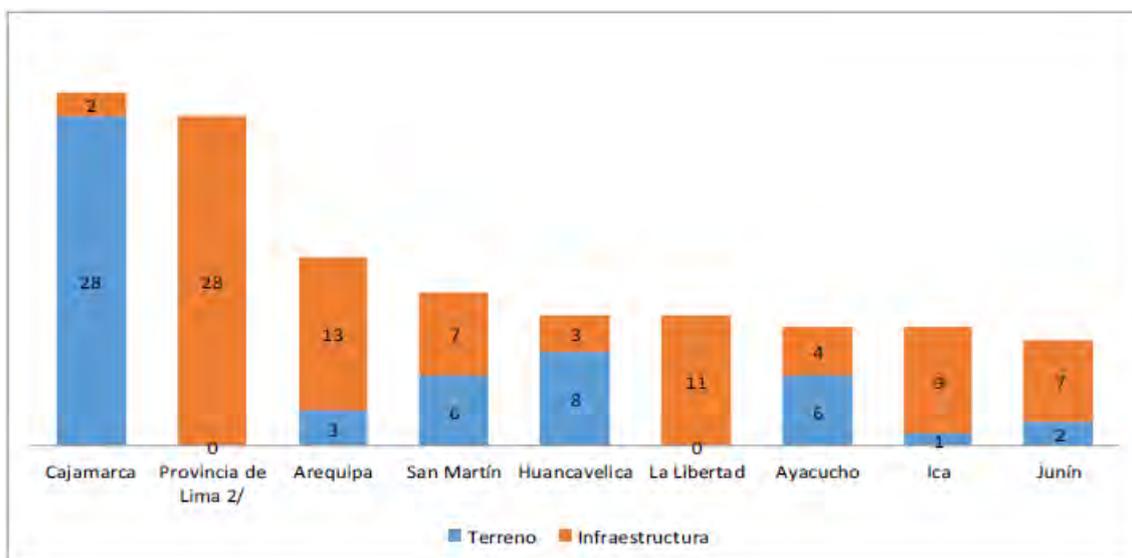


Figura 16. Regiones con mayor número de predios e infraestructura deportiva administradas por IPD.

Tomado de “Compendio Estadístico”, por IPD, 2022.

Por otro lado, los gobiernos locales en el Perú también gestionan una mayor cantidad de infraestructura deportiva y recreativa, lo cual incluye también parques zonales, parques infantiles, parques recreativos, entre otros, tal como se puede observar en la tabla 02. Como énfasis, algunos de estos predios pasan a ser administrados por el IPD o son cedidos a clubes privados de equipos de fútbol u otro deporte para el manejo final de las instalaciones. Esto es principalmente por los costos que significa el mantenimiento y operación de estas estructuras y ser figuras propias de un club en específico en cada región (De Rioja, 2004).

Tabla 02. *Número de infraestructuras deportivas y recreativas en cada región en el 2022.*

| Tipo de infraestructura deportiva | 2022 |
|--|-------------|
| Total | 8360 |
| Coliseos deportivos | 471 |
| Complejos deportivos | 1 127 |
| Estadios | 1 261 |
| Gimnasios | 28 |
| Losas de básquet | 189 |
| Losas de fútbol | 1 154 |
| Losas de vóley | 346 |
| Losas Multideportivas | 2 816 |
| Otros (Parques infantiles, losas, campos deportivos) | 386 |
| Parques zonales | 290 |
| Piscinas | 292 |

Nota. Adaptado de “Compendio Estadístico” por IPD, 2022

Respecto a las cantidades administradas tanto por el IPD y los gobiernos locales, solo algunos de las infraestructuras pasan por un proceso de mantenimiento y/o reconstrucción, según las necesidades de los mismos. Como se mencionó en sub capítulos anteriores, estos trabajos de acondicionamiento dependen de la existencia de eventos deportivos de considerable envergadura. En ese sentido, y también por la necesidad de mejorar los espacios para eventos locales, es que durante el año 2022 se ha propuesto y designado presupuesto para el mantenimiento de 17 instalaciones deportivas distribuidas en las regiones de Arequipa, Cajamarca, Lima, entre otras, tal como se muestra en la tabla 03.

Tabla 03. *Número de infraestructuras deportivas en mantenimiento en el 2022.*

| Región | Cantidad |
|---------------|-----------------|
| Arequipa | 01 |
| Cajamarca | 01 |

| | |
|--------------------|-----------|
| Ica | 01 |
| Junín | 01 |
| Lambayeque | 01 |
| Lima metropolitana | 09 |
| Pasco | 01 |
| San Martín | 01 |
| Tacna | 01 |
| TOTAL | 17 |

Nota. Adaptado de “Compendio Estadístico” por IPD, 2022.

2.5.3. Normativa deportiva

Tal como se ha descrito anteriormente, el diseño de un complejo deportivo debe corresponder no solo a las normas técnicas de cada país donde se desarrolle, sino que también debe cumplir con los requisitos que sugieren distintas organizaciones deportivas, tales como la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA), el World Athletic, la Federación Internacional de Natación (FINA), entre otras, las cuales indican ciertos parámetros de diseño de acuerdo a los tipos de deporte. En el Perú, la norma técnica encargada de sugerir los lineamientos mínimos para infraestructuras deportivas y de ocio es la Norma Técnica A100 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.5.3.1. Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA)

La FIFA presenta un manual de requisitos y sugerencias que se deben implementar para el diseño de un estadio de fútbol que servirán como sedes de eventos deportivos tanto internacionales como de clubes nacionales. En ese sentido, las principales consideraciones a tenerse en cuenta son las siguiente (FIFA, 2011):

- Longitud de cancha de fútbol: 105m
- Anchura de cancha de fútbol: 68m
- Se debe realizar un estudio de asoleamiento para asegurar la visibilidad y comodidad de los asistentes y participantes de algún evento.

- Iluminación eficiente
- El terreno donde se ubicará el estadio debe contar con servicios básicos.
- Los terrenos de juego deben ser de césped natural o artificial. Para ambos casos, se debe revisar los diseños de riego y drenaje en caso de lluvias.
- Cada área debe contar con un sistema de seguridad y señalización
- Para los espectadores, el diseño debe considerar las dimensiones mínimas para las áreas de servicios higiénicos, comercio, transitabilidad, visibilidad, comodidad y seguridad. Asimismo, cada estadio debe contar con un techo que proteja a los espectadores del sol y la lluvia durante la realización de un evento deportivo.
- Para los deportistas y trabajadores en general, el diseño debe considerar las dimensiones mínimas para las áreas de vestuario, servicios higiénicos, duchas, concentración, calentamiento, atenciones médicas, ingresos y salidas al campo, salidas de emergencia, entre otros.

Asimismo, la FIFA ha implementado una serie de requisitos y recomendaciones para cumplir con el tópico de sostenibilidad en el diseño de estadios, además de indicar algunos sistemas de certificación como LEED, Green Building, entre otros. Para ello, FIFA (2011) propone lo siguiente:

- Ahorro de energías a través de luces fotovoltaicas
- Ahorro de agua y almacenaje de agua de lluvia
- Mejor manejo de desechos por parte de la institución administradora del estadio.
- Mejor uso de materiales para la construcción y reciclaje de los mismos

2.5.3.2. World Athletic Manual

Generalmente, las actividades del deporte de atletismo pueden desarrollarse dentro de estadios, polideportivos, entre otros, y, por tanto, el diseño de estos debe contemplar los requisitos mínimos que indica la asociación de World Athletic. En ese sentido, esta organización sugiere ciertas limitaciones para el desarrollo de los deportes de carreras, lanzamientos y competencias de saltos propios de la disciplina. Por tanto, algunos requisitos son los siguiente (World Athletic, 2019):

- Para la ejecución de actividades de atletismo dentro de estadios de fútbol de 105x68m, es necesario contar con una pista atlética de 400m de longitud.
- El diseño debe contemplar los radios de giro necesarios para la ejecución de la disciplina.
- Se debe elaborar un estudio de drenajes en la pista.
- Los materiales con los cuales se debe realizar la construcción son sugeridos en el manual.
- Las instalaciones deben contar con servicios higiénicos, baños, vestidores, áreas de concentración, esparcimiento, seguridad y señalización, áreas de salud, entre otras que garanticen la comodidad tanto de los espectadores como de los participantes.

2.5.3.3. World Aquatics (FINA)

Para el caso del diseño de piscinas y centros de natación, la Federación Internacional de Natación incluye los lineamientos básicos para la ejecución de actividades de esta disciplina, no solo de velocidad, sino que también de categoría artística. En ese sentido, la FINA (2021) sugiere lo siguiente:

- Se debe contar con zonas de camerinos, duchas, servicios higiénicos, áreas de concentración, camerinos de árbitros y cuartos para equipamiento técnicos como bombas u otro que garanticen la temperatura y distribución del agua en el recinto.
- La piscina olímpica debe ser de dimensiones 50m x 25m x 2m, con 10 carriles para competencias de velocidad.
- El recinto debe ser techado para garantizar la seguridad, temperatura y resguardo antes lluvias o días soleados.
- Se debe contar con los equipos mínimos necesarios como filtros, bombas, calentadores, dosificación de cloro, entre otros.

2.5.3.4. Norma técnica A100.

En el Perú, la norma técnica A100 presenta los requisitos mínimos para asegurar la comodidad y seguridad en el diseño de todas las infraestructuras deportivas y de recreación. En ese sentido, se indica lo siguiente (Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, 2021):

- Las edificaciones deportivas y de recreación deben asegurar la facilidad de acceso, salidas de emergencia, acceso a servicios básicos, accesos a transporte públicos, entre otros.
- El diseño debe cumplir con los requisitos mínimos de seguridad indicados en la Norma A130.
- Se debe cumplir con las áreas mínimas para las zonas como vestuarios, servicios higiénicos, camerinos, piscinas, depósitos, entre otros.
- Se de cumplir el ancho mínimo de 1.20m para la circulación.
- Los asientos o butacas en cada recinto deben cumplir con una distancia mínima de 80 cm de espaldar a espaldar, 40 cm de la parte frontal al espaldar de la siguiente fila de asientos.

- La ubicación y orden de los asientos debe asegurar la visibilidad, el fácil acceso y salida en caso de emergencias.
- Debe contemplarse 1 espacio para personas en silla de ruedas por cada 250 asistentes, considerando las dimensiones de 0.90x1.40m como mínimo.

Estas consideraciones, junto con las indicadas por cada asociación de cada disciplina deportiva, tienen el principal objetivo de asegurar la integridad de las personas asistentes y participantes en un evento deportivo, la comodidad durante la estancia en el lugar, facilitar el desplazamiento en las instalaciones y garantizar el desarrollo de las actividades deportivas.

2.6.Procedimiento de entrevistas y encuestas

2.6.1. Herramientas y técnicas sugeridas en la Guía PMBOK

La guía PMBOK es un documento que expone métodos y decisiones a analizar a lo largo del ciclo de vida de la gestión de un proyecto, considerando 5 grupos de procesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y control, y cierre (Project Management Institute [PMI], 2017). Para las distintas áreas de conocimiento como la gestión del alcance, del costo, o del cronograma, se sugieren herramientas y técnicas para la identificación, validación, cálculo, adquisición, entre otras premisas, con las cuales es posible lograr la dirección de un proyecto. Estas herramientas pueden ser las siguientes:

- Juicio de expertos. Se aplica la experiencia de un grupo de expertos respecto a algún detalle técnico o de diseño, y es conformado por personas dentro de la organización como también externos interesados en el proyecto. Al definirse las etapas de un proyecto, la colaboración del grupo de profesionales varía conforme las solicitudes de información o validación. Por ejemplo, para la etapa de la gestión de alcance, se utiliza la opinión recopilada de los expertos para

definir las restricciones, riesgos, plazos, existentes y previstos en un proyecto. Asimismo, también se aplica para la gestión de plazos según la guía, ya que se puede evaluar la designación de recursos en base a experiencias previas, así como el análisis de alternativas (PMI, 2017).

- Estimación análoga. Esta técnica utiliza datos como costos y plazos de las actividades de un proyecto anterior y similar al actual propuesto. Esto se caracteriza por ser rápido y económico, pero con una precisión baja, dado que no se realiza un análisis más detallado (PMI, 2017). Asimismo, al proponer utilizar esta técnica, las propuestas sobre el costo y plazos del proyecto puede ser validada a través de juicios de expertos.

- Estimación paramétrica. Esta técnica utiliza datos recopilados de proyectos anteriores como parámetros y variables, de los cuales se generan ratios o modelos matemáticos para la aplicación a un proyecto actual. La precisión de este método es eficaz en relación con el anterior dado que los resultados son más exactos y pueden ser aplicados para proyectos de distintas magnitudes (PMI, 2017).

Por otro lado, diversos estudios han utilizado las técnicas de encuestas y entrevistas para validar una idea propuesta. Por ejemplo, se realizan encuestas a un grupo de expertos para la validación del uso de la herramienta Last Planner System en un proyecto de infraestructura vial, en el cual se pudo evidenciar que los profesionales están en un 66% conformes con el aumento de la productividad en áreas como producción y calidad, así como aplicar una mejor comunicación y coordinación entre los distintos involucrados en un proyecto permite gestionar fácilmente las restricciones (Díaz, 2023).

Del mismo modo, se realizaron entrevistas a expertos en el área de licitaciones y presupuesto para la validación del uso de un add-in BIM utilizando modelos de

simulación 4D y 5D de un proyecto inmobiliario, en el cual 3 ingenieros de distintas empresas opinaron sobre el interfaz de la propuesta. Cada uno de ellos llegó a la conclusión de que el uso de nuevas tecnologías permite mejorar los procesos de planificación y presupuesto en un proyecto inmobiliario y, así, agilizar tareas y dar valor al producto final (Braul & Ríos, 2018).



3. Metodología

El desarrollo de la presente tesis se realizará en dos partes. Por un lado, la primera parte abarca el modelamiento BIM de las especialidades de estructuras, arquitectura e instalaciones, así como la federación de modelos y la coordinación de ellos. Por otro lado, la segunda parte abarca el planteamiento de la propuesta de planificación del proyecto de estudio utilizando las metodologías Last Planner System y BIM, para la cual se realizará las validaciones por juicio de expertos. Para ello, en primer lugar, se plantearon las preguntas de investigación, objetivos e hipótesis referente al tema de la tesis para definir el alcance y la búsqueda de información referente a ella. Seguidamente, se elaboró la revisión de literatura de los temas de Lean Construction, la herramienta Last Planner System, la metodología Building Information Modeling, así como una comparación de estas dos últimas con la metodología tradicional. Asimismo, debido a que el caso de estudio es un estadio dentro de un complejo deportivo, se ha realizado la búsqueda de información referente a complejos deportivos en el Perú y la normativa necesaria para el diseño de estos. Seguidamente, se continuó con la elaboración del desarrollo de la tesis en dos partes, tal como se muestra a continuación.

3.1. Modelación y coordinación

Según Sacks et al., (2018), la implementación de BIM en un proyecto depende del nivel de madurez en el cual se encuentre o adapte. En ese sentido, para el alcance de la presente tesis se ha considerado un nivel de madurez 1, la cual incluye una combinación entre el uso de documentos 2D CAD y 3D, la integración de modelos, uso de un entorno común de datos (ECD) y la colaboración con especialistas. Para ello, se ha seguido los siguientes pasos:

Paso 1. Adquirir los planos CAD de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones del proyecto de estadio, así como la información necesaria sobre requerimientos técnicos, entre otros.

Paso 2. Realizar el modelamiento 3D de cada una de las especialidades descritas anteriormente a través de modelos independientes a un nivel de detalle LOD 350, la cual no incluye el modelo de aceros ni detalles específicos y considerando los procesos constructivos correctos. Este proceso se realizará en el software Revit y será compartido a través de un entorno común de datos (ECD).

Paso 3. Generar los modelos federados mediante la integración de los modelos de cada especialidad para realizar la coordinación entre ellos.

Paso 4. Detectar interferencias a través de los modelos federados y mediante el uso de un software Navisworks. A partir de estas interferencias o incompatibilidades se elaborará un reporte en Excel indicando la ubicación, especialidad, fecha, estado y descripción del problema encontrado.

Paso 5. Revisar las interferencias detectadas junto con los especialistas designados a través de sesiones ICE y llegar a acuerdos y soluciones en el momento. De identificarse más observaciones al continuar el avance, se propondrá otras sesiones ICE hasta reducir las incompatibilidades a cero respecto a los modelos 3D BIM y los requerimientos de información.

Paso 6. Configurar los parámetros en cada modelo para el ingreso de datos no geométricos necesarios para la emisión de metrados y planos. Para ello, se emplearán familias de anotaciones y etiquetas correspondientes a cada categoría de elementos de los modelos 3D.

Paso 7. Extraer metrados y planos 2D del proyecto de cada especialidad según la información incluida en los modelos 3D.

Paso 8. Compartir la información extraída de los modelos con los stakeholders interesados a través de un entorno común de datos (ECD).

El siguiente flujograma (Figura 17) integra de mejor manera los pasos seguidos para la primera parte del desarrollo de la tesis.

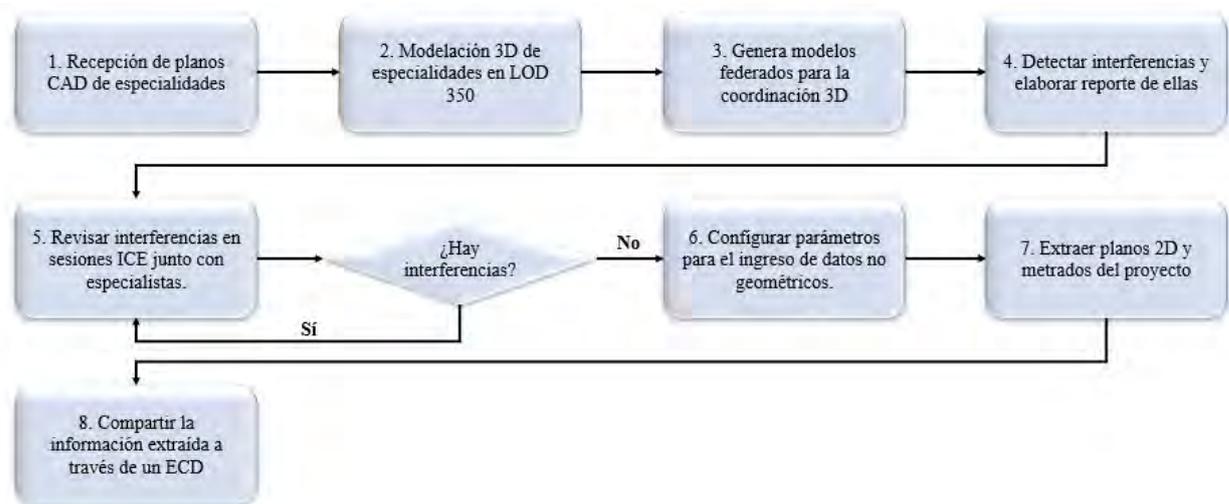


Figura 17. Flujograma del desarrollo de modelación y coordinación del proyecto de estadio.

Elaboración propia.

3.2. Planificación y simulación 4D

Para esta segunda parte, una vez que ya se ha trabajado los modelos 3D y se ha coordinado cada una de las especialidades tal que se ha reducido la cantidad de interferencias de los modelos, se procederá a realizar las propuestas de planificación con el uso de la sinergia entre la metodología BIM y la herramienta Last Planner System. Para ello, se tiene la información de planificación de un estadio similar para lo cual se extrapolará los datos y se vinculará al caso de estudio de la presente tesis. Asimismo, se ha decidido adaptar la propuesta realizada por Orihuela et al (2015) acerca de la sinergia entre ambas herramientas y se ha optado por los siguientes pasos:

Paso 1: Elaboración del Plan Maestro y Modelos 3D. En esta etapa se definen los parámetros necesarios para realizar el despiece de los elementos dentro de los modelos 3D revisados en la primera parte de la tesis para seguir un proceso constructivo y definir fases del trabajo. El modelo 3D servirá para facilitar la visualización de las propuestas de planificación referente a sectores, fases, entre otros. Para el caso de la tesis, se ha definido un solo frente referente a las tribunas Sur y se han propuesto hitos en la planificación.

Paso 2: Elaboración de Phase Scheduling y modelos 3D. Para esta etapa, se presentan las propuestas de sectorización y planificación utilizando los parámetros e hitos planeados en el paso 1. Para ello, los modelos 3D permitirán mejorar la visualización mediante filtros para las etapas de encofrado, concreto, habilitación de instalaciones, entre otras partidas, según un proceso constructivo. Asimismo, se utilizará la información referente a la planificación de otro estadio similar ya ejecutado para realizar la extrapolación y adaptarlo al caso de estudio.

Paso 3: Elaboración de Lookahead y Modelo 4D. Para esta etapa, se plantearán fechas y duración de tareas referenciales para realizar el modelo 4D de la planificación del caso de estudio. Asimismo, al elegirse un solo frente de trabajo, es posible realizar la planificación mensual o semanal para la fase de casco estructural, en el cual también se evidenciarán los pases para la instalación de tuberías y accesorios sanitarios o eléctricos.

En relación a los pasos anteriores, se presenta un gráfico adaptado de Orihuela et al., (2015) que explica mejor la sinergia entre el Last Planner System y BIM.

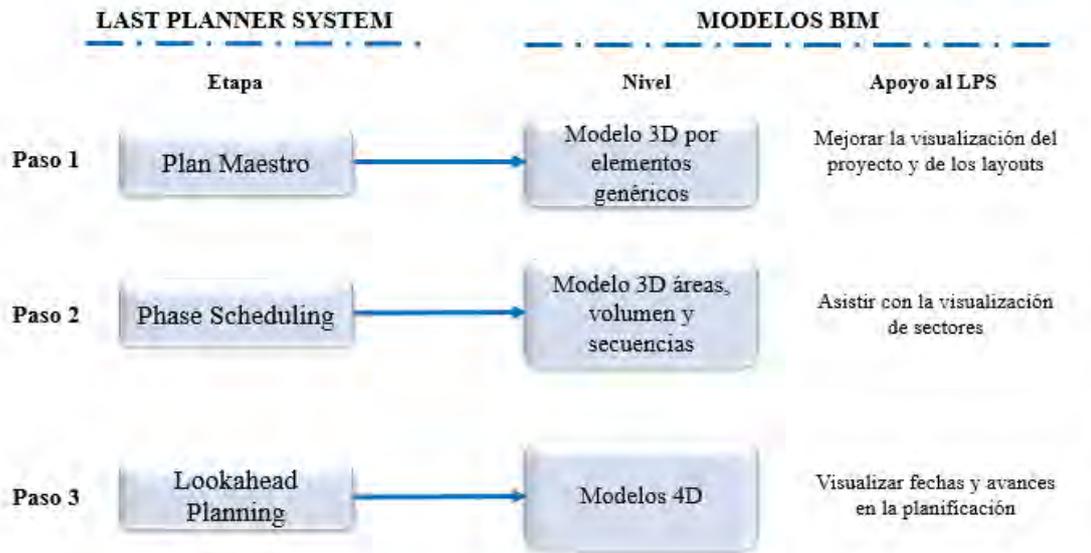


Figura 18. Relación entre la planificación con Last Planner System y BIM

Adaptado de “Gestión Visual del Sistema Last Planner mediante el modelado BIM” por Orihuela et al., 2015.

Paso 4. Diseño y aplicación de encuesta de validación. Como adicional, la propuesta sugerida acerca de la planificación será presentada a especialistas en el rubro e interesados en el proyecto o que hayan participado en proyectos similares de complejos deportivos para su validación o recomendaciones a través de encuestas y con calificaciones del 1 al 5, según la escala de Likert.

4. Aplicación de BIM en el modelado y coordinación 3D

4.1. Implementación y características BIM

4.1.1. Softwares de uso y características de modelos

Para la ejecución y desarrollo del proyecto, se ha decidido utilizar los softwares de Autodesk como Revit para el modelado y Navisworks para la revisión y coordinación debido a la familiaridad en los interfaces de los programas ya que es similar a otros ya utilizados en el mercado como AutoCAD. Esto facilita el aprendizaje y revisiones de los interesados al plantear cambios y actualizaciones en los proyectos de estudio. De esta manera, se utilizará el software Revit para el desarrollo de los modelos en el proyecto de la tesis.

Asimismo, estos softwares permitirán la colaboración entre los interesados del proyecto a través de trabajos en línea y en la nube con actualizaciones al instante. Para ello, el software Revit permite trabajar dentro de un entorno compartido a través de Worksets o trabajos centrales, los cuales consisten en un modelo central o federado compuesto por vínculos de modelos nativos o activos para cada especialidad. Por ejemplo, para la especialidad de arquitectura, se trabajarán modelos de activos por bloques o pabellones, de acuerdo al tipo de proyecto, y se vincularán a un modelo central o de sitio. De esta manera, es posible realizar el trabajo en tiempo real y delegar funciones a modeladores para la actualización de cambios de diseño o de modelo de acuerdo a estándares o presentaciones de proyectistas.

En relación a esto último, al momento de desarrollar los diseños de cada especialidad, los proyectistas podrán presentar nuevos enfoques y cambios de diseño de acuerdo a las opiniones del cliente y necesidades entre especialidades. Para ello, los modeladores a cargo de cada modelo de activo o sitio de cada especialidad deberán actualizar dichos cambios y sincronizarlo en la nube. Al momento de realizar esto, otros

modeladores o coordinadores que estén trabajando en algún modelo con algún vínculo que fue actualizado podrá recargar y continuar con el trabajo. Esto también beneficia al momento de las entregas de planos o metrados, ya que las actualizaciones se realizan en todas las vistas o tablas generadas en el programa, y se evita el retrabajo de realizar cada cambio en cada plano a entregar.

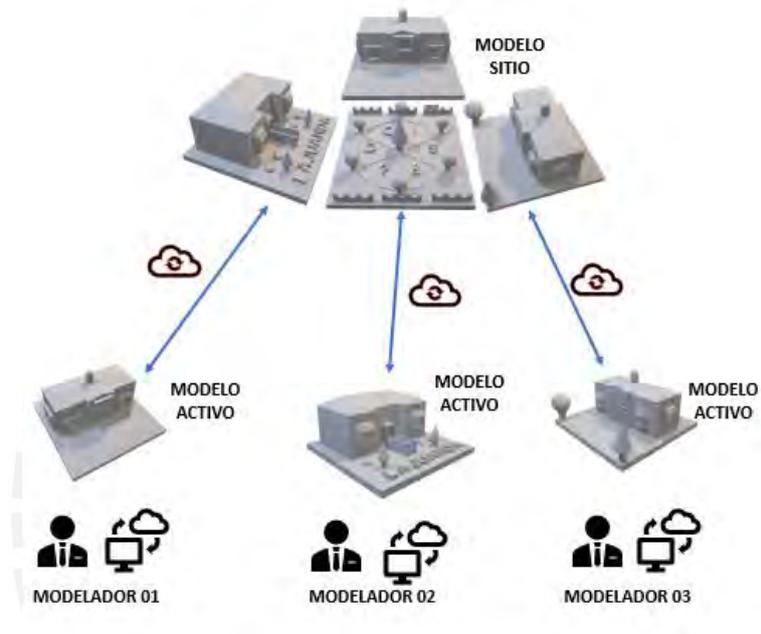


Figura 19. Vinculación entre modelos activos y de sitio.

Adaptado de Autodesk.

Para lograr esta comunicación y trabajo en línea, cada uno de los modelos de cada especialidad posee un emplazamiento según su ubicación geográfica, en la cual se identifican los puntos de dirección norte/sur, este/oeste, elevación y ángulo respecto al norte. Estos datos se colocan en 3 puntos definidos en Revit:

- Punto base de proyecto. Sirve para indicar la ubicación del modelo de manera interna dentro del proyecto.
- Punto de reconocimiento. Sirve para indicar la ubicación del modelo en la realidad.

- Origen interno. Es un punto para identificar las coordenadas (0;0;0) del proyecto y no se puede cambiar.

La figura 20 muestra un ejemplo de las coordenadas ingresadas en un activo de arquitectura como punto base de proyecto. Esta, además, permitirá vincular otros modelos a través de la opción de coordenadas compartidas y generar modelos federados.

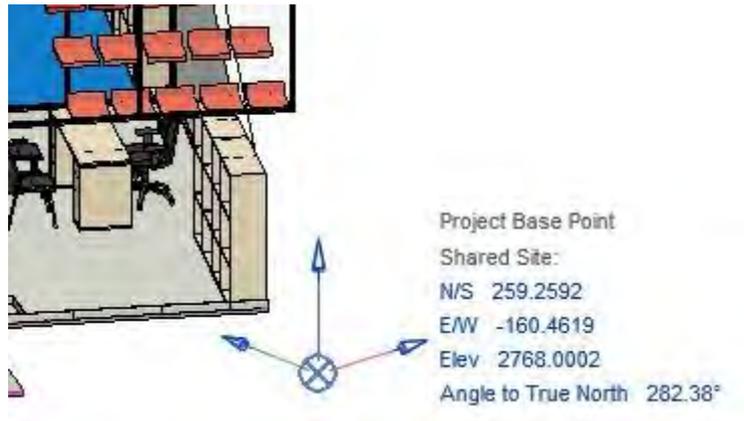


Figura 20. Ejemplo de coordenadas en punto base de proyecto.

Elaboración propia.

Del mismo modo, cada uno de estos modelos de activos y sitio podrán admitir la información no geométrica del proyecto, tales como nivel, ubicación, eje, pabellón, entre otros, que permita generar una base de datos para su posterior uso en las siguientes fases de construcción y operación, de ser necesario. Sin embargo, esto depende del nivel de desarrollo y nivel de información para lo cual es desarrollado cada modelo. Es decir, si los modelos servirán para la fase de construcción tendrán distintas características en comparación a so se trabaja solo para visualización. En relación a ello, Eyzaguirre (2015) plantea que los modelos para construcción deben admitir un orden correcto del proceso constructivo, entre ellas están los cortes a los tercios de vigas, modelamiento de nudos entre vigas y columnas, losas diferenciadas por paños, entre otros, que permita desarrollar una simulación 4D y sectorizaciones para el trabajo en campo; sin embargo, si solo se

busca el modelo para la visualización, no es necesario desarrollar mayor detalle de modelado.

4.1.2. Interoperabilidad entre softwares

Actualmente, la compartición de información como planos y especificaciones entre proyectistas y constructores se realiza a través de softwares como AutoCAD, el cual admite solo información geométrica en 2D en la mayoría de presentaciones y con errores de dibujo, incompatibilidades entre especialidades y falta de información suficiente. Ante ello, el uso de nuevos softwares como Revit permiten la extracción de planos a través del uso de modelos 3D en los cuales, tal como se ha explicado en párrafos anteriores, cualquier cambio realizado se evidencia en cada una de las vistas creadas, sin la necesidad de realizar retrabajos de actualización para cada una de ellas. Sin embargo, debido a que aún persiste el uso de AutoCAD mayormente por los especialistas diseñadores, es posible generar una interoperabilidad entre este software y Revit, de tal manera que se puede compartir la información y mejorar la calidad del producto que se extrae. Por ejemplo, es posible vincular o importar planos CAD en 2D hacia una vista en planta en Revit para comenzar con el modelado y, de existir algún error de dibujo o falta de información, se podrá generar un reporte de incompatibilidades para solicitar a los diseñadores cualquier información extra necesaria para continuar el trabajo. Asimismo, debido a que aún se persiste el uso de CAD en planos de construcción, es posible exportar dichos planos en este formato desde Revit previa la evaluación y revisión de interferencias en 3D en este programa. Esta explicación no sugiere que es erróneo utilizar CAD y dejarlo de lado, sino que pretende mejorar la calidad de la documentación e información que se extrae para la construcción y, así, reducir los costos en retrabajos o tiempos de espera para solucionar una incompatibilidad detectada en obra, a través de la interoperabilidad entre softwares.

Asimismo, a partir de los modelos 3D elaborados en Revit, es posible exportar a otros softwares como Navisworks, Vico Office, SynchroPro, CostX y otros que permitan la revisión del modelo a través de recorridos virtuales, herramientas de detección de interferencias, herramientas de planificación de la construcción, sectorizaciones, simulaciones 4D y 5D, entre otras funciones, y también exportar a otros softwares como Green Building Studio para los análisis energéticos, análisis de cargas, revisión de presiones de tuberías, entre otros, hasta llegar al uso de gemelos digitales para la fase de operación de los modelos. Sin embargo, para facilitar la visualización y uso de los modelos o información insertados en cada uno de ellos para los clientes, es posible exportar a través del formato de IFC (por sus siglas en inglés Industry Foundation Classes), el cual permite el uso y control de la información a través de softwares de distintos entornos como por ejemplo BIM Vission, Trimble, entre otros.

Cabe precisar que esta interoperabilidad y uso entre softwares no solo depende de la capacidad de los profesionales a cargo, sino que también depende del nivel de madurez BIM que se busque desarrollar en el proyecto.

4.1.3. Estandarización de modelos

Para una correcta implementación BIM dentro de cada modelo 3D realizado es necesario plasmar y trabajar sobre estándares y normas de modelado que sean acordes a lo propuesto para desarrollar el proyecto. Ante ello, en primer lugar, es necesario trabajar sobre un Plan de Ejecución BIM (PEB), el cual conduce los lineamientos, objetivos, organización y formas de planificar un proyecto desde el inicio hasta su finalización. En ese sentido, se dispondrá en el PEB la organización de las carpetas dentro de un entorno común de datos (ECD), los roles específicos para la organización de los modelos y coordinación de los mismos, las nomenclaturas de las carpetas, modelos, planos, entre otros entregables; colores para identificar cada especialidad dentro de un modelo federado

general; y, por último, se proporcionará los objetivos y alcances de los niveles de desarrollo y detalle de información de cada modelo e información exportada a partir de ello.

Del mismo modo, al trabajarse en proyectos del mismo tipo, pero en distintos escenarios, por ejemplo, colegios, complejos deportivos u hospitales en cantidad, se debe desarrollar la homologación de elementos dentro de cada modelo, ya sea un mismo tipo de acabados para los baños, mobiliarios iguales, laboratorios, butacas, elementos, entre otros. Para ello, es primordial una reunión entre casas de diseño, el cliente y los equipos de desarrollo BIM para llegar a acuerdos y realizar las actualizaciones pertinentes. Ante ello, se generan documentos que confirmen dichas homologaciones para lo cual se pronostican tiempos de cambios y fechas de entregas nuevas. Por ello, es importante generar una estandarización inicial al comenzar el desarrollo de los proyectos para, así, evitar retrabajos o entregas con fechas posteriores.

4.2.Fases y procesos BIM del proyecto

Las fases de creación y evolución de un proyecto público dependen del ciclo de inversión presentado por el MEF y en el cual se evalúan los beneficios en cada etapa del ciclo de vida del proyecto. Para ello, el MEF presenta 4 fases de desarrollo (INVIERTE.PE, s.f.):

- Programación Multianual de Inversiones (PMI). Comprende la evaluación anual de los proyectos que realiza cada institución pública según las necesidades que se presenten.
- Formulación y Evaluación (FyE). Comprende la evaluación del presupuesto, ganancias, VAR y otros análisis de inversión necesarios para llevar a cabo el proyecto y las necesidades para la viabilidad de su ejecución.

- Ejecución. Comprende las etapas de diseño y construcción del proyecto de estudio. Para ello, se elabora el expediente técnico evaluando los plazos y costos de ejecución, y se realiza un seguimiento financiero.

- Funcionamiento. Se trata de la operación y mantenimiento de las instalaciones y equipos del proyecto ejecutado, y evaluación de faltas de servicio necesarios para que el funcionamiento sea completo. Ante ello, también se realiza un estudio de los cambios en plazo y presupuestales en comparación con lo propuesto en el expediente técnico para futuros proyectos.

Para el alcance de la tesis se tendrá en consideración la fase de ejecución, desde la etapa de diseño final hasta la planificación general del plazo del proyecto. Para ello, se dispone de actividades y tareas a elaborarse desde su diseño preliminar hasta la planificación del plazo mediante simulaciones 4D de la etapa de estructuras de una tribuna. Estas actividades se dividen de la siguiente manera:

- Diseño final y planificación
 - o Revisión de consideraciones de diseño y entrega de planos finales de diseño
 - o Modelado 3D de cada especialidad según planos de diseño
 - o Sesiones colaborativas internas y con proyectistas
 - o Extracción de planos finales para construcción
 - o Planificación 4D del proyecto

Cada una de estas actividades se desarrollarán de la siguiente manera y siguiendo los procesos BIM presentados a continuación. Para ello, se debe tener en consideración que los proyectistas aún trabajan en enfoque de metodología tradicional y, por tanto, toda entrega de información será en 2D a través del software AutoCAD. Asimismo, no se trabaja dentro de un entorno colaborativo para la entrega de estos modelos al utilizarse

Google Drive y WeTransfer. Cada una de estas características serán explicadas a mayor detalle en subcapítulos siguientes. Esta formulación de etapas es adaptada de lo presentado en la investigación de Raúl Eyzaguirre (2015).

4.2.1. Etapa 01. Modelado 3D de estructuras y arquitectura

Cada una de las etapas presentadas a continuación exponen tres fases de trabajo: Entrada, Proceso y Salida, y cada una ellas contienen información necesaria para su ejecución y manejo de acuerdo a la etapa en la que se encuentra. Como ejemplo, para la etapa 01, en primer lugar, es necesario la recepción de planos finales de diseño 2D, la organización de equipos y la revisión del PEB para empezar con las actividades siguientes, todo ello se expresa dentro de la tabla de Entrada; es decir, son las actividades necesarias de ingreso que se necesitan para desarrollar y obtener otras actividades. Seguidamente, se expone el proceso para realizar estas actividades a través de tareas necesarias, como ejemplo anterior, para obtener un producto es necesario primero realizar la revisión geométrica y no geométrica entregada, uso del ECD, configuración de modelos, usos de plantillas, entre otros. Finalmente, con la información de entrada y los procesos seguidos, se obtienen productos o información de salida, como ejemplo, para el caso de la etapa 01, el producto de salida son los modelos de estructuras, arquitectura y un reporte de incompatibilidades inicial.

Las tareas explicadas anteriormente y necesarias para los procesos de cada etapa son extendidas en tablas del formato siguiente:

| Entrada |
|--|
| - Recepción de planos finales de diseño (2D) |
| - Designación de equipos de modeladores y coordinadores para las especialidades de arquitectura y estructura |

- Revisión y ejecución del PEB y seguimiento de estándares de modelado y de normativa.

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de información geométrica y no geométrica entregada - Uso de entorno común de datos (ECD) con el equipo BIM - Configuración de modelos según PEB y uso de plantillas y familias de Revit - Revisión de modelos federados de arquitectura y estructura - Realización de reportes de incompatibilidades |

| Salida |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modelo de estructuras en Revit - Modelo de arquitectura en Revit - Reporte de incompatibilidades preliminar |

Este mismo procedimiento se llevará a cabo para las demás etapas de procesos BIM detectados y trabajados.

4.2.2. Etapa 02. Coordinación BIM interno entre arquitectura y estructura

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modelos de estructuras y arquitecturas - Reporte de incompatibilidades |

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de modelos de estructuras y arquitecturas - Generación de modelos federados en Navisworks - Revisión de reporte de incompatibilidades - Filtración de incompatibilidades - Reunión con BIM Manager - Revisión de fechas de entregables y reuniones |

| Salida |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Solución de incompatibilidades de modelado - Reporte de incompatibilidades final - Modelo federado final en Navisworks - Confirmación de fecha de sesión con especialistas - Preparación de entregables hasta la fecha |

4.2.3. Etapa 03. Gestión BIM con proyectistas y sesiones ICE

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reporte de incompatibilidades final - Modelos de estructuras y arquitectura en Revit - Modelo federado final en Navisworks - Programación de sesiones ICE por Meet con especialistas, similar a una sala BIM |

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Presentación de modelos de estructura y arquitectura - Presentación de modelo federado en Navisworks - Presentación de reporte de incompatibilidades - Presentación de entregables hasta la fecha (planos, vistas) - Resolución de incompatibilidades - Desarrollo de consultas y faltas de información |

| Salida |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Solución de incompatibilidades de diseño: <ul style="list-style-type: none"> → Parcial: se convoca a nueva reunión → Total: se pasa a la siguiente etapa - Confirmación de fechas de recepción de nuevos planos de diseño por los especialistas - Solución de incompatibilidades al momento. - Acta de reunión |

4.2.4. Etapa 04. Resolución de interferencias y recepción de nuevos planos de diseño

| Entrada |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Solución de incompatibilidades al momento de la sesión ICE - Recepción de nuevos planos de diseño enviados por los proyectistas |

| |
|---|
| - Recepción de reporte de incompatibilidades con respuestas parciales/totales |
|---|

| Proceso |
|----------------|
|----------------|

| |
|---|
| - Reuniones internas con modeladores a cargo |
| - Presentación del reporte de incompatibilidades con respuestas parciales/totales |
| - Actualización de modelos de estructuras y arquitectura |
| - Creación de nuevos ítems en el reporte de incompatibilidades |

| Salida |
|---------------|
|---------------|

| |
|---|
| - Modelos actualizados de estructura y arquitectura en Revit |
| - Actualización de reporte de incompatibilidades (de identificarse más), si no, cierre del reporte. |
| - Preparación de entregables finales (planos, metrados, vistas) |

4.2.5. Etapa 05. Revisión de planos de especialidades de instalaciones (MEP)

| Entrada |
|----------------|
|----------------|

| |
|--|
| - Recepción de planos de diseño finales de instalaciones sanitarias, mecánicas, comunicaciones y eléctricas (2D) |
| - Designación de equipos de modeladores y coordinadores para las especialidades de MEP |

- Revisión y ejecución del PEB y seguimiento de estándares de modelado y de normativa.

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de información geométrica y no geométrica entregada - Uso de entorno común de datos (ECD) con el equipo BIM - Configuración de modelos según PEB y uso de plantillas y familias de Revit - Vinculación de modelos de estructuras y arquitectura con modelos MEP en Revit. - Realización de reportes de incompatibilidades |

| Salida |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modelos de instalaciones sanitarias, mecánicas, comunicaciones y eléctricas en Revit - Nuevo reporte de incompatibilidades entre especialidades preliminar |

4.2.6. Etapa 06. Coordinación BIM entre especialidades

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modelos de instalaciones de sanitarias, eléctricas, mecánicas y comunicaciones en Revit |

- Modelos de estructuras y arquitectura en Revit
- Reporte de incompatibilidades preliminar entre especialidades

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de modelos de cada especialidad - Generación de modelos federados en Navisworks - Revisión de reporte de incompatibilidades - Filtración de incompatibilidades e interferencias - Generación de recorridos virtuales y vistas en Navisworks - Programación de sesiones ICE con especialistas |

| Salida |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Solución de incompatibilidades de modelado - Reporte de incompatibilidades final - Modelo federado final en Navisworks - Confirmación de fecha de sesión con especialistas - Preparación de entregables hasta la fecha |

4.2.7. Etapa 07. Revisión final de modelos BIM y coordinación con especialistas en sesiones ICE

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Reporte de incompatibilidades final |

- Modelos de especialidades en Revit
- Modelo federado final en Navisworks
- Programación de sesiones ICE por Meet con especialistas, similar a una sala BIM

Proceso

- Presentación de modelos de cada especialidad
- Presentación de modelo federado en Navisworks
- Presentación de reporte de incompatibilidades
- Resolución de incompatibilidades
- Desarrollo de consultas y faltas de información

Salida

- Solución de incompatibilidades de diseño:
 - Parcial: se convoca a nueva reunión
 - Total: se culminan sesiones ICE
- Confirmación de fechas de recepción de nuevos planos de diseño por los especialistas
- Solución de incompatibilidades al momento.
- Acta de reunión

4.2.8. Etapa 08. Resolución de interferencias finales y presentación de entregables.

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Solución de incompatibilidades al momento de la sesión ICE- Recepción de nuevos planos de diseño enviados por los proyectistas- Recepción de reporte de incompatibilidades con respuestas parciales/totales |

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Reuniones internas con modeladores a cargo- Presentación del reporte de incompatibilidades con respuestas parciales/totales- Actualización de modelos de cada especialidad- Creación de nuevos ítems en el reporte de incompatibilidades (de identificarse más)- Preparación de entregables como tablas de metrados, planos, vistas 3D, videos de recorridos virtuales, entre otros. |

| Salida |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Modelos finales actualizados de cada especialidad en Revit- Presentación de entregables finales como tablas de metrados, planos, vistas 3D, videos de recorridos virtuales, entre otros. |

- Presentación final a los proyectistas y stakeholders del proyecto.
- Preparación de modelos con parámetros para simulación 4D

4.2.9. Etapa 09. Planificación y simulación 4D del proyecto en fase de estructuras

| Entrada |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modelos de cada especialidad en Revit - Modelos federados en Navisworks - Planos finales de estructuras - Cronograma inicial de obra en Ms Project |

| Proceso |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de parámetros de los elementos en cada modelo. - Revisión de cronograma inicial de obra - Consultas a especialistas planificadores y constructores - Sectorización inicial |

| Salida |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Simulación 4D de la construcción del proyecto (video) - Modelo 4D general - Planificación semanal de trabajos de campo - Revisión de simulación 4D con especialistas interesados |

4.2.10. Etapa 10. Verificación y validación por especialistas proyectistas y planificadores

| Entrada |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Modelo 4D en Navisworks- Planificación semanal de trabajos de campo- Video de simulación 4D- Cronograma en Ms Project |

| Proceso |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Programación de reuniones y visitas a especialistas- Presentación de modelos 4D a especialistas- Revisión de rutas críticas- Recepción de opiniones y cambios propuestos- Resolución y actualización de cronogramas y modelo 4D |

| Salida |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Modelo 4D actualizado- Cronograma actualizado en Ms Project- Video actualizado de simulación 4D |

4.3. Definición y características del proyecto de estudio

4.3.1. Definición del proyecto

El proyecto de estudio es un estadio dentro de un complejo deportivo ubicado en la ciudad de Ayacucho. Este último tiene un área de 80 959 m² y actualmente consta de

un estadio, piscina, canchas de fútbol, vóley, básquet, tenis, entre otros; pista atlética y un coliseo cerrado. Dentro del recinto, el principal componente es el estadio, el cual consta de 4 tribunas de zonas sur, norte, occidente y oriente, con una capacidad para 15 000 personas. Asimismo, cuenta con acceso a servicios públicos como agua, desagüe, internet y luz, y 4 puertas de ingreso al público. En el lugar, se han desarrollado campeonatos locales y nacionales en diversos deportes, así como encuentros culturales de danzas, además de ser la sede de administración del IPD en la ciudad de Ayacucho. La figura 21 muestra el estado actual del complejo deportivo y el área ocupada por el estadio.



Figura 21. Estado actual del estadio del complejo deportivo de estudio.

Tomado de Google Earth, 2023

4.3.2. Objetivo del proyecto

Debido a que en el 2021 la ciudad de Ayacucho ha sido designada como sede de los Juegos Bolivarianos 2024, se ha propuesto el mejoramiento de todo el complejo deportivo, incluyendo el estadio. Para ello, se han definido nuevos componentes como centro de deportes de combates, centro de calentamiento, polideportivo, centro de

natación, piscina de calentamiento, albergue, pista atlética y el estadio. Para este último, se han proyectado la ampliación de las zonas de norte, sur, occidente, oriente, esquinas y VIP, cada una de ellas con las características propias de acuerdo a las normativas vigente.

La figura 22 muestra el diseño propuesto para este mejoramiento.



Figura 22. Diseño propuesto del estadio del complejo deportivo de estudio.

Tomado del expediente técnico del proyecto.

Asimismo, parte del mejoramiento es ampliar la capacidad de recepción de espectadores dentro del recinto principal, por tanto, cada zona del estadio se ha conformado de la siguiente manera: la zona Norte se ha dividido en Norte 1, Norte 2, Norte 3, Norte 4 y Norte 5; la zona Sur en Sur 1, Sur 2, Sur 3, Sur 4 y Sur 5; la zona Occidente en Occidente 1 y Occidente 2; la zona Oriente en Oriente 1, Oriente 2 y Oriente 3; las zonas de Esquina en Noroccidente, Nororiente, Suroccidente y Suroriente; y la zona VIP. La tabla 04 muestra los aforos para cada una de estas zonas.

Tabla 04. *Aforo del estadio del caso de estudio.*

| Componente | Zonas (Cantidad de módulos) | Aforo x Zonas | Aforo total |
|-------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Estadio | Norte (5) | Tribunas | 5 166 |
| | Sur (5) | Tribunas | 5 145 |
| | Oriente (3) | Tribunas | 3 335 |
| | Occidente (2) | Tribunas y palcos | 2 282 |
| | Esquinas (4) | Tribunas y palcos | 2 918 |
| | VIP (1) | Tribunas y palcos | 709 |
| | | | 19 555 |

Nota. Adaptado del cuadro de aforos del expediente técnico del proyecto.

4.3.3. Ubicación y límites

El proyecto se encuentra en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, cerca de zonas comerciales, universidades, colegios, y vías de alto tránsito que conectan distintos distritos de la ciudad. Asimismo, los límites del terreno son los siguientes:

- Por el norte: colinda con la Av. Universitaria
- Por el sur: colinda con la Av. Del Deporte.
- Por el oriente: colinda con las Av. San Cristóbal y Jr. R. P. Ernesto y
- Por el occidente: colinda con el Jr. Pichincha

4.4. Organización de fases del proyecto de estudio

4.4.1. Consideraciones de modelado

Como parte del alcance del modelado del proyecto de estudio, se ha seguido lo indicado por el BIM Handbook y la Guía Nacional BIM respecto a los requerimientos de información dependientes de cada proyecto. Para ello, se ha definido que el nivel de información necesaria (LOIN por sus siglas en inglés) dependen de los objetivos a lograrse y a la información geométrica y no geométrica incluida (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). En relación con eso, se ha decidido que el nivel de desarrollo o detalle

(LOD por sus siglas en inglés) sea de nivel LOD3 o LOD 350, y el nivel de información (LOI por sus siglas en inglés) sea de LOI2. Por tanto, los modelos presentan lo siguiente (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023):

- Cada elemento, por ejemplo, vigas, columnas, entre otros, son modelados como sistemas con formas definidas de dimensiones y cantidades, además de modelar capas de acabados de manera separada y sin incluir elementos de instalaciones como pernos o anclajes.

- El trabajo permite la extracción de información como planos 2D y cantidades a partir del modelo 3D.

- Los modelos están georreferenciados y divididos en módulos independientes por especialidad y vinculados en un modelo federado.

- Se puede incluir un nivel de visualización mediano a alto de texturas y colores en los modelos.

- Es posible en menor probabilidad que los elementos cambien de diseño o características en las siguientes etapas del proyecto.

- Los elementos en los modelos de las especialidades tienen un nombre según su tipo y categoría, así como información necesaria para la extracción de planos y cantidades.

Ejemplos de los puntos anteriores se presentan en las figuras 23 con la indicación de nomenclatura de columnas en el modelo y la organización de vistas del navegador de proyectos, respectivamente.

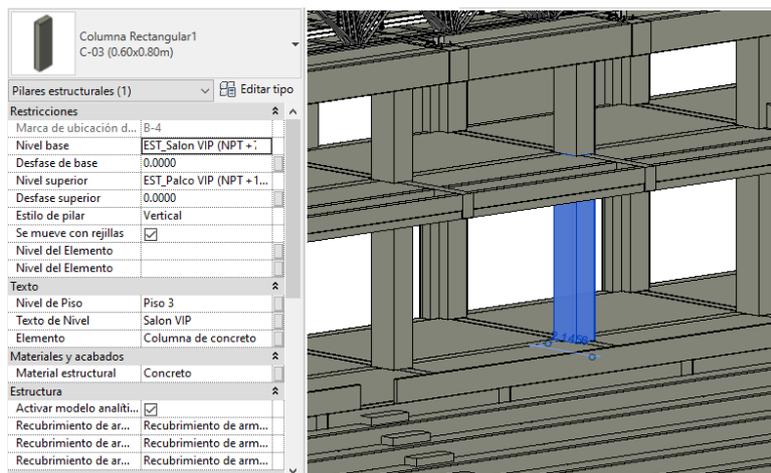


Figura 23. Nomenclatura de elementos verticales.

Elaboración propia.

4.4.2. Revisión de consideraciones de diseño

Una vez que se ha desarrollado los planos y especificaciones del diseño preliminar, son entregados en formato DWG y 2D por parte de los especialistas. Cabe indicar que esta etapa puede variar de acuerdo al nivel de madurez con el que se trabaja en los modelos, sin embargo, para el desarrollo de la presente tesis, solo se trabajó a través de planos 2D. Esta formulación se desarrolló de manera externa y estuvo a cargo del staff de proyectistas con los cuales se trabajó después en la presentación de interferencias.

Asimismo, para pasar a la siguiente etapa de entrega y modelamiento, se realizó la revisión de la lista de planos entregados e información necesaria para continuar con el modelado de estructura y arquitectura, en primer lugar, y de las especialidades de instalaciones en segundo lugar. Para ello, se tuvo que coordinar entre el BIM Manager y los coordinadores BIM junto con los proyectistas para resolver incidencias iniciales de lecturas de planos y falta de información.

4.4.3. Modelado 3D de cada especialidad según planos de diseño

En primer lugar, se desarrollaron los modelos de arquitectura y estructuras para reducir la mayor cantidad de interferencias entre estas dos especialidades para no

obstaculizar el modelado de las especialidades de instalaciones. Para ello, se capacitó al equipo de modeladores acerca de procesos constructivos y se revisaron de manera conjunta los planos enviados. A partir de ello, se desarrollaron los reportes de incompatibilidades para presentarlo en las sesiones ICE programadas. Asimismo, el equipo BIM estuvo conformado por modeladores bajo el cargo de coordinadores BIM de arquitectura y estructuras y un BIM manager para realizar el seguimiento de los estándares organizados en el PEB. Como un ejemplo de ello, la nomenclatura seguida para los modelos fue similar a lo indicado de la Guía Nacional BIM y es tal como se muestra en la tabla 06.

Tabla 05. *Codificación y nomenclatura de modelos 3D del estadio.*

| | Código de módulos | Zonas (#Módulos) |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 772 | Norte (5) |
| Especialidad | 772 | Sur (5) |
| (ARQ, EST, IISS, | 912 | Oriente (3) |
| IIEE, IICC, IIMM, | 912 | Occidente (2) |
| ACI) | 218-372 | Esquinas (4) |
| | 540 | Vip (1) |

Nota. Elaboración propia

En segundo lugar, una vez que los modelos de estructuras y arquitectura estén mayormente corregidos, se procederá a realizar los modelos de instalaciones de comunicaciones, eléctricas, sanitarias, mecánicas y agua contra incendio. Para ello, también se realizó la revisión de planos y estándares para el uso de plantillas de modelado, así como una capacitación previa acerca de procesos constructivos. Como resultados, se presentan 2 imágenes de los modelos de arquitectura y estructuras en las figuras 24 y 25, respectivamente:

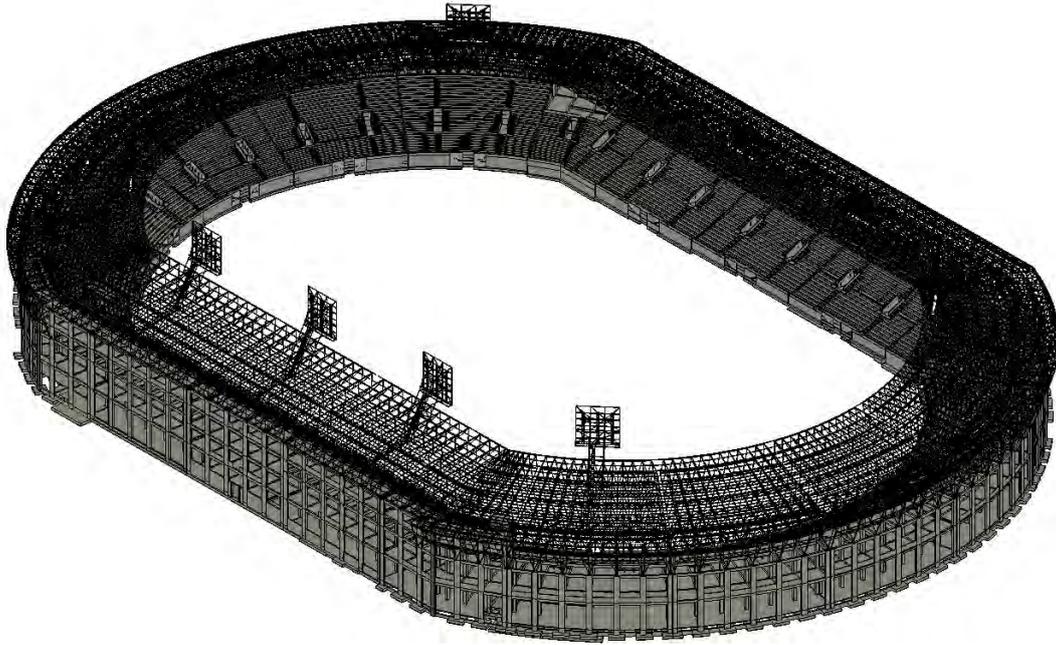


Figura 24. Modelo de Estructuras del estadio

Elaboración propia

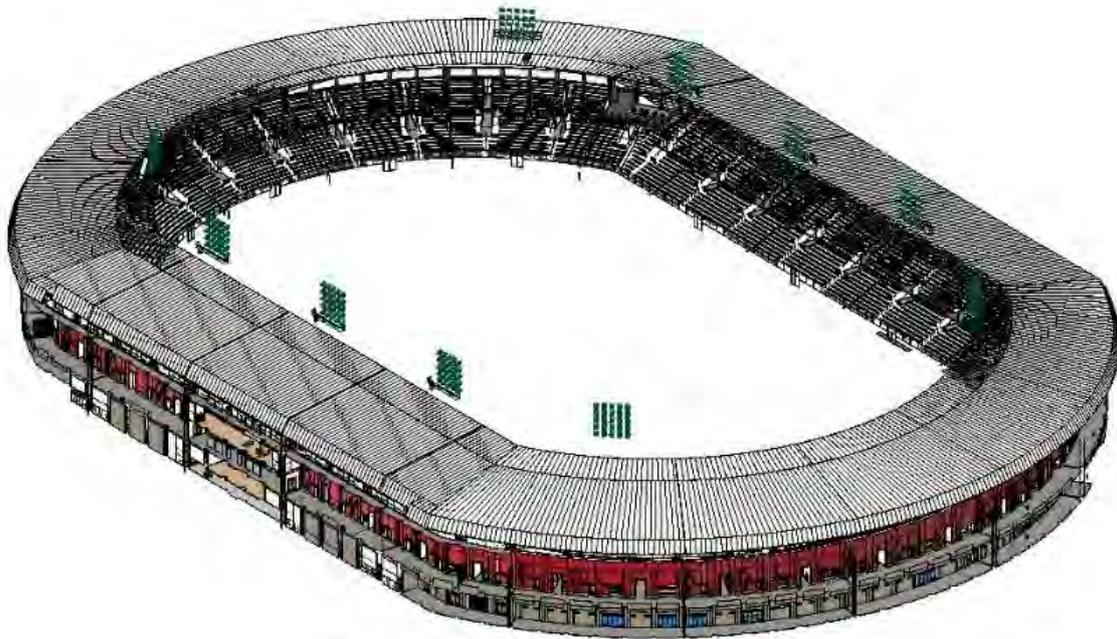


Figura 25. Modelo de Arquitectura del estadio

Elaboración propia

Para una mejor visualización de los modelos demás modelos, ver anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

4.4.4. Sesiones colaborativas internas y con proyectistas

Para la coordinación interna entre los miembros del equipo BIM, se organizaron reuniones de organización entre los coordinadores BIM y el BIM Manager, y reuniones de capacitación a los modeladores para explicar las consideraciones sobre los planos de diseño enviados, procesos constructivo y criterios para el modelado. A partir de ello, se ordenaron carpetas en una plataforma colaborativa como el Autodesk Construction Cloud (ACC) para realizar la colaboración y sincronización de modelos a la nube de Revit (ver Anexo 7. Organización de carpetas en ACC).

Asimismo, los coordinadores BIM realizaron las revisiones de los modelos cada día para reducir las interferencias por modelado y revisar la calidad del mismo. Esto sirvió para generar un reporte de incompatibilidades entre una misma especialidad y entre otras para su posterior presentación a los proyectistas (ver Anexo 8. Reporte de incompatibilidades). Para este último, se realizó la revisión de modelos federados en el software Navisworks a través de recorridos virtuales y la herramienta de detección de interferencias, propias del software. Con ello, se crearon vistas para mejorar la comunicación entre el coordinador BIM y los proyectistas al momento de la reunión ICE.

Acerca de las características de las sesiones ICE, cada una de ellas fue organizada según el cronograma de avance en el modelado. Ante ello, se propusieron 2 sesiones ICE por mes primero para las especialidades de arquitectura y estructuras, y después para las instalaciones MEP. Estas se desarrollaron a través de reuniones por Google Meet y comunicadas con previa anticipación a los proyectistas. Para ello, fue indispensable el envío de correos recordatorios y el envío digital de los reportes trabajados, dado que el trabajo se realizó de manera virtual en su totalidad. Cabe destacar que las sesiones ICE permitieron resolver la mayor cantidad de incompatibilidades al momento de su presentación y solo muy pocas fueron consultadas de manera externa. Finalmente, cada

proyectista envió sus planos actualizados con las observaciones levantadas en un plazo entre 7 a 10 días a partir de la fecha de la reunión. A partir de ello, se actualizaron los modelos y se revisó si las incompatibilidades detectadas fueron resueltas o continúan abiertas. Para la mayoría de los casos, se detectaron que los planos continuaban con algunas interferencias ya presentadas y se tuvo que repetir las sesiones ICE para su culminación.

4.4.5. Extracción de planos finales para construcción

Una vez finalizados los modelos y actualizados con los últimos planos de diseños enviados por los proyectistas, se procedió a exportar los planos finales en formatos PDFs y DWG, esto con la finalidad de presentarlos en el expediente técnico (ver Anexo 9, 10, 11, 12 y 13– Planos de especialidades). Estos planos fueron desarrollados para todas las especialidades del estudio y fueron cargados a una carpeta Drive para su presentación, dado que aún no se generó una mayor madurez BIM en el proyecto. Estas carpetas fueron compartidas a los proyectistas, cliente y constructores para su revisión y, ante ello, cada especialista y supervisor entregó un documento con las observaciones indicadas en cada plano, en su mayoría de dibujo e impresión. Para resolver esto último, se crearon carpetas de levantamiento de observaciones hasta la aceptación final por parte de los ingenieros a cargo.

5. Planificación 4D del proyecto

5.1. Datos de proyecto de ejemplo

La planificación propuesta en la presente tesis se realizará mediante la extrapolación de datos de un proyecto actual en construcción de un estadio en la ciudad de Ayacucho. Dicho proyecto tiene un área de 3800 m² de construcción y ambientes como tribunas, canchas, estacionamientos, tanques de agua y subestación eléctrica, entre otros similares. Para ello, se considerará el cronograma Gantt inicial de la obra y los plazos propuestos (ver Anexo 14). Cabe resaltar que esta planificación otorgada se realizó de manera tradicional sin la aplicación de herramientas ni metodologías, además de guiarse bajo una forma de contrato de administración directa por parte del cliente y, por tanto, parte del avance dependió del presupuesto asignado por fechas que no fueron continuas y dependían de otros ingresos externos variables. Ante ello y conociendo que el proyecto de estudio pertenece al mismo cliente y es probable que se realice con la misma forma de contrato, se procederá a utilizar la planificación de obra señalada.

En relación a ello, se decidió que el alcance para definir la planificación del proyecto de estudio dependerá de la máxima capacidad de vaciado de concreto solo de los elementos de columnas, vigas y losas macizas, el rendimiento y el ritmo de vaciado diario. Para ello, se calculará un ratio de volumen por tiempo en base a los datos del proyecto guía, los cuales se presentan en la tabla 06 y se especificó en el anexo 17.

Tabla 06. *Datos del proyecto de estadio de ejemplo*

| Elemento | Volumen (m ³) | Plazo | Ratio (m ³ /día) |
|-----------------------|---------------------------|-------|-----------------------------|
| Columnas | 179.13 | 15 | 11.94 |
| Vigas + losas macizas | 1 337.72 | 25 | 53.51 |

Nota. Elaboración propia

Con ello, se extrapolará los datos según el metrado extraído de los modelos de cada módulo para el cálculo del plazo calculado. Dado el alcance inicial de la tesis, se realizará la planificación de un módulo de la tribuna sur del proyecto de estudio.

5.2.Implementación de Last Planner System

Dado el alcance de la tesis, se presentarán la planificación a partir de la finalización de la fase de cimentaciones, es decir, a partir del vaciado de concreto de zapatas y vigas de cimentación, y se usará la herramienta LPS para la preparación de Plan Maestro, Planificación de fases, Lookahead y planificación semanal. Como ejemplo, se presentará la propuesta de sectorización y planificación del módulo de tribuna SUR, cuyos procedimientos de análisis y consideraciones serán similares para las demás tribunas.

5.2.1. Consideraciones para la sectorización

Para comenzar con la sectorización, primero se extrae el volumen de concreto de horizontales y verticales a partir de los modelos de estructuras de cada módulo de la tribuna respectiva tal como se muestra en la tabla 07.

Tabla 07. *Volumen de concreto de la tribuna SUR*

| TRIBUNA | MÓDULO | VOLUMEN DE CONCRETO (m3) |
|----------------|---------------|---------------------------------|
| | SUR-1 | 364.86 |
| | SUR-2 | 221.00 |
| SUR | SUR-3 | 221.10 |
| | SUR-4 | 220.85 |
| | SUR-5 | 189.14 |

Nota. Elaboración propia

Con los datos obtenidos, los sectores propuestos se definirán considerando solo el vaciado de concreto, mas no el trabajo y volumen de encofrados. Para ello, se consideró las restricción de capacidad de vaciado diario de concreto en la obra de ejemplo, el cual

es de 58 m³ considerando dos carmix y una bomba de concreto. Según esto y siguiendo la tabla 06 presentada anteriormente, para el módulo SUR 1 primer nivel se considerarán 4 sectores, tal como se muestra en la figura 26.

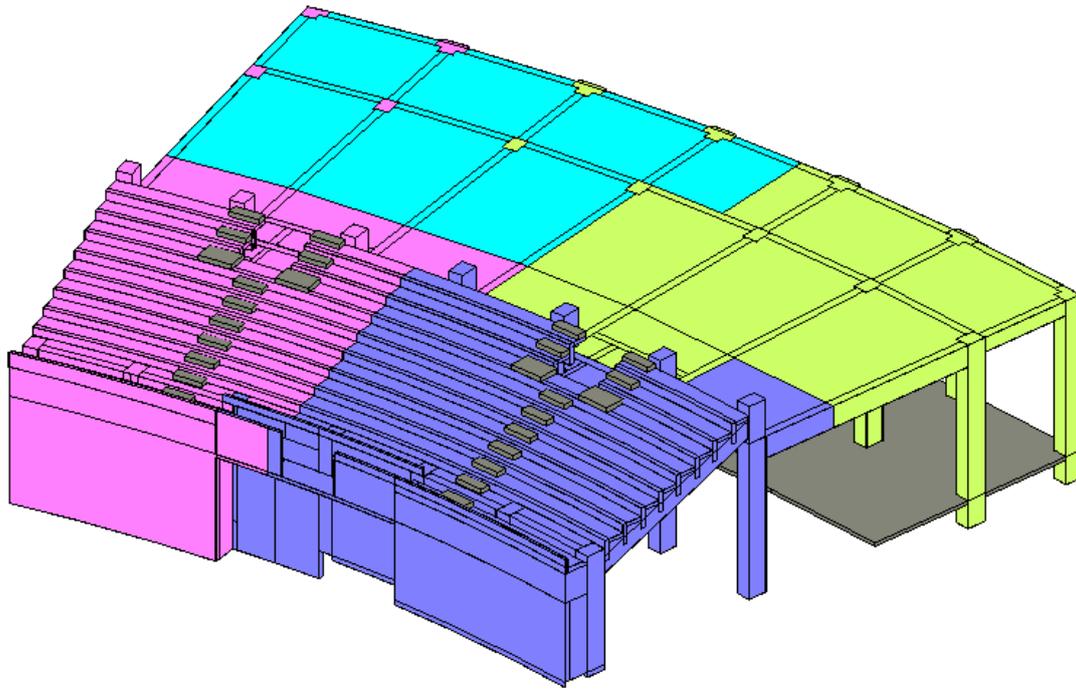


Figura 26. Sectorización del primer nivel del módulo SUR-1 del estadio

Elaboración propia

Cada uno de estos sectores contemplan la cantidad de volumen de concreto en cantidad similares tanto en verticales como horizontales, tal como se muestra en la tabla 08.

Tabla 08. Volumen de concreto por sector – SUR-1

| MÓDULO | SECTOR | VOLUMEN DE CONCRETO (m ³) |
|--------|--------|---------------------------------------|
| SUR-1 | S01-P1 | 53.14 |
| | S02-P1 | 50.76 |
| | S03-P1 | 53.40 |
| | S04-P1 | 53.86 |

Nota. Elaboración propia.

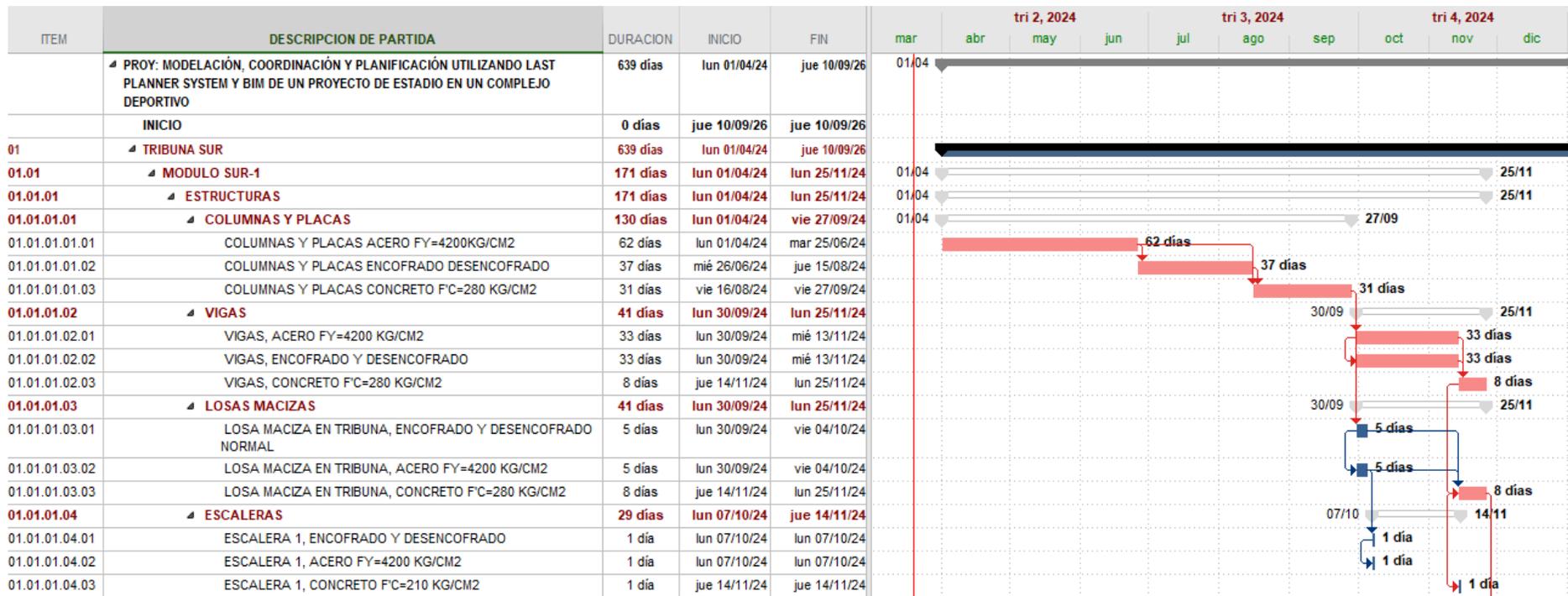


Figura 28. Cronograma Gantt propuesto para el módulo SUR-1

Elaboración propia

5.2.3. Planificación de fases y elección de actividades

Dado que el hito general del master plan es de estructuras, solo se considerarán las actividades de encofrado, armado de acero y vaciado de concreto para los elementos de columnas y placas, vigas, losas macizas y escaleras. Cabe destacar que también se considerarán los pases de tuberías empotradas y colgadas al momento de realizar el vaciado.

En ese sentido, se consideran las siguientes actividades de la fase de estructuras:

- Habilitación de acero en columnas y placas
- Colocación de pases de tubería de IISS en placas
- Colocación de pases de tubería de ACI en placas
- Encofrado de placas y columnas
- Vaciado de concreto en placas y columnas
- Encofrado de fondo de viga y losa
- Acero en vigas y losas + Encofrado de laterales de viga
- Colocación de IISS/IIIEE en losas
- Vaciado de concreto en vigas y losas
- Habilitación de acero en escaleras
- Encofrado de escaleras
- Vaciado de escalera

Del mismo modo, se analizan las posibles restricciones que puedan generar retrasos al flujo de trabajo. En relación a ello, se guiará de las restricciones revisadas en bibliografías y se adaptaran al proyecto de estudio. Asimismo, estas restricciones se presentarán al equipo de expertos para su revisión y recopilación de observaciones. Por tanto, se listan lo siguiente para la etapa de estructuras:

- Verificación de planos y modelo de estructuras
- Falta de equipos, herramientas o materiales de obra.
- Falla de equipos o falta de mantenimiento
- Inasistencia del personal por falta de pagos a tiempo o huelgas
- Eventos climáticos
- Retrabajos

Con ello, se proponen los plazos establecidos según el Lookahead a continuación.

5.2.4. Lookahead propuesto

De acuerdo con la complejidad de un proyecto de estadio y los plazos desarrollados, se decide por organizar un cronograma de 7 semanas mostrando las actividades correspondientes para cada sector, el cual se muestra completo en el anexo 19. De este modo, en la figura 29 se propone lo siguiente:

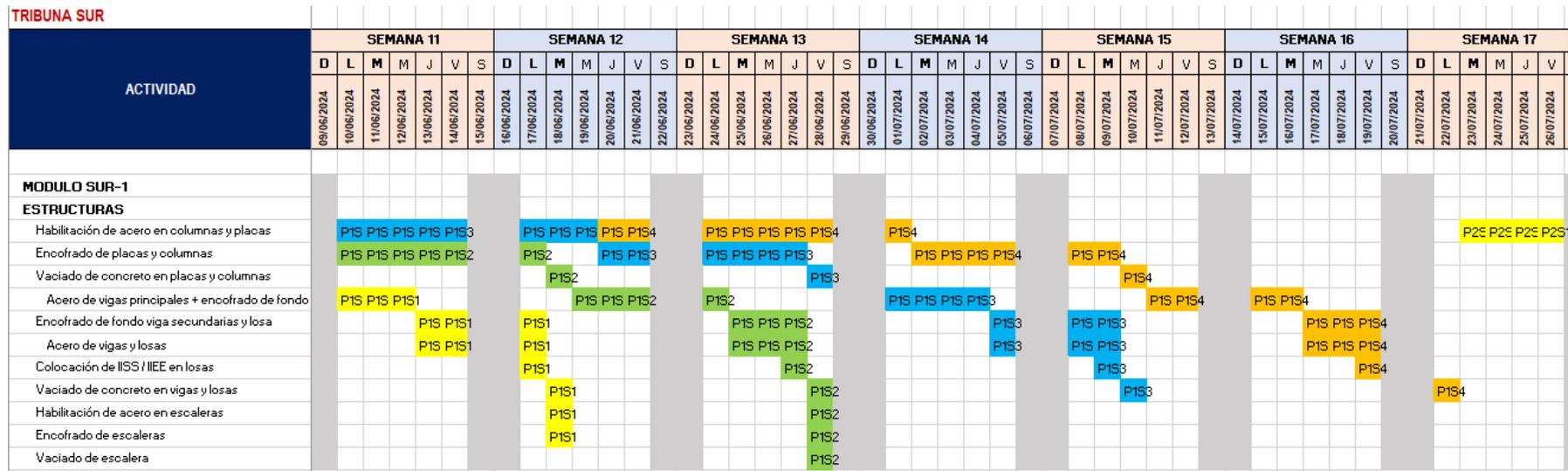


Figura 29. Lookahead propuesta del módulo SUR-1

Elaboración propia

5.2.5. Plan semanal propuesto

En relación con el Lookahead propuesto, se propone el siguiente plan semanal según el tren de actividades propuesto. Tal como se muestra, los ritmos de vaciado se realizarán cada 8 días según los datos dados de la obra real. Con ello, se presenta la figura 30:

| TRIBUNA SUR | | | | | | | | |
|---|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| ACTIVIDAD | SEMANA 13 | | | | | | | |
| | D | L | M | M | J | V | S | |
| | 23/06/2024 | 24/06/2024 | 25/06/2024 | 26/06/2024 | 27/06/2024 | 28/06/2024 | 29/06/2024 | |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | | |
| Encofrado de placas y columnas | | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | P1S3 | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | | P1S2 | | | | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | | |
| Acero de vigas y losas | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | | |
| Colocación de IISS / IIEE en losas | | | | | P1S2 | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | P1S2 | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | P1S2 | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | P1S2 | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | P1S2 | | |

Figura 30. Planificación semanal

Elaboración propia

5.3.Sinergia BIM y Last Planner System

Una vez obtenidos los modelos BIM finalizados y la propuesta de planificación, se desarrollará la simulación constructiva 4D de la tribuna SUR, resaltando la planificación semanal del módulo SUR-1. Es preciso indicar que esta simulación será de manera similar a las demás tribunas, considerando los alcances respectivos.

5.3.1. Simulación 4D

Para la simulación 4D se exportaron los modelos de Revit de estructuras e instalaciones y se vincularon con el cronograma en Ms Project con los plazos establecidos. Las consideraciones a seguirse fueron las siguientes:

1. Se consideró el modelado de encofrado y acero (sin detalle) para la mejor visualización de los ritmos de armado de cada partida. Por ello, para los

elementos de encofrado se dibujaron muros de 1 cm de espesor y se indicó si corresponden a un elemento vertical u horizontal; asimismo, solo se consideró un diámetro común de acero para cada elemento modelado, por ejemplo, para las losas se usó barras de $\frac{1}{2}$ "; placas, 1"; y vigas, $\frac{3}{4}$ "; y se simuló el armado y distribución de acero común utilizado en campo.

2. Se consideró la creación del parámetro de "Construcción" para la división de tuberías empotradas y embebidas en concreto, y tuberías instalados después del vaciado, para solo mostrar la puesta en obra de estas en la simulación.
3. Se consideró que las cimentaciones ya se encuentren construidas y, por tanto, no se incluye el movimiento de tierras ni el encofrado, acero y vaciado de zapatas y vigas de cimentación.
4. Se tomó en cuenta que solo parte del sector 1 y 2 muestren los procedimientos de armado de acero, colocación de tuberías y encofrado en la simulación, mientras que los demás sectores mostrarán solo el vaciado de concreto.
5. Se tomó en cuenta los cortes a los tercios en losas y vigas para la sectorización.
6. Se siguieron los procedimientos realizados en la construcción del estadio guía.

Con ello, se logró realizar la simulación 4D para el módulo SUR-1 de ejemplo, tal como se observa en la figura 31:

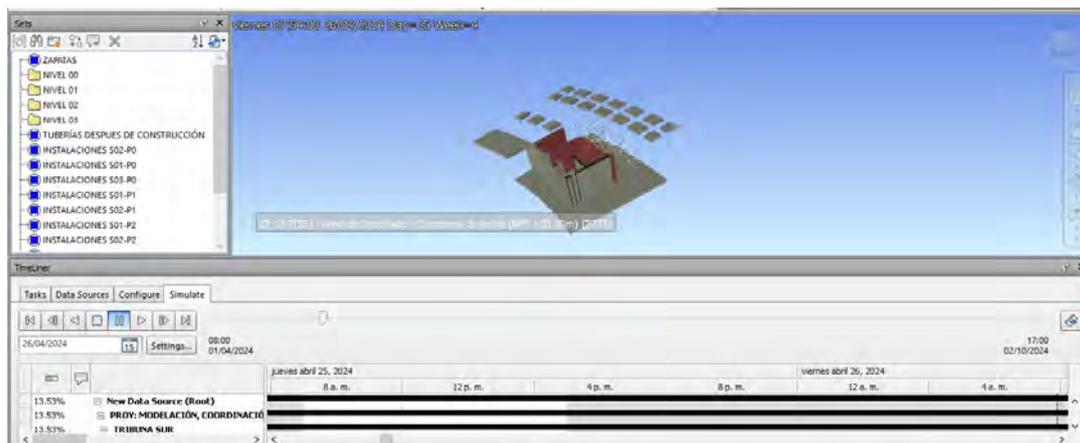


Figura 31. Simulación 4D del módulo SUR-1

Elaboración propia

5.4. Entrevistas a especialistas del área

Para la validación de la propuesta de planificación, la sinergia entre el uso de modelos BIM y LPS, y el logro de los objetivos de la tesis, se ha decidido realizar entrevistas y encuestas a expertos del rubro cuantificando los resultados a través de puntajes en escala Likert del 1 al 5. Esta validación se basa en las normas presentadas en la guía PMBOK, citada en el capítulo de Marco Teórico.

En primer lugar, se entrevistó a un grupo de 8 personas del staff de obra del proyecto de estadio de ejemplo siguiendo los criterios siguientes: ser ingenieros civiles, arquitectos, técnicos civiles, con experiencia en temas de construcción deportiva como estadios, polideportivos, entre otros, o que tengan conocimiento respecto al modelado y coordinación BIM de proyectos deportivos y experiencia en planificación de obra. Cada uno de ellos presentó una breve descripción de sus cargos, estudios y años de experiencia, pero se mantuvo el anonimato al momento de realizar las votaciones correspondientes. En relación a ello, se tiene lo siguiente:

Experto 1.

El primer experto es un ingeniero civil titulado y colegiado, con estudios de maestría en gestión de procesos constructivos en la Universidad Nacional de Ingeniería. Posee más de 7 años de experiencia en la ejecución de obras públicas y privadas como saneamiento, estadio, colegios; y elaboración de expedientes técnicos. También posee 5 años de experiencia trabajando en la contraloría como parte del equipo de procesos administrativos, así como ser parte de la mesa directiva del CIP Ayacucho. Actualmente, ejerce el cargo de residente de obra en el proyecto de estadio de ejemplo en la ciudad de Ayacucho.

Experto 2.

El segundo experto es un Ingeniero civil titulado y colegiado, egresado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con experiencia en la elaboración de expedientes técnicos y trabajos en topografía desde el 2014. Participó en la ejecución de obras públicas como redes de saneamiento, parques infantiles, instituciones educativas, campos deportivos y estadio. Asimismo, tiene experiencia en la ejecución de proyectos privados como colegios y jardines de niños. Actualmente, tiene el cargo de asistente de residente de obra en el proyecto de estadio de ejemplo en la ciudad de Ayacucho.

Experto 3

El tercer experto es un ingeniero civil egresado y titulado de la Universidad Privada del Norte, con experiencia en proyectos de saneamiento, carreteras, campos deportivos y estadios; y en la elaboración de proyectos técnicos como pistas y veredas, mantenimiento de tejados, cubiertas, entre otros. Posee conocimientos acerca de la planificación de obra y en el uso de programas como Ms Project, Primavera, entre otros.

Experto 4

El cuarto experto es ingeniero civil egresado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con experiencia de 4 años en la realización de proyectos de edificación de salud como asistente de oficina técnica y producción de obra, así como experiencia en obra de estadios. Además, tiene experiencia como ingeniero de SSOMA y como asistente de residente en otros proyectos. Actualmente, trabaja como ingeniero de campo en la obra de estadio de ejemplo en la ciudad de Ayacucho y cuenta con conocimientos en procesos constructivos, planificación de obra y manejo de costos. Cuenta con conocimientos básicos del uso de software BIM en distintos proyectos.

Experto 5

La experta 5 es una ingeniería civil egresada de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con 3 años de experiencia en la elaboración de expedientes técnicos de proyectos públicos como parques, estadios, instituciones educativas y jardines. Asimismo, actualmente se encarga de analizar las valorizaciones de obra del estadio Las Américas. Cuenta con conocimientos en el uso de la herramienta Last Planner System en distintos proyectos, así como el uso de modelos Revit en proyectos de vivienda unifamiliares.

Experto 6

El experto 6 es un ingeniero egresado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, titulado y con colegiatura vigente, con estudios de maestría en la Universidad Nacional de Ingeniería. Cuenta con más de 10 años de experiencia en la elaboración de expedientes técnicos y ejecución de obra de distintos proyectos como saneamiento, colegios, centros de salud, campos deportivos, entre otros. Asimismo, es parte de la mesa directiva del CIP Ayacucho y actualmente ejerce el cargo de supervisor de obra en el proyecto de estadio de ejemplo en la ciudad de Ayacucho.

Experto 7

La experta 7 es una ingeniera civil egresada de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con conocimientos en costos y presupuesto de obra. Cuenta con 3 años de experiencia en la elaboración de expedientes técnicos de colegios públicos, saneamiento y otros, así como la ejecución de estadios, pavimentación de calles y centros médicos. Además, actualmente tiene el cargo de ingeniera de costos de la obra de estadio de ejemplo.

Experto 8

La experta 8 es una arquitecta titulada y colegiada en la ciudad de Ayacucho, con experiencia, con estudios de posgrado en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Cuenta con más de 8 años de experiencia en elaboración de expedientes técnicos de viviendas, colegios, centros de salud, parques y estadio. Asimismo, participó en el diseño arquitectónico de estos proyectos y en la supervisión de los mismos. Además, cuenta con conocimientos en el uso del Revit como software BIM, así como la planificación de obra, especialmente en el área de arquitectura. Actualmente, ejerce el cargo de especialista en Arquitectura en una entidad pública.

En segundo lugar, se presentaron las consultas referentes a la planificación, tal como se puede observar en la figura 32 y se sometió a la votación según la puntuación del 1 al 5 en la escala de Likert. Para mejorar la participación de cada uno de ellos, también se planteó colocar un espacio de observaciones líneas abajo para que puedan rescatar las ideas e indicar los cambios y/o sugerencias respecto a la planificación, en principio. Los formatos desarrollados por los expertos se muestran en el anexo 20.

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totamente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totamente de acuerdo (5) |
|--|-----------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | | |

OBSERVACIONES

Figura 32. Formato de encuesta de validación de planificación

Elaboración propia

Según la apreciación de cada uno de los expertos acerca de la planificación y el uso de modelos 3D y 4D, se pudo recopilar las observaciones y recomendaciones de cada uno de ellos, lo cual se indica a continuación:

Los expertos 1, 2 y 6 señalaron que sería óptimo indicar el número de cuadrillas para lograr el ritmo de trabajo considerado en la planificación presentada, pero que el plazo fue similar al logrado en la obra real, con una diferencia de 10 días calendarios. Esta comparación fue aceptada debido a que los metrados entre las dos obras fueron similares. Asimismo, también enfatizaron en el uso del modelo 3D para un mejor seguimiento en obra, además de enfatizar en que la simulación 4D ayudó a observar zonas

y puntos de instalaciones que deben colocarse al momento de realizar el vaciado de concreto.

El experto 3 y 4 mostraron interés en la aplicación de una simulación 4D para el seguimiento de la planificación de obra, pero sugirieron que esta sea vinculada a una herramienta de control para, así, poder tomar medidas correctivas. Asimismo, consideraron provechoso el uso de los modelos 3D para la verificación de interferencias y que sean detectadas con anticipación para evitar tiempos de espera largos. También, indicaron estar de acuerdo con el uso de sectores para una planificación de obra más ordenada, considerando los cortes adecuados en losas y vigas en el proceso constructivo. Además, recomendaron el uso completo de softwares compatibles con la metodología BIM, tanto en los metrados y el presupuesto para un mejor flujo de información al momento de las modificaciones.

Finalmente, los expertos 5, 7 y 8 manifestaron que los tiempos planeados para la construcción de la subestructura es similar a la realizada en la obra de estadio de ejemplo considerando que las actividades propuestas son las más importantes. A su vez, precisaron que el uso de sectores no solo permite un mejor orden para ejecutar los procedimientos en obra, sino que también facilita la administración de los recursos de acuerdo a los frentes de trabajo. De los tres profesionales, la experta 8 sugirió que el modelado es apto para una mejor comprensión en la ejecución de una obra de gran envergadura, pero se podría mejorar con la presentación de un cronograma de actividades de acuerdo a la ejecución de especialidades de estructuras y arquitectura.

Con esta información recopilada a través de las encuestas y entrevistas, se presenta el cuadro estadístico con los puntajes otorgados por cada especialistas en la figura 33:

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO



Figura 33. Resultados de encuesta de validación de propuesta de planificación

Elaboración propia

6. Análisis de resultados

6.1.1. Modelación y coordinación

A partir de los planos en CAD recibidos y luego de definir los alcances, programas y estándares a utilizarse, se obtuvieron los modelos de las especialidades de arquitectura, estructura y MEP (Ver anexos 1 al 6). Con ellos, fue posible obtener un modelo federado en el cual se pudo detectar las interferencias y elaborar un reporte de ellas (ver anexo 14). El uso de un reporte generado en Excel fue beneficioso dado que este software es conocido por la mayoría de los proyectistas e interesados en el proyecto y, por ende, fue de fácil comprensión. Asimismo, este fue presentado en las sesiones ICE a los proyectistas de cada especialidad y se resolvieron la mayoría de las consultas en el momento, mientras que las restantes se resolvieron en días posteriores.

Debido a la magnitud del proyecto, se coordinaron reuniones ICE cada semana hasta definir y solucionar la mayor cantidad de interferencias, con lo cual se pudo trabajar con un modelo más limpio para la extracción de metrados y planos. Cabe indicar que para llegar a ello es necesario configurar ciertos parámetros para priorizar el orden de ingreso de información a los modelos (ver anexo 15) y facilitar también la visualización y procesos de detección de interferencias durante la coordinación BIM. Para ello, los parámetros utilizados resultaron provechosos para el orden de las tablas de cuantificación de extracción de cantidades de material solicitados por el cliente (ver anexo 16). Del mismo modo, se emplearon filtros de colores y sistemas en los planos obtenidos a partir de los modelos, con la finalidad de diferenciar los elementos en cada especialidad, especialmente en las instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas. Para el caso de la especialidad de estructuras, se decidió por no presentar planos de detalles de acero dado que no se tenía información sobre ello por el alcance del contrato con el cliente.

A su vez, el uso de un entorno común de datos fue de beneficio para el equipo BIM de modeladores y coordinadores, dado que se trabajó dentro de una nube de datos en la red a través del software Revit y la plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC). Con ello, se pudo trabajar con modelos en línea en los cuales se realizaban cambios de diseño según las exigencias de los proyectistas, y que pudieron ser levantados al momento y observados en otros modelos vinculados a este.

6.1.2. Planificación y simulación 4D

En primer lugar, se pudo realizar la planificación maestra como parte inicial del uso de la herramienta LPS a partir de los ritmos de trabajo de un proyecto real en ejecución (Ver anexo 17). Esto pudo lograrse siguiendo la técnica de estimación análoga sugerida por la guía PMBOK, en el cual indica que, al tenerse dos proyectos de similares características y cantidades de recursos parecidos, es posible extrapolar los datos de plazos y lograr una propuesta de planificación que puede ser validada por juicio de expertos (PMI, 2017).

Después de la planificación maestra, se pudo determinar la planificación de fases, en la que se dedujeron las restricciones que fueron aprobadas por los expertos a través de la encuesta realizada; el Lookahead propuesto, considerando 7 semanas por la magnitud del proyecto y el tren de actividades de acuerdo al ritmo de vaciado de concreto (ver anexo 19); y el plan semanal, el cual muestra las partidas a realizarse por sector y nivel de acuerdo al tren de actividades durante una semana.

A partir de lo anterior, fue posible realizar un modelo 4D que muestra la simulación constructiva de la subestructura de un módulo de la tribuna sur del proyecto de estudio a través del uso de los modelos 3D BIM coordinados en la primera parte de la tesis. Esta simulación y planificación propuesta fue presentada a profesionales, quienes

compartieron opiniones y calificaron las premisas de la encuesta en base al criterio de cada uno. De estas recomendaciones sugeridas por los expertos al momento de realizar las encuestas y entrevistas, se pudo plantear las siguientes demandas:

- La cuadrilla de vaciado de concreto a proponerse consta de 1 operador de equipo liviano, 2 operarios y 8 peón, con un rendimiento medio de 45m3/día. Esta consideración va hacia la consulta de los expertos 1, 2 y 6, quienes estuvieron de acuerdo con la designación de recursos para esta actividad. Para ello, se presentó en la figura 34 el siguiente APU adaptados de otros proyectos similares.

Análisis de precios unitarios

| | | | | | | |
|---------------------|--|---------------|------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| Presupuesto | 1201001 MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL ESTADIO DE LAS AMÉRICAS ZONA I, DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA - PROVINCIA DE HUAMANGA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO | | | Fecha presupuesto | 03/10/2021 | |
| Subpresupuesto | 001 INFRAESTRUCTURA DEL ESTADIO | | | | | |
| Partida | CONCRETO MEZCLADO CON CARMIX F'C=280KG/CM2 | | | | | |
| Rendimiento | m 3/DIA | MO. 45.0000 | EQ. 45.0000 | Costo unitario directo por : m3 | 334.07 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.3556 | 27.71 | 9.85 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.3556 | 21.79 | 7.75 |
| 0101010005 | PEON | hh | 8.0000 | 1.4222 | 19.71 | 28.03 |
| 0147030055 | OPERARIO EQUIPO LIVIANO | hh | 2.0000 | 0.3556 | 28.90 | 10.28 |
| | | | | | | 55.91 |
| Materiales | | | | | | |
| 0205010004 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.5500 | 5.08 | 2.79 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m3 | | 0.6500 | 5.08 | 3.30 |
| 02130100010002 | CEMENTO PORTLAND TIPO I ANDINO | bol | | 9.3300 | 24.92 | 232.50 |
| 0234000001 | GASOLINA 95 OCTANOS | gal | | 0.2500 | 20.59 | 5.15 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.2060 | 1.50 | 0.31 |
| | | | | | | 244.05 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301290001 | VIBRADOR PARA CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.1778 | 58.08 | 10.33 |
| 0349510010 | BOMBA DE CONCRETO 37 m3/h ALTURA 80 m | hm | 1.0000 | 0.1778 | 33.76 | 6.00 |
| 0399010001 | CARMIX | hm | 2.0000 | 0.3556 | 50.00 | 17.78 |
| | | | | | | 34.11 |

Figura 34. APU de partida de vaciado de concreto con carmix

Elaboración propia

- Se explicó a los expertos 3 y 4 que es posible vincular los modelos 3D y 4D en otros softwares como Vico Office, Delphin express, entre otros, para lograr un mejor flujo de información y un mejor seguimiento de las partidas a ejecutarse. Así, se explicó que a partir del uso de un modelo 3D y 4D es posible realizar la supervisión de la planificación de obra a tiempo real, comparando los tiempos planeados con los reales

actuales, identificando las actividades que generan retrasos y analizando las restricciones planteadas en un inicio.

- Finalmente, se aclaró a la experta 8 que el uso de modelos 4D para la planificación de obra no solo se limita a la especialidad de estructuras o a la etapa de casco estructural, sino que puede ser trabajado durante toda la etapa de construcción del proyecto, por tanto, también es posible vincular el modelo 3D de arquitectura con un cronograma revisado por los especialistas y desarrollar una simulación 4D más completa.

6.1.3. Validación de metodología

Con los resultados mostrados, se realizó una segunda encuesta a los expertos presentados en el capítulo anterior para validar la metodología propuesta acerca del uso de modelos BIM 3D y 4D y la sinergia con la herramienta Last Planner System. Los profesionales calificaron con un puntaje de 1 al 5 en escala Likert a cada una de las premisas presentadas en el listado (ver anexo 21), obteniéndose el resultado mostrado en la figura 35.

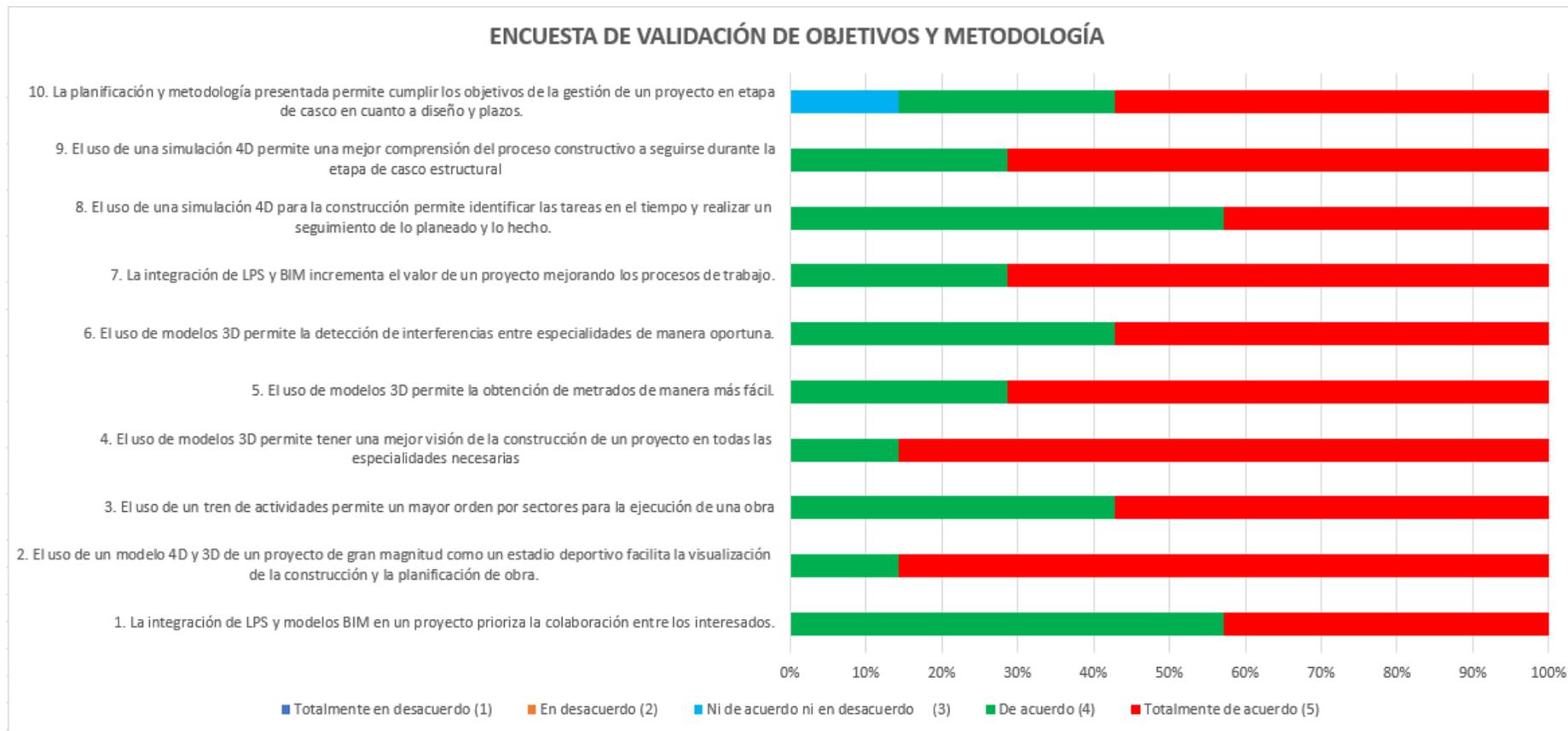


Figura 35. Resultados de validación de objetivos y metodología de la tesis.

Elaboración propia

Conclusiones

- A partir de los planos 2D entregados por los proyectistas de cada especialidad, se desarrollaron los modelos 3D a través de la vinculación de vistas entre los softwares. Esto se concretó debido a la interoperabilidad entre los programas AutoCAD y Revit, facilitando el trabajo y la mejor comprensión del proceso de modelado. Asimismo, cada modelo 3D fue elaborado siguiendo los estándares indicados en el Plan de Ejecución BIM, así como la revisión de la normativa y la información no geométrica entregada por los proyectistas, ya sea especificaciones técnicas o memorias descriptivas.
- A partir de los modelos 3D, fue posible crear un modelo federado en el cual se realizó la revisión y detección de interferencias e incompatibilidades entre especialidades. Esto se logró a partir de recorridos virtuales y revisiones en el software Navisworks. Una vez detectadas, se implementó un reporte de estas interferencias en Excel y el cual fue presentado a los especialistas a través de las sesiones ICE organizadas.
- Mediante las sesiones ICE programadas, se logró resolver la mayor cantidad de observaciones presentadas al momento de la reunión, así como determinar un periodo de latencia para las respuestas de diseño de más detalle y necesarios para continuar con el modelado. Una vez levantadas las observaciones, se identificaron nuevas interferencias que fueron presentadas en las reuniones ICE siguientes, hasta disminuir la mayor cantidad. Asimismo, se realizó la extracción de cantidades de material y la creación de planos 2D de cada especialidad, los cuales fueron entregados a los stakeholders.
- Utilizando la herramienta Last Planner System fue posible elaborar la planificación de obra para la fase de caso estructural para una tribuna de un estadio. Esto se desarrolló a partir de los datos obtenidos de un proyecto real, los cuales fueron extrapolados al proyecto de estudio siguiendo la técnica de estimación análoga sugerida en la guía PMBOK y que será evaluado por juicio de expertos. A partir de ello, se diseñó

un Plan Maestro junto con un cronograma Gantt, del cual se analizaron las restricciones y se indicaron en la planificación de fases.

- Como parte del análisis de los plazos del proyecto, se decidió por utilizar un Lookahead de 7 semanas para mostrar con mayor amplitud las partidas a ejecutarse. Con ello, se planeó un tren de trabajo con vaciados de concreto cada 8 días para cada sector y por nivel, en concordancia con la restricción del volumen máximo de vaciado identificado en el proyecto real. Además, fue posible detallar la planificación hasta una planificación semanal a partir del Lookahead propuesto.

- Mediante el uso de los modelos 3D BIM y la planificación propuesta, se realizó el modelo 4D de simulación constructiva mostrando las actividades a realizarse para la fase de casco estructural. Este modelo 4D, junto con el tren de trabajo propuesto, fue presentado al staff de obra del proyecto real, quienes validaron las restricciones identificadas, los plazos, ritmos de vaciado y actividades a realizarse, e indicaron observaciones que fueron subsanadas.

- Finalmente, los expertos validaron la metodología propuesta en la tesis a través de una encuesta anónima con puntajes del 1 al 5 según la escala Likert. De esta encuesta, se identificaron las premisas más puntuadas: “el uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra” y “la integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo.”

Por todo lo anterior, se ha comprobado que se cumplen los objetivos específicos de este trabajo y por lo tanto también el objetivo general que es implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un estadio utilizando la metodología BIM y la herramienta Last Planner System.

Recomendaciones

- Debido a que aún en el sector público existe una brecha de implementación BIM en proyectos de gran magnitud, es necesario capacitar al personal administrativo y técnico acerca de los beneficios y usos que pueden aprovecharse utilizando este enfoque. En relación a ellos, muchos proyectos implementan el uso de modelos 3D, pero solo con un fin de visualización y extracción de metrados, en el que incluso se prioriza un plano en 2D CAD a uno creado a partir de los modelos, sin notar que es posible generar más valor al producto final.

- El uso conjunto de la metodología BIM y la herramienta Last Planner System no solo debe enfocarse para proyectos de un solo tipo, por ejemplo, inmobiliarios, sino que es posible implementarlo en proyectos de gran magnitud como estadios, complejos deportivos, estaciones eléctricas, entre otros. Por ello, se sugiere una línea de investigación que explore la sinergia de ambos enfoques en proyectos atípicos.

- El alcance de la tesis fue solo de realizar un modelo 4D, sin embargo, es posible considerar el uso de un modelo 5D para el análisis y control de costos en obra, lo cual puede ser visto en una siguiente línea de investigación.

- Es necesario que el staff que participe como grupo de expertos tenga conocimientos acerca de los procesos constructivos, plazos, costos, alcances, entre otros puntos, de un proyecto similar al de evaluación. Para el caso de la tesis, el staff participante fueron los profesionales que trabajan en el proyecto real de ejemplo, por tanto, se ahorró tiempo en la explicación de los procesos constructivos y la comparación entre ambos proyectos. Asimismo, las observaciones recopiladas a partir de las encuestas fueron resueltas en base a algunas características observadas en obra real.

- Se sugiere implementar la metodología BIM y LPS desde inicios del proyecto para aumentar los beneficios y otorgar mayor valor al producto final.

Bibliografía

- Ballard, G., Vaagen, H., Kay, W., Stevens, B., and Pereira, M. (2020). Extending the Last Planner System® to the Entire Project. *Lean Construction Journal* 2020, 42-77.
<https://hdl.handle.net/11250/2994117>
- Ballard, G. (2000). *The last planner system of production control* [Tesis de doctorado, The University of Birmingham]. UBIRA eTheses.
<https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/1/Ballard00PhD.pdf>
- Braul, A., & Ríos, R. (2018). *Automatización en la elaboración del presupuesto y calendario valorizado a nivel de casco estructural en la etapa de licitación de un proyecto de edificación* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12106>
- Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (2009). *The role of reduced latency in integrated concurrent engineering*. Stanford Digital Repository.
<https://purl.stanford.edu/bd089dx8723>
- Crane, R., Dixón, M., & Sáenz de Valicourt, C. (1992). *Espacios deportivos cubiertos*. Ediciones G. Gilí.
- Daniel, E. I., Pasquire, C., Dickens, G., & Ballard, H. G. (2017). The relationship between the Last Planner® System and collaborative planning practice in UK construction. *Engineering, construction and architectural management*, 24(3), 407-425.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2015-0109>
- De Rioja, R. (2004). Impacto de las grandes construcciones deportivas en las ciudades. *On the w@terfront*, 386-551.

- Díaz, E. (2023). *Implementación del sistema Last Planner para mejorar el desempeño del proceso de ejecución en obras públicas de infraestructura vial en Lima Metropolitana* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27852>
- El Comercio. (04 de noviembre del 2023). ¿Qué se sabe del estadio Monumental? Capacidad, cuándo se inauguró y otros detalles del escenario para la final de la Liga 1. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/respuestas/deportes/que-se-sabe-del-estadio-monumental-capacidad-cuando-se-inauguro-y-otros-detalles-del-escenario-para-la-final-de-la-liga-1-universitario-tdpe-noticia/>
- Eyzaguirre Vela, R. R. (2015). *Potenciando la capacidad de análisis y comunicación de los proyectos de construcción, mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa de planificación* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6414>
- Farfán, E. Z., & Chavil, J. D. (2016). *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/621662>
- FIFA. (2011). *Estadios de fútbol. Recomendaciones técnicas y requisitos*. FIFA.
- FINA. (2021). *Facilities Rules 2017-2021*. FINA.
- Fosse, R., & Ballard, G. (2016). Lean design management in practice with the last planner system. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, EE. UU.*, 33-42. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Fosse-and-Ballard-2016-Lean-Design-Management-in-Practice-With-the-Last-Planner-System.pdf>

Hamzeh, F. R. (2011). The lean journey: implementing the last planner system in construction. *Proceedings of the 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 19, 13-15.

INACAL. (2021). *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información mediante el modelado de la información de la construcción (NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021)*. Instituto Nacional de Calidad.

Infante, K. (2023). *Implementación de BIM 4D y 5D integrado a Last Planner System en un proyecto de construcción* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24217>

Instituto Peruano del Deporte. (19 de agosto de 2022). *Conoce acerca de los complejos deportivos en nuestro país* [Archivo de Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=FT8TR9ickGk>

Instituto Peruano del Deporte. (2022). *Compendio estadístico*. http://sistemas.ipd.gob.pe/secgral/Transparencia/info_estadistica/compendios/comp_est_2022.pdf

Kongguo, Z. (2014). Research on the emergence mechanism of Last Planner System of lean construction. *The 26th Chinese Control and Decision Conference*. 3643-3646. Doi: 10.1109/CCDC.2014.6852812

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford University Repository. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2007). The foundations of lean construction. *Design and construction*, 211-226. Routledge
- Lozano, E., (25 de enero de 2023). Cajamarca: municipio inaugural coliseo Gran Qhapac Ñan. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-cajamarca-municipio-inaugura-coliseo-gran-qhapaq-nan-697193.aspx>
- Ministerio de Economía y Finanzas (2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú*.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2023). *GUÍA NACIONAL BIM. Gestión de la información para inversiones desarrolladas en BIM*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4333290/Gu%C3%ADa%20Nacional%20BIM%20-%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20informaci%C3%B3n%20para%20inversiones%20desarrolladas%20con%20BIM.pdf?v=1680013516>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma A.100. Recreación y deportes*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366619/44%20A.100%20RECREACI%C3%93N%20Y%20DEPORTES%20DS%20N%C2%B0%20006-2014.pdf?v=1636059624>
- Montestruque, O., (2019). El deporte juega en la ciudad. La infraestructura deportiva de Lima 2019. XVIII Juegos Panamericanos y VI Juegos Parapanamericanos. *Arquitextos*, (34), 73 – 96.
- Murguía, D. (2020). *Sesion 8: ICE y BIM*. (p. Diapositivas 1-69). Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Murguía, D., Vasquez, C., Culqui, D., Ley, D., Supanta, O., & Yañez, S. (2023). Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. (1989). *Productivity improvement in construction*. McGraw Hill.
- Orellana A. (2017). *Complejo deportivo en Villa María del Triunfo*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/622465>
- Orihuela, P. (2011). Lean construction en el Perú. *Construcción Integral*, 1(12), 7-9. http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf
- Orihuela, P., Canchaya, L., & Rodriguez, E. (2015). Gestión visual del sistema Last Planner mediante el modelado BIM. *SIBRAGEC ELAGEC*.
- Paramio, J. L. (2004). ¿Hacia dónde se dirigen los estadios deportivos en el período postmoderno? *Apuntes. Educación física y deportes*, 4(78), 41-50.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.)*. Project Management Institute.
- Porwal, V., Fernández-Solís, J., Lavy, S., & Rybkowski, Z. K. (2010). Last planner system implementation challenges. *Proceedings of the 18 Annual Conference International Group for Lean Construction*, 548-556. https://www.researchgate.net/publication/287715280_Last_planner_system_implementation_challenges

Quiso, E. V., & Rivera, J. A (2021). *Propuesta de aplicación de la metodología virtual design and construction mediante las sesiones ICE y el BIM para mejorar la comunicación entre el equipo de proyecto en la etapa de cimentación de edificios multifamiliares del distrito de Surquillo–Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/655215>

Redacción EC (4 de noviembre de 2023). ¿Qué se sabe del estadio Monumental? Capacidad, cuándo se inauguró y otros detalles del escenario para la final de la Liga 1. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/respuestas/deportes/que-se-sabe-del-estadio-monumental-capacidad-cuando-se-inauguro-y-otros-detalles-del-escenario-para-la-final-de-la-liga-1-universitario-tdpe-noticia/>

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of construction engineering and management*, 136(9), 968-980.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. John Wiley & Sons.

Salinas, J., & Prado, G. (2019). Building information modeling (BIM) to manage design and construction phases of Peruvian public projects= Building information modeling (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos. *Building & Management*, 3(2), 48-59. <https://doi.org/10.20868/bma.2019.2.3923>

Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de inversiones INVIERTE.PE (s.f.). *El ciclo de inversión*. Ministerio de Economía y Finanzas.

https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100282&lang=es-ES&view=article&id=5520

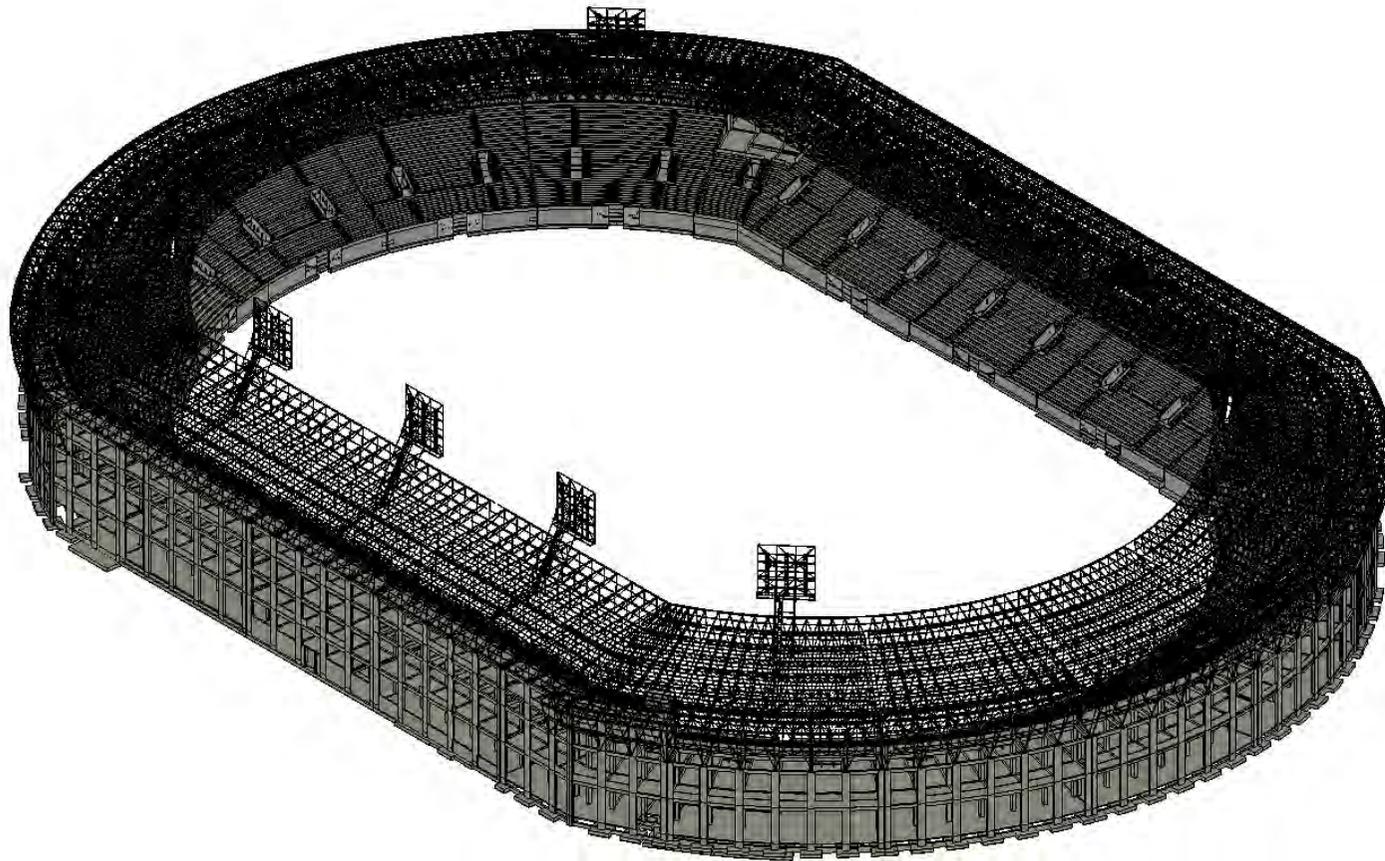
Trejo, A. (2022). *Implementación de las dimensiones 4D y 5D del BIM en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/22169>

Wickramasekara, A.N., Gonzalez, V.A., O'Sullivan, M., Walker, C.G., Poshdar, M., and Ying, F. 2020. "Exploring the Integration of Last Planner System, BIM and Construction Simulation". Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28), Berkeley, California, USA, doi.org/10.24928/2020/0047, online at iglc.net.

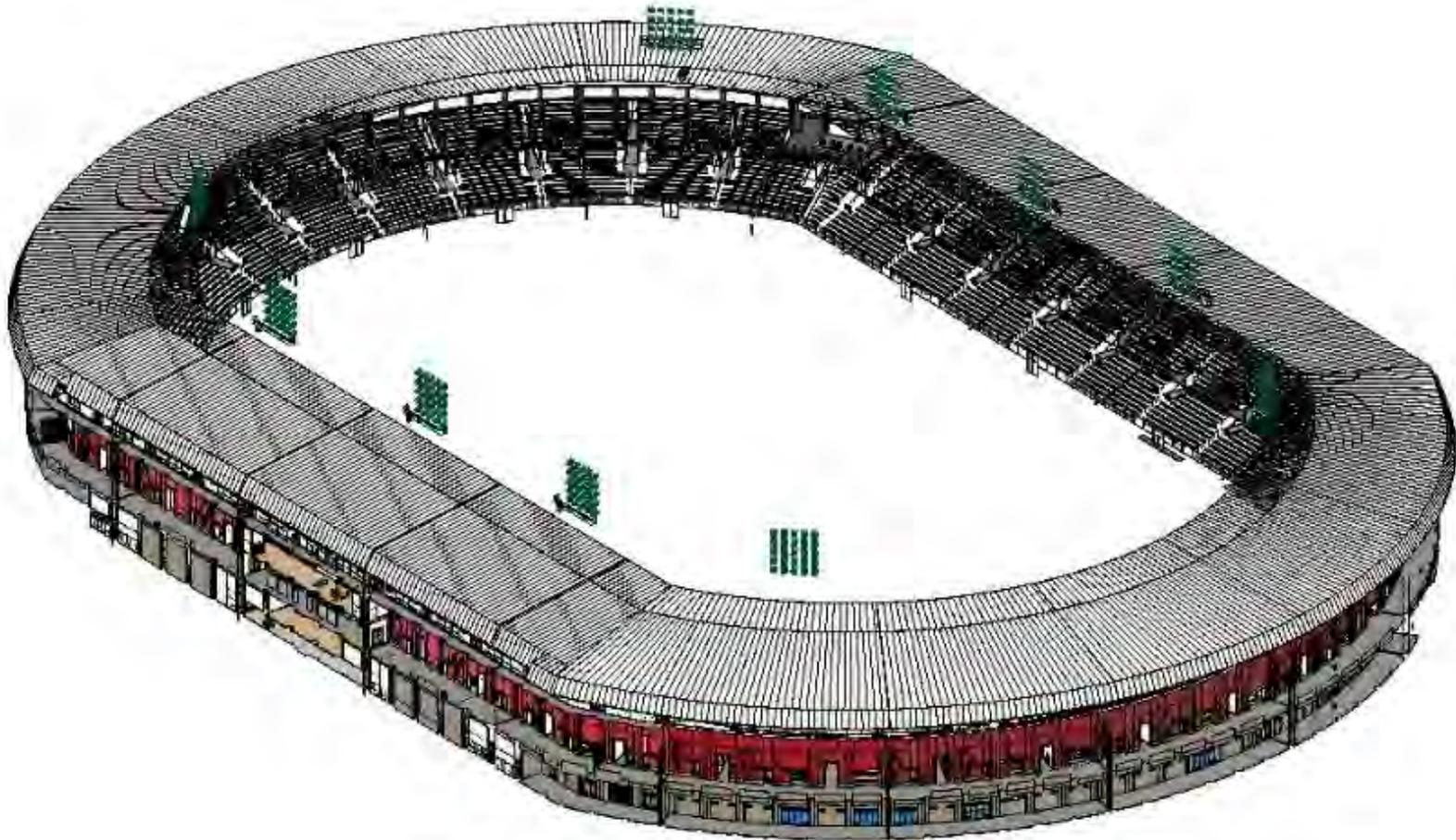
World Athletics. (2019). *Track and Field Facilities Manual*. World Athletics. <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/technical-information>

ANEXOS

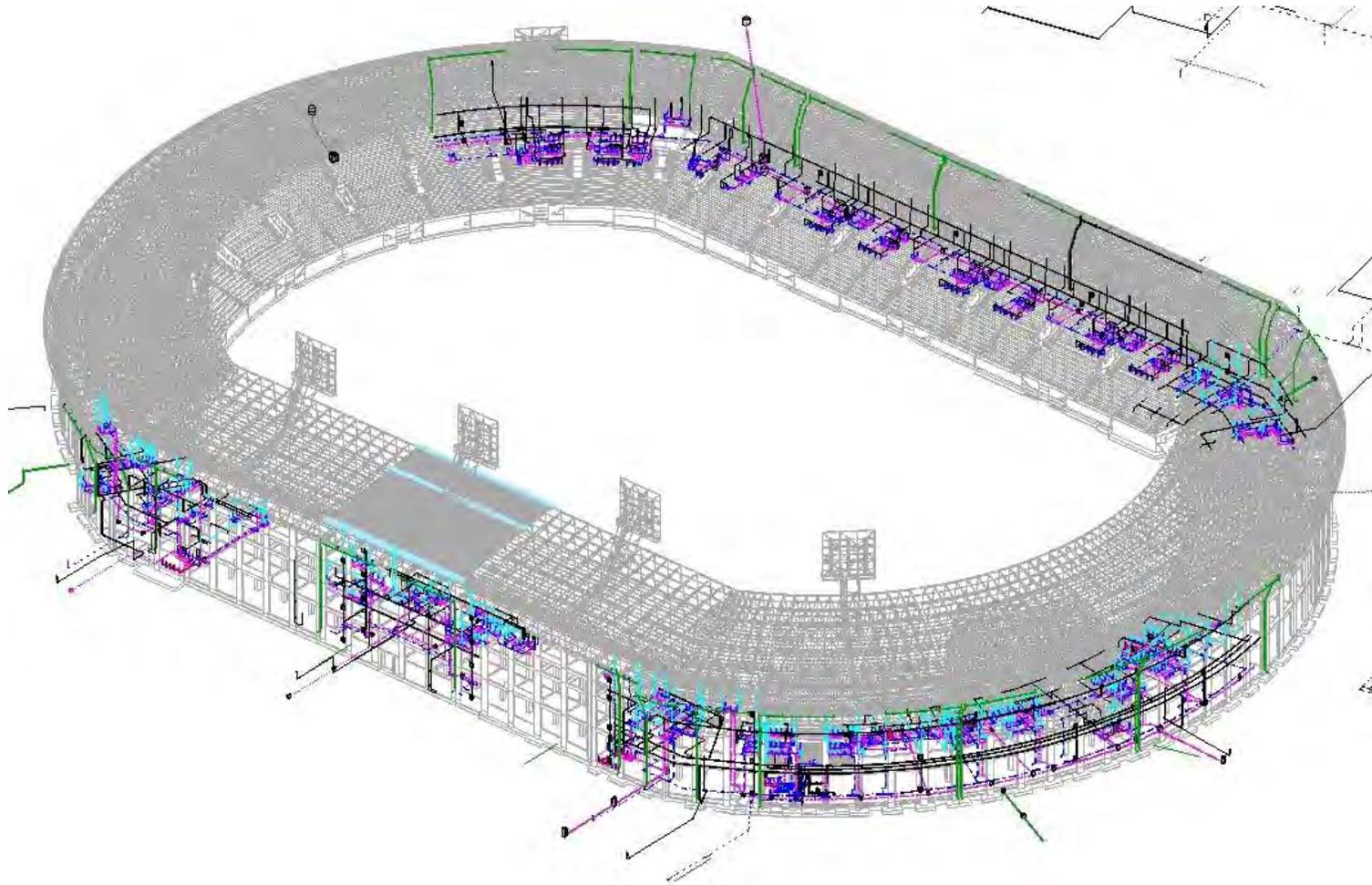
ANEXO 1. Modelo 3D en Revit de la especialidad de estructuras



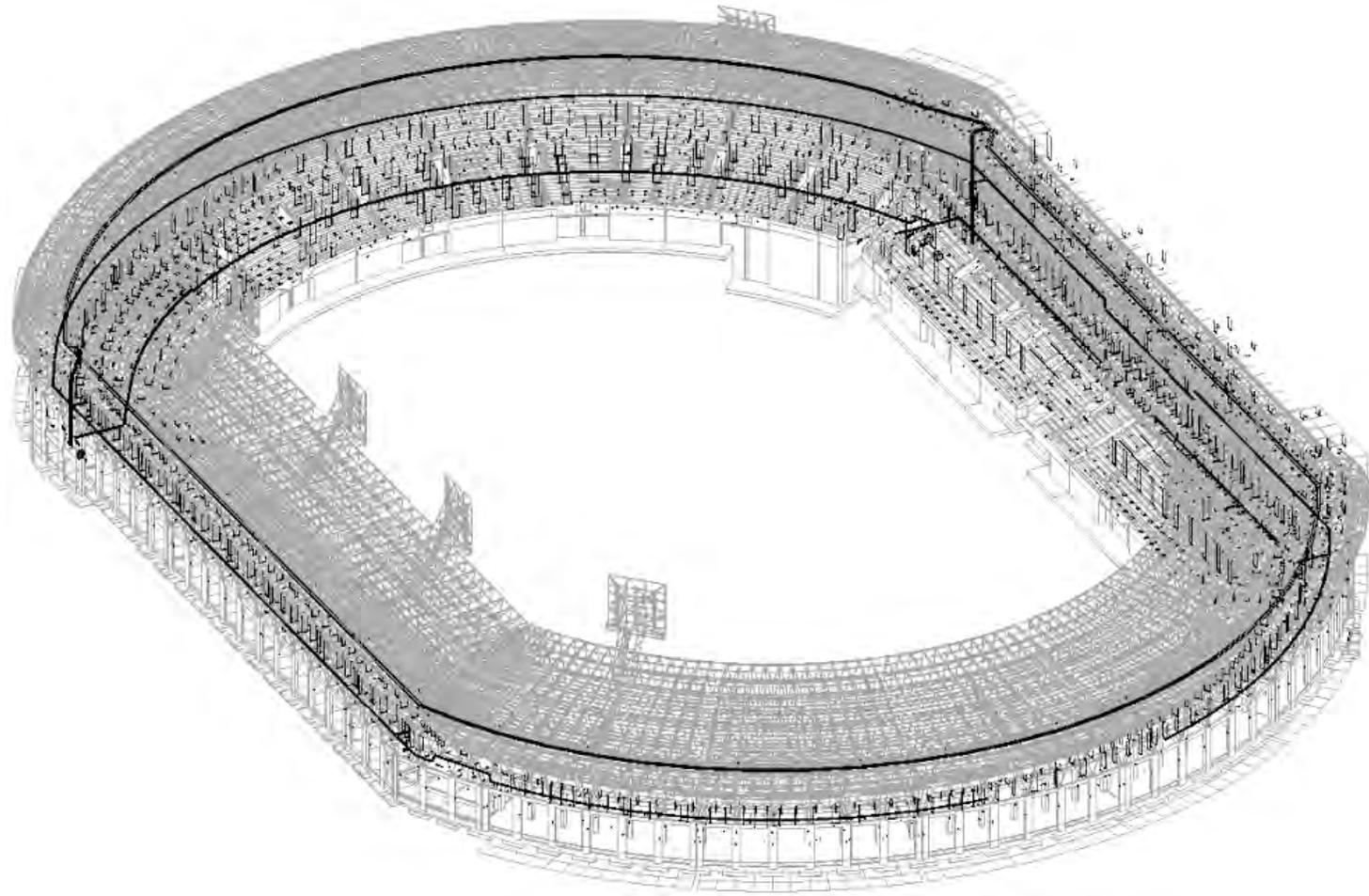
ANEXO 2. Modelo 3D en Revit de la especialidad de arquitectura



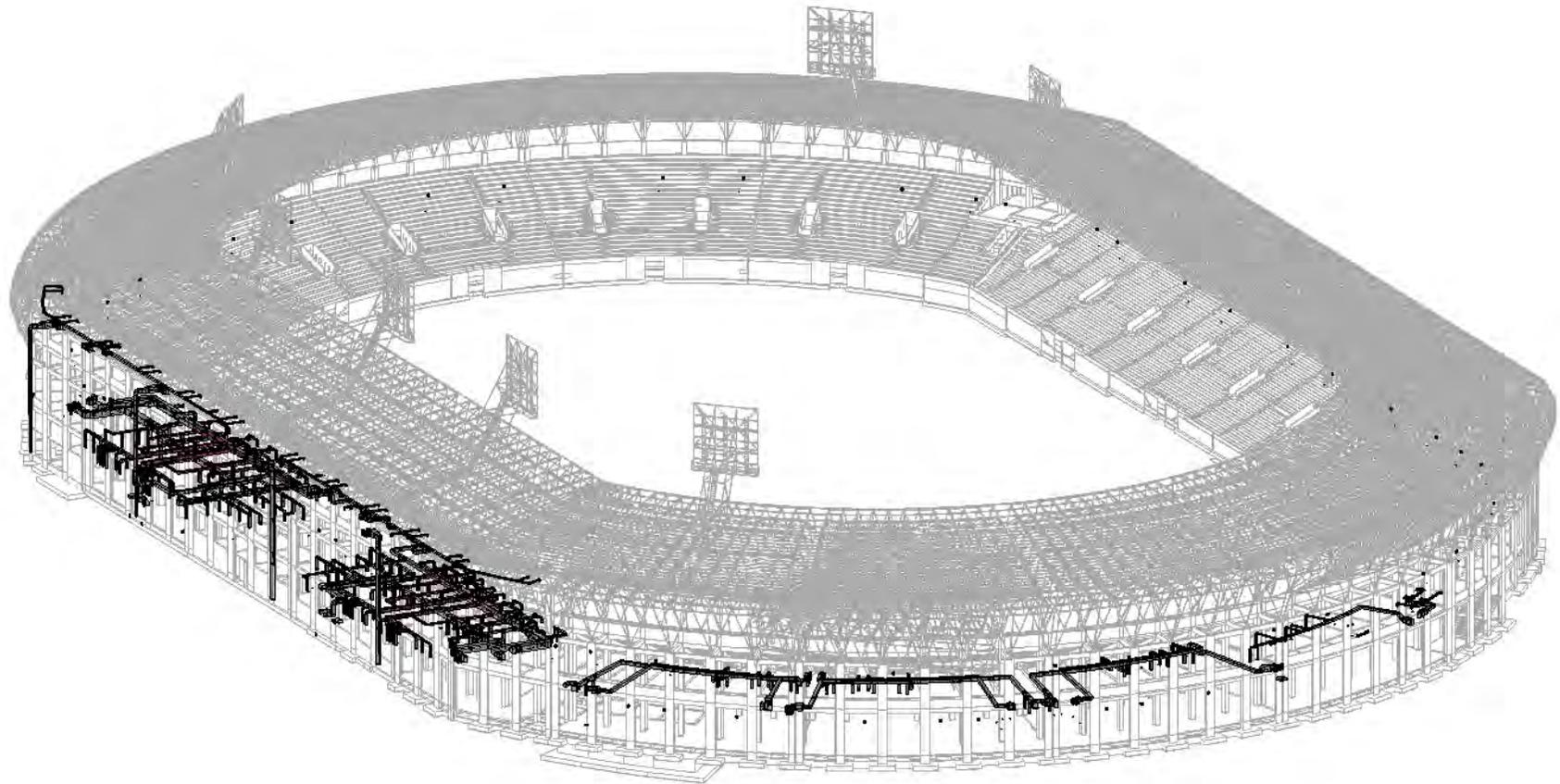
ANEXO 3. Modelo 3D en Revit de la especialidad de Instalaciones Sanitarias



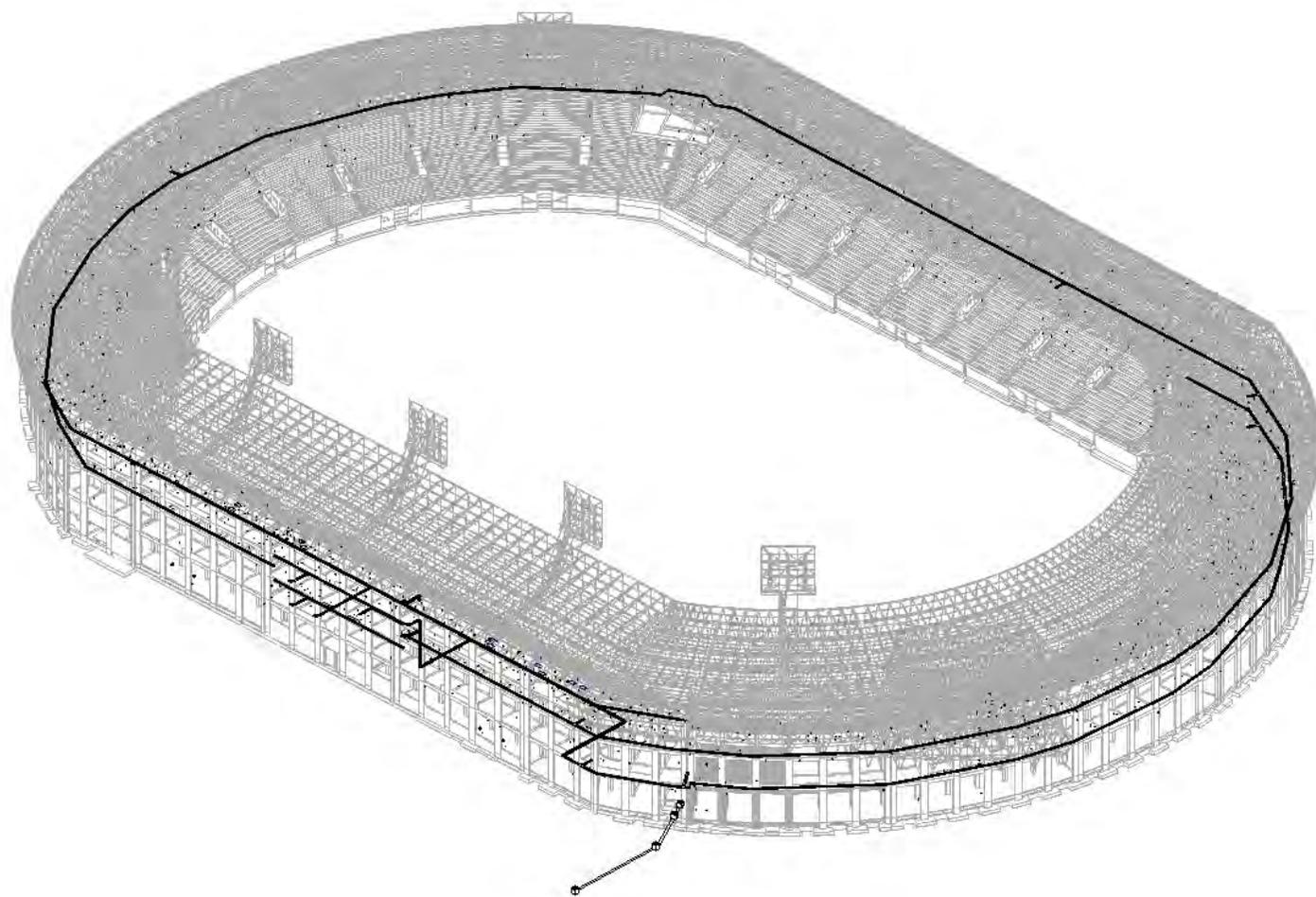
ANEXO 4. Modelo 3D en Revit de la especialidad de Instalaciones Eléctricas



ANEXO 5. Modelo 3D en Revit de la especialidad de Instalaciones Mecánicas



ANEXO 6. Modelo 3D en Revit de la especialidad de Instalaciones de Comunicaciones



ANEXO 7. Organización de carpetas en Autodesk Construction Cloud



ANEXO 8. Reporte de incompatibilidades

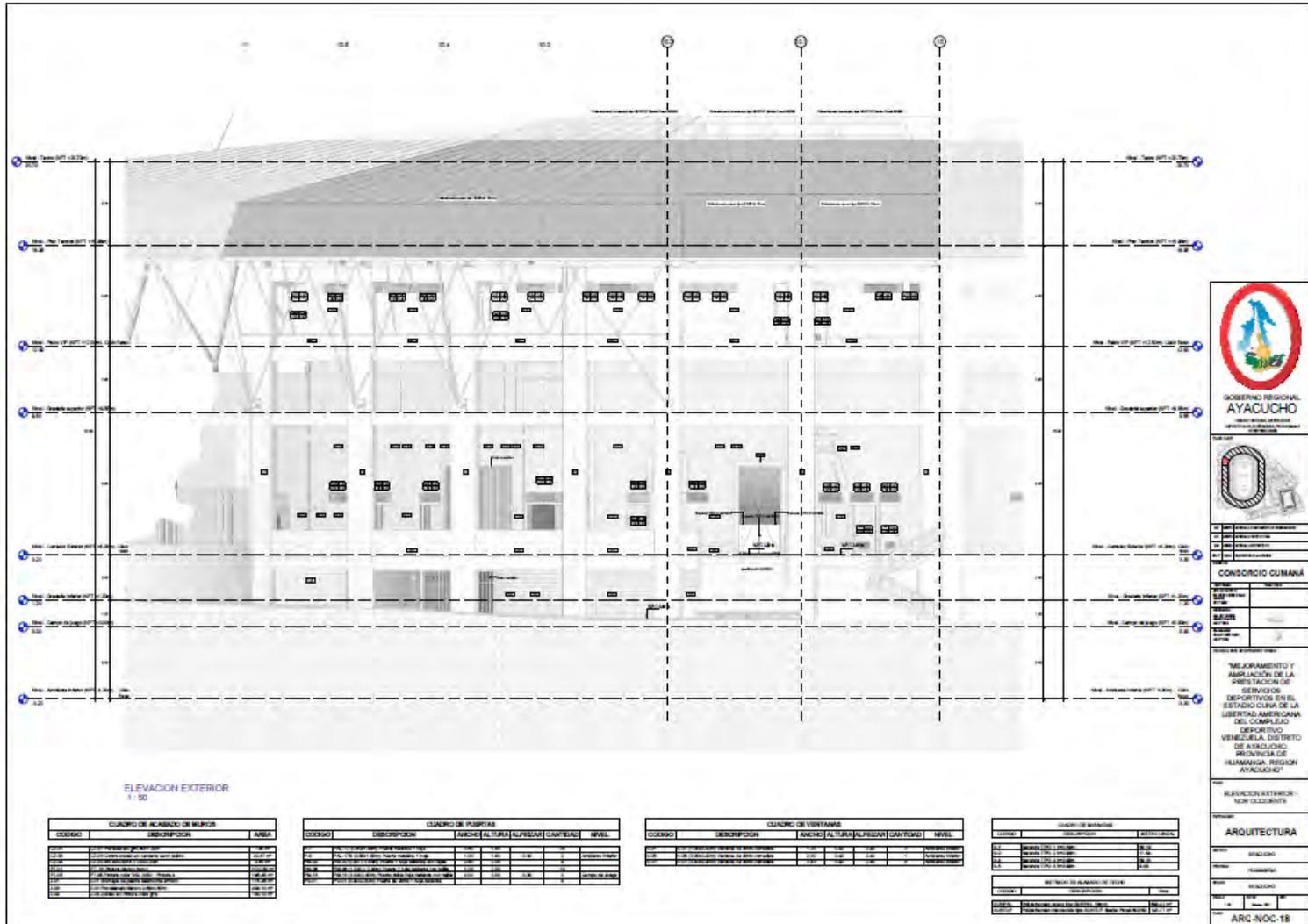
| REPORTE DE INCOMPATIBILIDADES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------|--------|-------|-------|---------------------------------|------|---|-----------------------------------|-------------|-----|-----|-----------------------|---------|--------------------------|---|---|---|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| PROYECTO: COMPLEJO DEPORTIVO CUMANÁ | | | | | | | | | | LUGAR: AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ítem | Origen de incompatibilidad | | | | | Fecha | Descripción de Incompatibilidad | | | | | | | | | | Resolución de Incompatibilidad | | | | | | | | | |
| | Nº | Fecha D/V/G | Especialidad | Bloque | Nivel | | Eje | 2D | vs Especialidad | Tipo | Descripción | 2D | 3D | Propuesta de solución | Impacto | | | Fecha | Estado | Modelo Actualizado | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | T | | ARG | EST | IJE | IJS | IJC | IJM | | | ALTO | MED | BAJO | | | | | | |
| 1 | 06/12/2021 | EST | Centro de natación | | | | | L 13 |  | 06/12/2021 | | | | | | Incongruencia en plantas | La estructura no se ha propuesto como indicio plano de ARB |  |  | Actualizar estructura | | | | | | |
| 2 | 06/12/2021 | EST | Centro de natación | | | | | L 13 |  | 06/12/2021 | | | | | | Incongruencia en plantas | La estructura debe considerarse para 2 niveles |  |  | Actualizar estructura | | | | | | |
| 3 | 06/12/2021 | EST | Centro de natación | | | | | L 13 |  | 06/12/2021 | | | | | | Incongruencia en plantas | La estructura no ha considerado la ubicación de graderías |  |  | Actualizar estructura | | | | | | |
| 4 | 06/12/2021 | EST | Centro de natación | | | | | L 13 |  | 06/12/2021 | | | | | | Falta de información | No se indica dimensiones de sección de vigas | | | | Agregar dimensiones de sección de viga | | | | | |
| 5 | 06/12/2021 | EST | Centro de natación | | | | | | GENERAL | 06/12/2021 | | | | | | Falta de información | Falta incluir cimentación, espesores de losa, cortes y estructura de techo | | | | Incluir información faltante | | | | | |
| 6 | 06/12/2021 | EST | Polideportivo | | | | | K # |  | 06/12/2021 | | | | | | Incongruencia en plantas | Ambas esquinas de la fachada sur tienen ingresos (1 de ellos con mamparas) por lo cual sería conveniente no usar placas |  |  | Considerar el uso de columnas | | | | | | |
| 7 | 06/12/2021 | EST | Polideportivo | | | | | M 21 |  | 06/12/2021 | | | | | | Incongruencia en plantas | Toda la fachada norte y parcialmente la fachada este se encuentran contra |  |  | Considerar el uso de | | | | | | |

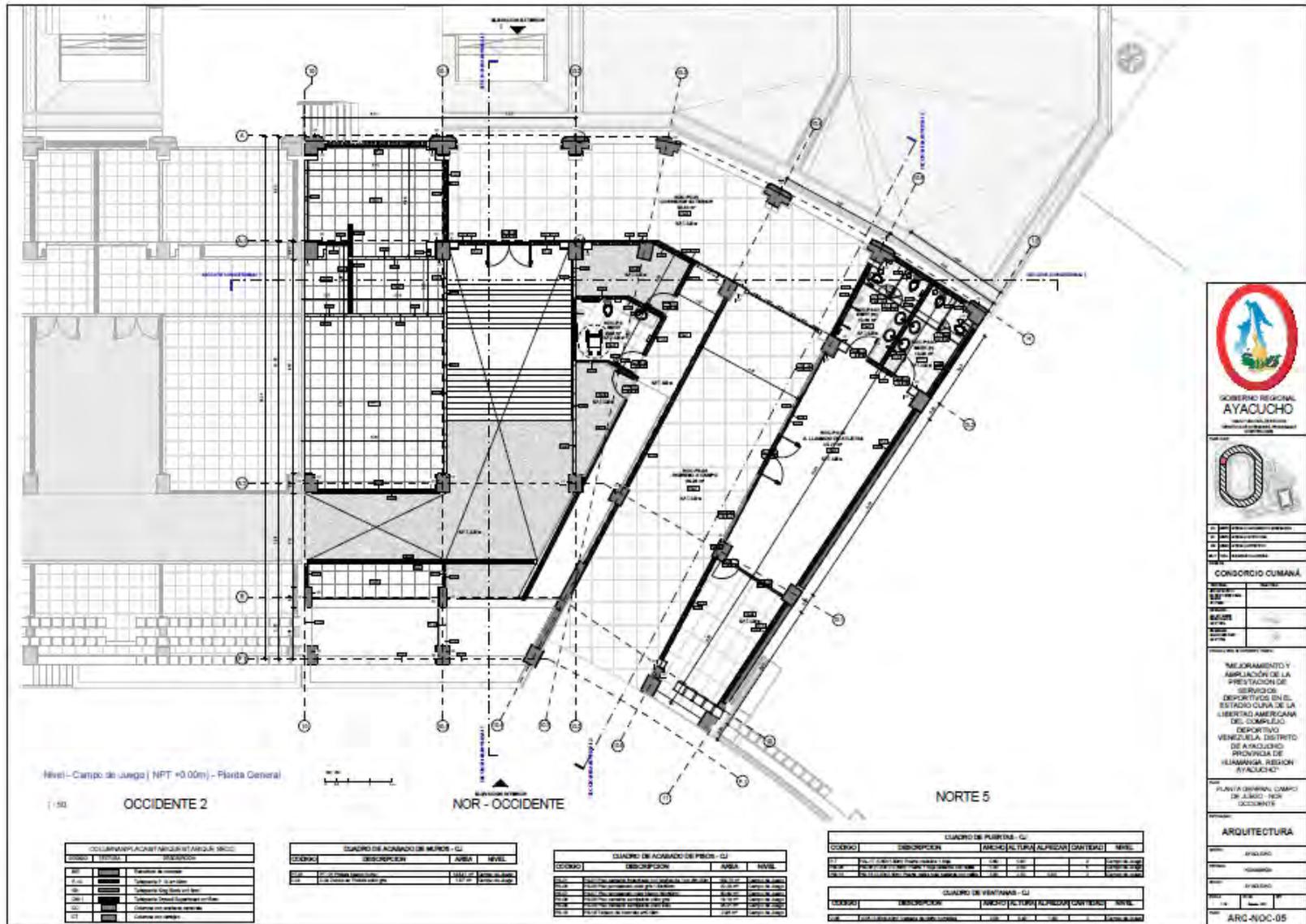
REPORTE DE INCOMPATIBILIDADES

PROYECTO: COMPLEJO DEPORTIVO CUMANÁ
LUGAR: AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO

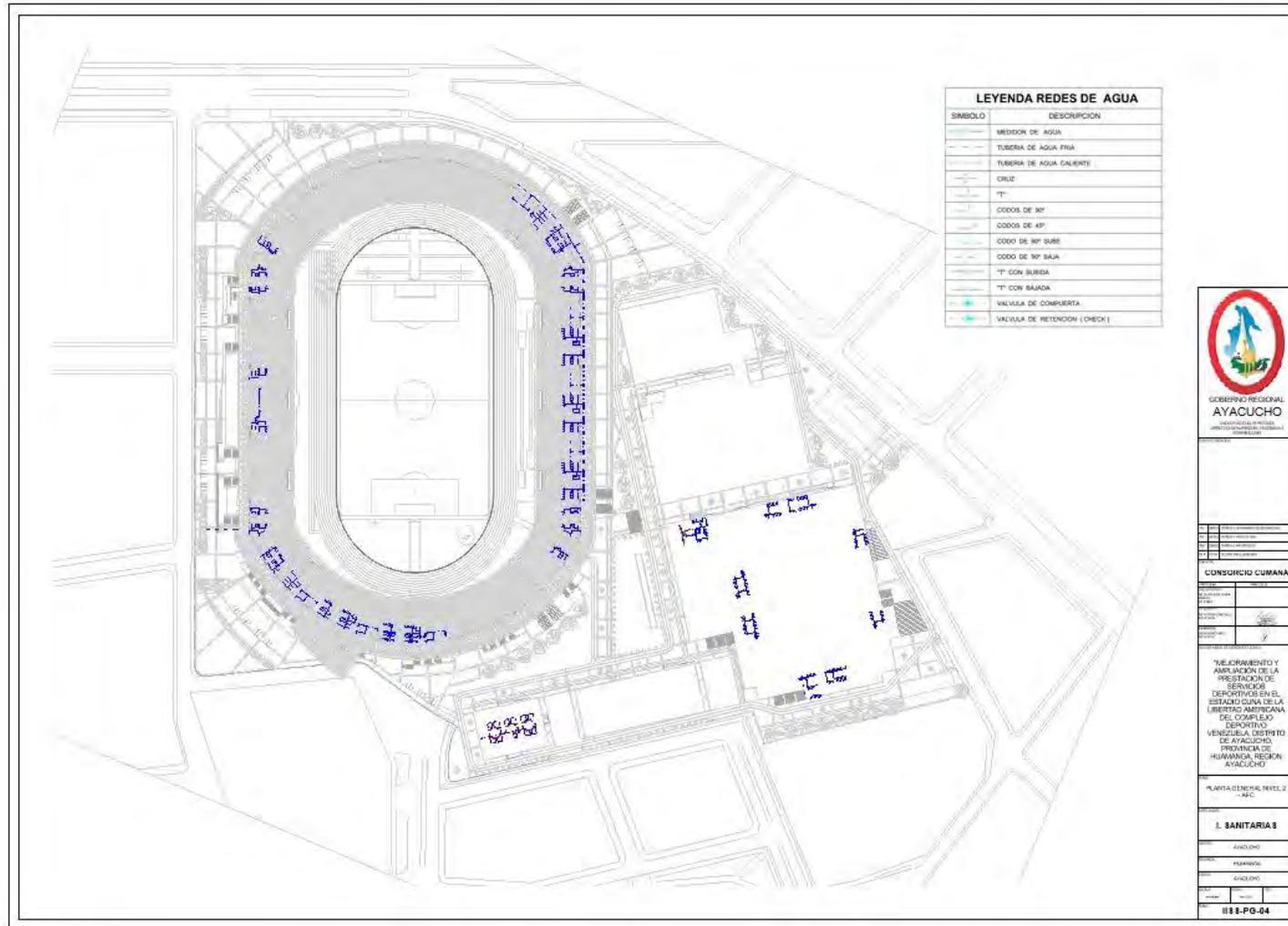
| Item | Fecha Dwg | Especialidad | Origen de Incompatibilidad | | | | 2D | Fecha | vs. Especialidad | | | | | | Tipo | Descripción de Incompatibilidad | | | Propuesta de solución | Impacto | | | Resolución de Incompatibilidad | | |
|------|------------|--------------|-------------------------------|-------|-----|---------|------------|-------|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|---|---------------------------------|----|----------------------------------|-----------------------|---------|-------|------|--------------------------------|--------|--------------------|
| | | | Bloque | Nivel | Eje | 2D | | | ARG | EST | IEE | ISS | ICC | IIMM | | Descripción | 2D | 3D | | ALTO | MEDIO | BAJO | Fecha | Estado | Modelo Actualizado |
| 10 | 06/12/2021 | EST | Centro de Deportes de Combate | 1 | 17 | | 06/12/2021 | | | | | | | Falta de información | Falta incluir ascensor | | | Incluir estructura para ascensor | | | | | | | |
| 11 | 06/12/2021 | EST | Centro de Deportes de Combate | 1 | 17 | | 06/12/2021 | | | | | | | Consulta | Se puede eliminar las vigas de nivel 1 para que quede mas limpio el ingreso? | | | Eliminar vigas de nivel 1 | | | | | | | |
| 12 | 06/12/2021 | EST | Centro de Deportes de Combate | 1 | 17 | | 06/12/2021 | | | | | | | Incongruencia en planta | La estructura tiene 21.20m de ancho, sin embargo, la propuesta de ARG tiene 22.20m | | | Actualizar estructura | | | | | | | |
| 13 | 06/12/2021 | EST | Centro de Deportes de Combate | | | GENERAL | 06/12/2021 | | | | | | | Falta de información | Falta incluir cimentación, espesores de losa, cortes y estructura de techo | | | Incluir información faltante | | | | | | | |
| 14 | 06/12/2021 | EST | Campo de calentamiento | 1 | 21 | | 06/12/2021 | | | | | | | Incongruencia en planta | Toda la fachada norte se encuentra contra terreno y solo se esta proponiendo columna-viga en la zona indicada | | | Considerar el uso de placas | | | | | | | |
| 15 | 06/12/2021 | EST | Campo de calentamiento | 1 | 21 | | 06/12/2021 | | | | | | | Incongruencia en planta | No se ha considerado vacío ni escalera propuesta por ARG | | | Incluir vacío en losa y escalera | | | | | | | |
| 16 | 06/12/2021 | EST | Campo de calentamiento | | | GENERAL | 06/12/2021 | | | | | | | Falta de información | Falta incluir cimentación, espesores de losa, cortes | | | Incluir información | | | | | | | |

ANEXO 9. Plano de especialidad de arquitectura

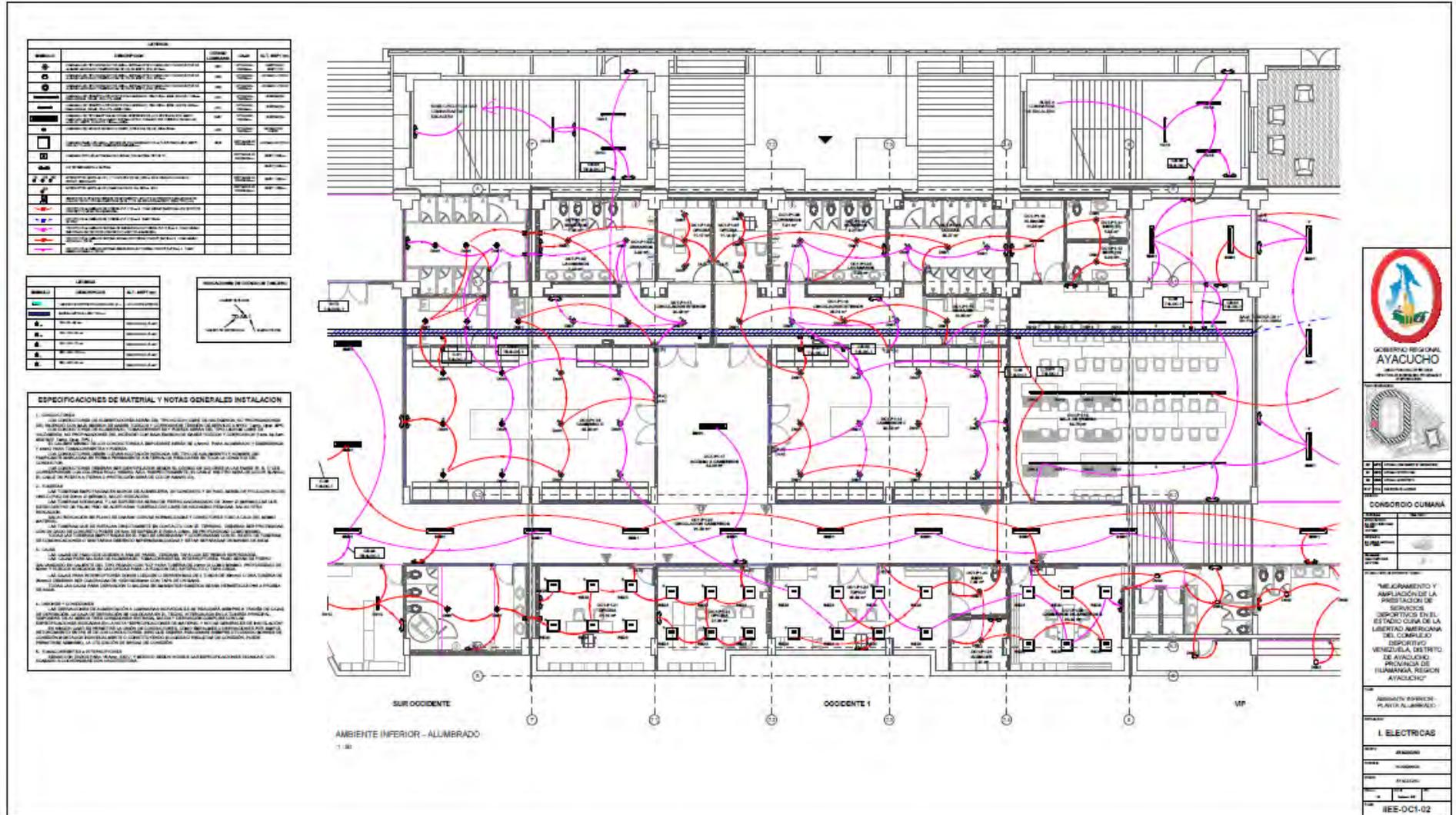


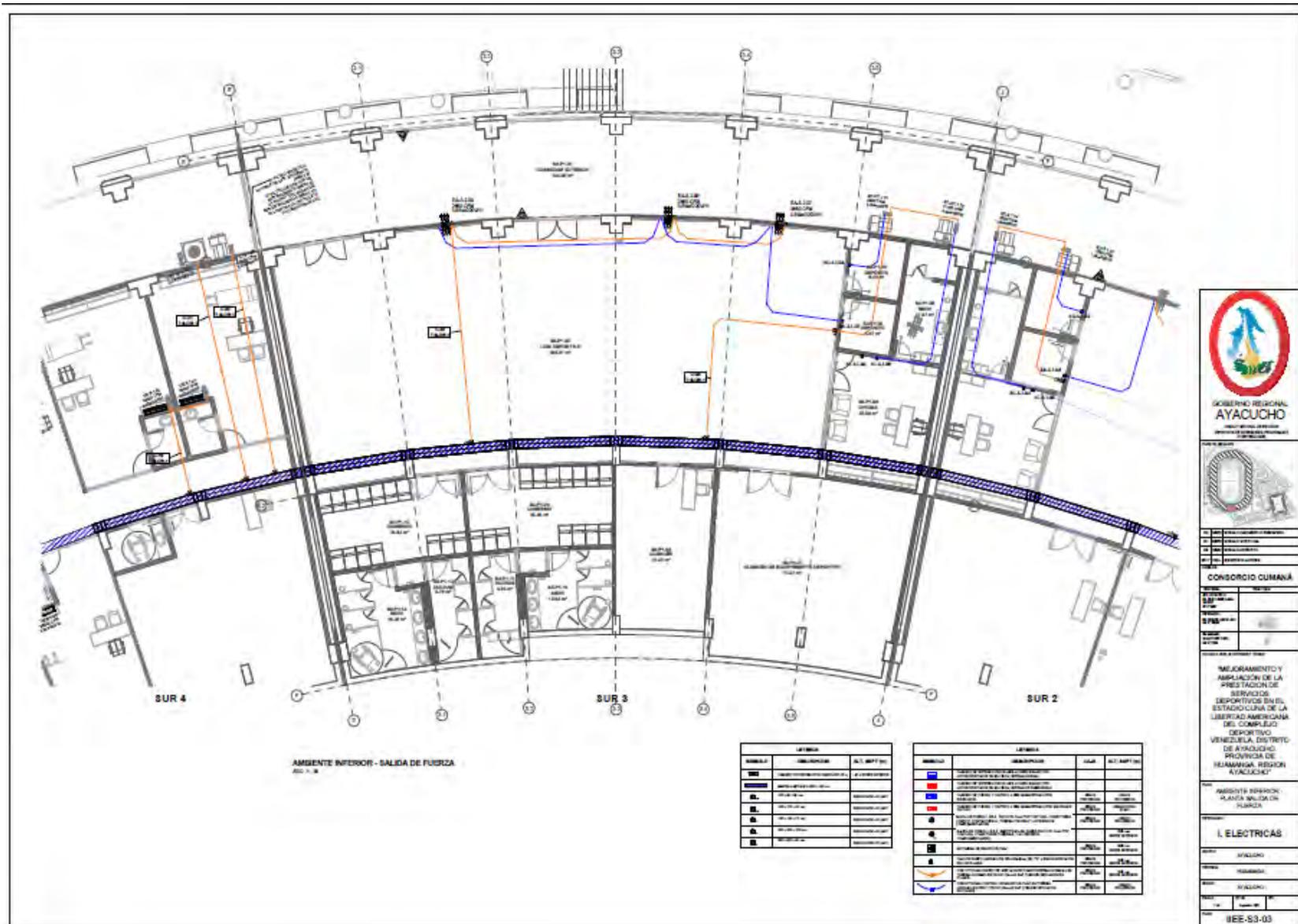


ANEXO 10. Plano de especialidad de Instalaciones sanitarias



ANEXO 11. Plano de especialidad de Instalaciones Eléctricas





AMBIENTE INTERIOR - SALIDA DE FUERZA
 000 - 0 - 0

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN | NOTA |
|----------|---------------|--------|
| [Symbol] | [Description] | [Note] |

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN | NOTA |
|----------|---------------|--------|
| [Symbol] | [Description] | [Note] |

GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO

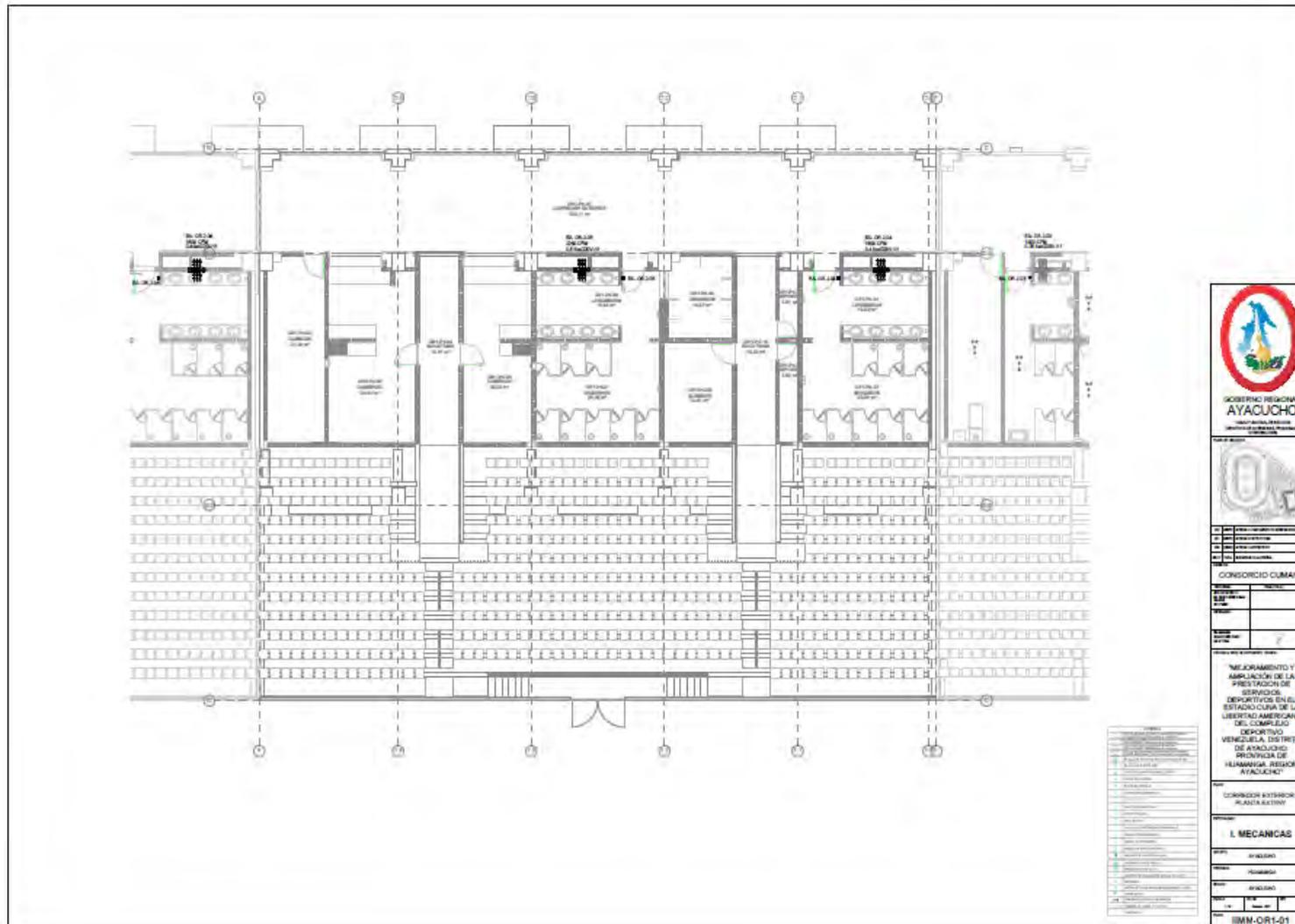
CONSORCIO CUMANÁ

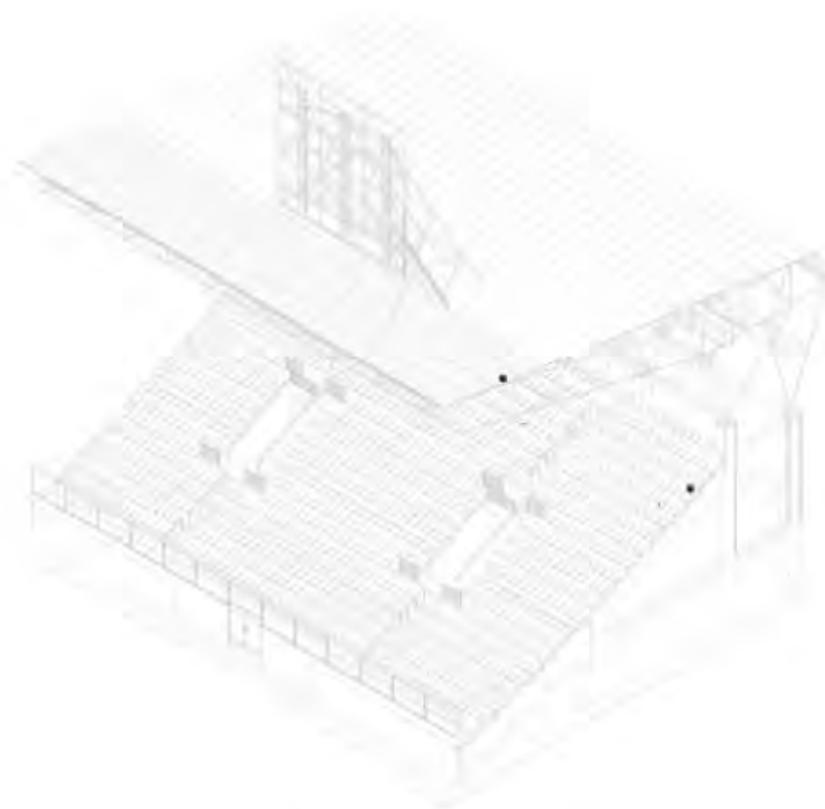
MEJORAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CUNA DE LA LIBERTAD AMERICANA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VENEZUELA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUANCAVILICA, REGION AYACUCHO

I. ELECTRICAS

000 - 0 - 0

ANEXO 12. Plano de especialidad de instalaciones Mecánicas





| LISTADO DE LÁMINAS DE MECÁNICAS - ORIENTE 1 | |
|--|-------------------------------------|
| CÓDIGO | TÍTULO |
| IIMM-OR1-00 | LISTADO DE LAMINAS DE MECANICAS |
| IIMM-OR1-01 | CORREDOR EXTERIOR - PLANTA EXT./INY |



GOBIERNO REGIONAL
AYACUCHO
UNIDAD REGIONAL DE SERVICIOS
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA, REGISTROS Y
BIBLIOTECAS

PLANO DE REGIONES



01. SERVICIOS DE INGENIERÍA Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
02. SERVICIOS DE REGISTROS Y BIBLIOTECAS
03. SERVICIOS DE INGENIERÍA Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
04. SERVICIOS DE INGENIERÍA Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

CONSORCIO CUMANÁ

| PROYECTO | TÍTULO |
|--|--------|
| MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CUNA DE LA LIBERTAD AMERICANA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VENEZUELA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGION AYACUCHO* | |

MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CUNA DE LA LIBERTAD AMERICANA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VENEZUELA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGION AYACUCHO*

TÍTULO
LISTADO DE LAMINAS DE MECANICAS

TÍTULO
I. MECANICAS

DEPARTAMENTO
AYACUCHO

PROVINCIA
HUAMANGA

MUNICIPIO
AYACUCHO

FECHA
01/01/2018

CÓDIGO
IIMM-OR1-00

ANEXO 13. Plano de especialidad de Instalaciones de Comunicaciones

GOBIERNO REGIONAL
AYACUCHO

CONSORCIO CUMANA

MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA PRESTACION DE SERVICIOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CUMA DE LA LIBERTAD AMERICANA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VENEZUELA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGION AYACUCHO

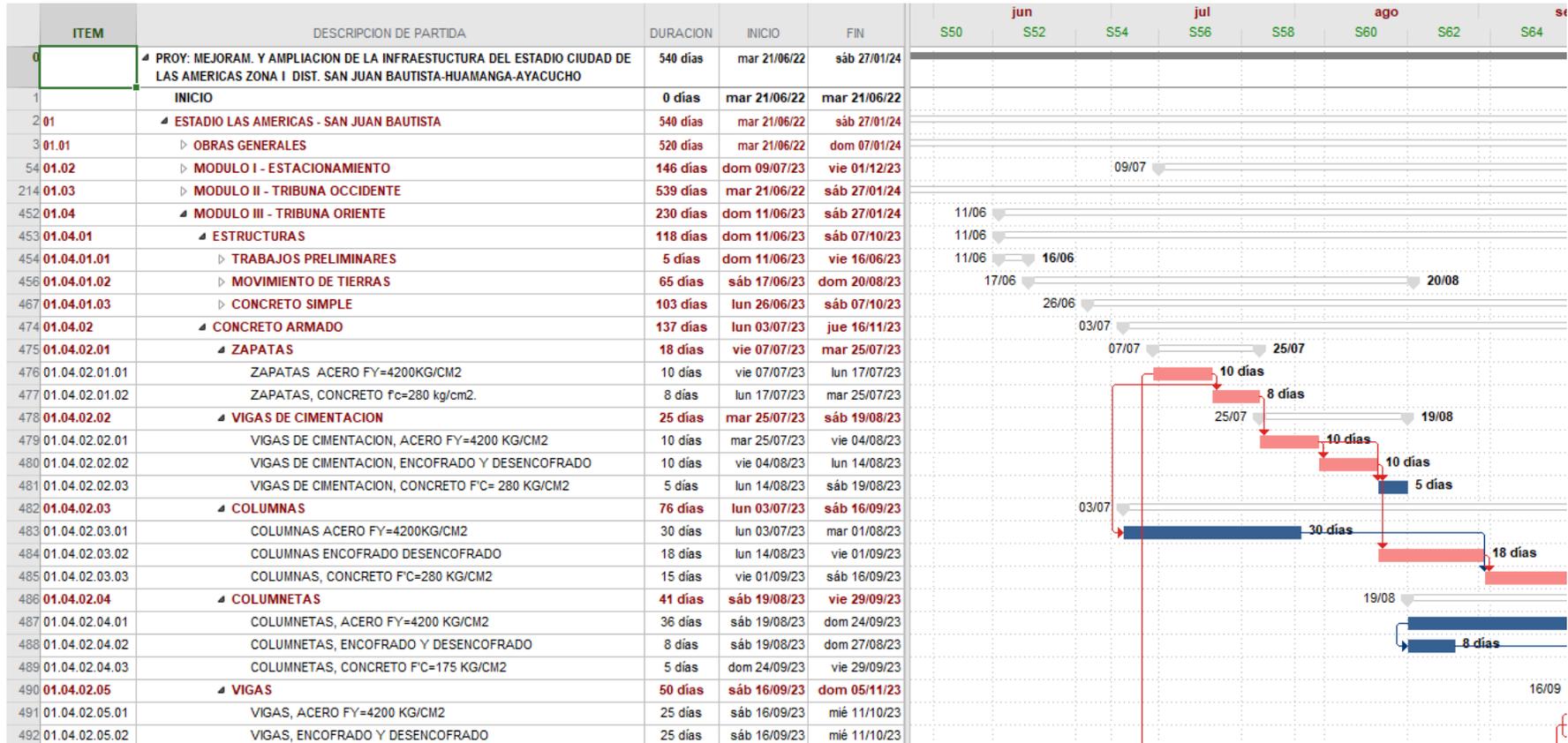
LISTADO DE LAMINAS

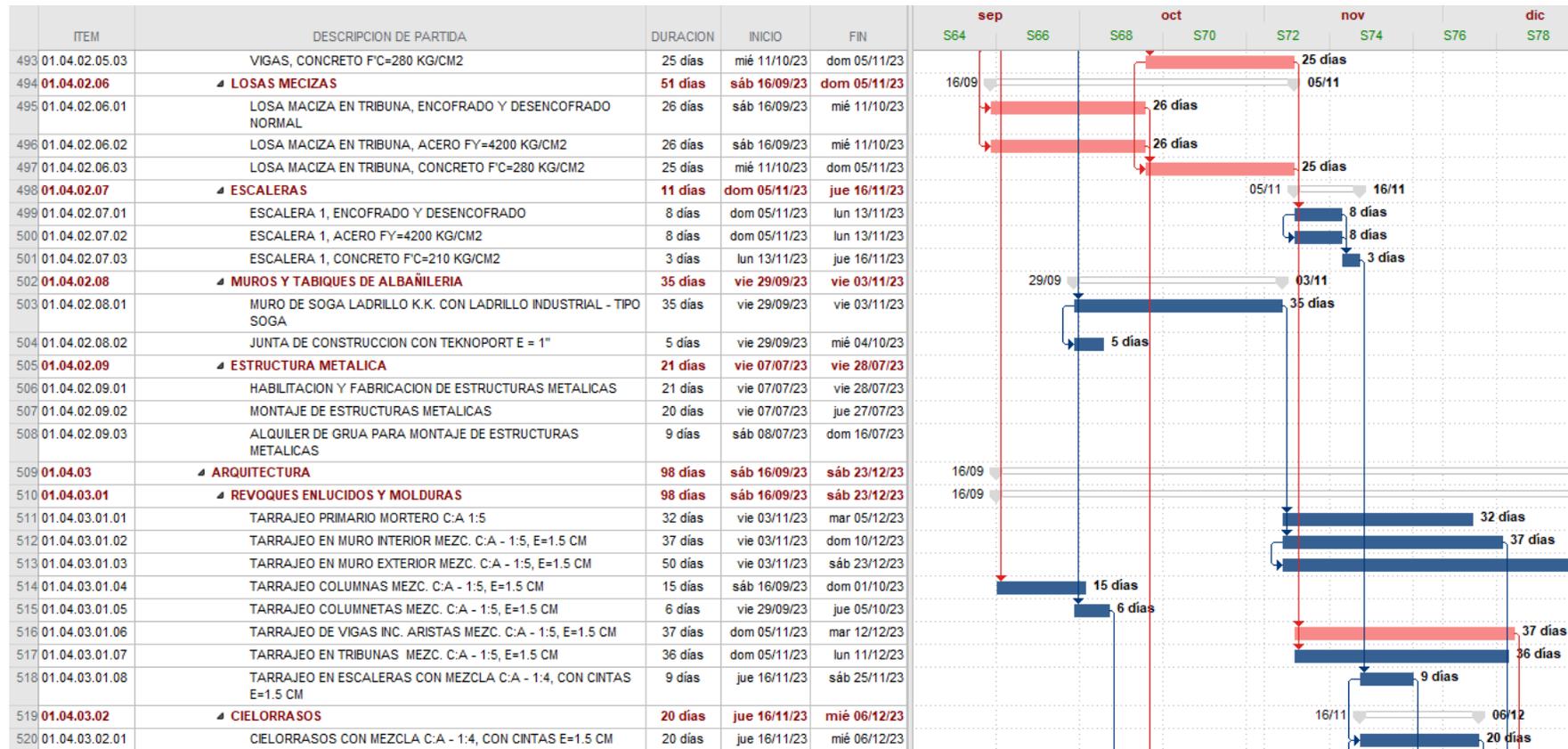
COMUNICACIONES

ICC-PG-01

| LISTADO DE LAMINAS | |
|--------------------|------------------------------------|
| CODIGO | TITULO |
| ICC-PG-01 | LISTADO DE LAMINAS |
| ICC-PG-02 | PLANTO DE NIVEL 1 - ECI |
| ICC-PG-03 | PLANTO DE NIVEL 1 - SCE |
| ICC-PG-04 | PLANTO DE NIVEL 2 - ECI |
| ICC-PG-05 | PLANTO DE NIVEL 2 - SCE |
| ICC-PG-06 | PLANTO DE NIVEL 3 - ECI |
| ICC-PG-07 | PLANTO DE NIVEL 3 - SCE |
| ICC-PG-08 | PLANTO DE NIVEL 4 - ECI |
| ICC-PG-09 | PLANTO DE NIVEL 4 - SCE |
| ICC-PG-10 | PLANTO DE NIVEL 1 - TUB. SC. ORINA |
| ICC-PG-11 | PLANTO DE NIVEL 2 - TUB. SC. ORINA |

ANEXO 14. Cronograma Gantt de obra en construcción – Estadio de ejemplo





ANEXO 15. Parámetros de información

| PARÁMETROS DE INFORMACIÓN | |
|----------------------------------|---|
| NOMBRE | EJEMPLO |
| PUCP_NL4D_NIVEL | 00, 01, 02, 03, 04 |
| PUCP_NL4D_ELEMENTO | Columna rectangular, Columna en T, Columna en L, Placa rectangular, Viga rectangular, Viga chata, Viga rectangular en gradería, Viga de cimentación, Gradería, Losa maciza, Escalera, Parapeto, Zapatas aisladas, Zapatas combinadas, Encofrado, Acero, Falso piso, Solado. |
| PUCP_NL4D_SECTOR | S0X-PY (donde X= número de sector 1, 2, 3, 4 e Y=nivel). Ejemplo: S02-P1, S03-P1 |
| PUCP_NL4D_ESPECIALIDAD | ESTRUCTURAS, ARQUITECTURA, IISS, IIMM, IIEE, IICC, ACI |
| PUCP_NL4D_MÓDULO | SUR-1, SUR-2, SUR-3, SUR-4, SUR-5 |
| V/H | V= vaciado vertical H= vaciado horizontal |
| CONSTRUCCIÓN | SI/NO (solo para pases de tuberías) |

ANEXO 16. Tablas de cuantificación

| <VOLUMEN DE CONCRETO (VIGAS, COLUMNAS, LOSAS)> | | | | |
|--|------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| A | B | C | D | E |
| PUCP_NL4D_ELEMENTO | PUCP_NL4D_ESPECIALIDAD | PUCP_NL4D_MODULO | PUCP_NL4D_NIVEL | VOLUMEN (m3) |
| COLUMNA EN L | | | | |
| COLUMNA EN L | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 14.95 |
| COLUMNA EN L | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 12.65 |
| | | | | 27.60 |
| COLUMNA EN T | | | | |
| COLUMNA EN T | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 58.16 |
| COLUMNA EN T | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 49.22 |
| | | | | 107.39 |
| COLUMNA RECTANGULAR | | | | |
| COLUMNA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 51.30 |
| COLUMNA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 138.05 |
| COLUMNA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 42.94 |
| COLUMNA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 03 | 12.10 |
| | | | | 244.39 |
| ESCALERAS | | | | |
| ESCALERAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 0.86 |
| | | | | 0.86 |
| FALSO PISO | | | | |
| FALSO PISO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 5.11 |
| FALSO PISO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 76.30 |
| | | | | 81.41 |
| GRADERÍAS | | | | |
| GRADERÍAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 3.44 |
| GRADERÍAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 2.94 |
| | | | | 6.38 |
| LOSAS MACIZAS | | | | |
| LOSAS MACIZAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 124.26 |
| LOSAS MACIZAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 181.17 |
| | | | | 305.43 |
| LOSAS MACIZAS EN GRADERÍAS | | | | |
| LOSAS MACIZAS EN GRADERÍAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 47.01 |
| LOSAS MACIZAS EN GRADERÍAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 70.44 |
| | | | | 117.45 |

| PARAPETO DE CONCRETO | | | | |
|----------------------|-------------|-------|----|--------|
| PARAPETO DE CONCRETO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 3.59 |
| PARAPETO DE CONCRETO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 8.19 |
| PARAPETO DE CONCRETO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 03 | 12.14 |
| | | | | 23.91 |
| PLACA RECTANGULAR | | | | |
| PLACA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 247.49 |
| PLACA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 48.95 |
| PLACA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 7.52 |
| | | | | 303.96 |
| SOLADO DE CONCRETO | | | | |
| SOLADO DE CONCRETO | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 29.85 |
| | | | | 29.85 |
| VIGA CHATA | | | | |
| VIGA CHATA | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 1.65 |
| | | | | 1.65 |
| VIGA DE CIMENTACIÓN | | | | |
| VIGA DE CIMENTACIÓN | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 43.40 |
| | | | | 43.40 |

| VIGA RECTANGULAR | | | | |
|------------------------------|-------------|-------|----|--------|
| VIGA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 120.69 |
| VIGA RECTANGULAR | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 93.75 |
| | | | | 214.43 |
| VIGA RECTANGULAR DE GRADERÍA | | | | |
| VIGA RECTANGULAR DE GRADERÍA | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 01 | 69.24 |
| VIGA RECTANGULAR DE GRADERÍA | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 02 | 118.82 |
| | | | | 188.05 |
| ZAPATAS AISLADAS | | | | |
| ZAPATAS AISLADAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 84.08 |
| | | | | 84.08 |
| ZAPATAS COMBINADAS | | | | |
| ZAPATAS COMBINADAS | ESTRUCTURAS | SUR 1 | 00 | 274.15 |
| | | | | 274.15 |

ANEXO 17. Tablas de ratios de encofrado, vaciado de concreto y armado de acero por día del estadio de ejemplo.

| Elemento | M2 | Días | Ratio (m2/día) |
|----------------------|-----------|-------------|-----------------------|
| Columnas | 1,324.51 | 18 | 73.58 |
| Vigas | 1,294.63 | 25 | 51.79 |
| Losas macizas | 2,459.62 | 26 | 94.60 |
| Escaleras | 108.11 | 8 | 13.51 |

Nota. Elaboración propia

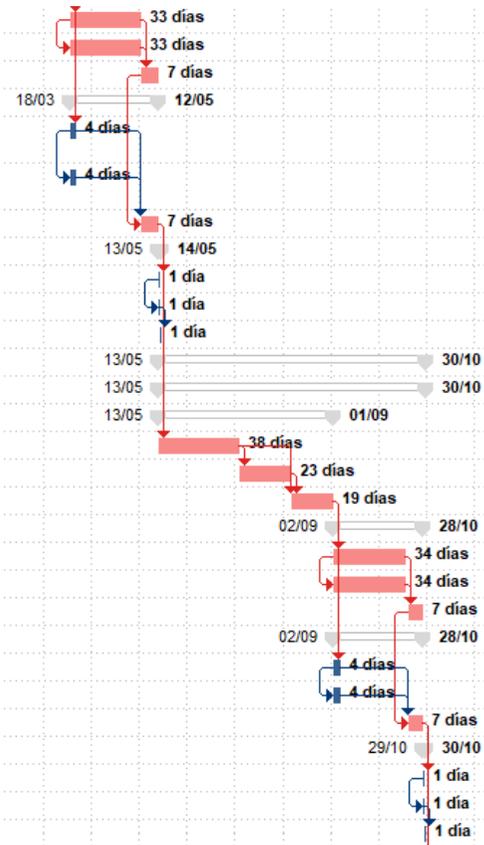
| Elemento | M3 | Días | Ratio (m3/día) |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------------------|
| Columnas | 179.13 | 15 | 11.94 |
| Vigas + losas macizas | 1337.72 | 25 | 53.51 |
| Escalera | 12.02 | 3 | 4.01 |

Nota. Elaboración propia

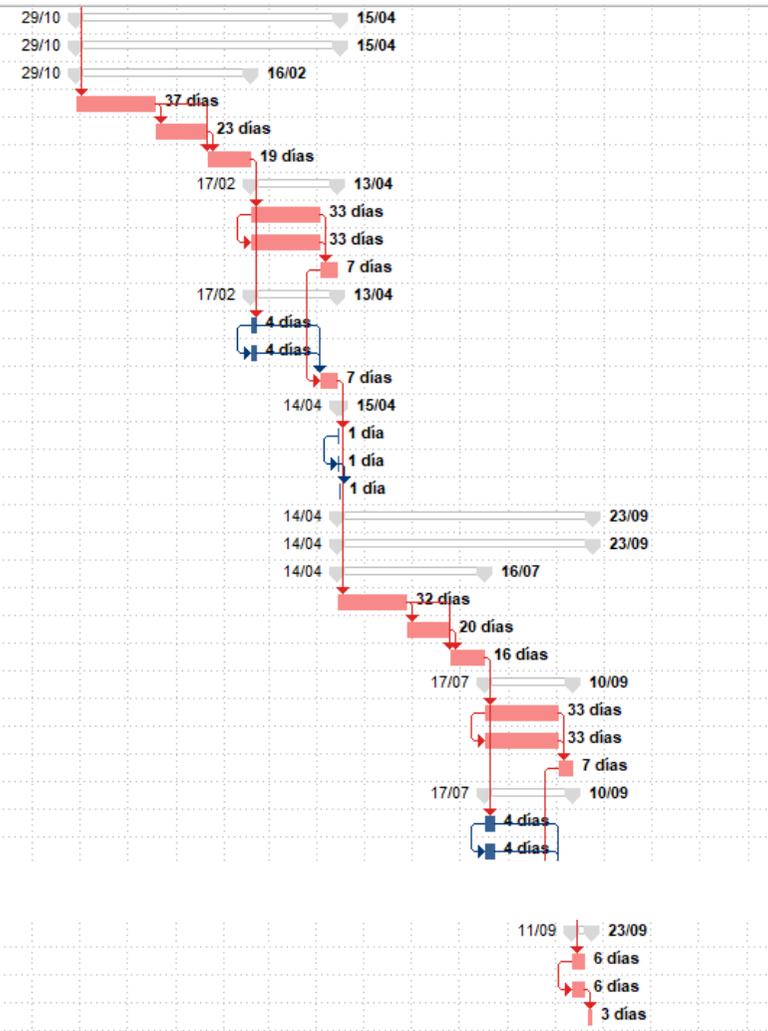
| Elemento | Kg | Días | Ratio (kg/día) |
|-----------------|-----------|-------------|-----------------------|
| Columnas | 36,112.30 | 30 | 1203.74 |
| Vigas | 26,059.80 | 25 | 1042.39 |
| Losas macizas | 38,234.35 | 26 | 1470.55 |
| Escaleras | 1,084.80 | 8 | 135.60 |

Nota. Elaboración propia.

| | | | | |
|--------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| 01.02.01.02.01 | VIGAS, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 33 días | mar 18/03/25 | jue 01/05/25 |
| 01.02.01.02.02 | VIGAS, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | 33 días | mar 18/03/25 | jue 01/05/25 |
| 01.02.01.02.03 | VIGAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | vie 02/05/25 | lun 12/05/25 |
| 01.02.01.03 | ▲ LOSAS MACIZAS | 40 días | mar 18/03/25 | lun 12/05/25 |
| 01.02.01.03.01 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL | 4 días | mar 18/03/25 | vie 21/03/25 |
| 01.02.01.03.02 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 4 días | mar 18/03/25 | vie 21/03/25 |
| 01.02.01.03.03 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | vie 02/05/25 | lun 12/05/25 |
| 01.02.01.04 | ▲ ESCALERAS | 2 días | mar 13/05/25 | mié 14/05/25 |
| 01.02.01.04.01 | ESCALERA 1, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | 1 día | mar 13/05/25 | mar 13/05/25 |
| 01.02.01.04.02 | ESCALERA 1, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 1 día | mar 13/05/25 | mar 13/05/25 |
| 01.02.01.04.03 | ESCALERA 1, CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 1 día | mié 14/05/25 | mié 14/05/25 |
| 1.03 | ▲ MODULO SUR-3 | 123 días | mar 13/05/25 | jue 30/10/25 |
| 01.03.01 | ▲ ESTRUCTURAS | 123 días | mar 13/05/25 | jue 30/10/25 |
| 01.03.01.01 | ▲ COLUMNAS | 80 días | mar 13/05/25 | lun 01/09/25 |
| 01.03.01.01.01 | COLUMNAS ACERO FY=4200KG/CM2 | 38 días | mar 13/05/25 | jue 03/07/25 |
| 01.03.01.01.03 | COLUMNAS ENCOFRADO DEENCOFRADO | 23 días | vie 04/07/25 | mar 05/08/25 |
| 01.03.01.01.03 | COLUMNAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 19 días | mié 06/08/25 | lun 01/09/25 |
| 01.03.01.02 | ▲ VIGAS | 41 días | mar 02/09/25 | mar 28/10/25 |
| 01.03.01.02.01 | VIGAS, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 34 días | mar 02/09/25 | vie 17/10/25 |
| 01.03.01.02.02 | VIGAS, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | 34 días | mar 02/09/25 | vie 17/10/25 |
| 01.03.01.02.03 | VIGAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | lun 20/10/25 | mar 28/10/25 |
| 01.03.01.03 | ▲ LOSAS MACIZAS | 41 días | mar 02/09/25 | mar 28/10/25 |
| 01.03.01.03.01 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | 4 días | mar 02/09/25 | vie 05/09/25 |
| 01.03.01.03.02 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 4 días | mar 02/09/25 | vie 05/09/25 |
| 01.03.01.03.03 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | lun 20/10/25 | mar 28/10/25 |
| 01.03.01.04 | ▲ ESCALERAS | 2 días | mié 29/10/25 | jue 30/10/25 |
| 01.03.01.04.01 | ESCALERA 1, ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | 1 día | mié 29/10/25 | mié 29/10/25 |
| 01.03.01.04.02 | ESCALERA 1, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 1 día | mié 29/10/25 | mié 29/10/25 |
| 01.03.01.04.03 | ESCALERA 1, CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 1 día | jue 30/10/25 | jue 30/10/25 |



| | | | | |
|--------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1.04 | MODULO SUR-4 | 121 días | mié 29/10/25 | mié 15/04/26 |
| 01.04.01 | ESTRUCTURAS | 121 días | mié 29/10/25 | mié 15/04/26 |
| 01.04.01.01 | COLUMNAS | 79 días | mié 29/10/25 | lun 16/02/26 |
| 01.04.01.01.01 | COLUMNAS ACERO FY=4200KG/CM2 | 37 días | mié 29/10/25 | jue 18/12/25 |
| 01.04.01.01.04 | COLUMNAS ENCOFRADO DESENCOFRADO | 23 días | vie 19/12/25 | mar 20/01/26 |
| 01.04.01.01.04 | COLUMNAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 19 días | mié 21/01/26 | lun 16/02/26 |
| 01.04.01.02 | VIGAS | 40 días | mar 17/02/26 | lun 13/04/26 |
| 01.04.01.02.01 | VIGAS, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 33 días | mar 17/02/26 | jue 02/04/26 |
| 01.04.01.02.02 | VIGAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | 33 días | mar 17/02/26 | jue 02/04/26 |
| 01.04.01.02.03 | VIGAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | vie 03/04/26 | lun 13/04/26 |
| 01.04.01.03 | LOSAS MACIZAS | 40 días | mar 17/02/26 | lun 13/04/26 |
| 01.04.01.03.01 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO I | 4 días | mar 17/02/26 | vie 20/02/26 |
| 01.04.01.03.02 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 4 días | mar 17/02/26 | vie 20/02/26 |
| 01.04.01.03.03 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | vie 03/04/26 | lun 13/04/26 |
| 01.04.01.04 | ESCALERAS | 2 días | mar 14/04/26 | mié 15/04/26 |
| 01.04.01.04.01 | ESCALERA 1, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | 1 día | mar 14/04/26 | mar 14/04/26 |
| 01.04.01.04.02 | ESCALERA 1, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 1 día | mar 14/04/26 | mar 14/04/26 |
| 01.04.01.04.03 | ESCALERA 1, CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 1 día | mié 15/04/26 | mié 15/04/26 |
| 1.05 | MODULO SUR-5 | 117 días | mar 14/04/26 | mié 23/09/26 |
| 01.05.01 | ESTRUCTURAS | 117 días | mar 14/04/26 | mié 23/09/26 |
| 01.05.01.01 | COLUMNAS | 68 días | mar 14/04/26 | jue 16/07/26 |
| 01.05.01.01.01 | COLUMNAS ACERO FY=4200KG/CM2 | 32 días | mar 14/04/26 | mié 27/05/26 |
| 01.05.01.01.05 | COLUMNAS ENCOFRADO DESENCOFRADO | 20 días | jue 28/05/26 | mié 24/06/26 |
| 01.05.01.01.05 | COLUMNAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 16 días | jue 25/06/26 | jue 16/07/26 |
| 01.05.01.02 | VIGAS | 40 días | vie 17/07/26 | jue 10/09/26 |
| 01.05.01.02.01 | VIGAS, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 33 días | vie 17/07/26 | mar 01/09/26 |
| 01.05.01.02.02 | VIGAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | 33 días | vie 17/07/26 | mar 01/09/26 |
| 01.05.01.02.03 | VIGAS, CONCRETO F'C=280 KG/CM2 | 7 días | mié 02/09/26 | jue 10/09/26 |
| 01.05.01.03 | LOSAS MACIZAS | 40 días | vie 17/07/26 | jue 10/09/26 |
| 01.05.01.03.01 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO I | 4 días | vie 17/07/26 | mié 22/07/26 |
| 01.05.01.03.02 | LOSA MACIZA EN TRIBUNA, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 4 días | vie 17/07/26 | mié 22/07/26 |
| 01.05.01.04 | ESCALERAS | 9 días | vie 11/09/26 | mié 23/09/26 |
| 01.05.01.04.01 | ESCALERA 1, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | 6 días | vie 11/09/26 | vie 18/09/26 |
| 01.05.01.04.02 | ESCALERA 1, ACERO FY=4200 KG/CM2 | 6 días | vie 11/09/26 | vie 18/09/26 |
| 01.05.01.04.03 | ESCALERA 1, CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 3 días | lun 21/09/26 | mié 23/09/26 |



ANEXO 19. Lookahead propuesto

| TRIBUNA SUR | | SEMANA 1 | | | | | | | SEMANA 2 | | | | | | | SEMANA 3 | | | | | | | SEMANA 4 | | | | | | | SEMANA 5 | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| ACTIVIDAD | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | |
| | 31/03/2024 | 01/04/2024 | 02/04/2024 | 03/04/2024 | 04/04/2024 | 05/04/2024 | 06/04/2024 | 07/04/2024 | 08/04/2024 | 09/04/2024 | 10/04/2024 | 11/04/2024 | 12/04/2024 | 13/04/2024 | 14/04/2024 | 15/04/2024 | 16/04/2024 | 17/04/2024 | 18/04/2024 | 19/04/2024 | 20/04/2024 | 21/04/2024 | 22/04/2024 | 23/04/2024 | 24/04/2024 | 25/04/2024 | 26/04/2024 | 27/04/2024 | 28/04/2024 | 29/04/2024 | 30/04/2024 | 01/05/2024 | 02/05/2024 | 03/05/2024 | 04/05/2024 | |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | | P0S1 | P0S1 | P0S1 | P0S1 | P0S1 | | | P0S1 | P0S1 | P0S1 | P0S2 | P0S2 | | | P0S2 | P0S2 | P0S2 | P0S2 | P0S2 | | | P0S2 | P0S3 | P0S3 | P0S3 | P0S3 | | | P0S3 | P0S3 | P0S3 | P0S3 | | | |
| Encofrado de placas y columnas | | | | | | | | | | | | P0S1 | P0S1 | | | P0S1 | P0S1 | P0S1 | P0S1 | P0S1 | | | | P0S2 | P0S2 | P0S2 | P0S2 | | | P0S2 | P0S2 | | P0S3 | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P0S1 | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Colocación de IISS / IIEE en losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TRIBUNA SUR

| ACTIVIDAD | SEMANA 6 | | | | | | | SEMANA 7 | | | | | | | SEMANA 8 | | | | | | | SEMANA 9 | | | | | | | SEMANA 10 | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | |
| | 05/05/2024 | 06/05/2024 | 07/05/2024 | 08/05/2024 | 09/05/2024 | 10/05/2024 | 11/05/2024 | 12/05/2024 | 13/05/2024 | 14/05/2024 | 15/05/2024 | 16/05/2024 | 17/05/2024 | 18/05/2024 | 19/05/2024 | 20/05/2024 | 21/05/2024 | 22/05/2024 | 23/05/2024 | 24/05/2024 | 25/05/2024 | 26/05/2024 | 27/05/2024 | 28/05/2024 | 29/05/2024 | 30/05/2024 | 31/05/2024 | 01/06/2024 | 02/06/2024 | 03/06/2024 | 04/06/2024 | 05/06/2024 | 06/06/2024 | 07/06/2024 | 08/06/2024 | |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | | | | | | | | | | | | P1S1 | | | P1S1 | P1S1 | P1S1 | P1S1 | P1S1 | | | | P1S1 | P1S1 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | |
| Encofrado de placas y columnas | P0S3 | P0S3 | P0S3 | P0S3 | P0S3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | | | P0S3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | | | | | | | P0S1 | P0S1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas y losas | | | | | | | | | P0S1 | P0S1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Colocación de IISS / IIEE en losas | | | | | | | | | | | P0S1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | | | | | | | P0S1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



TRIBUNA SUR

| ACTIVIDAD | SEMANA 11 | | | | | | | SEMANA 12 | | | | | | | SEMANA 13 | | | | | | | SEMANA 14 | | | | | | | SEMANA 15 | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S |
| | 09/06/2024 | 10/06/2024 | 11/06/2024 | 12/06/2024 | 13/06/2024 | 14/06/2024 | 15/06/2024 | 16/06/2024 | 17/06/2024 | 18/06/2024 | 19/06/2024 | 20/06/2024 | 21/06/2024 | 22/06/2024 | 23/06/2024 | 24/06/2024 | 25/06/2024 | 26/06/2024 | 27/06/2024 | 28/06/2024 | 29/06/2024 | 30/06/2024 | 01/07/2024 | 02/07/2024 | 03/07/2024 | 04/07/2024 | 05/07/2024 | 06/07/2024 | 07/07/2024 | 08/07/2024 | 09/07/2024 | 10/07/2024 | 11/07/2024 | 12/07/2024 | 13/07/2024 |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S4 | P1S4 | | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | | P1S4 | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de placas y columnas | P1S2 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | P1S2 | | | P1S3 | P1S3 | | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | | | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | P1S4 | | | P1S4 | P1S4 | | | | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | P1S3 | | | | | | | | | | | | P1S4 | | | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | P1S1 | P1S1 | P1S1 | | | | | | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | P1S2 | | | | | | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | P1S3 | | | | | | P1S4 | P1S4 | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | | P1S1 | P1S1 | | | P1S1 | | | | | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | | | | | | | | P1S3 | | P1S3 | P1S3 | | | | | | |
| Acero de vigas y losas | | | | P1S1 | P1S1 | | | P1S1 | | | | | | | P1S2 | P1S2 | P1S2 | | | | | | | | | P1S3 | | P1S3 | P1S3 | | | | | | |
| Colocación de IISS / IIEE en losas | | | | | | | | P1S1 | | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | | | | P1S3 | | | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | | | | | P1S1 | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | | | | P1S3 | | | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | | | | | P1S1 | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | | | | | P1S1 | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S2 | | | | | | | | | | | | | | | | |



TRIBUNA SUR

| ACTIVIDAD | SEMANA 16 | | | | | | | SEMANA 17 | | | | | | | SEMANA 18 | | | | | | | SEMANA 19 | | | | | | | SEMANA 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14/07/2024 | 15/07/2024 | 16/07/2024 | 17/07/2024 | 18/07/2024 | 19/07/2024 | 20/07/2024 | 21/07/2024 | 22/07/2024 | 23/07/2024 | 24/07/2024 | 25/07/2024 | 26/07/2024 | 27/07/2024 | 28/07/2024 | 29/07/2024 | 30/07/2024 | 31/07/2024 | 01/08/2024 | 02/08/2024 | 03/08/2024 | 04/08/2024 | 05/08/2024 | 06/08/2024 | 07/08/2024 | 08/08/2024 | 09/08/2024 | 10/08/2024 | 11/08/2024 | 12/08/2024 | 13/08/2024 | 14/08/2024 | 15/08/2024 | 16/08/2024 | 17/08/2024 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P2S1 P2S1 P2S1 P2S1 | | | | | | | P2S1 P2S1 P2S1 P2S1 | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de placas y columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P2S1 | | | | | | | P2S1 P2S1 P2S1 P2S1 P2S1 | | | | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P2S1 | | | | | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S4 P1S4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P2S1 P2S1 P2S1 P2S1 | | | | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S4 P1S4 | | P1S4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S4 P1S4 | | P1S4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Colocación de IIS / IIEE en losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P1S4 | | | P1S4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TRIBUNA SUR

| ACTIVIDAD | SEMANA 21 | | | | | | | SEMANA 22 | | | | | | | SEMANA 23 | | | | | | | SEMANA 24 | | | | | | | SEMANA 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18/08/2024 | 19/08/2024 | 20/08/2024 | 21/08/2024 | 22/08/2024 | 23/08/2024 | 24/08/2024 | 25/08/2024 | 26/08/2024 | 27/08/2024 | 28/08/2024 | 29/08/2024 | 30/08/2024 | 31/08/2024 | 01/09/2024 | 02/09/2024 | 03/09/2024 | 04/09/2024 | 05/09/2024 | 06/09/2024 | 07/09/2024 | 08/09/2024 | 09/09/2024 | 10/09/2024 | 11/09/2024 | 12/09/2024 | 13/09/2024 | 14/09/2024 | 15/09/2024 | 16/09/2024 | 17/09/2024 | 18/09/2024 | 19/09/2024 | 20/09/2024 | 21/09/2024 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODULO SUR-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en columnas y placas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de placas y columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en placas y columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas principales + encofrado de fondo de viga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de fondo viga secundarias y losa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero de vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Colocación de I/ISS / I/IEE en losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de concreto en vigas y losas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habilitación de acero en escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encofrado de escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaciado de escalera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANEXO 20. Entrevista de validación de propuesta de planificación del proyecto de estadio

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | X | | X |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritantes en la construcción. | | | | | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo | | | | X | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | X | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | | X |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra | | | X | | |

OBSERVACIONES

el modelado, es apto para una mejor comprensión en la ejecución de una obra de gran envergadura; Una observación sería mostrar el cronograma de actividades de acuerdo a la experiencia con los especialistas de ingeniería y arquitectura, con datos más específicos para una reducción de tiempo en la obra.

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | X | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | X | | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | | X |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | | X |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | X | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | X | |

OBSERVACIONES

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | X | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | X | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | X | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | | X |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | | X |

OBSERVACIONES

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | X | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | X | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | X | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | | X |

OBSERVACIONES

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | X | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | | X |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | X | | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | X | | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | X | |

OBSERVACIONES

Se recomienda el uso completo de softwares compatibles con la metodología BIM, tanto en los metrados y el presupuesto para un mejor flujo de información al momento de modificaciones

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | X | |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | | X |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | X | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | X | |

OBSERVACIONES

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | | X |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | | X |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | | X | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | | X |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | | X |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | | X |

OBSERVACIONES

ENTREVISTA DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE ESTADIO

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases pueden ser evitadas con facilidad poniendo en conocimiento al área de trabajo correspondiente. | | | | | X |
| 2. Las restricciones definidas en la etapa de planificación por fases son las principales y prioritarias en la construcción. | | | | X | |
| 3. Los ritmos de vaciado de concreto están de acuerdo a la capacidad de manejo de mezcla para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | X | | |
| 4. Los ritmos de encofrado y acero están de acuerdo a la capacidad de colocación para un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo. | | | X | | |
| 5. La planificación de tiempos para el módulo SUR tiene una buena secuencia de actividades y ritmos de trabajo. | | | | X | |
| 6. Las actividades listadas en la planificación semanal corresponden a las más importantes y necesarias para la obra. | | | | X | |
| 7. Los plazos estimados de construcción del módulo SUR es correcto dado los ritmos de vaciado y la magnitud del proyecto. | | | | X | |
| 8. El uso de sectores para la planificación de una obra de gran magnitud como un estadio permite administrar mejor los recursos de la obra. | | | | | X |

OBSERVACIONES

Será bueno vincular los modelos a una herramienta de control para así poder tomar medidas correctivas.

ANEXO 21. Encuesta de validación de objetivos y metodología

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | | X |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por secciones para la ejecución de una obra. | | | | | X |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más fácil. | | | | | X |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | | X |
| 7. La integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | | X |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | | X |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | | X |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | | | X |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho.
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto promueve la colaboración entre los interesados. | | | | | X |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por sectores para la ejecución de una obra. | | | | X | |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de mediciones de manera más fácil. | | | | | X |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | | X |
| 7. La integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | X | |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | X | |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | | X |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | | | X |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho.
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | X | |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por sectores para la ejecución de una obra. | | | | X | |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | X | |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más fácil. | | | | | X |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | X | |
| 7. La integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | | X |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | X | |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | X | |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | | | X |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | X | |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por secciones para la ejecución de una obra. | | | | | X |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más física. | | | | X | |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | X | |
| 7. La Integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | X | |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | X | |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | X | |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | X | | |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho
 Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
 Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
 Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | X | |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | X | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por sectores para la ejecución de una obra | | | | | X |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más fácil | | | | | X |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | | X |
| 7. La integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo | | | | X | |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho | | | | | X |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural | | | | X | |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos | | | | X | |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | X | |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | X | |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por sectores para la ejecución de una obra. | | | | | X |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más fácil. | | | | X | |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | X | |
| 7. La Integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | | X |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | X | |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | | X |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | | X | |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho

Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.

Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.

Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro.

ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

| | Totalmente en desacuerdo (1) | En desacuerdo (2) | Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | De acuerdo (4) | Totalmente de acuerdo (5) |
|---|------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. La integración de LPS y modelos BIM en un proyecto prioriza la colaboración entre los interesados. | | | | | X |
| 2. El uso de un modelo 4D y 3D de un proyecto de gran magnitud como un estadio deportivo facilita la visualización de la construcción y la planificación de obra. | | | | | X |
| 3. El uso de un tren de actividades permite un mayor orden por sectores para la ejecución de una obra. | | | | | X |
| 4. El uso de modelos 3D permite tener una mejor visión de la construcción de un proyecto en todas las especialidades necesarias. | | | | | X |
| 5. El uso de modelos 3D permite la obtención de metrados de manera más fácil. | | | | X | |
| 6. El uso de modelos 3D permite la detección de interferencias entre especialidades de manera oportuna. | | | | | X |
| 7. La integración de LPS y BIM incrementa el valor de un proyecto mejorando los procesos de trabajo. | | | | | X |
| 8. El uso de una simulación 4D para la construcción permite identificar las tareas en el tiempo y realizar un seguimiento de lo planeado y lo hecho. | | | | | X |
| 9. El uso de una simulación 4D permite una mejor comprensión del proceso constructivo a seguirse durante la etapa de casco estructural. | | | | | X |
| 10. La planificación y metodología presentada permite cumplir los objetivos de la gestión de un proyecto en etapa de casco en cuanto a diseño y plazos. | | | | | X |

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelamiento, coordinación y planificación de un proyecto de estadio en un complejo deportivo integrando las metodologías BIM y Last Planner System

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar los modelos BIM de las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones de un proyecto de estadio en la ciudad de Ayacucho
- Revisar y levantar las interferencias de los modelos 3D del proyecto indicado.
- Realizar el planeamiento del proyecto utilizando la metodología BIM y Last Planner System para la fase de casco estructural.
- Validar la propuesta de planificación realizada mediante encuestas y entrevistas a expertos especialistas en el rubro