

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
TOMO I**

**“METODOLOGÍA BIM APLICADO A DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN SIMULTÁNEA EN PROYECTO DE
INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
LEONARDO ALFREDO MENZALA VILAFRANCA**

**ASESOR
Mg. FÉLIX WILFREDO ULLOA VELÁSQUEZ**

Lima- Perú

2019

© 2019, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Trabajo de Suficiencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Menzala Villafranca, Leonardo Alfredo

lmenzala@gmail.com

951719892

A mi padre a quien le debo muchas más promesas por cumplir.

A mi madre, hermanos y familia por brindarme su apoyo incondicional.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS

En mi primera instancia quisiera agradecer a mi familia. A mi padre quien fue mi mayor soporte, ejemplo y amigo. A mi madre quien siempre me brindó su apoyo y cuidado. A mis hermanos, Carolina, Alejandro y Claudia por ser mis motivaciones para seguir superándome. A Julio por ser como un padre para mí y darme siempre su apoyo. A mi familia en general quienes siempre tuvieron palabras de aliento para realizarme como profesional.

A la universidad Nacional de Ingeniería. A los profesores y compañeros que me acompañaron durante mi etapa de estudiante y de los que aprendí no solo nociones académicas sino valores que me sirven en mi vida profesional.

Al laboratorio de diseño y construcción virtual, en especial al Mg. Ing. Wilfredo Ulloa, mi asesor, quien tuvo la disposición para ayudarme con el presente trabajo brindándome sus críticas, correcciones, consejos y enseñanzas que me permitieron lograr cumplir con los objetivos planteados.

A mis compañeros de trabajo del proyecto La Videna con los cuales se logró cumplir una meta tan importante como lo fue completar a tiempo la obra para los Juegos Panamericanos Lima 2019.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	6
PRÓLOGO	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS.....	14
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 GENERALIDADES	16
1.2 PROBLEMÁTICA	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	19
2.1 DEFICIENCIAS DE DISEÑO	19
2.1.1 Definición.....	19
2.1.2 Causas de las deficiencias de diseños	23
2.1.3 Consecuencias de las deficiencias del diseño	24
2.2 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	26
2.2.1 Definición.....	26
2.2.2 Aplicaciones, herramientas y beneficios de la metodología BIM.....	28
2.2.3 Adopción BIM en el Perú	32
2.3 VDC (VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION)	34
2.3.1 Definición.....	34
2.3.2 Pilares o componentes del VDC	35
2.3.3 Sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada (Sesiones ICE)	36
2.4 IPD (INTEGRATED PROJECT DELIVERY)	37
2.4.1 The simple framework. El marco de trabajo IPD	40
2.4.2 Contratos colaborativos	42
2.5 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN FAST TRACK	43
CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y REMODELACIÓN DE LA VIDENA.....	45
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	45
3.2 VENUES O RECINTOS.....	46
3.3 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN FAST TRACK	51

3.4	MODELO DE CONTRATACIÓN IPD NEC 3	53
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA BIM DEL PROYECTO DURANTE LA		
	ETAPA DE DISEÑO	55
4.1	EQUIPO DE TRABAJO	55
4.1.1	Área de Ingeniería Interna	56
4.1.2	Subcontratistas de Diseño	58
4.1.3	Equipo BIM Interno	60
4.1.4	Consultores BIM de soporte	60
4.2	METODOLOGÍA DE TRABAJO. PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE DISEÑO.....	61
4.2.1	Alcances BIM.....	61
4.2.2	Flujo de trabajo.....	64
4.2.3	Procedimiento de colaboración. Uso de la Nube	65
4.2.4	Consideraciones del modelo y estandarización	67
4.3	PROCESO DE COMPATIBILIZACIÓN DE DISEÑO.....	70
4.3.1	Uso del software para la visualización y coordinación Revizto.....	71
4.3.2	Sesiones ICE de diseño	73
4.3.3	Métricas.....	75
4.4	ENTREGABLE FINAL DE DISEÑO	77
CAPÍTULO V: METODOLOGÍA BIM DEL PROYECTO EN LA ETAPA		
	DE CONSTRUCCIÓN.....	80
5.1	EQUIPO DE TRABAJO	80
5.1.1	Oficina Técnica.....	81
5.1.2	Área de Producción	82
5.1.3	Subcontratistas de instalaciones	82
5.1.3	Supervisión Lima 2019	84
5.2	METODOLOGÍA DE TRABAJO. PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE CONSTRUCCIÓN	84
5.2.1	Alcances BIM.....	84
5.2.2	Flujo de trabajo.....	85
5.3	TRABAJO COLABORATIVO CON SUBCONTRATISTAS DE INSTALACIONES.....	92
5.3.1	Alcances.....	92
5.3.2	Flujo de trabajo MEP	93
5.3.3	Elaboración de los “Field Sketch”	98

5.3.4	Elaboración de planos As Built	101
5.4	APLICACIÓN Y USOS DEL BIM REALIZADOS EN OBRA	104
5.4.1	Obtención de Metrados	104
5.4.2	Soporte al área de Producción	109
5.4.3	Soporte al área de Planeamiento.....	113
5.4.4	Control de Avance Real Diario (CARD)	115
5.5	CONSIDERACIONES FINALES DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL PROYECTO LA VIDENA.....	120
	CONCLUSIONES.....	122
	RECOMENDACIONES.....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	125

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional presenta un reporte de lo que fue la utilización de la metodología BIM para el proyecto de caso de estudio “Ampliación y Remodelación de la Villa Deportiva Nacional (Videna)”, siendo un proyecto de construcción de infraestructura deportiva con plazo de tiempo de entrega muy ajustado por el inicio de los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019.

Para el proyecto de la Videna se siguió la modalidad de contrato NEC3 (New Engineering Contract), el cual es un tipo de contrato utilizado en Reino Unido para proyectos de construcción y que se basa en una metodología IPD (Integrated Project Delivery) lo cual promueve una gestión colaborativa del diseño y construcción basada básicamente en la metodología BIM. Con este contrato se buscó el beneficio de todos los involucrados y evitar poner trabas para la participación al permitir una libre coordinación y reducir al máximo los riesgos y penalizaciones.

El proyecto de Ampliación y Remodelación de la Videna tuvo el propósito de crear una infraestructura deportiva acorde con los más altos estándares deportivos a nivel internacional. Consistió en la construcción de nuevos recintos tales como el Centro Acuático, Polideportivo 3 y Bowling; y la remodelación de los recintos del Estadio Atlético (incluyendo una nueva pista atlética de calentamiento) y del Velódromo, al cual se le amplió la cantidad de tribunas y el techado con una cúpula de estructura metálica que no debió afectar la pista del velódromo ya existente.

La etapa de diseño comenzó con la conceptualización del proyecto por parte del estudio de Arquitectura cuya sede se encuentra en Reino Unido, pero con un equipo de arquitectos en Perú con el objetivo de facilitar el intercambio de información entre la Estructura e Instalaciones con la Arquitectura, teniendo además el poder de tomar decisiones para optimizar el diseño. Es así que la oficina del Área de Ingeniería de Cosapi fue adaptada para implementar el “Big Room”, un ambiente donde se encontraron la mayor parte de los involucrados del diseño y de todas las especialidades. El Big Room de Cosapi fue un espacio propicio para mejorar la colaboración entre los especialistas, tener una

coordinación más efectiva y reducir la latencia o el tiempo de espera de respuesta. Estas coordinaciones se complementaron de manera aún más efectiva con las sesiones Ingeniería Concurrente Integrada (ICE). Como producto del diseño bajo la metodología BIM se obtuvo como entregables planos para la construcción con un mínimo de deficiencias y mayores detalles típicos.

Dado la característica del proyecto de ser un tipo de construcción Fast Track, la etapa de obra comenzó con un avance preliminar del diseño. Parte del equipo de ingeniería y área BIM se trasladó a las instalaciones de obra para dar soporte al área de planeamiento, producción y presupuesto. Este soporte estuvo basado en la metodología BIM del cual se generó un flujo de trabajo para la compatibilización, sesiones ICE, actualización del modelo y generación de planos de campos (Field Sketch) con la participación del área de ingeniería y el staff de construcción. El ingreso de los subcontratistas de instalaciones estuvo supeditado a trabajar bajo la misma metodología seguida en la etapa del casco estructural. Los subcontratistas de instalaciones participaron en la optimización de los modelos de especialidades y la generación de Field Sketch como requisito indispensable para iniciar los trabajos por sectores.

Los trabajos de seguimiento y control de las ejecuciones de obra, instalación y montaje de instalaciones se apoyaron en la metodología BIM utilizando los modelos desde herramientas tecnológicas tales como IPADs, cámaras 360°, Drones y Scanner 3D, con lo que se facilitó también la generación de modelos y planos As Build para la entrega final al cliente.

ABSTRACT

The present work of professional sufficiency presents a report of what was the use of the BIM methodology for the project of the case of study "Expansion and Remodeling of the National Sports Village (Videna)", being a construction project of sports infrastructure with term delivery time very tight for the start of the Pan American and Parapan Americans Games Lima 2019.

For the Videna project, the NEC3 (New Engineering Contract) contract modality was followed, which is a type of contract used in the United Kingdom for construction projects and is based on an IPD (Integrated Project Delivery) methodology, which promotes collaborative management of the design and construction basically based on the BIM methodology. With this contract, the benefit of all those involved was sought and the obstacles to participation were avoided by allowing direct coordination and minimizing risks and penalties.

The Videna Expansion and Remodeling project had the purpose of creating a sports infrastructure in accordance with the highest international sporting standards. It consisted in the construction of new venues such as the Aquatic Center, Polideportivo 3 and Bowling; and the remodeling of the venue of Athletic Stadium (including a new warm-up athletic track) and the Velodrome, to which the number of grandstands was extended and the roofing with a metallic structure dome that should have not affected the track of the existing velodrome.

The design stage began with the conceptualization of the project by the Architecture studio whose headquarters are in the United Kingdom but with a team of architects in Peru with the purpose of facilitating the exchange of information between the Structure and MEP Installations with the Architecture, having also the power to make decisions to optimize the design. Thus, the Cosapi Engineering Area office was adapted to implement the "Big Room", an environment where most of the designers and all specialties were involved. The Big Room of Cosapi was a propitious space to improve the collaboration between the specialists, to have a more effective coordination and to reduce the latency or the waiting time of response. These coordinations were even more effectively complemented with the Integrated Concurrent Engineering (ICE) sessions. As a product of the design

under the BIM methodology, construction plans were obtained as deliverable with a minimum of deficiencies and more typical details.

Given the project's characteristic of being a type of Fast Track construction, the construction stage began with a preliminary design advance. Part of the engineering team and BIM area was transferred to the construction site to support the planning, production and budget area. This support was based on the BIM methodology, which generated a workflow for the compatibilization, ICE sessions, updating of the BIM model and generation of Field Sketch with the participation of the engineering area and the construction staff. The income of the MEP subcontractors was contingent upon working under the same methodology followed in the structure stage of the project. The subcontractors of facilities participated in the optimization of the BIM models and the generation of Field Sketch as an indispensable requirement to start the work by sectors.

The work of monitoring and control of the execution of work, installation and installation of facilities was based on the BIM methodology using th BIM models from technological tools such as IPADs, 360 ° cameras, Drones and 3D Scanner, which also facilitated the generation of As Build models and drawings for the final delivery to the client.

PRÓLOGO

El presente informe de suficiencia es un reporte de lo que fue la aplicación de la metodología BIM en el proyecto de la Ampliación y Remodelación de la Videna para los Juegos Panamericanos Lima 2019, metodología que acompañó las etapas de diseño y construcción en la modalidad de un proyecto Fast Track, introduciendo un nuevo tipo de contratación con el Estado que fomenta el trabajo colaborativo de los Stakeholders del Proyecto.

Se muestra así el alcance que de la metodología BIM para concebir modelos BIM de forma nativa, de los cuales los entregables de diseño fueron obtenidos casi de forma automática, entendiéndose por esto a los planos del proyecto en la etapa de diseño.

Se muestra en este trabajo a las herramientas y los procesos BIM aplicados mayormente en la etapa de construcción, y la implementación de nuevas herramientas tecnológicas empleadas en obra (Realidad Virtual, Fotografías 360°, drones, Scanner 3D, entre otros), los que demostraron que se pueden obtener mayores beneficios para optimizar los proyectos brindando soporte a todas las áreas de construcción, mejorando la calidad de información del diseño, y logrando una mejor comunicación y trabajo colaborativo con las empresas subcontratistas de instalaciones y acabados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Interferencia entre ducto HVAC y tubería de ACI	21
Figura 2:	Aplicación de la constructabilidad en las diferentes etapas del Proyecto.....	22
Figura 3:	Deficiencia de calidad. Colisión entre abertura de puerta y extractor de baño.	25
Figura 4:	Aplicación de la metodología BIM en todo el ciclo de vida del Proyecto.....	27
Figura 5:	Esquema de comunicación según el método tradicional (a) y la comunicación multidisciplinaria según la metodología BIM (b)	28
Figura 6:	Porcentaje de adopción BIM en Lima y Callao 2017 en proyecto de edificaciones.	32
Figura 7:	Uso de BIM según tamaño de la empresa Constructora	33
Figura 8:	Uso del BIM por tamaño del Proyecto.....	34
Figura 9:	Uso del BIM por tipo de Proyecto.....	34
Figura 10:	Sesiones ICE desarrolladas en el iRoom del CIFE	37
Figura 11:	Principios de la metodología IPD.....	39
Figura 12:	Esquema de trabajo IPD.....	40
Figura 13:	Esquema comparativo entre construcción normal con otra tipo Fast Track.....	44
Figura 14:	Ubicación de la Villa Deportiva Nacional-Videna	45
Figura 15:	Vista de las instalaciones iniciales de la Videna	46
Figura 16:	Plano de distribución de los nuevos Recintos del Proyecto la Videna	50
Figura 17:	Capacitación interna de la metodología IPD bajo los especialistas Leonardo RIschmoller y Dean Reed.....	54
Figura 18:	Nueva distribución de las oficinas del Contratista para incorporar a los integrantes del Diseño, “Big Room”.....	55
Figura 19:	Big Room para el proyecto la Videna. Participación colaborativa de los profesionales del diseño.....	56
Figura 20:	Organigrama funcional de equipo de Diseño	57
Figura 21:	Esquema del Flujo de trabajo de la metodología BIM para la etapa de Diseño	65
Figura 22:	Apertura de archivos centrales de la nube. Plataforma BIM 360 Team	66

Figura 23:	Esquema de trabajo a través del Collaboration for Revit	67
Figura 24:	Esquema del proceso de las Sesiones ICE	71
Figura 25:	Software Revit para la coordinación multidisciplinaria	71
Figura 26:	Área de trabajo en Revit. Detección de incompatibilidad, asignación de responsables y prioridades	72
Figura 27:	Solución de Incompatibilidades en el Revit	73
Figura 28:	Sesiones ICE en etapas iniciales del Diseño	74
Figura 29:	Sesiones ICE de diseño involucrando al personal de obra	75
Figura 30:	Indicadores de desempeño o métricas del cumplimiento de la calidad del modelado	76
Figura 31:	Porcentaje de resolución de Incompatibilidades por Recintos	77
Figura 32:	Evolución de la respuesta de los Proyectistas a la resolución de Incompatibilidades	77
Figura 33:	Modelo BIM integrado de Estadio Atlético de la etapa de diseño	78
Figura 34:	Modelo BIM integrado de Estadio Atlético de la etapa de diseño. Recorrido de instalaciones	79
Figura 35:	Organigrama general de obra del contratista	80
Figura 36:	Organigrama de Oficina Técnica de Obra	81
Figura 37:	Equipos mecánicos en modelos BIM para el área de las piscinas del Centro Acuático	83
Figura 38:	Esquema de Flujo de trabajo bajo la metodología BIM para la etapa de construcción del Casco Estructural	86
Figura 39:	Detalle de Placa estructural del Estacionamiento con especificación de niveles para las ménsulas y vigas prefabricadas	87
Figura 40:	Detalle de columna estructural del Estacionamiento con detalle de niveles para las ménsulas y vigas prefabricadas	87
Figura 41:	Integración del modelo BIM en Naviswork para ser exportado al Revit	88
Figura 42:	Priorización de las incompatibilidades en la plataforma Revit de acuerdo a su impacto	89
Figura 43:	Sesión ICE de Construcción del Centro Acuático, con la participación de los Ingenieros y Arquitectos de Diseño	90

Figura 44:	Sesión ICE de Construcción del Estadio Atlético, con la participación de los Ingenieros y Arquitectos de Diseño.	90
Figura 45:	Modelo de Field Sketch desarrollado por el Área BIM de OT para ubicación de pases estructurales para tuberías Sanitarias	91
Figura 46:	Modelo de Field Sketch desarrollado por el Área BIM de OT para ubicación de pases estructurales para ductos HVAC.....	92
Figura 47:	Capacitación de la metodología BIM a los subcontratistas de instalaciones.....	93
Figura 48:	Esquema de Flujo de trabajo según la metodología BIM para la coordinación con los subcontratistas de Instalaciones	94
Figura 49:	Sectorización del modelo BIM con las instalaciones compatibilizadas para la ejecución en campo.....	95
Figura 50:	Modelos BIM actualizados en la Nube a través de paquetes para los subcontratistas de instalaciones.....	95
Figura 51:	Ejemplo de solicitud hecha por el subcontratista de instalaciones en cuanto al recorrido de la tubería ACI.	96
Figura 52:	Detección de incompatibilidades por parte de los subcontratistas de Instalaciones	97
Figura 53:	Revisión de los modelos BIM con el uso de la Realidad Virtual	98
Figura 54:	Entrega de los Field Sketch a los operarios de los subcontratistas de instalaciones	99
Figura 55:	Field Sketch elaborado por el subcontratista de Agua Contra incendio según sector de trabajo a través del Modelo BIM.....	100
Figura 56:	Cortes del sector de trabajo con cotas y dimensiones que facilitan la instalación de las tuberías.....	100
Figura 57:	Field Sketch generado por el subcontratista de Instalaciones Sanitarias a través del Modelo BIM	101
Figura 58:	Seguimiento de colocación de las instalaciones por parte de los subcontratistas. No existe observaciones con los recorridos	102
Figura 59:	Observación hecha al recorrido de las instalaciones colocadas en campo. Se debe actualizar el modelo As Built.	102

Figura 60:	Plano As Built elaborado por el Subcontratista a través del modelo BIM	103
Figura 61:	Anotación de los cambios hechos en el plano As Built según los Field Sketch de los subcontratistas de instalaciones.....	104
Figura 62:	Obtención de metrados de estructuras para el presupuesto y las valorizaciones desde el modelo BIM	106
Figura 63:	Obtención de metrados de Arquitectura directamente del modelo para partidas como solaqueo, yeso proyectado, falso cielo raso y pintura interior.....	106
Figura 64:	Esquema de avance de obra con metrados para cumplir el Hito sub estructura.	107
Figura 65:	Esquema de avance de obra con metrados para cumplir el Hito super estructura	108
Figura 66:	Modelado de la tabiquería con los criterios para obtener metrados exactos a ser comparados con los metrados valorizados de subcontratista	109
Figura 67:	Esquema de plan diario con el detallado visual de los elementos a ser ejecutados	110
Figura 68:	Revisión del modelo BIM para realizar la planificación diaria y semanal por parte del jefe de producción	110
Figura 69:	Coordinación de las actividades diarias con el maestro de obra y capataces	111
Figura 70:	Cortes como apoyo visual para la ejecución de los elementos estructurales en campo	112
Figura 71:	Panel de obra con el esquema de la planificación por semanas.....	112
Figura 72:	Panel con la planificación por semanas del casco estructural en las oficinas de producción.....	113
Figura 73:	Modelamiento de la ubicación de las torres grúa en obra	113
Figura 74:	Esquema de avance de construcción del casco estructural a nivel general (todos los recintos)	115
Figura 75:	Control de Avance Real Diario de la subcontratista de ACI.	116
Figura 76:	Control de Avance Real Diario de la instalación de puertas del Estadio Atlético	117

Figura 77:	Plan de vuelo para el uso de Drones para el seguimiento y control del Proyecto.....	117
Figura 78:	Fotografías obtenidas por el drone para el seguimiento de las obras exteriores y el avance de los recintos	118
Figura 79:	Uso de cámaras 360° para el seguimiento de los trabajos de los subcontratistas en los ambientes dentro de los recintos.....	119
Figura 80:	Escaneo 3D de la Barrera de viento para la validación de su correcta instalación.....	120

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Cuadro de áreas techadas de los nuevos recintos de la Videna	51
Tabla 2:	Cronograma maestro del Centro Acuático y del Estadio Atlético.....	52
Tabla 3:	Nivel de Desarrollo (LOD) de los elementos modelados	68
Tabla 4:	Nomenclatura de archivos del Estadio Atlético.....	69
Tabla 5:	Estructura de colores de los sistemas modelados.....	69
Tabla 6:	Presupuesto aproximado del Área BIM del Proyecto de la Videna.	121

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ACI:	Agua Contra Incendio
AIA:	American Institute of Architects
A-IFC:	Advanced of Information for Construction
BIM:	Building Information Modeling
CIFE:	Center of Integrated Facility Engineering
HVAC:	Heat, Ventilation, and Air Conditioner
ICE:	Integrated Concurrent Engineering
IFC:	Information for Construction
IIEE:	Instalaciones Eléctricas
IIMM:	Instalaciones Mecánicas
IISS:	Instalaciones Sanitarias
IPD:	Integrated Project Delivery
LOD:	Level of Detail
MEP:	Mechanical, Electrical and Plumbing
OT:	Oficina Técnica
PEB:	Plan de Ejecución BIM
POP:	Product-Organization-Process
RFI:	Request for Information
VDC:	Virtual Design and Construction

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El modelamiento 3D de edificaciones para ayudar en la visualización y compatibilización de los proyectos se fue convirtiendo en una necesidad a medida que estos se hacían cada vez más complejos, con plazos de construcción y presupuestos más ajustados. Herramientas para dichos fines fueron utilizadas desde la aparición del CAD e introducidas en el Perú a través de las empresas constructoras. Tales como los casos mencionados por Cucho (2014) en proyectos como la construcción de la Estación Central del Metropolitano en el 2005, el proyecto de oficinas Cubo en 2008 y la construcción del nuevo Teatro de la Nación en 2010. La optimización de los procesos para modelados en 3D, con herramientas tecnológicas más potentes, propició la adopción de la metodología BIM que ya se utilizaba en países como EEUU y Reino Unido.

El uso de la metodología BIM viene siendo un tema estudiado en el Perú desde el 2013. Alcántara (2013) en su tesis “Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la Construcción Virtual usando tecnologías BIM” inicia la investigación en el uso y los beneficios de dicha metodología. Hasta aquel momento el BIM era muy poco conocido, o era entendido como solo un modelamiento en 3D. El proyecto piloto estudiado por Alcántara, el Edificio educativo Universidad del Pacifico, abrió las puertas a nuevas investigaciones sobre el BIM y la aplicación en la industria de la construcción en el Perú.

Con el pasar de los años se fueron desarrollando nuevos campos de investigación. Se introdujo así la metodología del VDC (Virtual Design and Construction) o Diseño y Construcción Virtual que consiste en un nuevo enfoque que se da a la gestión del diseño y la construcción apoyándose de herramientas BIM y un nuevo estudio de los procesos para la construcción. Chingay (2015) aborda esta metodología en su tesis “Diseño y construcción virtual (VDC) para superar problemas de ingeniería en la fase de construcción de edificaciones de oficinas” pone en aplicación los conceptos del VDC en la construcción del proyecto de edificio corporativo de Graña y Montero.

El trabajo de investigación realizado por Murguía (2018), “Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao 2017”, brinda un panorama del nivel de la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción a nivel de Lima y Callao, mostrando un valor de alrededor de 24.5% de los proyectos estudiados han utilizado la metodología BIM en mayor o menor medida, y que el uso que se le ha dado mayormente ha sido para la visualización del proyecto y muy poco utilizado para control del proyectos.

Este trabajo de suficiencia busca integrar y ampliar los conceptos de las investigaciones antes mencionadas en un proyecto de mayor escala como lo fue la “Ampliación y Remodelación de la Videna” para los Juegos Panamericanos Lima 2019, en donde la implementación de la metodología BIM se dio en todo el ciclo de diseño y construcción del proyecto.

1.2 PROBLEMÁTICA

Luego de la designación del Perú para ser sede de los XVIII Juegos Panamericanos fue tarea fundamental de las autoridades crear proyectos de infraestructura deportiva para dichos juegos. Una de los más importantes proyectos fue la Ampliación y Remodelación de la Villa Deportiva Nacional (Videna).

La construcción de la Videna con un tiempo muy ajustado requirió implementar nuevas tecnologías, metodologías o procesos que ayudaron a acortar los tiempos del desarrollo del diseño y la construcción. Si bien es cierto se adoptó el sistema de construcción Fast Track, esto no garantizaba el fiel cumplimiento de los plazos. El marco contractual con el cual se pactó el proyecto permitió el uso de estas nuevas metodologías de diseño y construcción. La principal de ellas fue la implementación del BIM y nuevos procesos de gestión. Los resultados esperados fueron cumplir con un diseño confiable, con un mínimo de deficiencias, con modelos virtuales que sirvan de soporte para la construcción y que se involucre a la mayor parte de los subcontratistas a esta metodología de manera colaborativa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Presentar un reporte del uso de la metodología BIM en el diseño y la construcción de un proyecto Fast Track de infraestructura deportiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Exponer el flujo de trabajo seguido en la etapa de diseño bajo la metodología BIM.
- Exponer los flujos de trabajos y procesos de la metodología BIM que se siguió en la etapa de construcción con el Staff de obra y los subcontratistas de instalaciones.
- Mostrar la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas que aumenten las potencialidades de los modelos virtuales.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 DEFICIENCIAS DE DISEÑO

2.1.1 Definición

En la industria de la construcción, tanto el cliente, los proyectistas, el contratista y los subcontratistas, que forman parte del proyecto, tienen todos un rol importante para entregar un proyecto de calidad (Kanji y Wong, 1998).

Según Alcántara (2013), el término “Calidad en la construcción” fue acuñado para referirse a los procesos que se desarrollan durante la etapa de la construcción y los productos o entregables que se generan. Por lo tanto, se entiende que para obtener un proyecto de construcción de calidad se debe enfocar la calidad en todas las etapas que la conlleva la ejecución del proyecto.

Sin embargo, en la etapa donde suele identificarse las deficiencias de los documentos contractuales es en la etapa de construcción (Alarcón y Mardones, 1998). Partiendo de la etapa de diseño, el asegurar la calidad de la documentación entregada a obra podría permitir una construcción más fluida. Un inadecuado diseño y documentación conlleva directamente a retrasos, retrabajos y variaciones (contribuyendo a incrementar el plazo y costo del proyecto) e indirectamente en incrementar la carga de trabajo del staff del proyecto (Tilley, 1997).

Las deficiencias que se suelen encontrar por temas de diseño se pueden agrupar en los siguientes:

Incompatibilidades

Como señala Alcántara (2013), las “incompatibilidades” se refieren a las incoherencias de información proporcionada por los planos o especificaciones técnicas, cuando estos documentos tienen inconsistencias, errores u omisiones.

Las incompatibilidades se dan por lo general cuando se comparan información del proyecto y en algunos planos se detecta información que difiere de otros planos o la especificación; es decir, que existe una falta de coordinación entre disciplinas.

Se podría dar como ejemplos los casos en que al revisar planos de instalaciones algunos ambientes no concuerden con lo que dice arquitectura. Esta incompatibilidad se suele dar porque los planos de instalaciones no están

actualizados. Y de no ser detectados en la etapa de diseño, puede generar tiempos de espera en la etapa de construcción.

Por lo general, previo al inicio de la construcción se hacen revisiones del diseño tratando de encontrar y corregir las incompatibilidades, pero al hacerlo mediante planos (de manera tradicional), al superponerlos entre sí, la información que se tiene en dos dimensiones puede no ser la óptima para encontrar la mayor cantidad de incompatibilidades antes de la construcción.

Es por esto que las incompatibilidades son unos de los mayores problemas de deficiencias del diseño que se da en un proyecto (Alcántara, 2013).

Falta de detalles

Por lo general, para poder iniciar la etapa de construcción no se cuenta con la ingeniería completa. Es decir, existen muchos detalles que quedan como pendientes y se pospone su realización. Esto puede que sea porque el cliente solicita que se inicie la obra cuanto antes o porque los diseñadores no pueden abstraerse con todo el alcance del proyecto. Es por eso que a medida que se desarrolla la ejecución de la obra, el constructor va encontrando vacíos en el diseño. Estas faltas de detalle son solicitadas mediante RFIs que por lo general suelen tardar mucho en resolverse, ya que el arquitecto o ingenieros se encuentran ocupados en el desarrollo de otros proyectos.

Por parte del propietario, estos detalles no previstos, pueden suponer un incremento en el presupuesto y plazo del proyecto.

Interferencias

Como señala Alcántara (2013), las interferencias son interrupciones espaciales debido a la ubicación de un elemento físico que impide u obstruye el recorrido, instalación, montaje o construcción de algún otro elemento. Las interferencias se dan cuando no ha existido una coordinación entre diferentes disciplinas en cuanto a la ubicación de los elementos.

Casos muy específicos son los que se dan entre estructura e instalaciones. Muchas veces el no tener claro la altura a la que deben ir las instalaciones es la principal razón. Los planos suelen contener insuficiente información, ya que solo trazan el recorrido en planta mas no la altura (en la mayoría de los casos). Es por esto que cuando se ejecutan las instalaciones los cruces físicos no detectados

anteriormente se suelen resolver ya sea haciendo pases en la estructura o bordeando estas u otras instalaciones (ver Figura 1) que pueden incurrir en un aumento del costo (al usar diamantina para hacer pases en estructura o mayor cantidad de accesorios de instalaciones).



Figura 1: Interferencia entre ducto HVAC y tubería de ACI
(Fuente: Alcántara, 2013)

Falta de constructabilidad

La constructabilidad, citando a Espinoza (2014), “es la integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto”.

Poniéndolo en términos más sencillos, la constructabilidad es la aplicación de los conocimientos y experiencias para plantear soluciones de diseño que permitan construir, montar o instalar componentes de la edificación de manera más eficiente y segura (Alcántara, 2013).

Muchas veces en el proceso de conceptualización del diseño solo es desarrollado por el arquitecto con los requerimientos dados por el cliente. Cuando ya se tiene la arquitectura semi-definida, es cuando el proyectista estructural recibe dicha información y desarrolla un predimensionamiento de la estructura y su posterior análisis. Una de las dificultades que se tiene en esta etapa es que el proyectista estructural solo se acomoda al diseño arquitectónico, solicitando cambios solo cuando sus cálculos no cumplen con normativas.

Dejando de lado por un momento a las instalaciones, cuando el diseño arquitectónico y estructural llega al constructor, este último suele encontrar inconvenientes para construir el proyecto dado el diseño no contempla los procesos constructivos a seguirse, y que en proyectos anteriores puede haber experimentado problemas similares. Ese “know how” del constructor difícilmente llega a los diseñadores y en el método tradicional, no se suele involucrar al constructor en la etapa de diseño. Plantear esos cambios que el constructor puede encontrar para mejorar la constructabilidad ya en la etapa de ejecución de la obra es prácticamente imposible por el alto costo que significaría y muy aparte de los retrasos que originaría en el plazo de la obra.

Casos o ejemplos similares se puede encontrar en el artículo de Orihuela (2003) “Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios”, donde se da una explicación de la manera en que muchas veces los diseñadores o proyectistas desarrollan el diseño del proyecto sin tener consideraciones de constructabilidad. Nos muestra además una gráfica (ver Figura 2) donde plantea las etapas del proyecto donde se puede aplicar la constructabilidad y la capacidad de influir en el costo del proyecto.

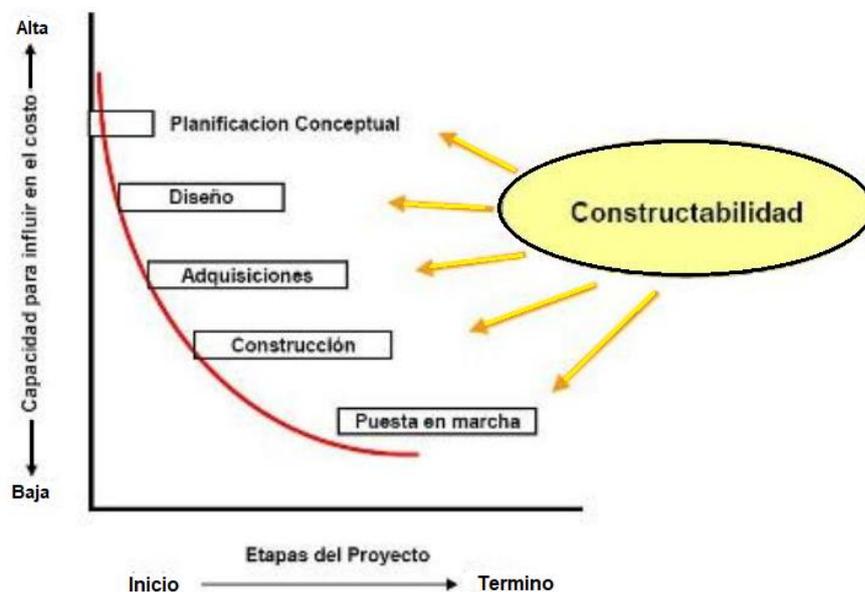


Figura 2: Aplicación de la constructabilidad en las diferentes etapas del Proyecto.

(Fuente Orihuela, 2003)

2.1.2 Causas de las deficiencias de diseños

En el paper de Tilley (1997) se muestra el resultado de dos talleres hechos a un grupo de contratistas y otro de diseñadores de la industria de la construcción de Australia. La finalidad de estos “workshops” fue poder obtener la percepción que ambos grupos de la industria tienen acerca de los principales problemas del proceso de diseño y documentación, es decir de las deficiencias de diseño que se tiene para los proyectos de construcción.

De los resultados que Tilley obtuvo, se pueden plantear las siguientes causas para las deficiencias de los diseños:

Bajo presupuesto para el proceso de diseño.

Tilley (1997) señala que debido a una reducción de los pagos para el diseño, las empresas de diseño van reduciendo el nivel de servicio que proveen. Dada a esta reducción, las empresas diseñadoras suelen contratar personal más joven y no tan capacitado para realizar los trabajos de diseño que demandaría un poco más de experiencia.

Tiempo muy ajustado en la etapa de diseño.

Por la misma razón anterior, al tener un presupuesto para el diseño bajo, no permite contratar más personal capacitado para cumplir con tiempos del cliente muy ajustados. Muchos de los detalles típicos no pueden terminarse en la etapa de diseño y son entregados muy tarde cuando ya la construcción está en marcha. Según Harvey (2007) también señala que uno de los factores de que se generen las deficiencias en la etapa de construcción es porque los propietarios buscan acelerar la total ejecución del proyecto no dando tiempo suficiente para que la etapa del diseño e ingeniería sea completada.

Procesos de diseño fragmentado

Alcántara (2013) menciona que una de las causas principales para un proceso de diseño fragmentado es el tipo de contratación, diseño/licitación/construcción, con lo cual la participación del constructor en la etapa de diseño no se hace presente. Y de igual manera en el proceso de diseño la poca interacción entre los ingenieros de otras especialidades se da de manera poco usual. La falta de una comunicación óptima entre proyectistas es lo que origina muchas deficiencias en los documentos de diseño.

2.1.3 Consecuencias de las deficiencias del diseño

Entre las principales consecuencias o efectos de las deficiencias de diseño podemos mencionar las siguientes:

Ineficiencia en los procesos constructivos.

La deficiencia de los documentos de diseños tiene una gran repercusión en la productividad de la obra. Los errores en detalles o la falta de estos origina que en obra se realicen consultas al área de ingeniería a través de RFIs (Request For Information), lo que causa que las actividades que se venían desarrollando se vean interrumpidas hasta que se tenga la respuesta del proyectista. Los ingenieros de campo buscan derivar la mano de obra a otras actividades para no tener tiempos no contributorios (TNC) pero esto no siempre se da ya que la mano de obra es especializada. Tener a operarios en Trabajos Contributorios (TC) disminuye la productividad al incrementar el costo en mano de obra.

Incremento del costo tanto para el cliente como para el constructor

El costo de solucionar las deficiencias de diseño en obra son costos no contemplados en el presupuesto del proyecto. Para el cliente estos costos son añadidos al proyecto a través de adicionales por retrabajos o por añadir elementos no contemplados en el proceso constructivo. Para el caso del contratista, si bien es cierto que las soluciones a las deficiencias las solicita a través de los adicionales, muchas veces esos adicionales no son aceptados del todo. Los pagos por horas-hombre de espera son asumidas por el constructor si no hay un sustento adecuado.

Disminuye la calidad global del proyecto

Los problemas de las deficiencias de diseño que se detectan en la etapa de la construcción requieren de soluciones que muchas veces se ven forzadas a no afectar el proceso de construcción. Pero muchas veces las soluciones tomadas son defectos en la calidad del proyecto que no cumple con la satisfacción del cliente. En la Figura 3, se puede ver un ejemplo típico de estos problemas de calidad. El no tener definido el extractor para colocar en los baños, conlleva a una compra de un modelo con diferentes características. Pero el no tener las consideraciones de su ubicación y su repercusión afectó la apertura de la puerta, que para solucionar se tiene que empotrar en el muro. Picar el muro, resanar y

volver a pintar, de repente con un tono diferente al resto del ambiente, suele ser una de las constantes que se da en obra.

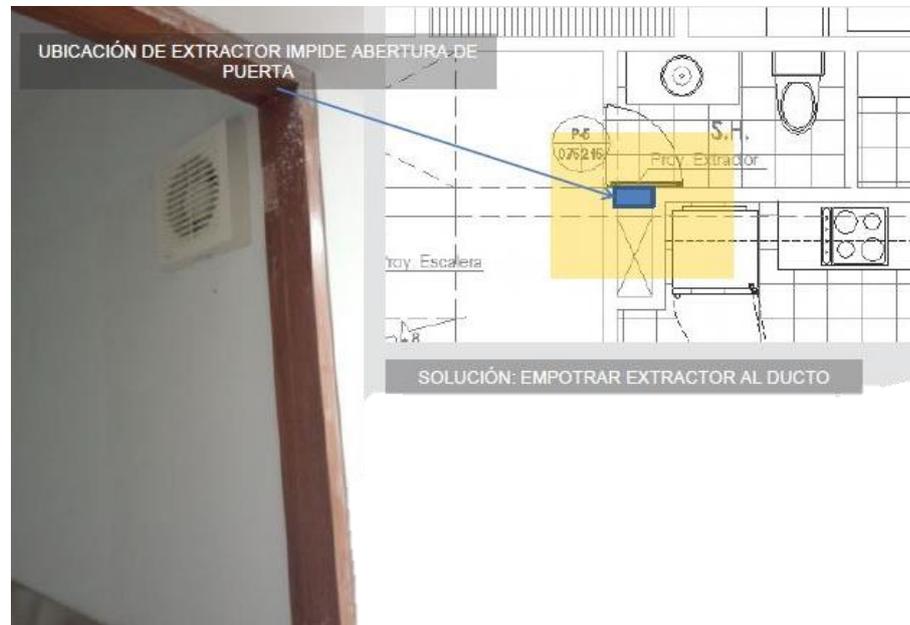


Figura 3: Deficiencia de calidad. Colisión entre abertura de puerta y extractor de baño.
(Fuente: Inmobiliaria y Constructora Marcan)

Incrementa el tiempo de ejecución del proyecto

El impacto que presenta la solución de las deficiencias de diseño en campo no se queda en el tiempo de espera del contratista a la respuesta de ingeniería o arquitectura solamente. El impacto se hace mayor en tema de plazo del proyecto en general ya que paralizar actividades de trabajo impide el inicio de otras actividades. En construcción las actividades son dependientes de otras; el retrasar el inicio de una repercute en las demás en la mayoría de los casos.

Incremento del riesgo por reclamos o disputas

Muchas veces al concluir la obra, el contratista solicita adicionales por trabajos o actividades no contempladas en la etapa de licitación. Según Harvey (2007), la mayoría de las actividades adicionales realizadas son por culpa de las deficiencias en los documentos de diseño. No siempre los adicionales presentados por el contratista son aceptados por el cliente, conllevando a entes de arbitraje donde se debe sustentar las razones de los adicionales.

2.2 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

2.2.1 Definición

Para definir el término Building Information Modeling, la literatura realizada ofrece múltiples descripciones de lo que es, en lo que se enfoca y en lo que se aplica. Todos los autores coinciden en que BIM no es solo un modelo 3D; en elementos con volumetrías que no cuenten con descripción adicional a la espacial.

BIM, traducido al español, se puede entender como Modelo de Información de un Edificio. Teniendo la particularidad de tener un modelo que contenga toda la información necesaria para un proyecto de construcción, tanto para el diseño, la construcción y su operación (Saldías, 2010).

El manual del BIM (BIM Handbook) define el BIM como una tecnología de modelado que está asociado a un conjunto de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones (Eastman, 2011).

Se puede entender de Eastman (2011) que el BIM se puede categorizar de 3 maneras: como producto, como tecnología de la información, y como proceso colaborativo. Como producto ya que se tiene un modelo virtual del proyecto con información tan suficiente como se le quiera asignar. Como tecnología de la información por las herramientas tecnológicas que han aparecido en la industria de la construcción y no solo de modelamiento, por ejemplo, escáner 3D para general modelos virtuales de proyectos. Y como proceso colaborativo, ya que con BIM se cambia la manera como se integra al personal de diseño y construcción con un modelo que sirve como medio de comunicación.

El BIM también puede ser considerado como un facilitador de la gestión de información del ciclo de vida de un proyecto. Como se muestra en la Figura 4, se puede aplicar el BIM para las distintas fases del ciclo de vida del proyecto, conceptualización, diseño, documentación, procura, construcción, operación y mantenimiento, y la demolición.

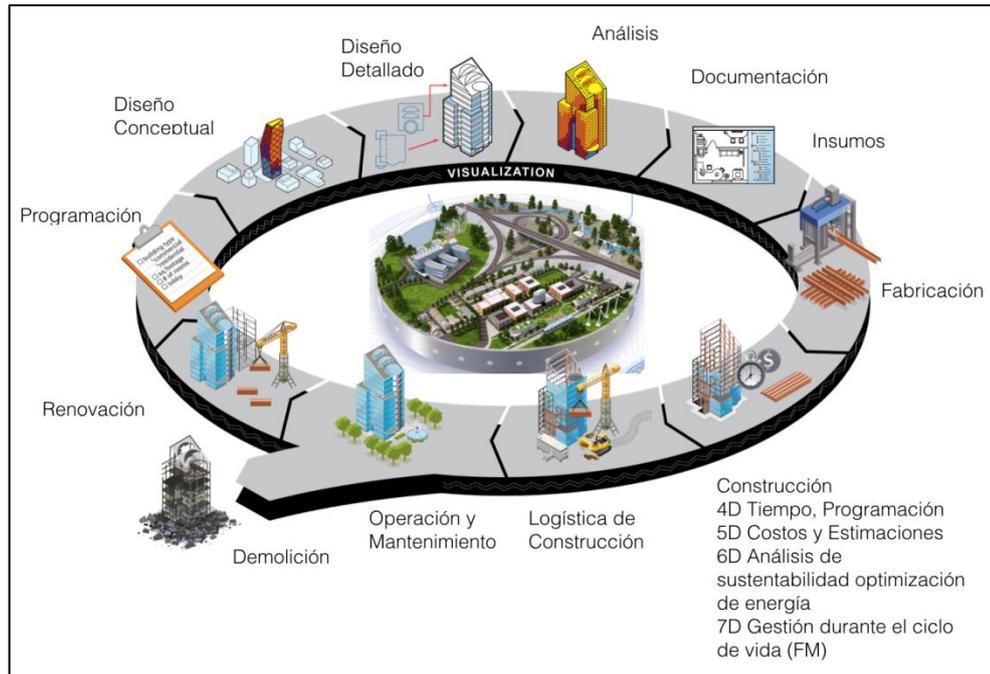


Figura 4: Aplicación de la metodología BIM en todo el ciclo de vida del Proyecto.

(Fuente: Autodesk)

Implementar BIM en un proyecto ofrece barreras o retos que deben superarse. Coates-Koskela (2011), expone que para implementar BIM en la industria de la construcción los retos que se tienen son:

- Resistencia al cambio, hacer entender a las personas de las ventajas del BIM con respecto a un diseño y construcción tradicional con planos.
- Capacitación del personal en herramientas y procesos BIM
- Mayor inversión en recursos como Hardware y Software
- Adaptar los procesos de las empresas a la metodología BIM
- La coordinación e interoperabilidad de la información entre los diferentes involucrados del diseño. Arquitectura, estructura e instalaciones.
- Creación de Estándares y planes de ejecución BIM.

BIM ofrece la facilidad del intercambio de información. En la etapa de diseño se genera un cambio al proceso tradicional, donde las coordinaciones que se daban de manera interdisciplinaria (arquitectura con cada especialidad por separado) y muy pocas veces entre 3 o más disciplinas (ver Figura 5.a). Esto se debió por el inconveniente de trabajar en un entorno de planos 2D. La creación de modelos 3D con información paramétrica y centralizada permite acceder a la información a

cualquier proyectista. De esta manera la comunicación es más eficiente al trabajar de manera coordinada entre varias disciplinas a la vez (ver Figura 5.b).

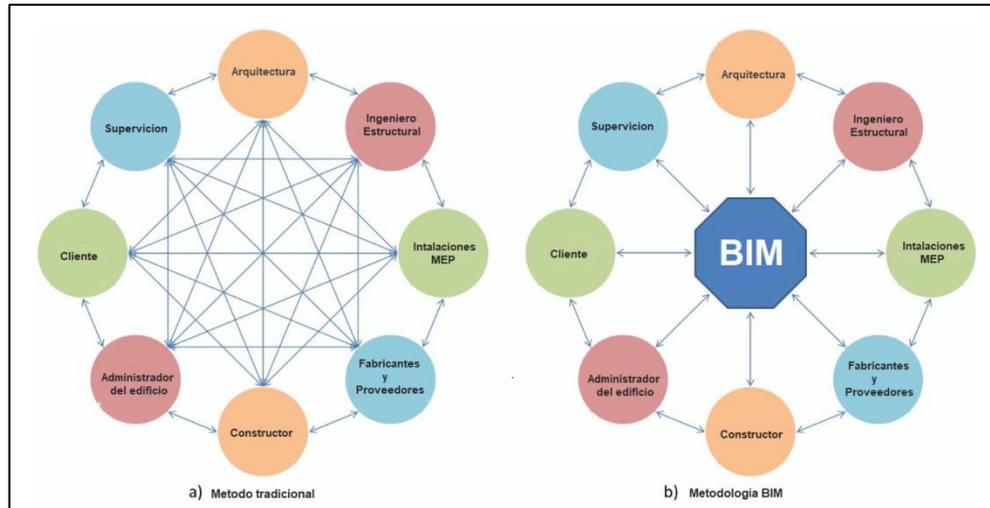


Figura 5: Esquema de comunicación según el método tradicional (a) y la comunicación multidisciplinaria según la metodología BIM (b)

(Fuente Propia)

2.2.2 Aplicaciones, herramientas y beneficios de la metodología BIM

Aplicaciones BIM

Las aplicaciones BIM pueden ser agrupadas desde diferentes enfoques. Pueden ser clasificados según sus beneficios, los problemas que aborda o las soluciones que se quiere obtener (Alcántara, 2013).

Haciendo una clasificación en conjunto a las mencionadas por Alcántara, se pueden agrupar también las aplicaciones BIM según la etapa del Proyecto.

Diseño:

Para la etapa del diseño es BIM puede ser aplicado en:

- Conceptualización
- Diseño (Modelado)
- Análisis (Estructural, energético, bioclimático, acústico, iluminación)
- Detección de incompatibilidades

Construcción:

En la etapa de construcción es donde más aplicaciones se pueden dar al BIM.

Entre las principales se tiene:

- Visualización
- Detección de incompatibilidades
- Obtención de metrados / Elaboración de presupuesto
- Procura / Logística
- Planeamiento
- Programación 4D / 5D
- Gestión de instalaciones

Operación y Mantenimiento:

- Generación de modelos As Built
- Gestión del mantenimiento

Herramientas BIM

Para mencionar algunas herramientas o softwares BIM, podemos agruparlas de acuerdo a la aplicación que se les vaya a dar. Así por ejemplo tenemos los principales softwares en el mercado:

Modelamiento:

- Autodesk Revit
- Archicad
- AECOSim
- Building Designer
- Tekla.

Análisis estructural:

- Autodesk Robot Structural
- CypeCad.

Visualización/Gestión:

- Autodesk Naviswork
- Revizto
- Tekla BIM Sight

Simulación 4D:

- Autodesk Naviswork
- Synchro

Simulación 5D:

- Vico software
- Presto Cost-it

La ventaja de las herramientas BIM es que la mayoría de las empresas desarrolladores de software tienen muy en cuenta la interoperabilidad de los modelos. Es por eso que se ha desarrollado una plataforma común con un formato compatible con todos los softwares, el cual es el Industry Foundation Class-IFC (Trejo, 2018).

Beneficios del BIM

Para mencionar los beneficios que el BIM tiene en la industria de la construcción depende del stakeholder del cual se analice. Según la encuesta Nacional BIM Chile 2016 (Loyola, 2016) señala que existe un nivel de satisfacción en una escala 7 sobre 10 entre Arquitectos, Ingenieros estructurales, Constructores y Especialistas MEP en el uso de la metodología BIM del proyecto. De la misma encuesta se obtiene que el 45% de los usuarios regulares en BIM señala que ha obtenidos beneficios económicos, y 70% de ellos señala que se obtiene beneficios del proyecto (reducción del tiempo de desarrollo y construcción, o reducción de conflictos de obra).

Algunos de los beneficios de la metodología BIM para un proyecto se agrupa entre la etapa de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Etapa de Diseño:

- Diseño. El proceso de diseño mediante la metodología BIM permite la generación de planos a través del modelo 3D, facilitando y ahorrando tiempo a los proyectistas ya que, al hacer cambios en una vista del modelo, esto se hace efectivo en las demás vistas. Cuando se trabaja mediante planos únicamente esta operación de cambios se hace engorroso por la cantidad de planos que habría que modificar.

- Detección anticipada de incompatibilidades. La visualización de los modelos y las herramientas para detectar interferencias permiten la posibilidad de encontrar conflictos y deficiencias del diseño antes del inicio de la etapa de construcción.
- Creación de imágenes foto realistas o Renderizados. Contar con modelos 3D facilita la generación de “Renders” que son importantes para mostrar el proyecto a los clientes o futuros compradores. Este proceso suele ser mucho más rápido actualmente ya que los softwares de modelado se han enfocado mucho a su desarrollo.
- Obtención de metrados. Al contar con modelos paramétricos, con información espacial y volumétrica, permite la cuantificación de los elementos según algunas partidas del presupuesto. Con esto se aprovecha el modelo 3D y se ahorra tiempo en la obtención de metrados de la forma tradicional.

Etapa de construcción:

- Visualización de los modelos. El uso de BIM en obra permite acceder fácilmente a la información del proyecto ya que gran parte de esta se encuentra en los modelos BIM. Acceder a estos modelos puede hacerse a través de la laptop, tablets o incluso celulares. Esto permite navegar y recorrer a través de los modelos ya sea para hacer una inspección o para analizar de mejor manera el proceso constructivo a seguir o ejecutar alguna actividad.
- Programación 4D. El uso de los modelos BIM y el cronograma de obra permite simular en tiempo la construcción del edificio, mejorando visualmente la forma como se presenta la programación de obra. Permite un mejor entendimiento de este y a su vez realizar un análisis del proceso constructivo que se sigue a medida que se va construyendo la edificación.
- Disminución de RFIs. El mejor desarrollo de la documentación del proyecto en la etapa de diseño permite reducir al máximo la cantidad de incompatibilidades del proyecto, generar mayores detalles u omisiones e interferencias entre especialidades, lo que permite que la ejecución de la obra sea más fluida con menos obstaculización por requerimiento de información.

Operación y mantenimiento:

- Contar con modelos As Built luego de la construcción del proyecto con los cambios o modificaciones realizados durante todo el proyecto en los modelos BIM.
- Contar con una base de datos del equipamiento instalado en el edificio que sirva para una gestión de mantenimiento

2.2.3 Adopción BIM en el Perú

Como lo señala Alcántara (2013), en el Perú al año 2013 no se contaba con estadísticas de adopción BIM en el país por lo poco difundido que estaba.

Para el año 2016, en la tesis de Farfan y Chavil (2016) se empieza a nombrar empresas grandes que ya vienen ejecutando proyectos de edificaciones con la metodología BIM.

Al año 2017, Ingeniero Danny Murguía (2017) realiza un estudio hecho a través de una encuesta nacional con respecto a la adopción BIM en el Perú. Este estudio es el primero hecho en el Perú que cuenta con una estadística valiosa y consistente de cuanto se ha logrado en el Perú en cuanto a implementación de la metodología BIM en proyectos de edificaciones. Si bien es cierto el estudio fue hecho a nivel de Lima Metropolitana y el Callao, nos da un panorama cercano a la realidad del Perú.

El primer grafico mostrado y poco alentador se muestra en la Figura 6, que resume el nivel de adopción BIM en Lima y Callao 2017, para proyectos de edificaciones.

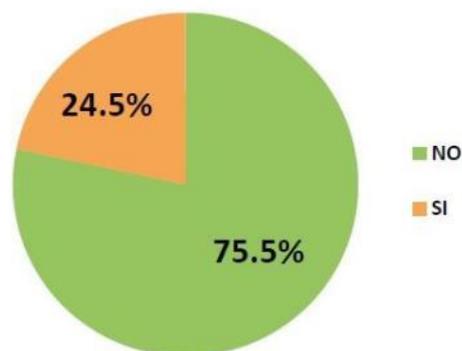


Figura 6: Porcentaje de adopción BIM en Lima y Callao 2017 en proyecto de edificaciones.
(Fuente: Murguía, 2017)

El resultado de un 24.5% puede resultar no alentador ya que representa que la cuarta parte de las obras de edificaciones en Lima y Callao han implementado el BIM durante su diseño y/o construcción.

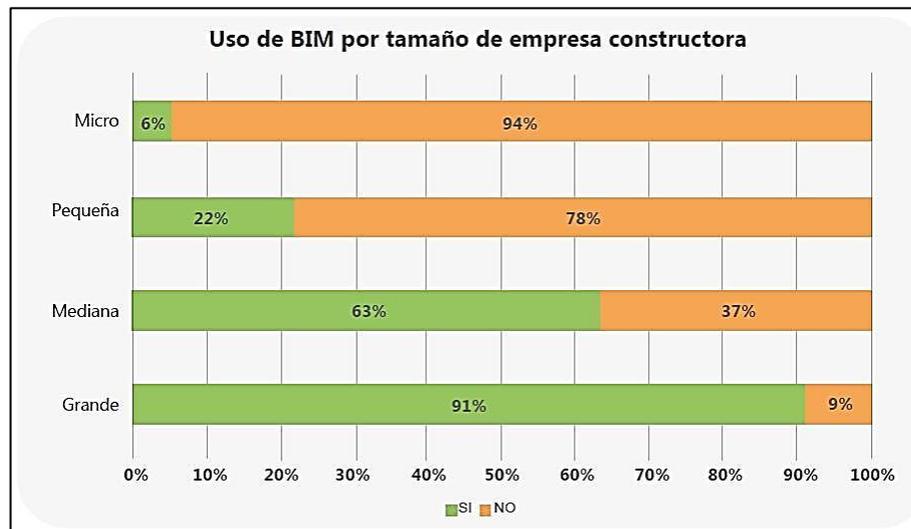


Figura 7: Uso de BIM según tamaño de la empresa Constructora
(Fuente: Murguía, 2017)

De la gráfica mostrada en la Figura 7, se puede percibir que la adopción del BIM ha sido implementada mayormente en empresas grandes, y esto se puede entender porque cuentan con mayores recursos y más proyectos a realizar, con inversiones muy altas. Esta conclusión se refuerza con las gráficas de la adopción BIM según el tamaño (ver Figura 8) y tipo de proyecto (ver Figura 9), ya que para proyectos con mayor área construida y con grado de complejidad mayor, en cuanto a construcción, supone una mejor inversión ya que posibilita un ahorro considerable teniendo en cuenta los beneficios que la metodología BIM ofrece.

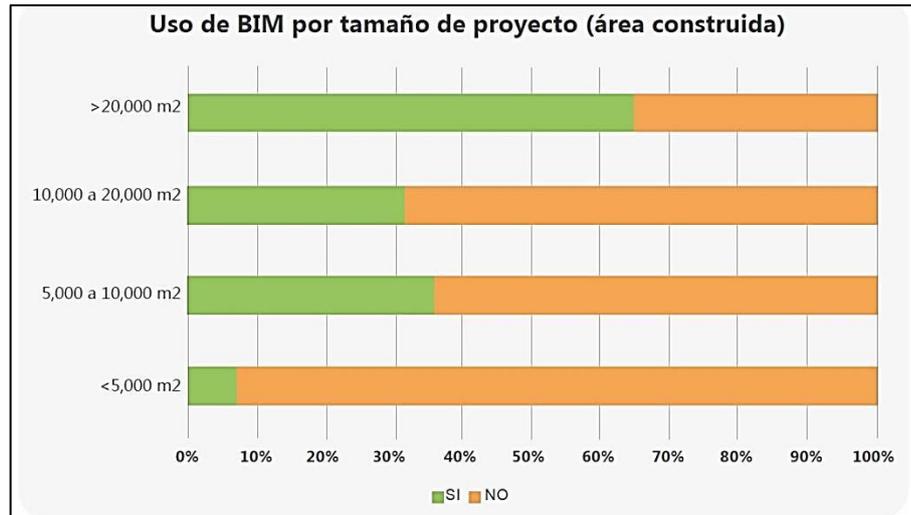


Figura 8: Uso del BIM por tamaño del Proyecto
(Fuente: Murguía, 2017)

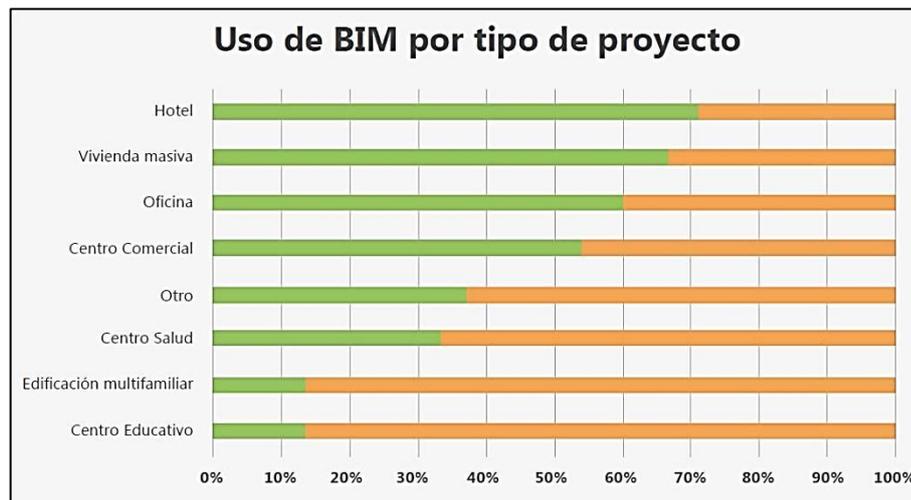


Figura 9: Uso del BIM por tipo de Proyecto
(Fuente: Murguía, 2017)

Se concluye además que queda mucho por implementar el BIM en nuestro país y que a través de políticas del estado y el apoyo de la empresa privada se logre más y mejores resultados.

2.3 VDC (VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION)

2.3.1 Definición

El “Diseño y Construcción Virtual” fue un término acuñado por el CIFE (Center of Integrated Facility Engineering) de la Universidad de Stanford en el año 2001.

El VDC es el uso de modelos multidisciplinares integrados de proyectos de diseño y construcción para apoyar en los objetivos de negocio explícitos y públicos (Kunz y Fischer, 2012). El modelo del proyecto VDC enfatiza en aquellos aspectos que pueden ser diseñados y gerenciados, como por ejemplo, el producto (el edificio), la organización que define, diseña, construye y opera el producto, y el proceso que los equipos de la organización seguirán.

El VDC surge a través de las investigaciones hechas a los procesos de diseño y construcción, y de la fragmentación que existía entre los involucrados para el desarrollo del diseño (Kunz & Fischer, 2012). Se habla también sobre la dificultad que había para tener un alineamiento entre todas las organizaciones multidisciplinares (Schrama, 2011), ya que el intercambio de información y la toma de decisiones eran procesos que solían demandar mucho tiempo.

2.3.2 Pilares o componentes del VDC

Según Chingay (2015), se resume los pilares del VDC en los siguientes cuatro puntos:

1. Gestionar la evolución o desarrollo del producto final a través del modelado de la información de la edificación (BIM, que a través de un modelo y construcción virtual se puede revisar el proyecto de manera anticipada (Padilla, 2017).
2. Gestiona los procesos y la producción. Por ejemplo, a la aplicación del Last Planner con herramientas BIM en obra, el mapeo de procesos para el diseño y la construcción.
3. Gestionar la organización del proyecto y la interacción entre equipos multidisciplinares.
4. Gestionar la ejecución del proyecto por objetivos, a través del uso de los indicadores de desempeño o métricas.

Es decir, el enfoque que se da es la gestión del Producto, la Organización y el Proceso. A este modelo se le denomina modelo de proyecto POP. El modelo de producto define los elementos físicos a ser diseñados y construidos representados en modelos virtuales de 3 o 4 dimensiones que son más comprensibles que en 2 dimensiones (dibujos 2D). Con esto, el uso de los modelos multidimensionales de todas las disciplinas a existir en el proyecto conduce a la disminución de tiempo de espera en las explicaciones, toma de decisiones y correcciones al diseño. El

modelo de la Organización se entiendo por los actores del diseño y construcción, el arquitecto, los ingenieros, los supervisores, el contratista, los subcontratistas, el cliente, etc. La organización se visualiza a través de organigramas que muestra la red de los integrantes. El modelo de Procesos, consiste en las tareas, actividades o acciones que deben llevar a cabo los miembros de la organización. Estos son visualizados a través un diagrama de procesos o mapeo de procesos, donde se muestras en cuadros las actividades a realizarse y las interdependencias que existes entre estas.

Las métricas se pueden definir como los requisitos u objetivos que se utilizan para medir o predecir el rendimiento del Producto, la Organización y los Procesos. (Kunz & Fischer 2012). Es decir, hacer una evaluación con indicadores de desempeño que ayudan a dar seguimiento al proceso de gestión mediante el VDC y de la misma manera optimizarlo.

2.3.3 Sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada (Sesiones ICE)

La sesión ICE es una metodología para el desarrollo efectivo, rápido y confiable de cualquier tipo de diseño e ingeniería (Chingay, 2015). La implementación de estas sesiones bajo gestión del VDC en los proyectos resulta beneficioso ya que aumenta la productividad en el proceso de diseño y construcción.

Para el desarrollo de las sesiones ICE se busca integrar a los involucrados del diseño en un ambiente que promueva la participación. Es así que surge el término “Co-location” (Co-locación) que significa que los profesionales de las diferentes disciplinas realicen un trabajo colaborativo físicamente en un mismo lugar. La Co-locación propicia a los profesionales a participar, debatir, explicar, analizar y trabajar en el proyecto en un mismo lugar en vez de trabajar en el proyecto de manera independiente cada uno en su oficina (Schrama, 2011). Estos ambientes para la co-locación son llamados “iRooms”, nombre introducido por el CIFE. Ambientes tales que cuenten con las herramientas tecnológicas tales como proyectores táctiles, hardware, softwares, y una red de internet que permita la fluidez de la participación de todos los profesionales (ver Figura 10).



Figura 10: Sesiones ICE desarrolladas en el iRoom del CIFE
(Fuente: Kunz & Fischer, 2012)

Las sesiones ICE son potenciadas por el uso de las herramientas de visualización. Es decir, del uso de los modelos BIM del proyecto permite a los profesionales la colaboración al mostrar de forma visual el estatus del desarrollo del diseño. Es por esta razón que se logra un beneficio con la reducción del tiempo de esperas de las respuestas a las consultas y requerimientos de información (Kunz & Fischer, 2012).

Según Chingay (2015) se puede mencionar algunos de los beneficios de las sesiones ICE tales como:

- Evitar discusiones innecesarias y acciones de re-trabajos
- Mejora la gestión del tiempo
- Lograr un ambiente de trabajo productivo
- Asegurar la reducción de los tiempos de respuesta de las partes involucradas
- Mejorar la calidad del producto final
- Mayor integración de los procesos

2.4 IPD (INTEGRATED PROJECT DELIVERY)

La “Entrega de Proyectos Integrados”, IPD, es un enfoque que integra personas, sistemas, estructura organizacional y prácticas en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y la experiencia de todos los participantes para

maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación, y construcción (AIA, 2007). Según Barry Jones (2014) en una etapa temprana todo el planeamiento del diseño es llevado por un equipo que envuelve no solo al arquitecto y el ingeniero estructural, sino también los consultores de otras áreas, ingenieros de instalaciones, acústica, análisis energético y otras especialidades, dependiendo del proyecto, incluyendo al cliente.

A través del uso colaborativo de los modelos BIM y el IPD, este método de trabajo lleva a un proceso de construcción colaborativo, integrado y transparente. El modelo es compartido para todos los miembros del proyecto y sirve de una base de datos amplia y común donde toda la información está estructurada, administrada y actualizada (Jones, 2014). Es así que toda la información del proyecto se puede concentrar en un solo modelo y compartido para todos los integrantes.

Según la AIA (2007), existen 9 principios que todos los involucrados del proyecto deben cumplir para lograr el éxito de la metodología IPD (ver Figura 11).

1. Respeto mutuo y confianza. Todos los integrantes del proyecto deben trabajar de forma colaborativa y trabajar como equipo para mejorar los intereses del proyecto.
2. Beneficio mutuo y recompensa. Todos los integrantes del proyecto se deben beneficiar del IPD. Y las recompensas deben estar basadas según el valor y participación puesto en el proyecto.
3. Innovación colaborativa y toma de decisiones. La innovación es estimulada cuando las ideas son intercambiadas de manera fluida entre los participantes. Esto también es importante para que la toma de decisiones se haga de manera unánime.
4. Involucramiento temprano de los participantes claves. En un proyecto integrado los participantes claves son involucrados en etapas tempranas para que aporten su conocimiento y experiencia lo que mejora la toma de decisiones.
5. Definición de objetivos de manera temprana. Los objetivos del proyecto son desarrollados de manera temprana, aceptadas y respetadas por todos los participantes.

6. Intensificación de la planificación. El enfoque IPD reconoce que intensificar los esfuerzos en la planificación resulta en un aumento de eficiencia y ahorros durante la ejecución.
7. Comunicación abierta. El desempeño del equipo bajo el esquema IPD se basa en una comunicación abierta, directa y honesta entre todos los participantes. La identificación y solución de los problemas debe basarse en una cultura de responsabilidades más no culpabilidades.
8. Sustentos Tecnológicos. Los proyectos integrados dependen de los recursos tecnológicos a usarse, sobre todo los softwares. Estos deben garantizar la interoperabilidad entre todos los participantes.
9. Organización y liderazgo. El equipo del proyecto es una organización en sí y todos los integrantes están comprometidos en las metas y objetivos del proyecto. El liderazgo es llevado por los miembros del equipo más capaces considerando a los servicios y trabajos específicos.



Figura 11: Principios de la metodología IPD
(Fuente: AIA, 2007)

2.4.1 The simple framework. El marco de trabajo IPD

Lo que se busca con la aplicación del IPD es construir un “Edificio de Alta Performance” (High Performance Building), que sea utilizable, construible de forma segura cumpliendo el plazo y costo, sea operable por sus ocupantes y sostenible en el aspecto económico, ambiental y social. Un edificio de alta Performance está comprendido por sistemas altamente integrados, donde los sistemas son diseñados para trabajar en conjunto y complementarse cada uno. Para trabajar juntos de manera eficiente, el equipo de diseño debe tener un sistema de comunicación confiable y eficiente, que apoye con la simulación y visualización, y un acceso fácil a dicha información. (Fisher, 2014).

A esto Fisher le denominó el “Simple Framework of IPD” (Un marco de trabajo simple del IPD), que para llegar al Edificio de alta performance, se debe contar con sistemas integrados, procesos integrados, organización integrada y partiendo desde la información Integrada (BIM) (ver Figura 12).

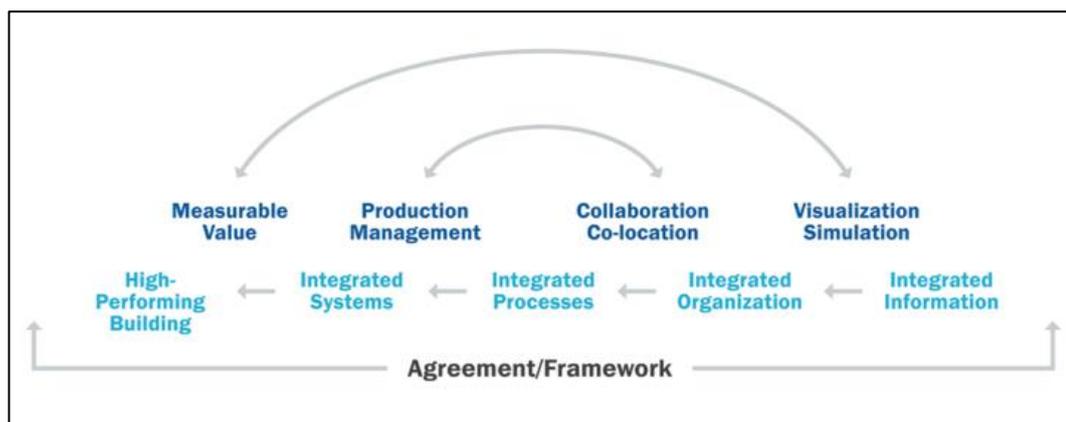


Figura 12: Esquema de trabajo IPD
(Fuente: Fisher, 2014)

Edificio de Alto Rendimiento

Un edificio de alto rendimiento es aquel edificio que puede construirse de una manera segura y efectiva; que es fácil y eficiente para mantenerse; que está muy bien acondicionado para cualquier uso que haya sido destinado; y que no afecte o dañe a las personas o el medio ambiente (Fisher, 2014).

Un edificio de alto rendimiento también logra un uso eficiente de los materiales, energía y trabajo durante el proceso de construcción y operación, logrando reducir los costos para ambas fases.

Sistemas Integrados

La clave fundamental para un edificio de alto rendimiento es que sea diseñado y construido pensando en que los sistemas de especialidades trabajen de manera conjunta y no en conflicto entre cada una. Es por esto que cada sistema no debe ser diseñado de manera aislada (Fisher, 2014). Todas las disciplinas deben trabajar de manera colaborativa, informando a los demás diseñadores sus avances, requerimientos, soluciones para que el proyecto funcione como un todo, y no como queriendo encajar cada sistema de manera forzada con los demás.

Procesos integrados

La integración de los procesos y no de cada proceso por sí solo, es el punto clave para integrar toda la etapa de diseño y lograr una coordinación adecuada. No se puede pretender diseñar un proyecto no teniendo en cuenta el proceso constructivo a seguir, y brindando las facilidades al equipamiento a la hora de realizar la operación y mantenimiento. Todos estos aspectos deben de ser considerados para poder lograr el edificio de alto rendimiento.

Organización Integrada

Para lograr que los procesos y los sistemas trabajen de manera integrada, se debe primero lograr que la organización, el equipo del proyecto, trabaje de manera organizada. Es por eso que en una organización debe existir el liderazgo, la coordinación y la toma de decisiones. Los miembros del equipo con más experiencia y responsabilidades deben definir el alcance de la coordinación y los mecanismos que ayuden a todo el equipo y al cliente o responsable de cada Stakeholders que decisiones deben ser tomadas, cuando y como para lograr los objetivos del proyecto (Fisher, 2014).

Información Integrada

La información integrada en la parte troncal y fuente de confianza, lo cual permite a un equipo integrado tomar las mejores decisiones para el proyecto. Usando los modelos de información de un edificio (BIM), el equipo puede tomar las decisiones luego de analizar los problemas con muchas opciones de solución. También, con los modelos BIM se puede analizar diferentes opciones de diseño de manera rápida y consistente, discerniendo cuales opciones de diseño agregaran más valor o no, y como estos afectaran el desempeño de los objetivos.

2.4.2 Contratos colaborativos

En un tipo de contrato tradicional ampliamente se ignora una estructura creativa que promueva el éxito total del proyecto. Es por eso que un contrato tradicional aborda penalidades, garantías, y traslados de riesgos que son mecanismo para atacar los síntomas (baja calidad, sobrecostos y sobretiempos) sin enfocarse a las causas fundamentales de un mal desempeño (Fischer, 2014). Estos tipos de contratos están llenos de consecuencias monetarias y legales en caso que uno de los participantes incumpla en el desarrollo de sus compromisos o responsabilidades (Salamah, 2017). Con esto no se puede pretender que todo el equipo del proyecto trabaje de manera colaborativa ya que se busca el beneficio propio sobre el resto, en cumplir solo con las tareas que le correspondan contractualmente y no pensando en un beneficio global del proyecto.

En cambio, los contratos colaborativos son aquellos que se estructuran bajo un esquema tal que promueva la colaboración de todos los integrantes lo cual minimice los riesgos. En vez de acciones específicas prescritas, un contrato colaborativo usa una estructura interrelacionada de una repartición de las recompensas y los riesgos (Aschcraft, 2012).

En la actualidad existen muchos tipos de contratos colaborativos tales como:

- Contratos IPD. Es el tipo de contrato que fue desarrollado en Estados Unidos y adoptado por el American Institute of Architects (AIA).
- PPC2000 (Project Partnering Contracts). Este tipo de contrato fue elaborado en el año 2000 por la Asociación de Consultores y Arquitectos (ACA) en Reino Unido.
- Alliance Contracts (ALC). Los contratos alianza o “Alliance Contracts” fueron desarrollados a inicios de los noventas para proyectos de gas y petróleo del Reino Unido. Es un tipo de contratación muy difundido en el resto de Europa y países como Australia quien adaptó este tipo de contrato a uno propio, el Australian Alliance Contract (Salamah, 2017).
- Contratos NEC 3 (New Engineering Contract). Es otro tipo de contrato colaborativo desarrollado en 1993 en el Reino Unido para la construcción de edificios relacionados con el gobierno. Proyectos como la construcción de la infraestructura para los juegos olímpicos London 2012 se hicieron bajo este esquema de contrato.

Los Contratos NEC3 han sido recientemente aplicados por primera vez en el Perú para la construcción de la infraestructura deportiva para los Juegos Panamericanos Lima 2019 según las obras siguientes:

- Construcción de la Villa Panamericana, en Villa el Salvador.
- Villa Deportiva Nacional-Videna, en San Luis
- Complejo Deportivo Andrés Avelino Cáceres, en Villa María del Triunfo
- Sede Callao (Coliseo Miguel Grau, Villa Deportiva Regional del Callao y Estadio UNMSM)
- Polideportivo de Villa el Salvador.

Estos contratos tienen la peculiaridad de ser contratos de gobierno a gobierno entre el Estado Peruano y el de Reino Unido.

2.5 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN FAST TRACK

El diseño y construcción en simultaneo es una técnica de compresión del cronograma en la que las actividades o fases que por lo general se realizan en secuencia, se realizan de forma paralela (PMBOK, 6ta Edición). En estos casos se suele iniciar la obra sin haber culminado el diseño, pero contando con información suficiente para ejecutar algunas actividades. Por ejemplo, iniciar con los trabajos de excavación y cimentaciones habiendo exigido al proyectista estructural el envío de dicha información.

Un esquema comparativo entre un tipo de construcción normal y otro de tipo fast track puede verse en la Figura 13.

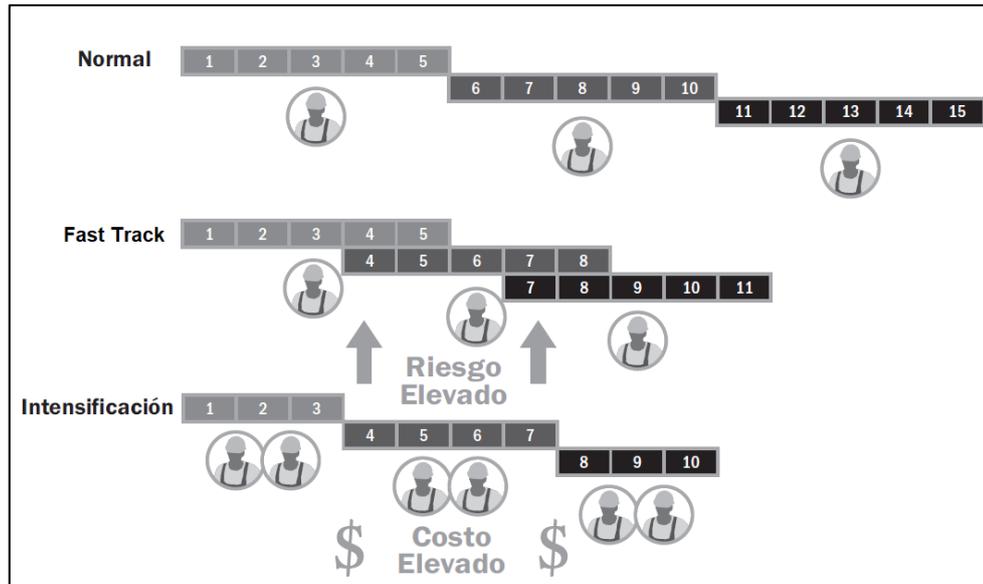


Figura 13: Esquema comparativo entre construcción normal con otro de tipo Fast Track
(Fuente: PMI 6ta Edición)

Las ventajas de este método Fast Track pueden ser varias, siendo una de las más atractivas para el propietario el beneficio económico al acortar el cronograma de obra y como desventaja principal es que el equipo de diseño y construcción debe estar preparado para realizar cambios rápidos durante la ejecución del proyecto (Ahmed, 2015).

CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y REMODELACIÓN DE LA VIDENA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Ubicación

La Villa Deportiva Nacional VIDENA se encuentra ubicada en el distrito de San Luis, provincia y departamento de Lima. Delimitada por la Av. Aviación al oeste, hacia el sur con la Av. Canadá, con la Av. San Luis al este y con la Av. Del Aire al norte (ver Figura 14).

Terreno

El área total de la Videna es de aproximadamente 22 hectáreas, de las cuales solo será intervenida un área de 103,030.0 m². Dentro de las instalaciones del proyecto previo a la construcción se contaba con los Recintos de Polideportivo 1 y 2, Pista de Atletismo, Cancha de Béisbol, Velódromo y Oficinas administrativas del IPD (ver Figura 15).



Figura 14: Ubicación de la Villa Deportiva Nacional-Videna
(Fuente Propia)

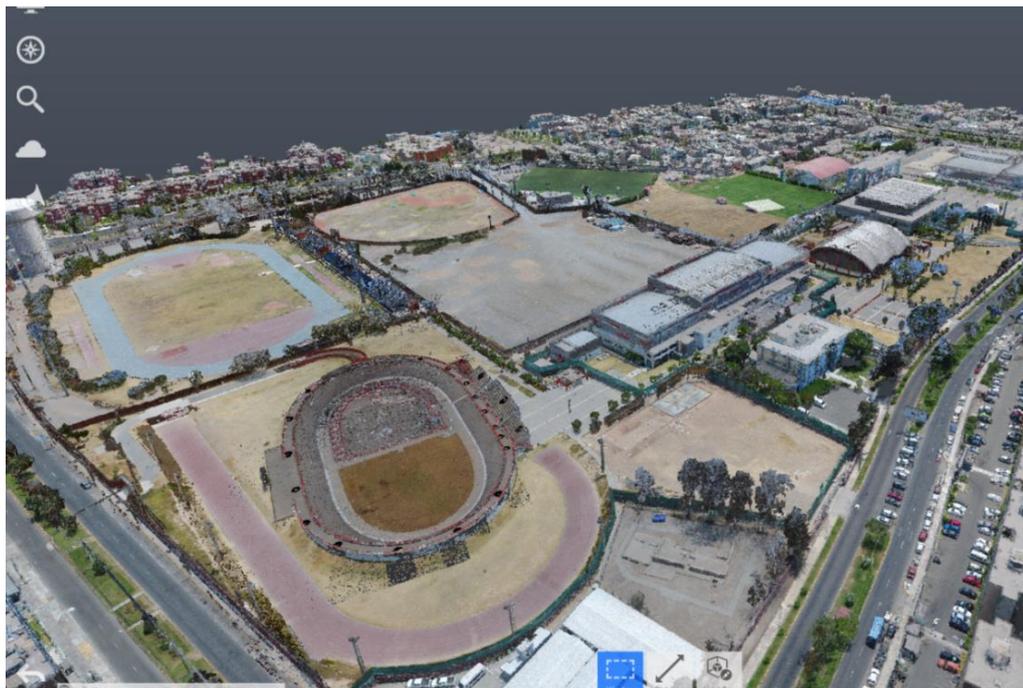


Figura 15: Vista de las instalaciones iniciales de la Videna
(Fuente: Cosapi)

3.2 VENUES O RECINTOS

El proyecto de Ampliación y Remodelación de la Videna contempla los trabajos de construcción de nueva infraestructura y remodelación de algunas ya existentes para albergar los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019. El proyecto se dividió en recintos, los cuales se detallan a continuación.

Estadio de Atletismo

Previo a la construcción del nuevo proyecto, la Videna ya contaba con una pista de Atletismo y una zona de tribuna al lado Occidente. Dado que para los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos se debe contar con la categoría I de la IAAF (International Association of Athletics Federation) fue obligatorio levantar todo el terreno y construir una nueva Pista de Competencia. A su vez, para albergar un mayor número de espectadores, se planteó la construcción de nuevas tribunas alrededor de toda la Pista. La tribuna Occidente fue aprovechada para incluir ambientes necesarios para la competencia en sus 4 niveles, tales como: Salas de Jurado, Salas de Antidoping, Sala de prensa, Gimnasio, Zona de calentamiento, Área de eventos, Palcos VIPs, Residencia, Comedor y otros ambientes de circulación. Las tribunas Norte y Sur fueron aprovechadas para ambientes de

Depósitos tanto para materiales deportivos como para insumos para el grass natural. En la zona sur también se ubicó el centro médico y cafetería.

Como estructura adicional para la Pista de competición se ha proyectado la construcción de la barrera de viento en la zona sur, cuya finalidad es minimizar la velocidad del viento y estén dentro de los valores permisibles según la IAAF.

Pista de calentamiento, Bowling y Estacionamiento

La Pista de Calentamiento, el estacionamiento y Bowling fueron construidos en la anterior cancha de Béisbol. El Bowling y Estacionamiento se encuentran ubicados en el nivel de sótano y la Pista de Calentamiento en el Piso 1. La Pista de Calentamiento es una pista de similares características a la Pista de Competencia, con la diferencia que cuenta con un carril menos. La pista de calentamiento a diferencia a la de competencia, descansa sobre una losa prefabricada con una capacidad de carga suficiente para soportar una capa de hasta 80 cm de tierra natural. Esta pista no cuenta con tribunas, y es solo un nivel llano con equipos de HVAC ubicado sobre el techo del Bowling. El estacionamiento cuenta con dos accesos, uno para automóviles y otro para Buses. La zona de automóviles tiene una capacidad para alrededor de 210 estacionamientos. La zona de Buses es un recorrido que lleva hacia los ingresos del Estadio Atlético y Centro Acuático en el nivel del sótano. En la zona noroeste se conecta con las Obras Exteriores y culmina hacia la Av. Canadá.

Centro Acuático

El Centro Acuático será sede de las competencias de natación en los Juegos Panamericanos 2019. La propuesta del edificio contempló los ambientes requeridos para los deportistas, jueces, operadores (Seguridad, Broadcast, Prensa, Servicios Generales y otros), familia de los Juegos Panamericanos (Odepa, Copal, Lima 2019 y otros). Asimismo, se contempló los servicios de antidoping, centro médico, de masajes y gimnasio.

En el nivel Inferior (sótano 1) se encuentra del lado este la Piscina de Calentamiento, al centro la Piscina de Competencia (ambas de 25.00 m x 50.00 m y 3.00 m de profundidad), las que se construirán con paneles de acero modular. La tercera piscina del lado oeste del recinto es la de clavados (25.00 m x 20.00 m y 5.50 m de profundidad). En el área de competencia y bajo la tribuna norte se ha considerado los ambientes de vestuarios, cuartos de masajes, gimnasio, zona

médica y sala de control antidoping. Bajo la otra tribuna (sur) se encuentran los ambientes para dirigentes y organización como la sala de control de competencia, estar de jueces y árbitros, y depósito de ceremonias.

En el primer nivel se encuentra la sala de prensa y sala de entrevistas, la cual tiene un área mixta donde acceden los deportistas para el contacto con la prensa. En el segundo nivel se encuentran las oficinas de la Federación de Natación y el salón VIP.

En el tercer nivel se encuentra el acceso al público, desde una Plaza elevada, que permite una visión completa del escenario, y se distribuye mediante dos rampas hacia las 2 alas de tribunas (norte y sur).

El techado del escenario deportivo es en base a vigas metálicas de alma llena con cobertura de Termotecho. El techado de la piscina de calentamiento se ha planteado con vigas postensadas, con un uso en el nivel superior como Plaza elevada.

Polideportivo 3

El Polideportivo 3 contempló la integración de la nueva infraestructura a las ya existentes, el Polideportivo 2 y el CAR Vóley (Edificaciones del 2014) y con una volumetría integradora de características similares en sus acabados.

Es una edificación de 2 pisos ocupando un terreno de 5,000 m² aproximadamente y un área techada de 7,100 m² aprox.

Durante los juegos, todos los ambientes serán utilizados para 5 disciplinas. Panamericanos: Patinaje artístico sobre ruedas, Esgrima y Fisicoculturismo y Parapanamericanos: Boccia y Powerlifting).

Las plantas libres permiten la implementación de espacios requeridos para deportistas, jueces, entrenadores, operadores (Seguridad, Broadcasting, Prensa, Servicios generales y otros), y servicios médicos (Tópico).

Velódromo

El planteamiento realizado para el Velódromo fue lograr una edificación techada con la ampliación de ambientes y tribunas a las ya existentes.

El área construida existente contaba con 805.05 m², lo cual se amplió a aproximadamente 8500.00 m² con una cobertura de 13500.00 m².

En el nivel del sótano se planteó zona de depósitos para los equipos de ciclistas y el techado de la rampa de acceso.

En el primer nivel se generó un hall de acceso con servicios higiénicos y tópico para el público.

Para el segundo nivel se ha planteado el techado y aumento de aforo de 394 espectadores a 1950 espectadores. El techado general se ha planteado con una estructura metálica ligera y con una cobertura termo acústica.

Edificio Administrativo

El nuevo edificio administrativo incluyó un centro de comunicaciones básico (TER) y un centro de control y monitoreo. Consta de 2 pisos con acceso a una azotea o piso técnico.

Esta edificación se ubica sobre un área libre entre la puerta de ingreso 2 y el estacionamiento de la Plaza 1, colindante con la alameda principal.

Obras Exteriores

Los trabajos realizados en las Obras Exteriores responden a las necesidades surgidas con la ampliación de nuevas edificaciones y las adecuaciones con la infraestructura y entorno urbano existente. El objetivo fue comunicar las edificaciones eficientemente mediante las plazas, alamedas, rampas, accesos vehiculare, vías, accesos peatonales, paraderos, áreas de descanso, área de actividades múltiples y área de estacionamiento.

Dentro del alcance las obras consideradas son:

- Ampliación de la Alameda 1 que conecta la plaza de las banderas con la Plaza 1.
- Construcción de vía vehicular y Drop Off N°1 con salida a la Av. Aviación.
- Intervención en la vía vehicular con ampliación al Drop Off N°2.
- Construcción de vía vehicular y Drop Off N° 3 con salida a la Av. Canadá, incluye Plaza de acceso a Centro Acuático y a Estacionamiento.
- Construcción de rampas y escalinatas que conectan a la pista de calentamiento de Atletismo.
- Construcción de rampa de acceso desde Alameda 2 al Patio del 2° piso del Polideportivo 2.
- Construcción de rampas y escaleras de conexión a la nueva Alameda elevada entre el Nuevo Centro Acuático y el Velódromo.
- Construcción de Plazas 2 y 3, Alameda 3 y rampas alrededor de la Ampliación del Velódromo.

- Plaza 4, escalinata y rampas de acceso a Alameda Elevada por la Av. Canadá.
- Plaza 3 para ingreso al Velódromo con acceso por la Av. San Luis.
- Patio de Maniobras y Drop Off N° 4 con acceso por la Av. San Luis.
- Cerramiento de Reservorio Elevado y servidumbre de Sedapal con cercos y jardinería.
- Mejoramiento de veredas e ingresos alrededor de la VIDENA.

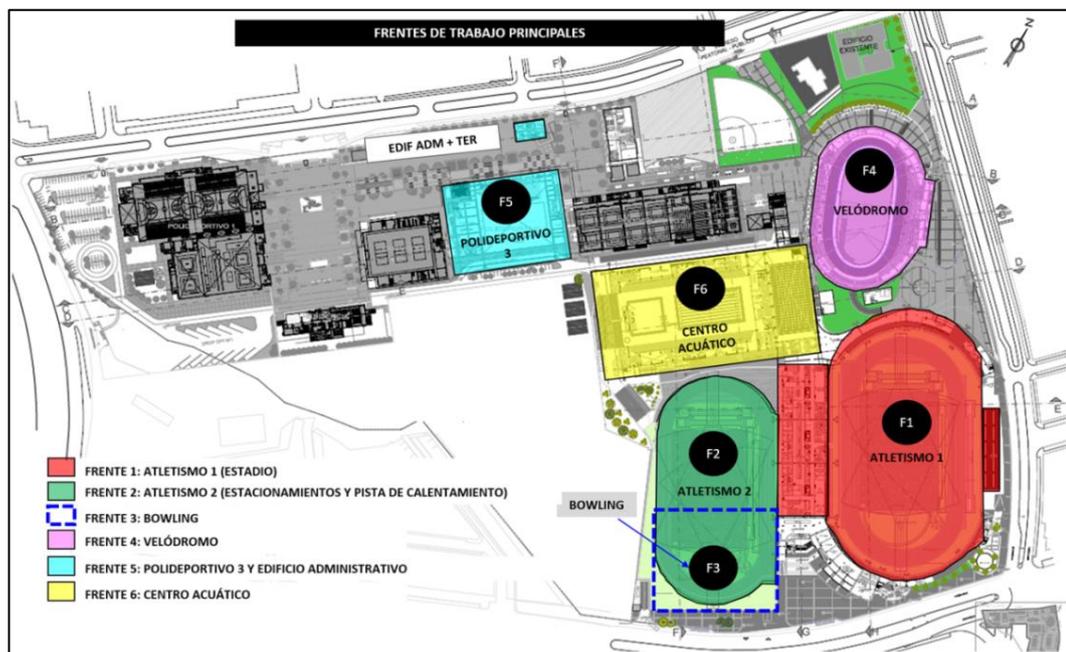


Figura 16: Plano de distribución de los nuevos Recintos del Proyecto la Videna
(Fuente: Cosapi)

Tabla 1: Cuadro de áreas techadas de los nuevos recintos de la Videna
(Fuente: Cosapi)

VENUE	NIVELES							TOTAL (m ²)	Cubierta	TOTAL + Cubierta (m ²)
	Sótano 02 (m ²)	Sótano 01 (m ²)	Piso 01 (m ²)	Piso 02 (m ²)	Piso 03 (m ²)	Piso 04 (m ²)	Graderías (m ²)			
Centro Acuatico	3,981.34	3,512.79	5,805.02	724.94	NA	NA	1,497.17	15,521.26	8808.86	24,330.12
Estadio Atletico	NA	3,366.55	8,892.33	6,852.55	4,261.52	1,954.90	Incluido	25,327.85	NA	25,327.85
Bowling	NA	NA	7,447.37	NA	NA	NA	NA	7,447.37	NA	7,447.37
Estacionamiento	NA	NA	12,406.78	NA	NA	NA	NA	12,406.78	NA	12,406.78
Polideportivo 3	NA	NA	1,699.15	393.21	49.45	NA	Incluido	2,141.81	5010.68	7,152.49
Edificio Administrativo	NA	NA	803.94	NA	NA	NA	NA	803.94	NA	803.94
Velodromo	NA	2,002.00	3,640.00	1,902.00	66.00	NA	1,140.00	8,750.00	13438.71	22,188.71
Obras Exteriores	NA	NA	4,303.25	-	-	-	-	4,303.25	0	4,303.25
							TOTAL	76,702.26		103,960.51

3.3 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN FAST TRACK

El proyecto fue planteado bajo el sistema de construcción Fast Track o de Diseño y Construcción en Simultáneo. De esta manera se buscó estar acorde con los plazos de entregas dados por el cliente superponiendo la ejecución de la construcción con el diseño aun por completarse.

La etapa de ingeniería estuvo dividido en tres entregables principales para facilitar los inicios de trabajo de construcción. Los entregables de diseño fueron divididos en: Diseño Esquemático, Avance de “IFC” e “IFC” (Information for Construction).

Diseño Esquemático

En esta entrega se plasmó un primer borrador de arquitectura con una distribución de ambientes que cumpla con requisitos mínimos de instalaciones y equipamiento. Se elaboró un modelo BIM de arquitectura (realizado en Reino Unido por la empresa proyectista Pattern Architects) a un nivel esquemático con suficiente información para exportar planos de plantas, cortes y elevaciones de arquitectura que fueron entregados a los demás especialistas de diseño (Estructura e Instalaciones).

Avance “IFC” (Avance de Información para Construcción)

La información necesaria para iniciar los trabajos de construcción del casco estructural (a nivel de sótanos) fue enviada en esta etapa de diseño. El modelo BIM de Arquitectura se encontró a un nivel más detallado y el avance de los modelos BIM de estructuras por recintos se encontraron a un nivel tal que se pudo

extraer planos de cimentaciones, detalles de zapatas, cuadro de columnas y placas, encofrado de techos de sótanos, desarrollo de vigas de sótano, detalles y especificaciones generales. En la parte de instalaciones, en esta etapa se entregó los borradores iniciales de recorridos, memorias descriptivas y especificaciones técnicas.

“IFC” (Información para Construcción)

En esta etapa se completó la entrega de diseño: los planos de Arquitectura incluyendo detalles de ambientes, planos de estructuras, que se completó el diseño de los encofrados de techos superiores, desarrollos de vigas, detalles de coberturas y estructuras metálicas, y planos de instalaciones, con el diseño completo de todas plantas y detalles generales y específicos. En cuanto al diseño de Arquitectura, todos los planos y detalles fueron extraídos directamente de los modelos BIM por recintos. De los modelos BIM de estructuras se obtuvo los planos con las volumetrías de concreto y completados en dibujo el refuerzo del acero. Los planos de Instalaciones fueron extraídos de manera conjunta, tanto el recorrido desde los modelos BIM como detalles típicos y específicos en dibujos de CAD.

Tabla 2: Cronograma maestro del Centro Acuático y del Estadio Atlético
(Fuente: Cosapi)

	INICIO	FINAL	2017	2018												2019				
			DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
CENTRO ACUATICO																				
INGENIERIA	08-Dic-17	11-May-18																		
MOVILIZACION, BASES Y ESTUDIOS	08-Dic-17	10-Feb-18																		
DISEÑO ESQUEMATICO	15-Ene-18	26-Feb-18																		
AVANCE IFC	12-Feb-18	11-Mar-18																		
IFC	12-Mar-18	11-May-18																		
CONSTRUCCION	11-Ene-18	28-Mar-19																		
MOVILIZACION	31-Ene-18	04-Abr-18																		
DEMOLICION Y EXCAVACION	14-Feb-18	10-Abr-18																		
SUBESTRUCTURA (SOTANO)	03-Abr-18	10-Jul-18																		
SUPERESTRUCTURA	26-Jun-18	20-Dic-18																		
ARQUITECTURA	31-May-18	27-Mar-19																		
INSTALACIONES	06-Ago-18	11-Feb-19																		
EQUIPAMIENTO	01-Set-18	13-Feb-19																		
PRUEBAS	11-Dic-18	28-Mar-19																		
ENTREGA	24-Ene-19	05-May-19																		
ESTADIO ATLETICO																				
INGENIERIA	08-Dic-17	12-Jun-18																		
MOVILIZACION, BASES Y ESTUDIOS	08-Dic-17	10-Feb-18																		
DISEÑO ESQUEMATICO	12-Ene-18	11-Mar-18																		
AVANCE IFC	13-Mar-18	11-Abr-18																		
IFC	12-Abr-18	12-Jun-18																		
CONSTRUCCION																				
MOVILIZACION	04-Mar-18	03-May-18																		
DEMOLICION Y EXCAVACION	14-Feb-18	11-Abr-18																		
SUBESTRUCTURA (SOTANO)	12-Abr-18	15-Jun-18																		
SUPERESTRUCTURA	01-Jun-18	12-Set-18																		
ARQUITECTURA	15-Jun-18	31-Ene-19																		
INSTALACIONES	18-Oct-18	22-Ene-19																		
EQUIPAMIENTO	21-Set-18	07-Feb-19																		
PRUEBAS	04-Dic-18	27-Feb-19																		
ENTREGA	13-Feb-19	02-Abr-19																		

Como se muestra en el cronograma de la Tabla 2 para los recintos del Centro Acuático y Estadio Atlético, los trabajos de demolición y excavación iniciaron con la entrega de los diseños esquemáticos; los trabajos de la subestructura (sótanos) iniciaron con la entrega del Avance IFC (avance de información para la construcción) y los trabajos de la superestructura (pisos superiores) y arquitectura iniciaron con la entrega del IFC. La superposición de la construcción del sótano con el desarrollo del diseño final como tipo de construcción Fast Track permitió acortar los tiempos de construcción del Proyecto.

3.4 MODELO DE CONTRATACIÓN IPD NEC 3

En el proyecto de la Videna se utilizó un modelo contractual nuevo llamado NEC 3 (Nuevo contrato de ingeniería, por sus siglas en inglés), modelo aplicado mayormente en proyectos de construcción de Reino Unido. El contrato NEC 3 se basa en un enfoque colaborativo de la metodología IPD.

Mediante este contrato el contratista general, Cosapi, se encargó de la administración de la ingeniería, procura y construcción, características muy similares a la de un contrato EPC. En teoría, bajo este modelo de contrato el cliente comparte el riesgo de toda la construcción con el contratista. Fue así que el presupuesto inicial se fue reajustando con la consolidación del diseño y con los eventos compensables generados durante la ejecución de la obra, mucho de lo cual fue trasladado directamente al cliente y una parte menor como responsabilidad del contratista.

El modelo contractual NEC 3 fue un documento claro y sencillo con un lenguaje jurídico simplificado. Las principales cláusulas en el contrato NEC3 fueron:

- Obligaciones y responsabilidades principales del Contratista
- Plazos
- Recepción, pruebas y observaciones
- Condiciones de pagos
- Eventos compensables
- Título y derechos del Contratante
- Riesgos y seguros
- Terminación y resolución del contrato

Lo que se buscó con este contrato fue evitar controversias entre las partes contratantes, ya que se evitó hacer modificaciones al contrato o adendas, todo bajo un espíritu colaborativo e integrador.

El equipo que conformó el proyecto de la Videna fue capacitado en la metodología IPD donde se incluyó a los diseñadores, ingenieros, supervisores, staff de Cosapi y cliente en diferentes sesiones bajo la consultoría de la empresa constructora norteamericana DPR. Los exponentes de DPR para estas capacitaciones fueron Leonardo Rischmoller y Dean Reed, dos referentes consultores en la implementación del IPD en proyectos de construcción en EEUU (ver Figura 17).



Figura 17: Capacitación interna de la metodología IPD bajo los especialistas Leonardo Rischmoller y Dean Reed
(Fuente: Cosapi)

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA BIM DEL PROYECTO DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO

4.1 EQUIPO DE TRABAJO

El desarrollo del diseño y también la construcción se basó en un enfoque IPD. Es decir, se buscó la colaboración de todos los integrantes del diseño desde etapas muy temprana. Más aun, como política de trabajo, se planteó establecer en la oficina central de Cosapi un ambiente que promueva la colaboración y participación de los involucrados, permitiendo que muchos de ellos (diseñadores) se puedan establecer. Este ambiente fue llamado “Big Room” (ver Figura 18). La distribución fue en especial para el proyectista de Arquitectura ya que su oficina principal se encuentra en Reino Unido. Muchos otros proyectistas fueron localizados dentro del Big Room, así como los supervisores de especialidades de parte del área de Ingeniería de Cosapi y el Área BIM para dar soporte a todas las áreas involucradas (ver Figura 19)

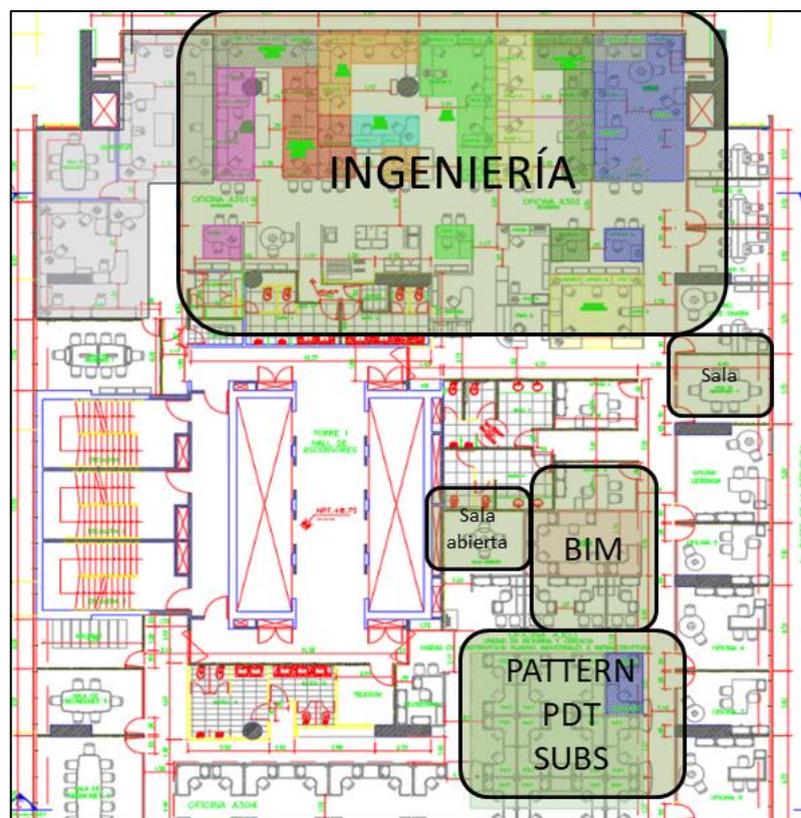


Figura 18: Nueva distribución de las oficinas del Contratista para incorporar a los integrantes del Diseño, “Big Room”.

(Fuente: Cosapi)



Figura 19: Big Room para el proyecto la Videna. Participación colaborativa de los profesionales del diseño
(Fuente: Cosapi)

4.1.1 Área de Ingeniería Interna

Gerente de Diseño

Fue el arquitecto de Paternrn, asignado en las instalaciones del contratista, encargado de la gestión del Diseño en general para el proyecto de la Videna. Fue el principal responsable de gestionar las coordinaciones entre todos los subcontratistas de diseño para cumplir con las entregas del proyecto.

Coordinador del Proyecto

Fue el coordinador principal de gestionar los recursos y funciones del área interna de Cosapi. Asistió en las labores de coordinación del gerente de Diseño y las demás subcontratistas de diseño.

Coordinadores de Recintos

Fueron los encargados de la gestión del diseño de cada recinto en general. Se encargaron de la coordinación con los proyectistas asegurando el cumplimiento de los plazos y entregas acordadas con el cliente.

Los coordinadores de recintos fueron los principales encargados de planificar y asegurar la participación de los subcontratistas de diseño en las sesiones ICE, y posteriormente dar el seguimiento del levantamiento de las observaciones hechas al diseño en dichas sesiones.

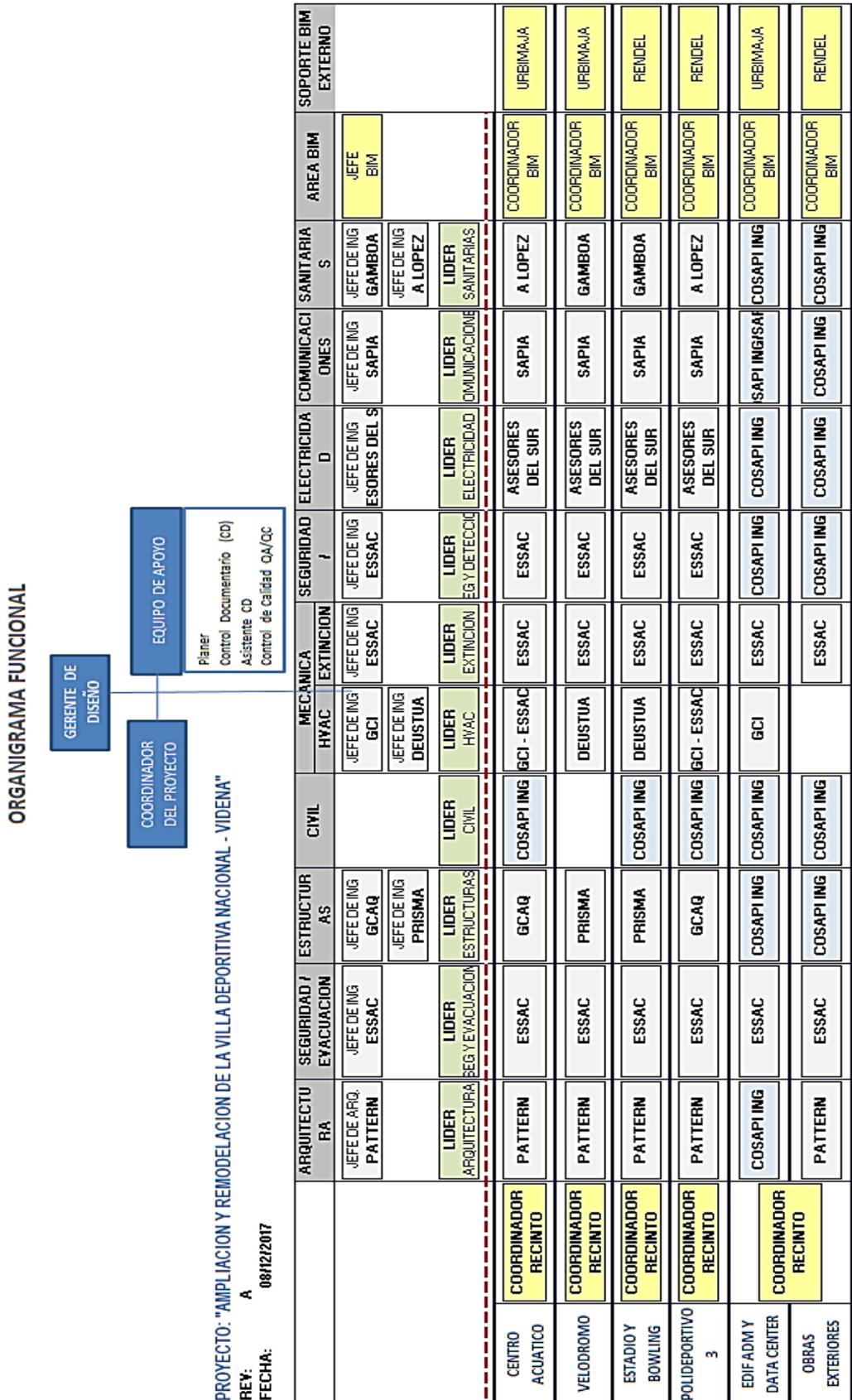


Figura 20: Organigrama funcional de equipo de Diseño
(Fuente: Cosapi)

Líderes de especialidades

Para el aseguramiento del diseño de las especialidades, por parte del área interna de ingeniería se asignó líderes para dar seguimiento al diseño de cada especialidad.

Los líderes de especialidades fueron los mediadores entre los subcontratistas de diseño y los coordinadores de cada recinto.

Control Documentario

El área de control documentario fue un área de soporte para llevar el registro de la documentación general del proyecto. Los planos emitidos por los subcontratistas de diseño debieron seguir los formatos solicitados por esta área, respetando la nomenclatura de los archivos y su numeración. De igual manera los planos que fueron generados por el área BIM siguieron una codificación especial para ser aceptados por control documentario.

4.1.2 Subcontratistas de Diseño

Subcontratista de Arquitectura

Para el desarrollo del diseño arquitectónico se contrató a la empresa Pattern Architects, una firma inglesa que cuenta con experiencia en obras de infraestructura deportiva. Una de las características principales de Pattern es su metodología de trabajo, ya que llevan años de haber implementado el BIM en sus procesos de diseño.

Es así que, para el desarrollo de la arquitectura de la Videna, desde la etapa inicial Pattern trabajó en base a un Modelo BIM. La obtención de los primeros planos de plantas para el diseño esquemático fue obtenida directamente del modelo y posteriormente el resto los planos de detalles.

En la etapa del diseño de arquitectura, se incluyó también a la empresa Puerta de Tierra, quienes fueron los encargados del diseño del anteproyecto. Puerta de Tierra tuvo participación ya en la etapa de diseño junto a Pattern, transfiriendo sus estudios y análisis hechos en el anteproyecto con los requerimientos que se debieron cumplir para el evento de los Juegos Panamericanos Lima 2019.

El equipo de arquitectos de Pattern que se instaló en las Oficinas de Cosapi fue conformado por alrededor de 7 arquitectos distribuidos para los diferentes recintos. Periódicamente los jefes de arquitectura de cada recinto en Reino Unido viajaron a Perú para revisar el avance de los diseños de todas las especialidades.

Se debe mencionar también que todo el equipo de diseño de arquitectura de Pattern en Reino Unido estuvo a cargo de un gerente de Proyecto quien acompañó en las visitas a Perú a los jefes de arquitectura de los Recinto.

Subcontratistas de Estructuras

El diseño estructural estuvo a cargo de dos empresas peruanas de gran prestigio en el medio. Por un lado se tuvo a Prisma Ingenieros para el diseño del Estadio Atlético y el Velódromo, y por otro lado a GCAQ Ingenieros, a cargo del diseño del Centro Acuático y el Polideportivo 3.

A ambas empresas se les exigió trabajar el diseño utilizando la metodología BIM, es decir desarrollar el modelo 3D y trabajar de manera colaborativa con las demás especialidades, en especial con Pattern, vinculando los modelos a través de la nube. Se exigió también que la generación de los planos del diseño sea obtenida como exportación de los modelos BIM.

Subcontratistas de Instalaciones

La gestión colaborativa del diseño se basó en la generación de modelos BIM con información suficiente que remplace en menor o mayor medida a los planos y especificaciones técnicas. En el medio local, muchas empresas de diseño de instalaciones no vienen trabajando con esta metodología, por lo que su diseño se basa aun en la generación de planos, y de ser requerido, el modelamiento 3D en base a planos 2D.

Para el caso de la Videna, por tema contractual, se dio el soporte a las empresas participantes del diseño de instalaciones en la implementación de la metodología BIM para este proyecto.

Las empresas encargadas para los diseños fueron:

HVAC. Deustua Ingenieros y Consultores, y GCI Ingeniería

IISS: Equipo G y Makno Ingenieros

IIEE: Asesores del Sur

ACI: Essac

Comunicaciones: Sapia

4.1.3 Equipo BIM Interno

Jefe BIM

El jefe de BIM o BIM Manager de Cosapi fue el gestor de la implementación de la metodología BIM en todos los niveles y responsable de su éxito, así como determinar métricas de gestión que garanticen la satisfacción del cliente final en cada una de sus etapas.

El BIM manager tuvo como otra principal función el gestionar los recursos humanos y tecnológicos del Área BIM para el proyecto, el incremento o reducción de estos a medida que se desarrollaban las etapas de diseño y construcción.

Coordinadores BIM

Los coordinadores BIM fueron los encargados de gestionar la metodología BIM a nivel de cada recinto. La principal función de los coordinadores BIM fue dar seguimiento al proceso de modelado de las especialidades realizadas por los consultores externos y la revisión de los modelos BIM de Arquitectura desarrollados por Pattern y los modelos BIM de estructuras desarrollados por Prisma y GCAQ.

Otra función principal de los coordinadores BIM fue la revisión del modelo integrado de las especialidades para la detección de incompatibilidades junto con el equipo de modeladores. Con esta información los coordinadores BIM prepararon las agendas de las sesiones ICE junto con los coordinadores de recintos.

Especialista BIM

Fue el encargado del área BIM responsable de verificar el desarrollo de los modelos según los estándares de COSAPI, dar soporte técnico a problemas que se tuvieron en el proceso de modelamiento y gestionar los manuales o instructivos para el uso de las herramientas BIM utilizadas en el proyecto (Revit, Collaboration for Revit, Tekla, Holo Builder, Realidad virtual, uso de drones, entre otros)

4.1.4 Consultores BIM de soporte

Para el proyecto de la Videna se contó con un soporte externo de modelamiento BIM para las especialidades de instalaciones. Las consultoras participantes fueron Rendel y Urbimaja, dos empresas con experiencia en el rubro de implementación

y modelamiento BIM. Rendel estuvo a cargo del Estadio Atlético y el Polideportivo 3; mientras que Urbimaja se encargó de los recintos del Centro Acuático y Velódromo.

Líderes BIM

Fueron los encargados por parte de los consultores BIM asignado a cada recinto. La principal responsabilidad del líder BIM fue estar a cargo de los modeladores, de su distribución en las oficinas de los proyectistas, del seguimiento al modelado de las instalaciones, de participar en las sesiones ICE y trasladar las consultas encontradas por los modeladores a todos los miembros responsables y actualizar los modelos con las soluciones planteadas en las sesiones.

El líder BIM trabajó de la mano con el Coordinador BIM de Cosapi tanto en la etapa de diseño como en la etapa de construcción, en especial durante la superposición de ambas etapas, ya que los Líderes BIM se quedaron asignados en la oficina de ingeniería (Big Room) mientras que los Coordinadores BIM fueron asignados a la oficina técnica de obra.

Modeladores BIM

Los modeladores BIM fueron profesionales que cumplieron el perfil de ser técnicos o ingenieros civiles con experiencia en modelado 3D. Fueron los responsables del desarrollo de los modelos de instalaciones en las oficinas de los proyectistas.

El equipo de modeladores fue incrementado a medida con el avance del desarrollo del diseño. En la etapa final se llegó a contar con un total de 15 modeladores, todos de la consultora BIM externa, distribuidos por recintos y especialidades.

4.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO. PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE DISEÑO

Para implementar exitosamente la metodología BIM en el proyecto de la Videna, se desarrolló un Plan de Ejecución BIM (PEB), el cual estableció las bases de trabajo; definió claramente los objetivos, el alcance del modelo, el nivel de desarrollo (LOD), los responsables, la metodología de trabajo, los procesos, flujos y el método de intercambio de información entre los involucrados del proyecto.

4.2.1 Alcances BIM

El objetivo fue obtener un diseño integrado y compatibilizado utilizando la metodología BIM y VDC.

Entregables

- Modelos de todas las especialidades en formato Revit.
- Modelo de estructuras metálicas (techos y coberturas) en formato Tekla.
- Reportes de incompatibilidades con soluciones acordados.
- Actas de las Sesiones ICE
- Modelo integrado y compatibilizado para la construcción

Modelo BIM de Arquitectura

El modelo de arquitectura consideró los siguientes componentes:

- Tabiquería de concreto (según espesores, tipos de resistencia al fuego)
- Tabiquería de drywall (según tipo de resistencia a la humedad y al fuego)
- Puertas, ventanas y mamparas
- Pisos (según tipos) y ambientes (Rooms)
- Falso Cielo Raso (según tipos y resistencia a la humedad)
- Mobiliarios, aparatos sanitarios y luminarias
- Escaleras y barandas
- Acabados de fachadas

Modelo BIM de estructuras

El modelo de estructuras considera los siguientes elementos:

- Zapatas, cimiento corridos, vigas y falsas zapatas
- Columnas (rectangulares, circulares, sección variable)
- Placas y muros estructurales
- Vigas (rectangulares, sección variable y postensadas)
- Losas estructurales
- Estructuras metálicas

Para el proyecto de la Videna el modelado del acero de refuerzo no se realizó por parte del proyectista ni del área BIM de Cosapi. Solo en algunos casos el proveedor realizó dicho modelado de acero de refuerzo de algunos elementos para proveer acero predimensionado al proyecto.

Modelo BIM HVAC

El modelo de HVAC consideró los siguientes sistemas y componentes:

- Modelado de sistemas de inyección y extracción de aire, extracción de monóxido en estacionamiento, aire acondicionado y tubería de refrigeración, presurización de escalera y sistema de gas.
- Modelamiento de ductos metálicos y equipos mecánicos
- Rejillas y difusores
- Tuberías y accesorios para recorrido de gas

Modelo BIM IISS

El modelo de IISS consideró los siguientes sistemas y componentes:

- Modelo de los sistemas de desagüe, ventilación, agua fría y caliente, drenaje y riego tecnificado
- Modelado de tuberías (según tipos)
- Modelado de accesorios y conexiones
- Modelado de equipos de bombeo
- Modelado de aparatos sanitarios

Modelo BIM IIEE

El modelo de IIEE consideró los siguientes sistemas y componentes:

- Modelado de los sistemas de baja tensión, media tensión, ducto barra y puesta a tierra
- Bandejas eléctricas
- Conduits
- Cajas de pase
- Tableros eléctricos y transformadores

Modelo BIM ACI

El modelo de ACI consideró los siguientes sistemas y componentes:

- Modelado de los sistemas de rociadores, gabinete ACI y pruebas.
- Modelado de tuberías Schedule 40
- Modelado de accesorios y conexiones
- Modelado de equipos de bombeo

Modelo BIM de Comunicaciones

El modelo de comunicaciones consideró los siguientes sistemas y componentes:

- Modelado de los sistemas de data y broadcast
- Modelado de bandejas
- Modelado de conduits y cajas de pase

4.2.2 Flujo de trabajo

Modelado de Especialidades

El desarrollo de arquitectura fue realizado en Reino Unido por la empresa Pattern Architects trabajando de manera nativa un modelo 3D que, al llegar a un nivel de diseño esquemático, se compartió mediante la nube al resto de proyectista.

De esta forma el equipo de modeladores de Pattern planteó el diseño arquitectónico que fue observado por el resto de especialidades de acuerdo a sus requerimientos de forma iterativa durante todo el proceso de diseño.

Los modelos BIM de estructuras fueron realizados por los subcontratistas del diseño Estructural y por requerimiento de los contratos con los proyectistas estructurales se exigió que los planos de ingeniería sean obtenidos directamente de los modelos BIM. Los equipos de modeladores de los proyectistas estructurales fueron capacitados con los estándares BIM de Cosapi que se siguieron para el proyecto de la Videna.

En el caso de los modelos BIM de instalaciones, estos fueron realizados por empresas consultoras BIM externas cuyos modeladores fueron asignados a las oficinas de los subcontratistas con el objetivo dar un soporte de implementación de la metodología. Parte del trabajo de los modeladores fue pasar los bosquejos de recorridos hechos por el proyectista para las tuberías, ductos y bandejas con el fin de garantizar que dichos recorridos no generen interferencias entre sí con la arquitectura y la estructura. Posteriormente los recorridos ya casi afinados fueron exportados de los modelos BIM para generar las plantas en CAD de los cuales los proyectistas utilizaron como base para completar los planos de su entregable.

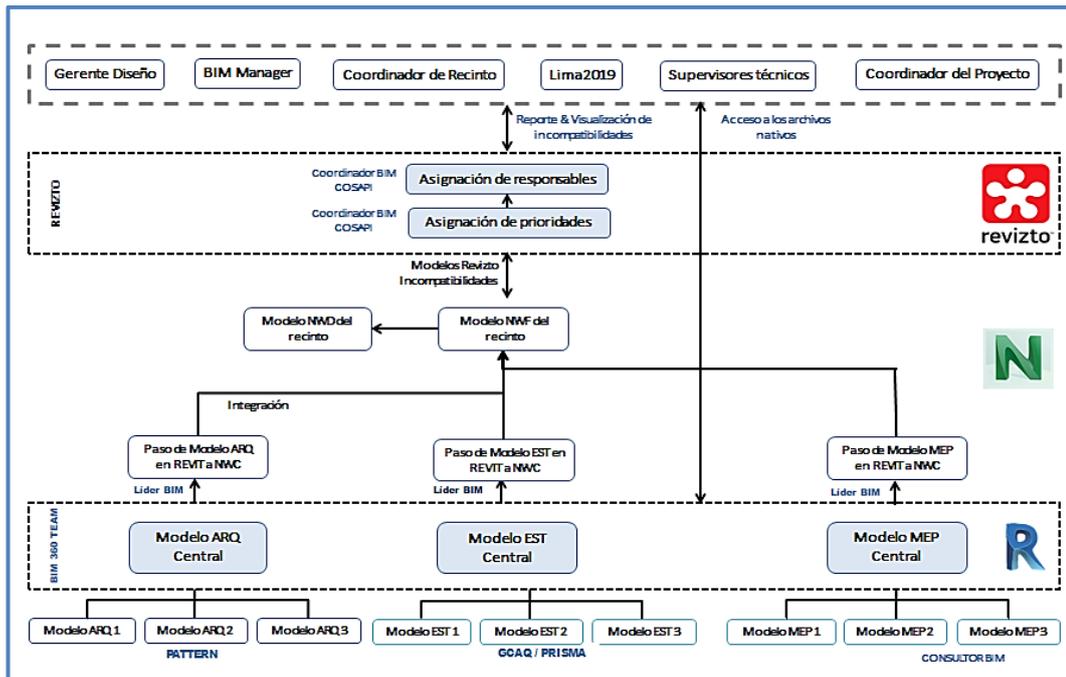


Figura 21: Esquema del Flujo de trabajo de la metodología BIM para la etapa de Diseño
(Fuente: Cosapi)

4.2.3 Procedimiento de colaboración. Uso de la Nube

Con la finalidad de trabajar un modelo central para todas las especialidades sin tener que enviar actualizaciones a través de correos o páginas de almacenamiento de información se buscó una plataforma que pueda almacenar los modelos BIM en la nube. La solución fue utilizar Collaboration for Revit (C4R), una plataforma de Autodesk que trabaja directamente con el software Revit.

El proceso se inició creando los diferentes modelos de especialidades y guardándolos como archivos centrales en C4R. Los modeladores desde entonces tuvieron que acceder al Revit y abrir dichos archivos desde la nube utilizando el icono del BIM360 (ver Figura 22).

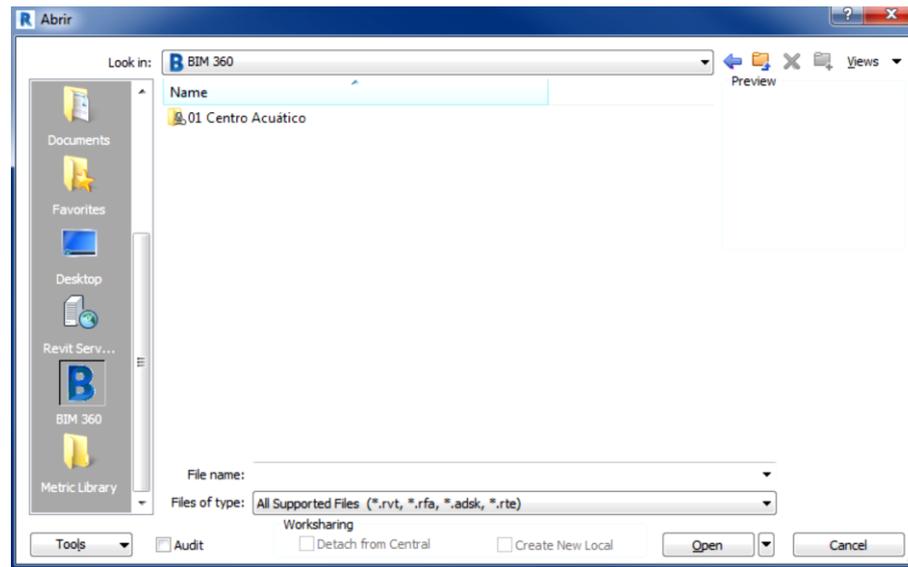


Figura 22: Apertura de archivos centrales de la nube. Plataforma BIM 360 Team
(Fuente: Cosapi)

Automáticamente se crearon archivos locales que fueron trabajados independientemente por cada modelador. Al sincronizar los modelos, estos se actualizaron a los modelos centrales y esa misma información fue actualizada para los demás modeladores. Los modeladores BIM de las especialidades de instalaciones tuvieron la posibilidad de volver a sincronizar los archivos linkeados (Arquitectura, estructuras o demás instalaciones) para reconocer los cambios que se hicieron al proyecto continuamente y modificar los recorridos de las instalaciones que se estuvieron modelando para evitar interferencias (ver Figura 23).

Este modo de trabajo fue vital ya que muchos de los diseños de especialidades partieron desde los modelos (no de planos) y dado que se trabajó desde oficinas localizadas en diferentes lugares (Pattern desde UK), por lo que no se contaba con una red donde se pueda centralizar los modelos. Con el Collaboration for Revit se pudo actualizar los modelos durante el día en incontables oportunidades. Las coordinaciones entre modeladores fueron directas a través de un chat del C4R para realizar modificaciones de los recorridos de instalaciones a medida que estos se iban creando y así evitar cruces físicos simples de resolver sin tener que generar Requerimientos de Información.

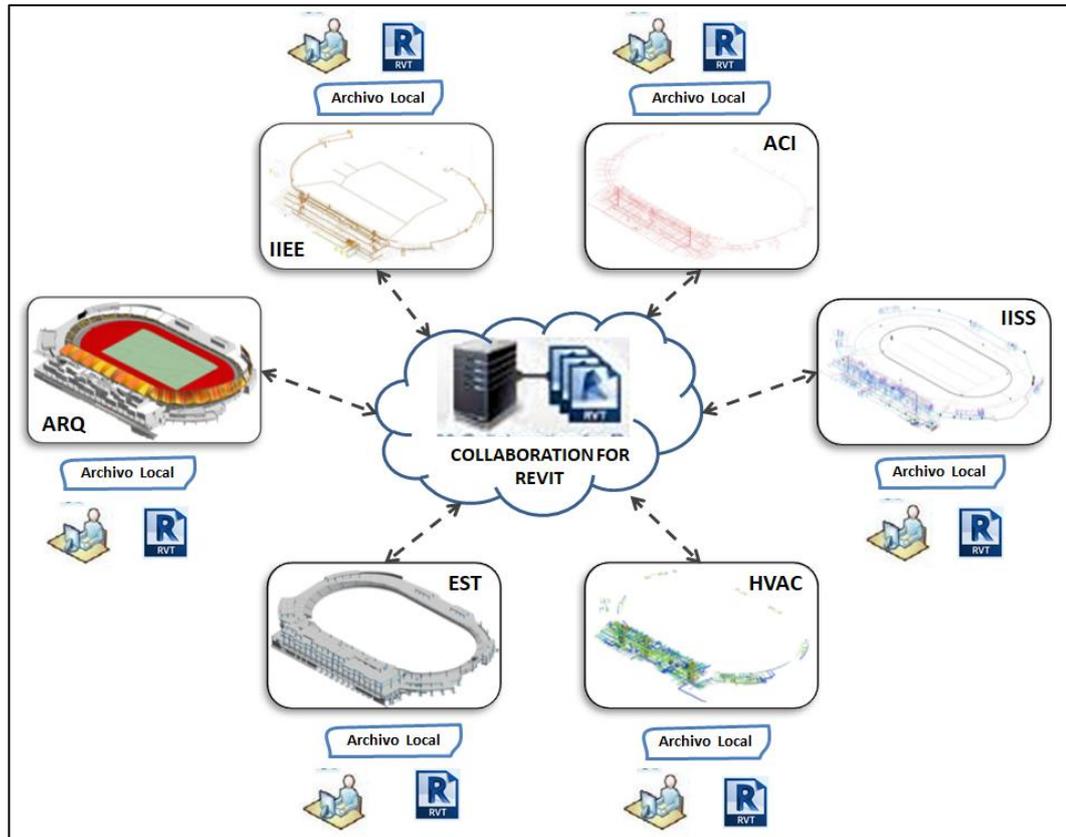


Figura 23: Esquema de trabajo a través del Collaboration for Revit
(Fuente Propia)

4.2.4 Consideraciones del modelo y estandarización

Se utilizó como base para una estandarización de procesos y de flujos de trabajos los Estándares BIM de Cosapi, contando con lineamientos básicos para el desarrollo de un proyecto multidisciplinario.

Parámetros compartidos

Todos los elementos deberán contar con información dentro de los parámetros compartidos para poder categorizar y poder filtrarlos. Los parámetros obligatorios que serán llenados son los siguientes:

- Elemento (Tipo de elemento. Por ejemplo viga estructural, viga de cimentación, etc)
- Nivel de elemento
- Tipo de concreto
- Recinto
- Sistema (para los modelos de instalaciones)

Nivel de desarrollo de elementos (LOD)

El nivel de desarrollo para el proyecto según especialidades y elementos durante la coordinación BIM es el siguiente:

Tabla 3: Nivel de Desarrollo (LOD) de los elementos modelados
(Fuente: Cosapi)

DISCIPLINA	ELEMENTOS	LOD
Estructuras	Cimentaciones	350
	Placas	350
	Muros	350
	Columnas	350
	Vigas	350
	Losas	350
	Escaleras	350
Arquitectura	Tabiquería	350
	Pisos	350
	FCR	350
	Puertas	350
	Ventanas	350
	Mamparas	350
Instalaciones Mecánicas	Ductos	350
	Equipos	300
	Difusores	300
Instalaciones Sanitarias	Tuberías	350
	Válvulas	350
	Aparatos sanitarios	300
	Bombas	300
Instalaciones Eléctricas	Bandejas	350
	Luminarias	350
	Tableros	300
	Ducto Barra	350
Comunicaciones	Bandejas	350
	Tableros	300
Extinción de incendios	Tuberías	350
	Rociadores	300
	Equipos	300

Nomenclatura de archivos

Para mantener un estándar en la nomenclatura de archivos, se desarrolló una codificación según las especialidades y los recintos.

Tomando como ejemplo el recinto del Estadio Atlético y Bowling se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4: Nomenclatura de archivos del Estadio Atlético

(Fuente: Cosapi)

ESTADIO ATLÉTICO Y BOWLING		
DISCIPLINA	CÓDIGO	NOMBRE DEL ARCHIVO
Arquitectura	A	CR3059-EA-BM-A001
Estructuras	S	CR3059-EA-BM-S001
Instalaciones Mecánicas/HVAC	M	CR3059-EA-BM-M001
Instalaciones Sanitarias	P	CR3059-EA-BM-P001
Instalaciones Eléctricas	E	CR3059-EA-BM-E001
Instalaciones de Comunicaciones	T	CR3059-EA-BM-T001
Seguridad y Detección	D	CR3059-EA-BM-D001
Extinción de incendios	F	CR3059-EA-BM-F001
Modelo Integrado Navisworks	INTEGRADO	*Fecha-CR3059-EA-BM-G
Modelo Integrado Revizto	INTEGRADO	ESTADIO ATLETICO & BOWLING

Colores

En el modelado de las instalaciones se siguió un formato de colores para las instalaciones según sistemas. Esto con la finalidad de ser reconocibles más fácilmente para la compatibilización y visualización del modelo integrado.

Tabla 5: Estructura de colores de los sistemas modelados

(Fuente: Cosapi)

DISCIPLINA	SISTEMA
Estructuras	-
Arquitectura	-
Instalaciones Mecánicas	Suministro HVAC
	Retorno HVAC
	Extracción de sótanos & baños
	Tubería Refrigerante
	Agua Helada

	Presurización escaleras
	GLP
Instalaciones Sanitarias	Desagüe
	Ventilación
	Agua Caliente/Frío/Otros
	Drenaje de FanCoils
Instalaciones Eléctricas	Baja Tensión
	Media Tensión
	Ducto Barra
	Sistema a Tierra
	Luminarias
Comunicaciones	Data
Seguridad y Detección	Data
Extinción de incendios	Sistema de rociadores
	Sistema de gabinetes

4.3 PROCESO DE COMPATIBILIZACIÓN DE DISEÑO

El proceso de compatibilización si bien iniciaba con las observaciones que saltaban en el mismo proceso de modelado, se siguieron unas pautas que involucró reuniones semanales y sesiones ICE como parte de la metodología VDC.

El esquema planteado trató de simplificar dicho proceso, tomando como punto de inicio ya el modelo integrado colgado en el software Revizto. Muchas de las observaciones encontradas resultaron fáciles de ser levantadas al tratarse de cruces físicos en su mayoría. Las reuniones semanales y las sesiones fueron priorizadas para resolver aquellas observaciones de mayor complejidad e impacto.

La característica principal de este esquema es que es un proceso iterativo. Las observaciones van apareciendo y resolviéndose a medida que el diseño se va concretando (ver Figura 24).

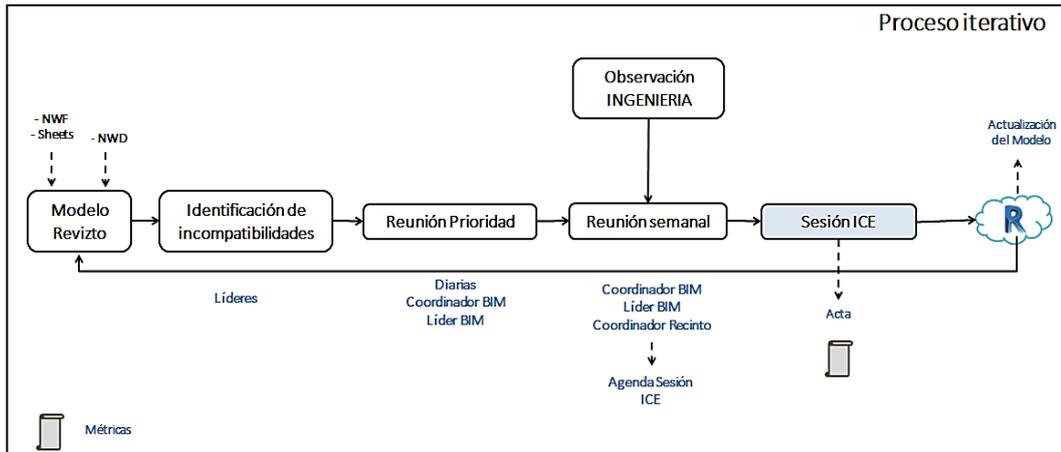


Figura 24: Esquema del proceso de las Sesiones ICE
(Fuente: Cosapi)

4.3.1 Uso del software para la visualización y coordinación Revizto

El Revizto es un software de gestión de incompatibilidades en tiempo real, cuya ventaja es poder compartir el modelo integrado en una plataforma más versátil y amigable, en comparación con otros programas para la visualización y revisión, tales como el Autodesk Navisworks. En la plataforma del Revizto se promueve la participación multidisciplinaria de los integrantes del diseño y construcción teniendo los modelos BIM del proyecto como información integrada del diseño (ver Figura 25).

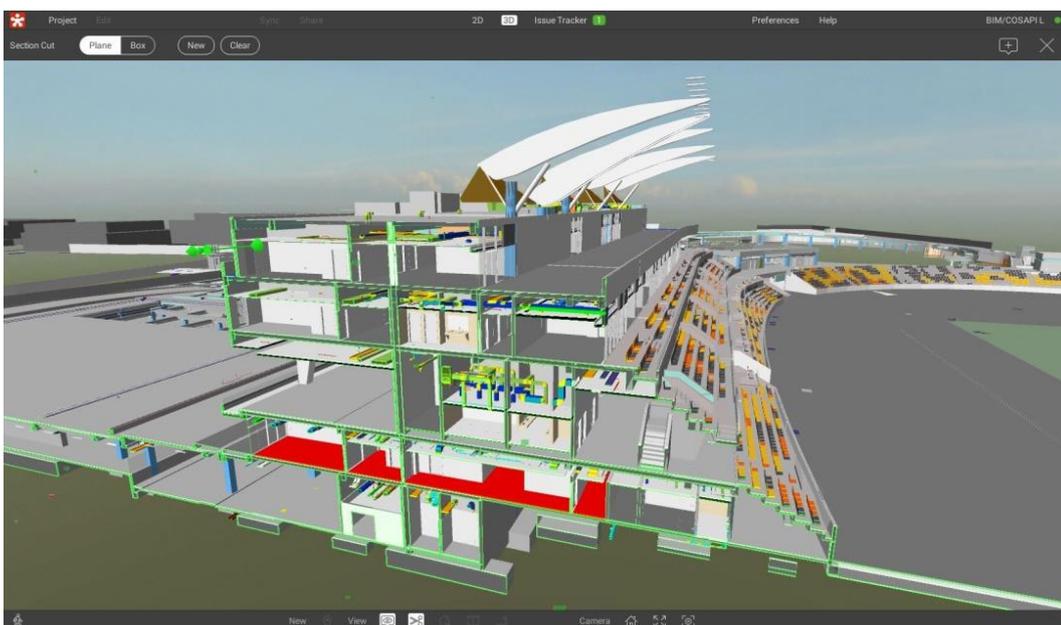


Figura 25: Software Revizto para la coordinación multidisciplinaria
(Fuente: Cosapi)

La principal característica del Revizto es que trabaja con los programas de Autodesk, como lo son el Revit y el Navisworks. Los modelos BIM del proyecto de la Videna trabajados en dichos programas de Autodesk, luego de ser exportados al Revizto mantuvieron sus propiedades e información de todos los elementos. Esto sirvió a todos los usuarios involucrados en el proyecto para navegar, conocer los modelos y generar las consultas de encontrarse incompatibilidades. La principal ventaja del Revizto en este tema es el mecanismo de seguimiento para el levantamiento de las incompatibilidades.

Un ejemplo de incompatibilidad se muestra en la Figura 26. Este ejemplo muestra como un problema es detectado durante una revisión rutinaria del modelo. Al momento de generar la incidencia se almacena la persona responsable de resolver (de manera directa), visualizadores (integrantes del equipo de ingeniería o arquitectura que deben dar seguimiento de manera directa la resolución de la incidencia), prioridad (muy leve, leve, grave, alto impacto) y de ser el caso, una fecha límite de resolución, entre otros datos.

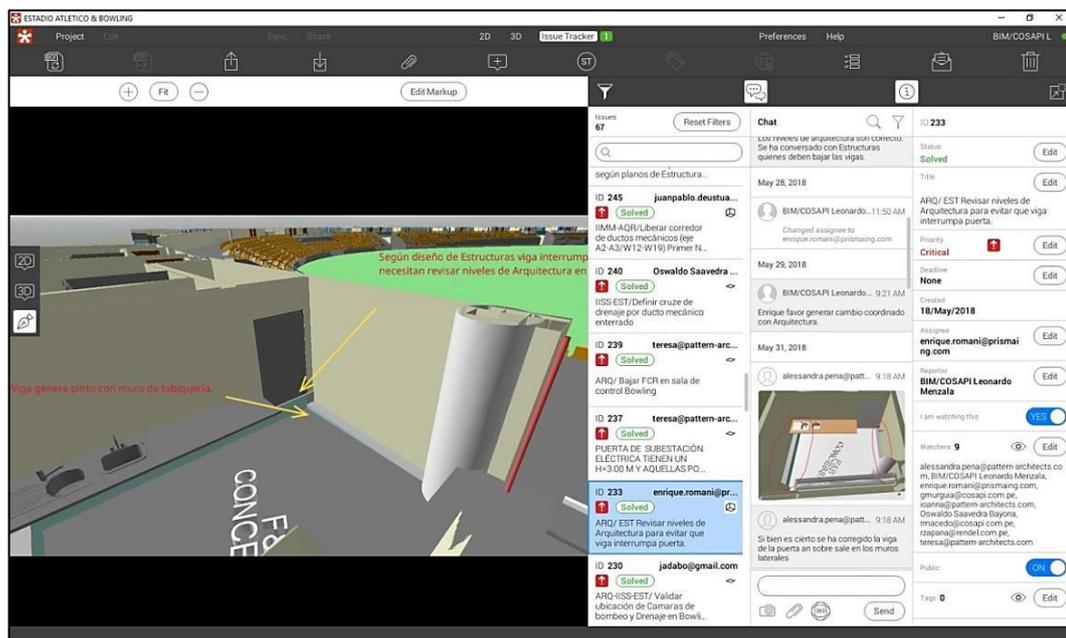


Figura 26: Área de trabajo en Revizto. Detección de incompatibilidad, asignación de responsables y prioridades
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo1a)

Los visualizadores dan un aporte para la solución de las incidencias de acuerdo a sus especialidades. En el caso de la imagen anterior, el problema radica en que

la viga está ubicada en una losa en pendiente. Se generan dos ambientes a diferentes niveles con lo que la puerta que une ambos ambientes esta sobre el desnivel formado por la viga estructural. Esta incompatibilidad fue reportada al Ingeniero estructural haciéndole de conocimiento al Arquitecto. El ingeniero estructural plantea una solución y la pública en el “chat” de Revizto para que la arquitectura de un visto bueno y se proceda con el cambio en el modelo. Para este caso especial la solución fue aumentar el peralte de la viga hacia abajo y generar una reducción de sección de la viga en su parte superior, para la ubicación de la puerta. El modelo BIM es modificado y luego se actualiza el modelo en Revizto. El modelo actualizado se puede ver en la Figura 27.

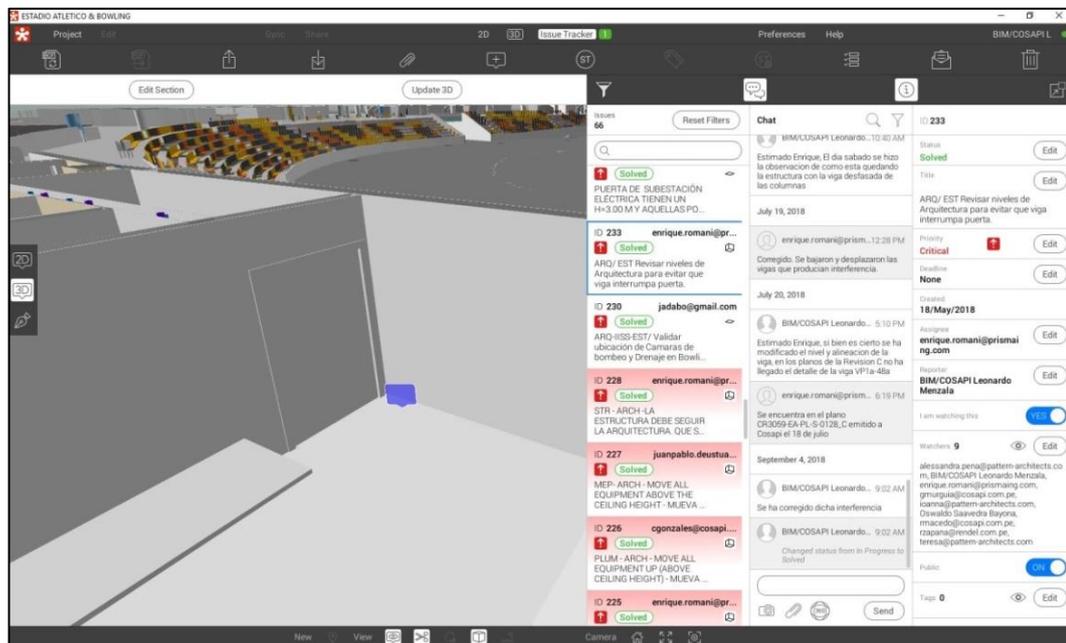


Figura 27: Solución de Incompatibilidades en el Revizto.
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 1b)

4.3.2 Sesiones ICE de diseño

Las sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada se realizaron enfocadas a resolver incompatibilidades en las que incidían varias disciplinas esto con la finalidad de hacer más efectivas las reuniones.

En la etapa temprana de la ingeniería las sesiones ICE estuvieron enfocadas a ser un punto de convergencia en donde todos los especialistas manifiesten sus requerimientos y observaciones a la Arquitectura inicial. Requerimientos como dimensiones de cuartos técnicos, recorridos principales para instalaciones, etc. La

utilización del modelo en dichas reuniones sirvió de mucho a los especialistas recién incorporados al proyecto, permitiéndoles conocer el alcance de la arquitectura y con esto el de las instalaciones (ver Figura 28).

Un caso ejemplo de estas sesiones ICE fue las solicitudes de ductos de las diferentes especialidades. En dichas reuniones los arquitectos junto con los especialistas revisaban las solicitudes para las montantes de las instalaciones MEP y adecuar la arquitectura. En estas sesiones se plantearon zonas definidas de banco de montantes para todas las instalaciones y ciertos ductos para montantes eléctricas y de comunicaciones en los ambientes que venían de los cuartos técnicos de dichas especialidades ubicadas en cada piso.



Figura 28: Sesiones ICE en etapas iniciales del Diseño
(Fuente: Cosapi)

Conforme el diseño fue madurando, las sesiones ICE tuvieron netamente el carácter de resolver conflictos multidisciplinarios. Ya con la etapa de construcción iniciada, los jefes de producción también fueron invitados a participar en las sesiones ICE de diseño (ver Figura 29).

En esta etapa de la ingeniería la Arquitectura estuvo más definida por lo que los cambios debidos a interferencias o solicitudes de los especialistas de estructuras e Instalaciones demandó un mayor análisis para su solución minimizando su impacto en los costos o plazos del proyecto.

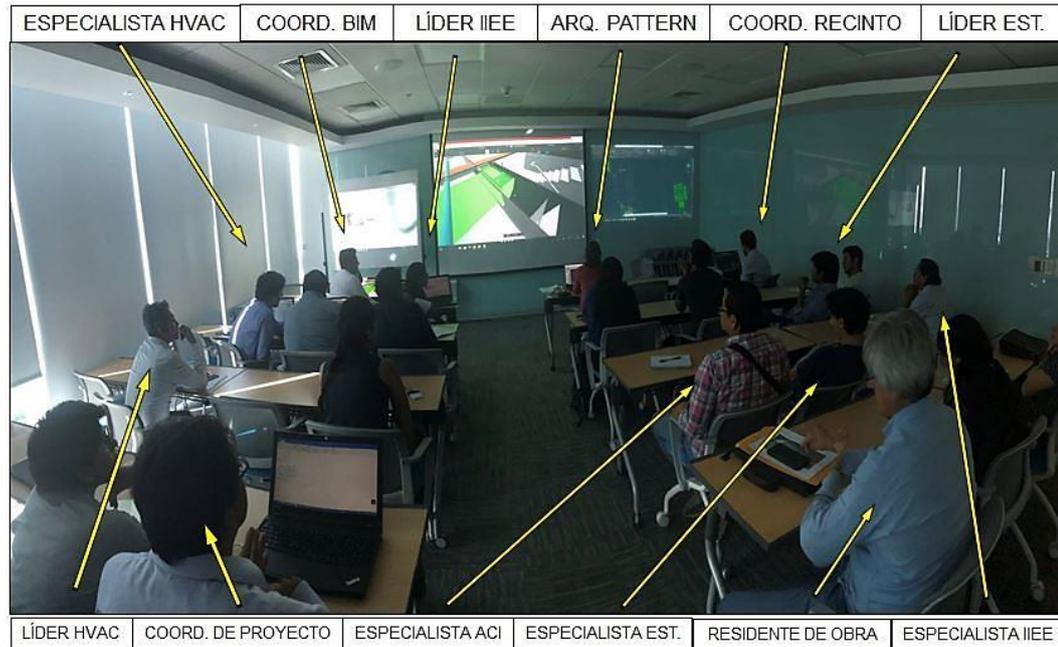


Figura 29: Sesiones ICE de diseño involucrando al personal de obra
(Fuente: Cosapi)

4.3.3 Métricas

Los indicadores de progreso o métricas, de la etapa de diseño, sirvió como herramienta de control de la implementación BIM que se le iba a dar al proyecto. Como métricas más importantes generadas semana a semana fueron con respecto al modelo o proceso de modelado, y al proceso de coordinación o colaboración.

Estas métricas fueron elaboradas cada semana para ser evaluadas antes y después de las sesiones ICE. El objetivo de esto fue informar en las sesiones ICE los reportes de participación de los involucrados, y exhortar a ellos mismos a utilizar las herramientas de comunicación dadas (Revizto y BIM 360 Team) con el fin de optimizar el proceso colaborativo del Proyecto.

Como se mencionó líneas arriba, las métricas fueron categorizadas en función al proceso de modelado y al proceso de colaboración. En cuanto a las métricas con respecto al proceso de modelado se tuvieron aquellas que midieron la calidad del modelo. Es decir que cumplieron con los lineamientos, estándares y/o criterios dados por el Área BIM de Cosapi (ver Figura 30).

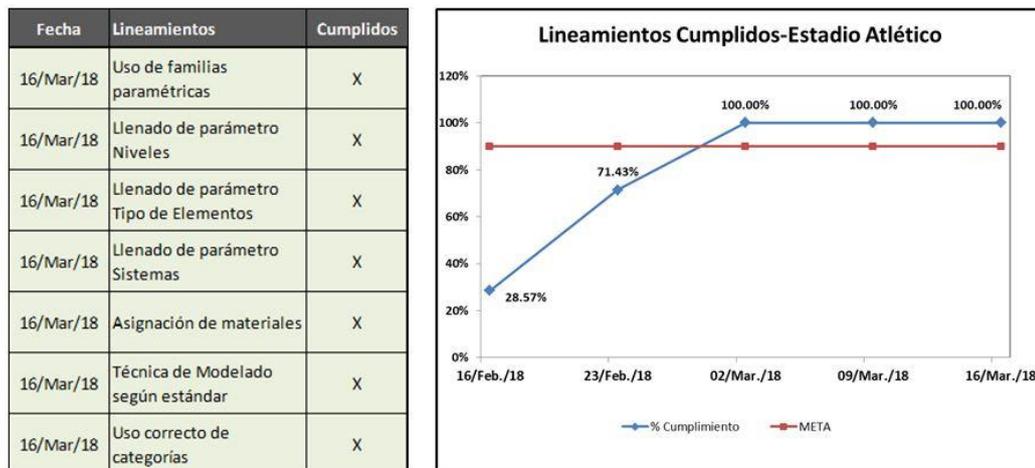


Figura 30: Indicadores de desempeño o métricas del cumplimiento de la calidad del modelado
(Fuente: Cosapi)

Las métricas en cuanto a proceso de coordinación son aquellas que miden el nivel de participación de los involucrados en la etapa de diseño. Uno de estos indicadores utilizados fue la disposición a respuesta de los subcontratistas de diseño. En un inicio los proyectistas no utilizaban de manera habitual el Revizto como canal de comunicación para resolver las incompatibilidades que se les asignaban, trabajando aun de la manera tradicional con la utilización de los correos. En la Figura 31 se muestra como el porcentaje de resolución de incidencias era muy baja (63% en promedio de todos los Recintos). Esto fue cambiando a medida que los mismos proyectistas se familiarizaban y comprendían la ventaja de trabajar de manera colaborativa a través del Revizto. La evolución de dicha disposición a las respuestas se ve en la Figura 32, donde ya para la entrega del “IFC” se tuvo una resolución del 85% en promedio de todos los recintos. Muchas de las incidencias fueron dejadas a la etapa de construcción para su resolución, por lo que en la etapa de diseño no se alcanzó el total del 100 por ciento de soluciones a las incidencias. Otro motivo por el cual no se llegó a un cien por ciento fue que muchas de las incidencias fueron desestimados ya que los cambio hechos en algunos de ellos involucraban inherentemente a otras incompatibilidades.

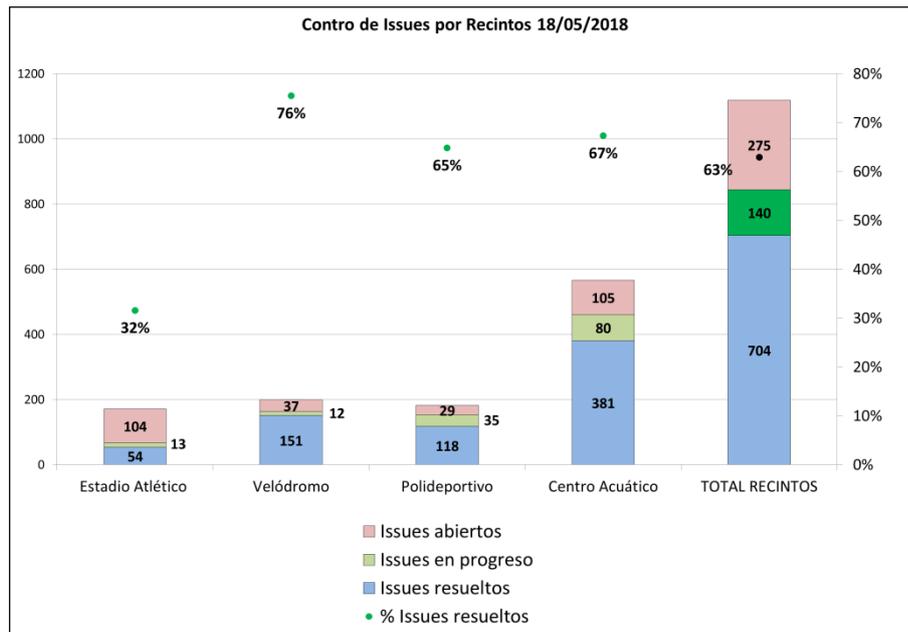


Figura 31: Porcentaje de resolución de Incompatibilidades por Recintos
(Fuente: Cosapi)

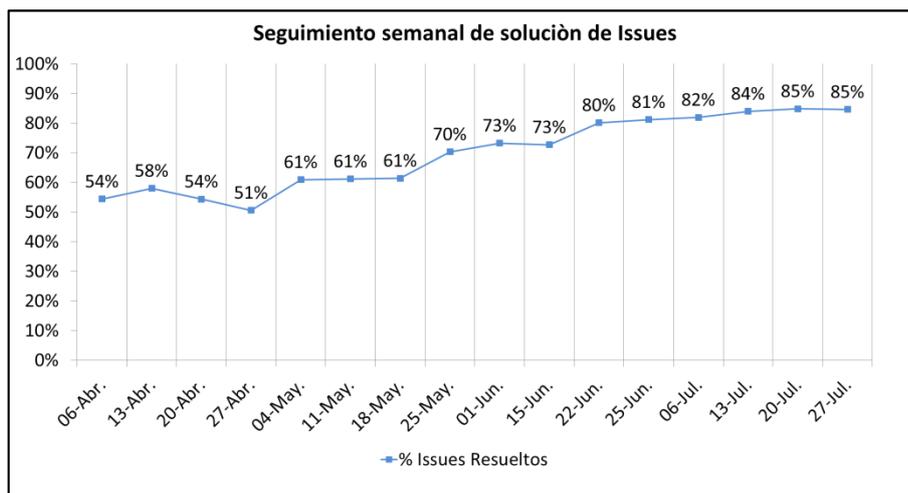


Figura 32: Evolución de la respuesta de los Proyectistas a la resolución de Incompatibilidades
(Fuente: Cosapi)

4.4 ENTREGABLE FINAL DE DISEÑO

Los modelos BIM finales de la etapa de diseño fueron modelos desarrollados con el objetivo de presentar el expediente necesario para iniciar los trabajos de construcción. Los modelos BIM de instalaciones se desarrollaron a un nivel de compatibilización en planta en cuanto a los recorridos de las tuberías, bandejas, ductos y otros. De esta forma se pudo extraer planos exportados de los modelos

BIM con información necesaria para ser enviados a ser cotizada su ejecución en obra.

La compatibilización de los recorridos de las instalaciones en cuanto a las alturas fue una tarea que se delegó al área BIM de obra y no a los consultores externos. Esta labor de compatibilización debió hacerse previo al ingreso de los subcontratistas de instalaciones.

De esta manera se pudo cumplir con los plazos acordados con el cliente para la entrega final del diseño (“IFC”: Información para Construcción).

En las Figuras 33 y 34 se muestra como ejemplo el modelo BIM integrado del Estadio Atlético. En la primera figura se muestra una vista global del Estadio Atlético, la zona de las tribunas, la cobertura del techo con la barrera de viento en la zona sur, y la pista de competencia con los detalles internos aún pendiente de realizar con la información que envió el proveedor al ser asignado durante la etapa de construcción. En la segunda figura se muestra una vista del interior del edificio con el recorrido de las instalaciones donde la compatibilización de éstas quedó pendiente a desarrollarse en la etapa de construcción.

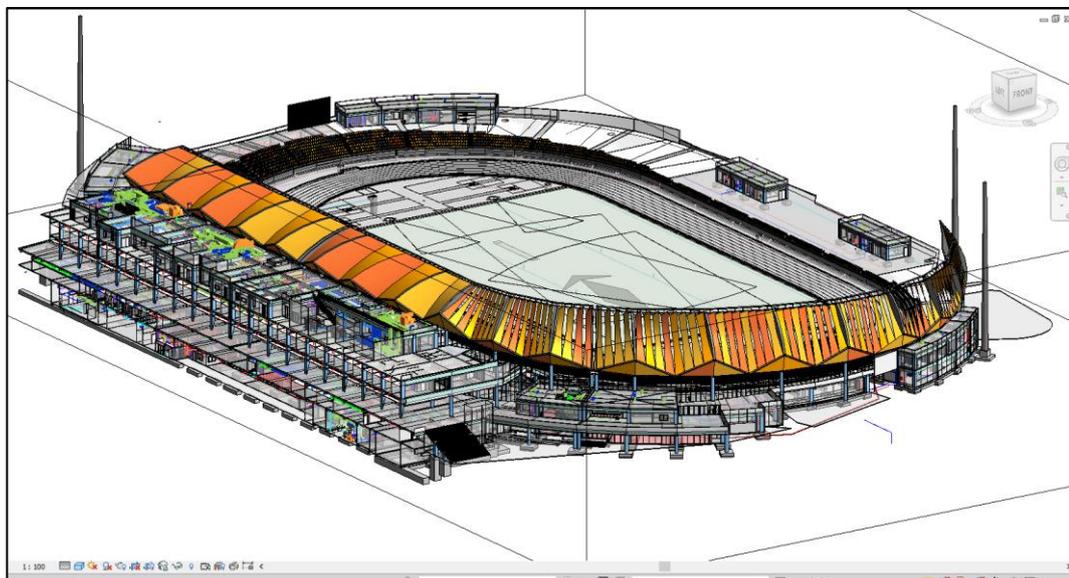


Figura 33: Modelo BIM integrado de Estadio Atlético de la etapa de diseño.

(Fuente: Cosapi)

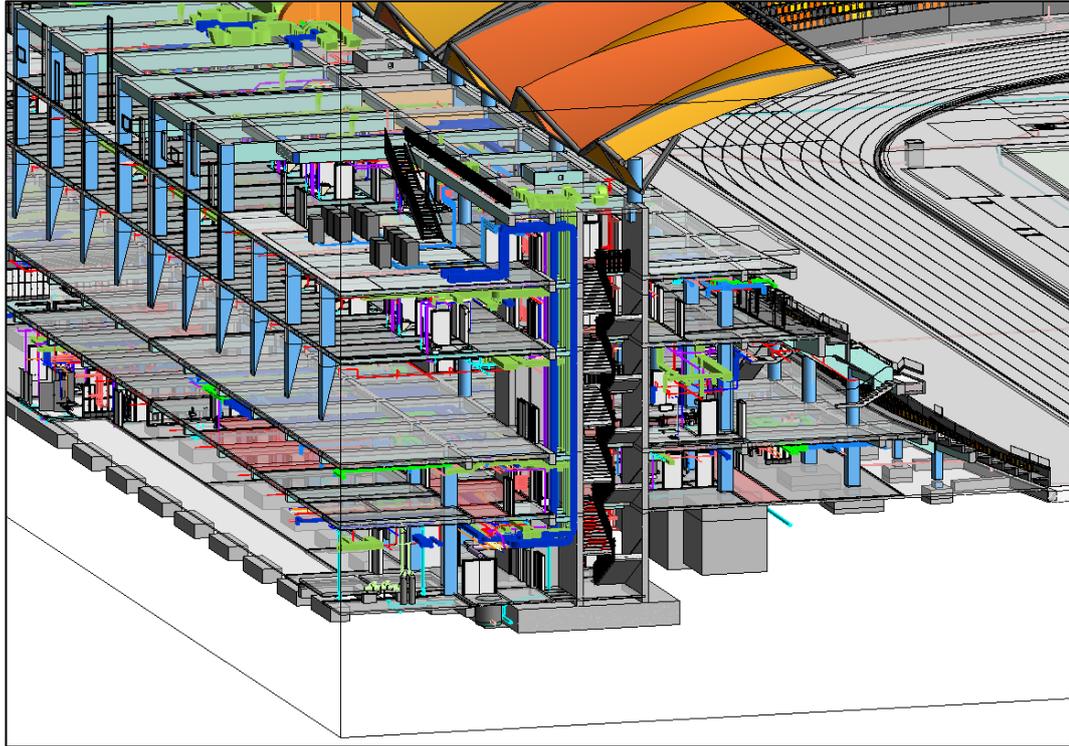


Figura 34: Modelo BIM integrado de Estadio Atlético de la etapa de diseño. Recorrido de instalaciones
(Fuente: Cosapi)

En los Anexo 02 al Anexo 06 se muestran más imágenes de los modelos BIM del Master Plan, Estadio Atlético, Centro Acuático, Velódromo y Polideportivo 3.

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA BIM DEL PROYECTO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

5.1 EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de obra, desde el director del Proyecto, la Gerencia de construcción, el Área de Calidad, Control de Proyecto y supervisión del cliente, se comprometió a continuar la metodología de trabajo seguido de la etapa de diseño. El enfoque colaborativo mostrado por dichas áreas que lideran el proyecto logró que se delegaran mayores responsabilidades al Área BIM como soporte al resto de áreas en la ejecución los trabajos en campo.

La Figura 35 muestra el organigrama general del contratista Principal que se siguió para el proyecto de la Videna.

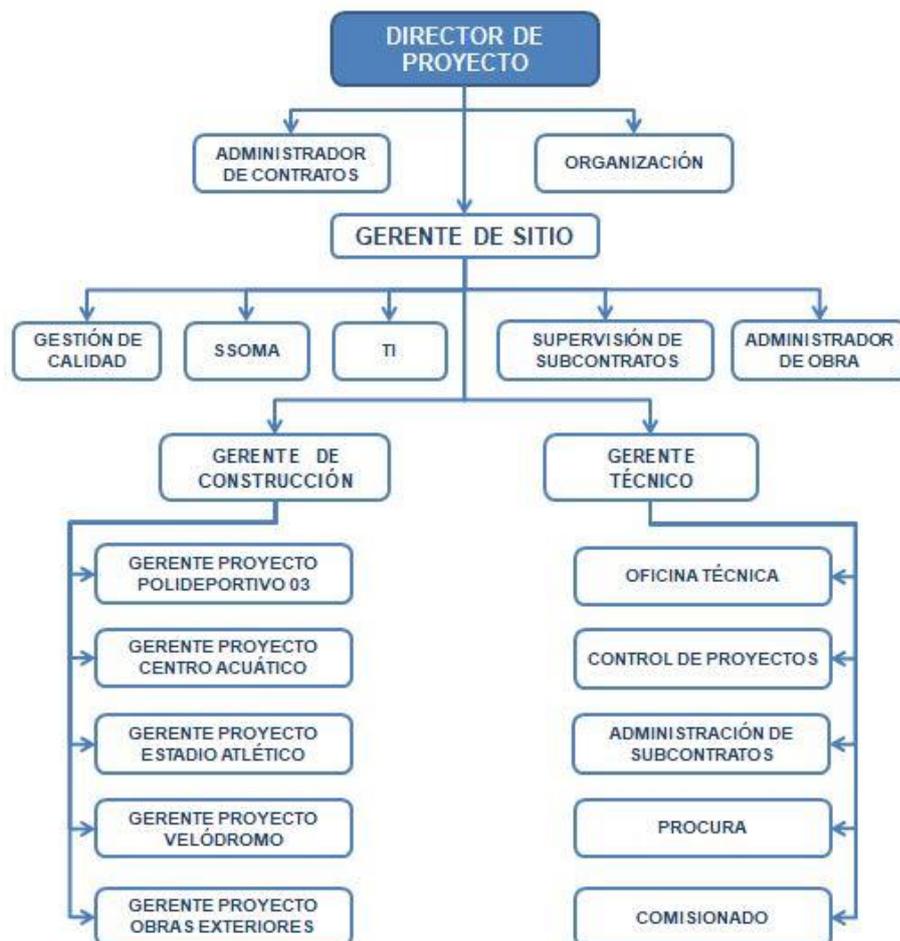


Figura 35: Organigrama general de obra del contratista
(Fuente: Cosapi)

A continuación, se describen algunos de los equipos de trabajo que participaron directamente con el área BIM o contaron con especialistas BIM tanto del contratista principal y/o subcontratistas.

5.1.1 Oficina Técnica

La Oficina Técnica estuvo integrada por la Gerencia de Ingeniería, Presupuestos, Valorizaciones, Control Documentario y el Área BIM (ver Figura 36).

Ingeniería de obra

El área de ingeniería de obra estuvo conformada por profesionales de Arquitectura, Estructura e instalaciones que participaron en la etapa de diseño como líderes de especialidades. Los arquitectos de Pattern que participaron en la etapa de diseño en las oficinas de Cosapi también se incorporaron a OT de obra para seguir con el trabajo de la arquitectura de detalle y dar seguimiento al resto de especialidades.

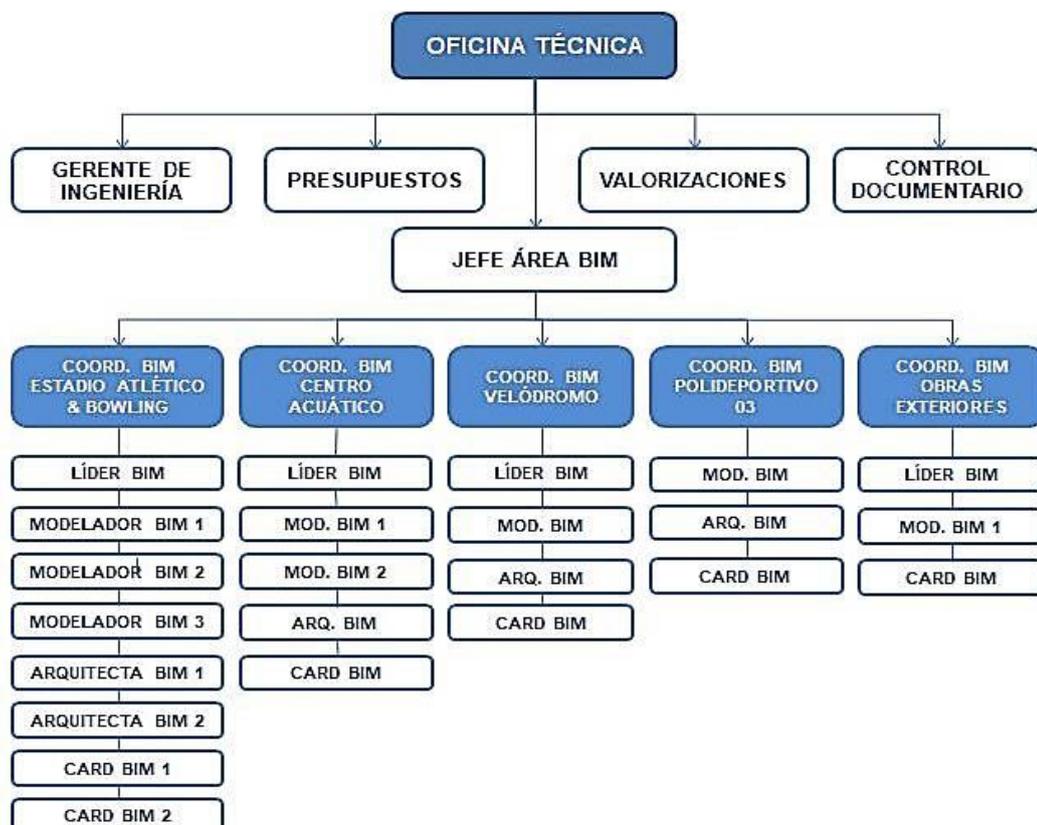


Figura 36: Organigrama de Oficina Técnica de Obra
(Fuente: Cosapi)

Área BIM

El área BIM de obra se instaló desde el inicio de los trabajos de excavaciones de los recintos, contando solo con los coordinadores BIM como apoyo a los jefes de producción de cada recinto. A medida que se terminó de instalar la Oficina Técnica, el área BIM se incorporó a ésta, sumándose el ingreso de modeladores y arquitectos BIM de manera paulatina con el avance de la obra. En la fase de ejecución de instalaciones el área BIM contó con el ingreso de modeladores BIM que se encargaron de la generación de los CARDS de obra y la toma de fotografías 360°. En la Figura 36 también se muestra un esquema de distribución del personal BIM asignado para cada recinto en la etapa de mayor carga laboral.

Control documentario

El área de control documentario se encargó de hacer seguimiento de todos los documentos generados por el área BIM e ingeniería de obra, así como la recepción de los documentos de los subcontratistas de instalaciones. Toda información oficial enviada a campo debió contar el sello de esta área luego de ser firmado por el jefe de Oficina Técnica para que sean aceptados por supervisión de Lima 2019.

5.1.2 Área de Producción

El área de producción estuvo dividida por cada recinto teniendo sus oficinas dentro de las obras en cada recinto. Por las distancias que había entre oficina de producción de cada recinto y Oficina Técnica, se asignó un modelador BIM dentro de la oficina de producción para que el apoyo del modelador fuese más rápido y directo. El soporte brindado por los modeladores fue directamente en los trabajos de campo durante la etapa de estructura (casco). En etapa de acabados e instalaciones el soporte se desarrolló directamente desde OT, como se detallará más adelante.

5.1.3 Subcontratistas de instalaciones

Siguiendo la metodología BIM en obra, las empresas subcontratistas designadas debieron contar con especialista o especialistas BIM para la ejecución de los trabajos en campo, que por lo general fueron aquellas que tuvieron mayor impacto en el proyecto.

Entre estas empresas subcontratistas existieron tanto nacionales como extranjeras. De las empresas nacionales a las que les fue obligatorio trabajar con

los modelos no todos tuvieron experiencia en la metodología BIM. Por lo general los subcontratistas extranjeros estuvieron más familiarizados con la metodología BIM. Algunos de ellos trabajaron con modelos de equipos propios; tal es el caso de la empresa instaladora de las piscinas del Centro Acuático, de nacionalidad italiana, que contó con todos los modelos BIM de los equipos a instalar, bombas, calentadores, válvulas especiales, etc (ver Figura 37).

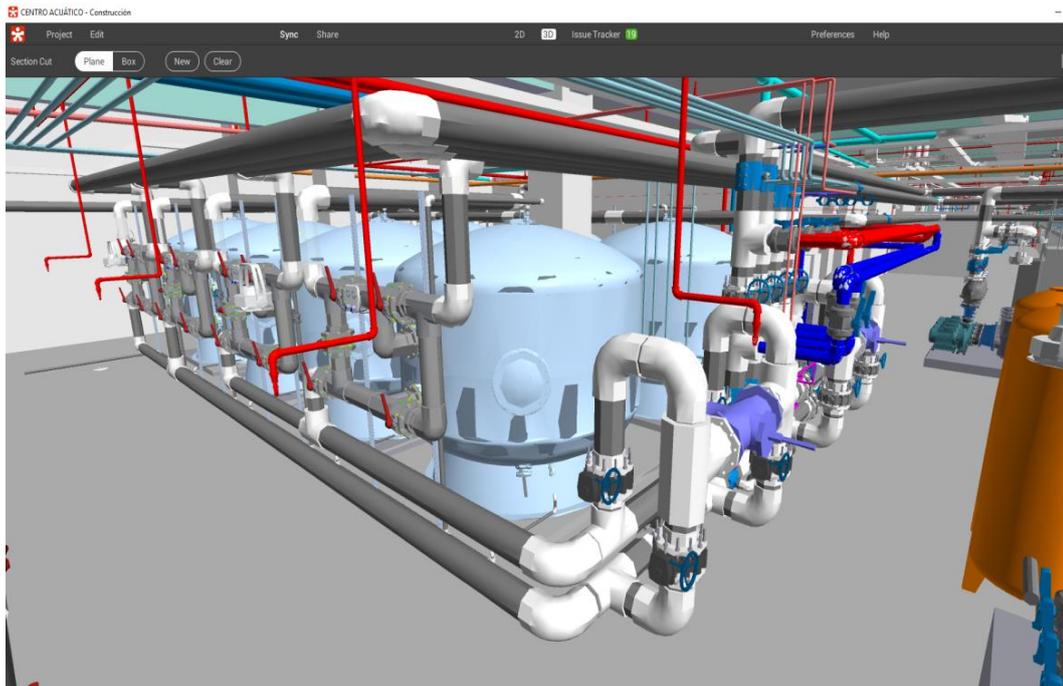


Figura 37: Equipos mecánicos en modelos BIM para el área de las piscinas del Centro Acuático.
(Fuente: Cosapi)

Entre las subcontratas que contaron con especialistas BIM se puede nombrar para las siguientes partidas:

- Asentado de tabiquería
- Instalaciones de Drywall
- Instalaciones Eléctricas
- Instalaciones de Comunicaciones y Data
- Instalaciones de Pozo a Tierra
- Equipamiento de Ducto Barra
- Instalaciones sanitarias
- Instalación de Riego Tecnificado
- Instalación de HVAC

- Instalación de Agua Contra Incendio
- Equipamiento de Piscinas
- Equipamiento de equipos de Bowling
- Instalación de Estructura metálica (Techo de Estadio Atlético, Techo del Centro Acuático, Techo del velódromo)
- Instalación de pantalla de viento (Estadio Atlético)
- Equipamiento de Iluminación deportiva
- Equipamiento de Pista de Competencia (Estadio Atlético)

5.1.3 Supervisión Lima 2019

La supervisión del proyecto por parte del cliente fue el área encargada de dar las aprobaciones de los trabajos de campo. Los planos generados por el área BIM y por los subcontratistas fueron revisados por supervisión dándole la aprobación u observaciones en algunos casos. La supervisión también fue invitada a la revisión de los modelos integrados colgados en el Revizto (Software de coordinación) siendo un partícipe importante para el seguimiento del levantamiento de las incidencias.

La supervisión de Lima 2019 trabajó de manera colaborativa durante las sesiones ICE de obra contando con ingenieros especialistas de todas las disciplinas del proyecto. El área de supervisión no contó con especialistas BIM en obra, pero trabajó de manera directa con el área BIM de OT como soporte para la visualización de los modelos y la aplicación de la metodología BIM en obra.

5.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO. PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE CONSTRUCCIÓN

Durante la etapa de construcción, también se elaboró un documento en el cual se describió el plan a seguir con la metodología BIM. El plan de ejecución BIM para este caso incluyó las coordinaciones con las demás áreas como Producción, Planeamiento, Control de proyecto y los trabajos en conjunto con subcontratistas de instalaciones, el alcance, los flujos, y los entregables.

5.2.1 Alcances BIM

Dentro de los alcances que se planteó por el Área BIM tenemos:

- Integrar y gestionar la información desarrollada por los equipos de Diseño y Construcción.

- Brindar información integrada, precisa y confiable al Área de Producción basada en los modelos BIM para garantizar un flujo constante durante la ejecución de obra.
- Evitar sobrecostos y retrabajos en las partidas dentro del alcance del Área BIM.
- En conjunto con el equipo de Producción, Oficina Técnica y Control de Proyectos, se identifican oportunamente incompatibilidades, se alerta a los principales involucrados y se facilita mediante sesiones ICE la solución a las mismas.
- Asegurar la calidad de la información proporcionada al equipo de obra, validándola mediante el proceso de modelado.
- Apoyar al Área de Control de Proyectos integrando herramientas BIM en sus procesos de gestión, potenciando la coordinación multidisciplinaria mediante la simulación virtual de los procesos constructivos y utilizando herramientas tecnológicas para el control del avance de obra.
- Elevar el nivel de detalle de los modelos provenientes de la etapa de Diseño, incorporando el know-how de los subcontratistas, proveedores y equipo de Construcción Cosapi.

5.2.2 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo desarrollado en la etapa de construcción fue similar al adoptado en la etapa de diseño. Parte del equipo que estuvo en la etapa de diseño se fue incorporando al equipo de obra (Oficina Técnica) al culminar la entrega del Avance-“IFC”. La metodología de trabajo para la etapa de construcción varió en los alcances y objetivos, ya que estos estuvieron más orientados a la ejecución de la obra en campo.

Básicamente el flujo de trabajo mostrado en la Figura 38 se desarrolló para la etapa de ejecución del casco estructural ya que el contratista general, Cosapi, era quien ejecutó dicha partida, con la inclusión de algunos subcontratistas que por el avance de la obra se fueron ingresando antes que el resto de los demás subcontratistas.

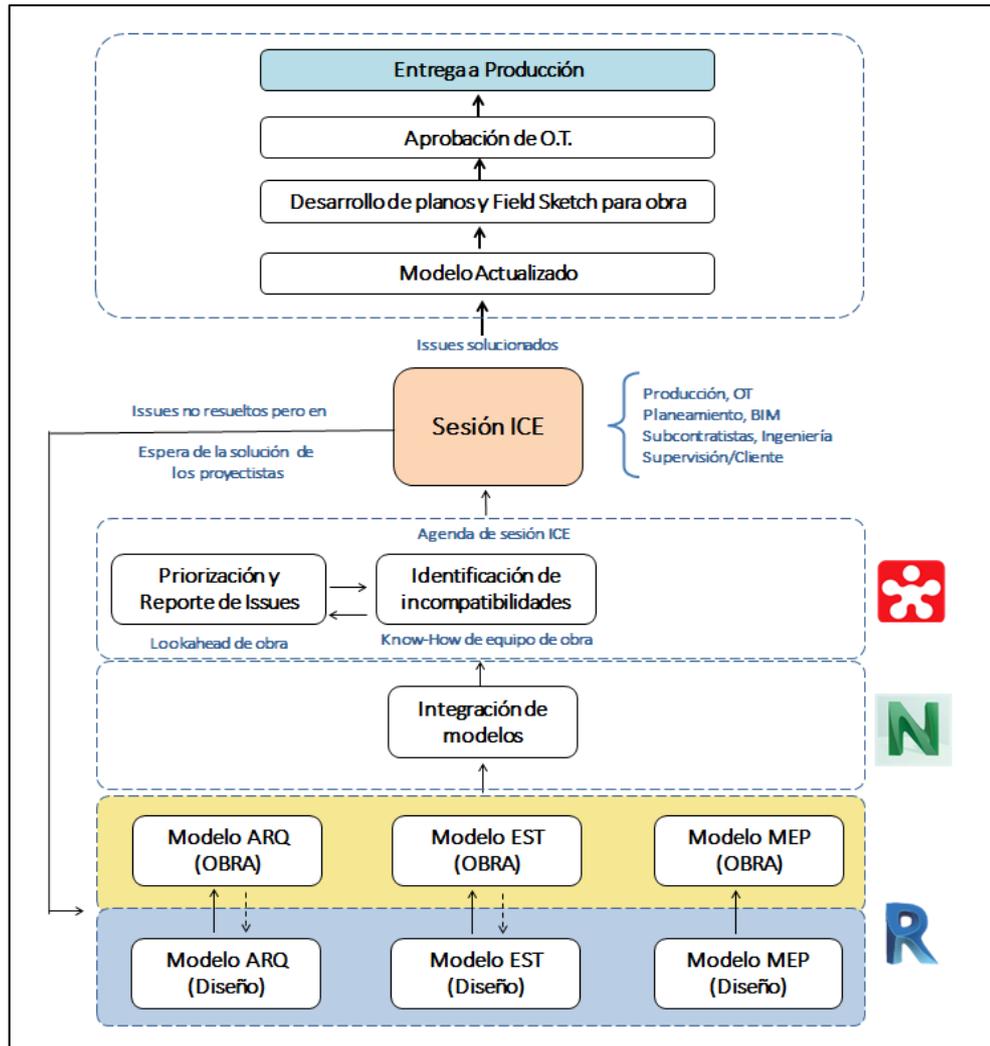


Figura 38: Esquema de Flujo de trabajo bajo la metodología BIM para la etapa de construcción del Casco Estructural.
(Fuente: Cosapi)

Modelos BIM de obra

Los modelos entregados de la etapa de diseño fueron transferidos al área BIM de obra con la finalidad de aumentar el nivel de detalle de estos modelos. Es decir, se añadieron parámetros adicionales a los elementos para ser llenados con información de obra (sectores, frentes, lotes de producción, fecha programada de ejecución, fecha real de ejecución, etc).

Los modelos BIM, en especial los de estructuras se adaptaron al proceso constructivo a seguir. Un ejemplo fue el cambio del tipo de losa para el techo del estacionamiento, ubicado debajo de la pista atlética de calentamiento. En la etapa de diseño este techo fue concebido como una losa estructural maciza soportada por vigas de luces aproximadas 8.00 m. Durante la ejecución de obra se cambió

a vigas y losas prefabricadas como respuesta al plazo ajustado para cumplir con el hito de casco estructural. El modelado de las vigas y ménsulas que soporten las vigas se hizo necesario para ayudar en la visualización y corroboración de niveles (cotas) en la ejecución de campo (ver Figuras 39 y 40).

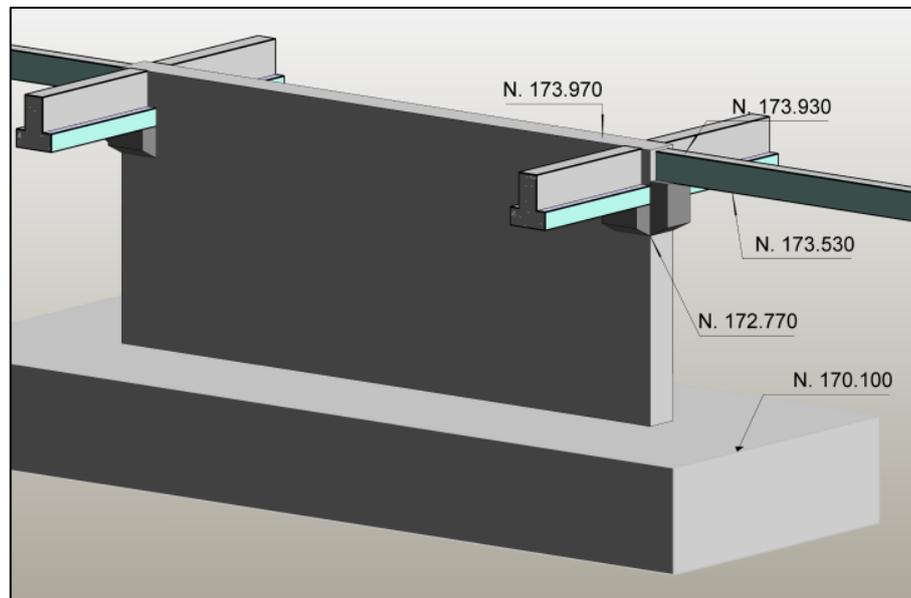


Figura 39: Detalle de Placa estructural del Estacionamiento con especificación de niveles para las ménsulas y vigas prefabricadas.
(Fuente: Cosapi)

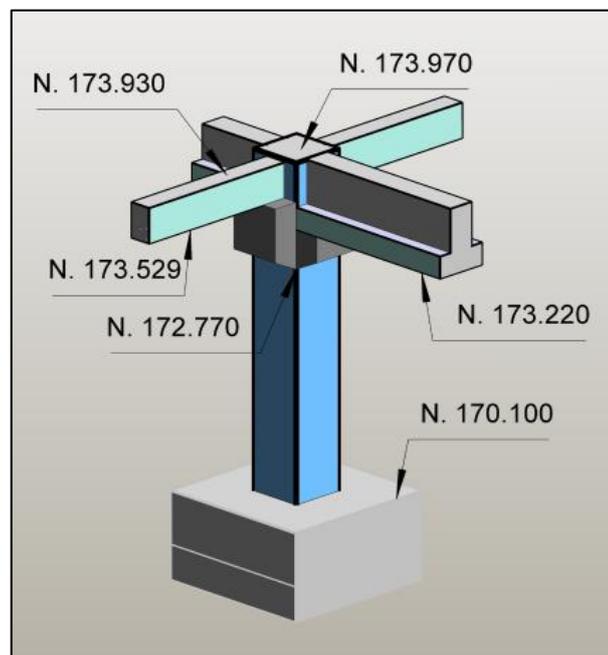


Figura 40: Detalle de columna estructural del Estacionamiento con detalle de niveles para las ménsulas y vigas prefabricadas.
(Fuente: Cosapi)

Integración de los modelos

Se siguió el mismo procedimiento de la etapa de diseño, integrar todos los modelos BIM de las especialidades bajo la plataforma Navisworks. El objetivo de esta transición fue verificar los colores y estándares de los sistemas de instalaciones, elementos estructurales y arquitectónicos para mejorar la visualización y navegación al momento de ser exportado al programa Revizto (ver Figura 41).

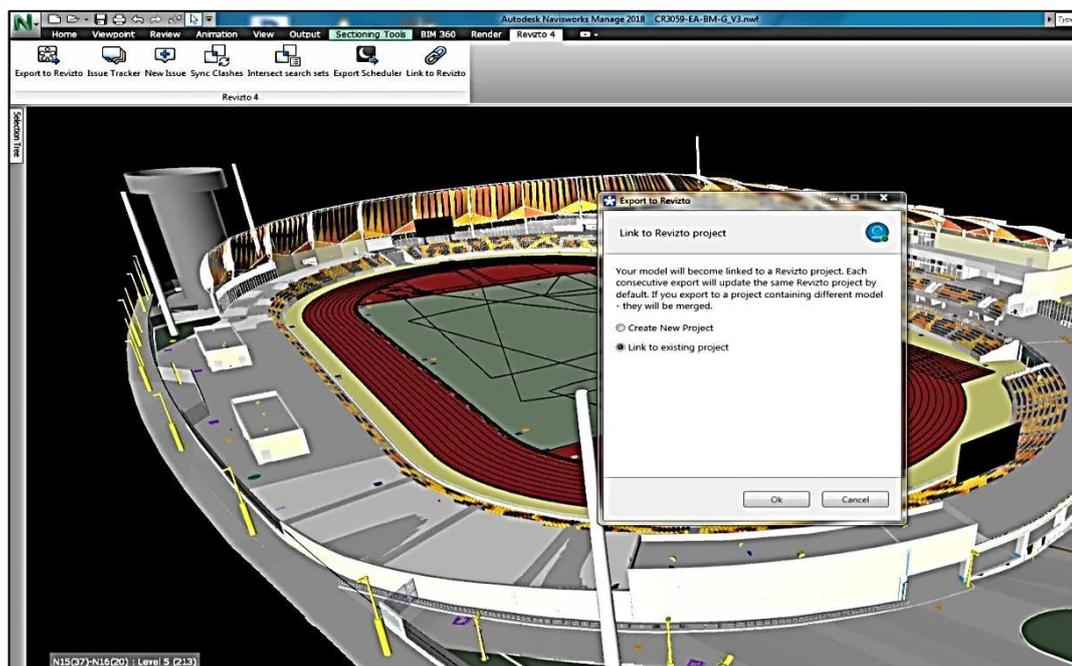


Figura 41: Integración del modelo BIM en Navisworks para ser exportado al Revizto
(Fuente: Cosapi)

Identificación, priorización y reporte de las Incompatibilidades

La revisión de los modelos se dio teniendo en cuenta el proceso constructivo en obra. Se anticipó a las actividades próximas a desarrollarse según el lookahead elaborado por producción con lo cual se optimizaron los recursos humanos para generación y seguimiento de las incompatibilidades y optimizar el proceso de construcción al tener un diseño más claro y libre de deficiencias.

La priorización de las incompatibilidades generadas fue realizada en conjunto con el área de producción, planeamiento y control de proyectos siendo asignados como solucionadores los arquitectos y especialistas de ingeniería de oficina técnica (ver Figura 42).

De la plataforma Revizto se obtuvo los reportes de Incompatibilidades para emitir informes y generar métricas. Con esta información (Incompatibilidades más impactantes) se armaron las agendas para las sesiones ICE de construcción.

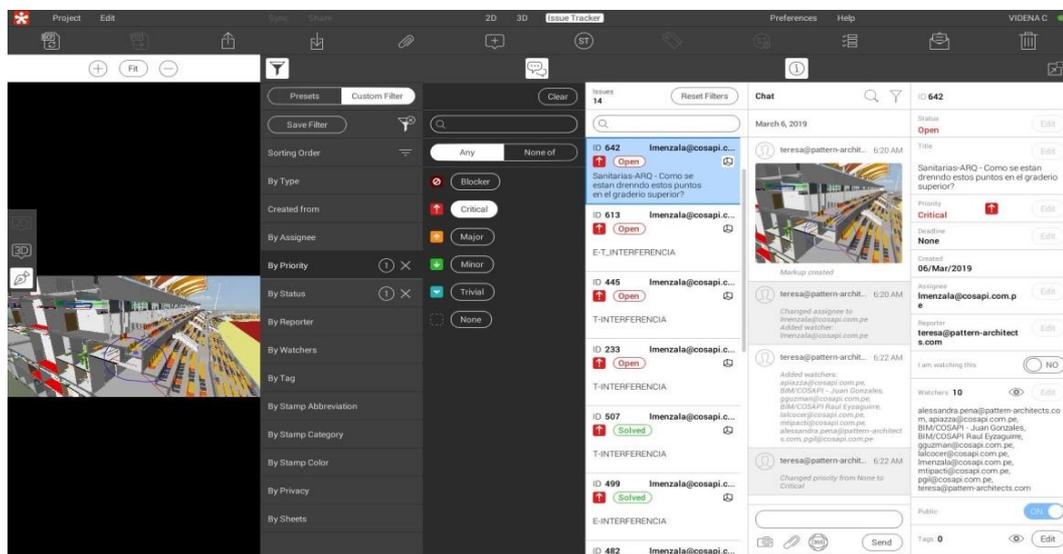


Figura 42: Priorización de las incompatibilidades en la plataforma Revizto de acuerdo a su impacto

(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 7)

Sesiones ICE de construcción

Finalizado la etapa de diseño, con la entrega del IFC, las sesiones ICE de construcción se trasladaron a las instalaciones de la obra. Los arquitectos y especialistas de Ingeniería se sumaron a oficina técnica (OT), junto con la participación del área de producción, planeamiento, control de proyectos y supervisión. Fue así que las sesiones ICE se desarrollaron de manera más efectiva a absolver las consultas más prioritarias e impactantes para la ejecución del proyecto.

En las Figura 43 y 44 se pueden apreciar estas sesiones colaborativas donde la resolución de las incidencias de mayor importancia demandó la participación de varias o todas las especialidades. Con esto, el tiempo de respuesta de las soluciones se acortó de manera considerable.

Las soluciones de aquellas incidencias de menor relevancia fueron resueltas de manera directa a través del Revizto y no en las sesiones ICE ya que no fue necesario la participación de todas las especialidades.

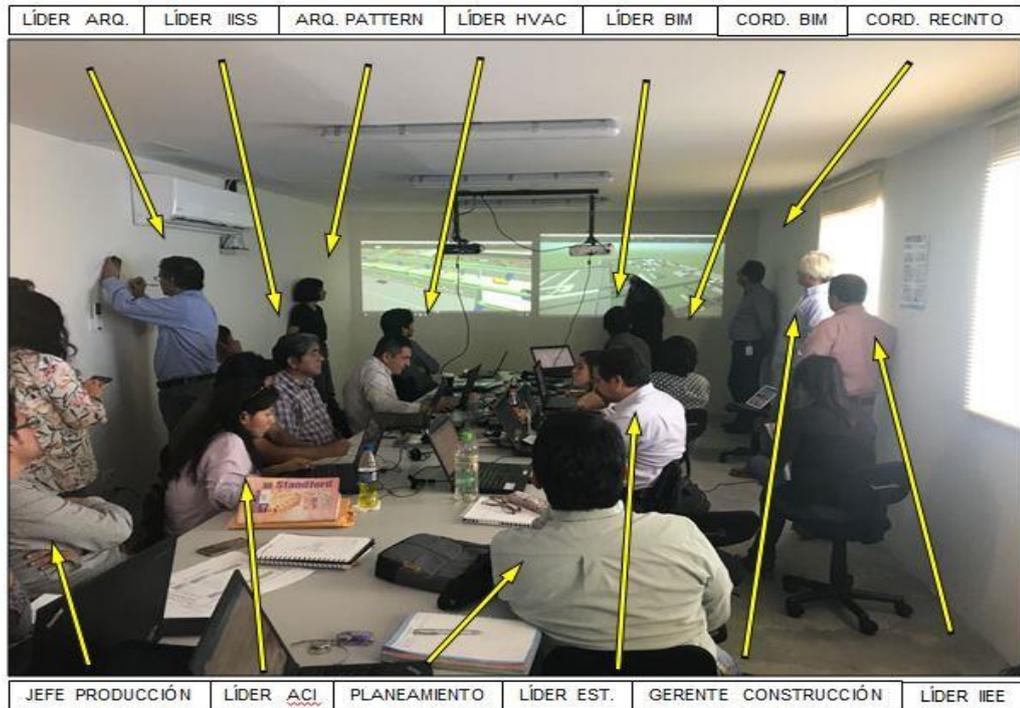


Figura 43: Sesión ICE de Construcción del Centro Acuático, con la participación de los Ingenieros y Arquitectos de Diseño.

(Fuente: Cosapi)

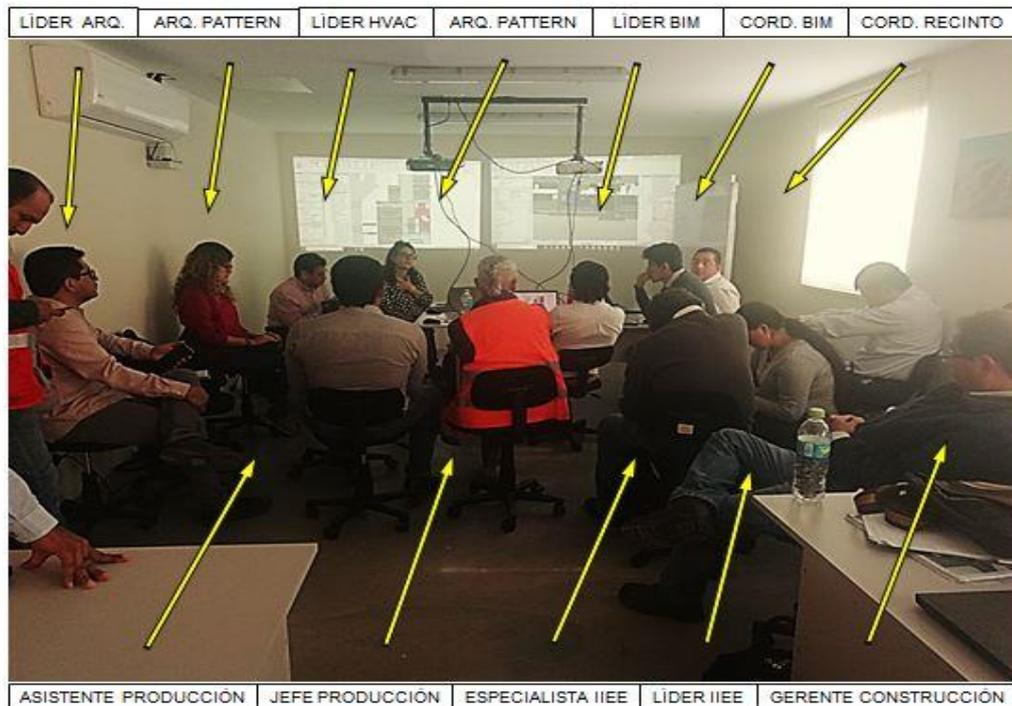


Figura 44: Sesión ICE de Construcción del Estadio Atlético, con la participación de los Ingenieros y Arquitectos de Diseño.

(Fuente: Cosapi)

Actualización del modelo y generación de planos de obra (Field Sketch)

De las soluciones obtenidas en las sesiones ICE, ya sea de forma inmediata o posterior respuesta, los modelos se actualizaban revisando que las incidencias sean levantadas. Con esta información se generaban planos de obras o Field Sketch extraídos directamente del modelo. Los Field Sketch fueron revisados y aprobados por los especialistas de ingeniería y el jefe de Oficina técnica para su envío a campo.

Por lo general los Field Sketch fueron planos con información de pases estructurales para instalaciones, cortes y elevaciones adicionales para mejor entendimiento del diseño (ver Figuras 45 y 46). Estos planos fueron obtenidos directamente los modelos BIM y a través del software Revit, en plantillas acondicionadas semejantes a un plano de AutoCAD.

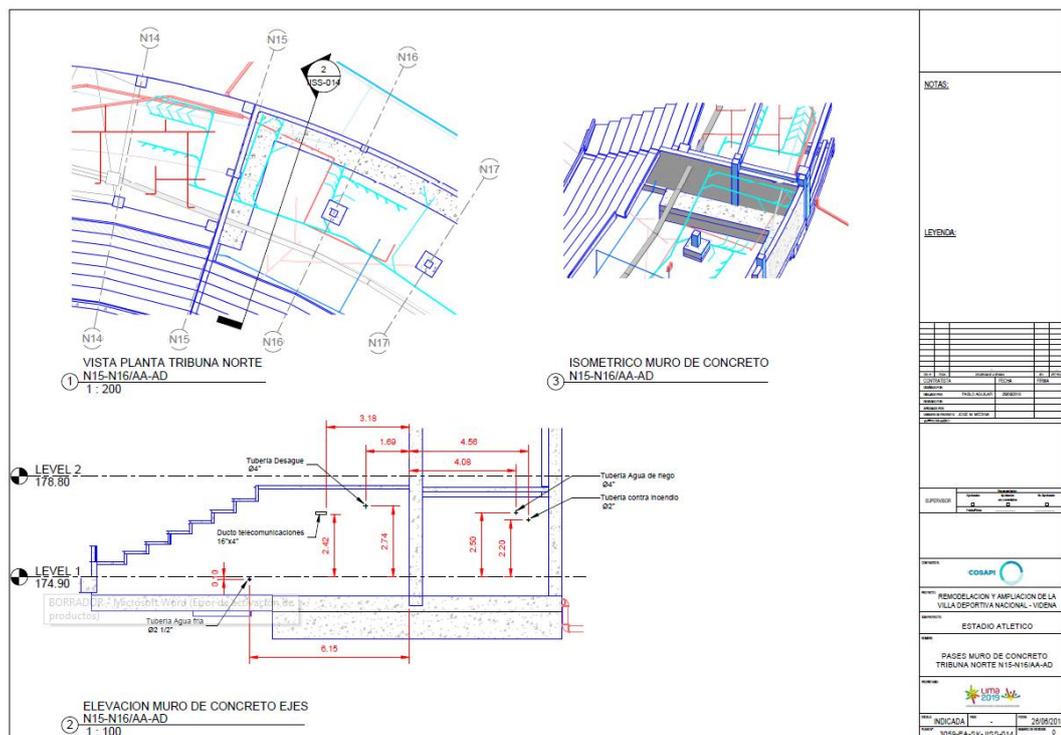


Figura 45: Modelo de Field Sketch desarrollado por el Área BIM de OT para ubicación de pases estructurales para tuberías Sanitarias (Fuente: Cosapi. Ver Anexo 8a)



Figura 47: Capacitación de la metodología BIM a los subcontratistas de instalaciones.
(Fuente: Cosapi)

5.3.2 Flujo de trabajo MEP

La coordinación con los subcontratistas de instalaciones fue un trabajo en paralelo a las coordinaciones con producción (en los trabajos del casco estructural) y arquitectura. Es por eso que se desarrolló un esquema adicional con los flujos de trabajos a seguir con los subcontratistas de instalaciones muy similares al que ya se tuvo para la coordinación interna con producción (ver Figura 48).

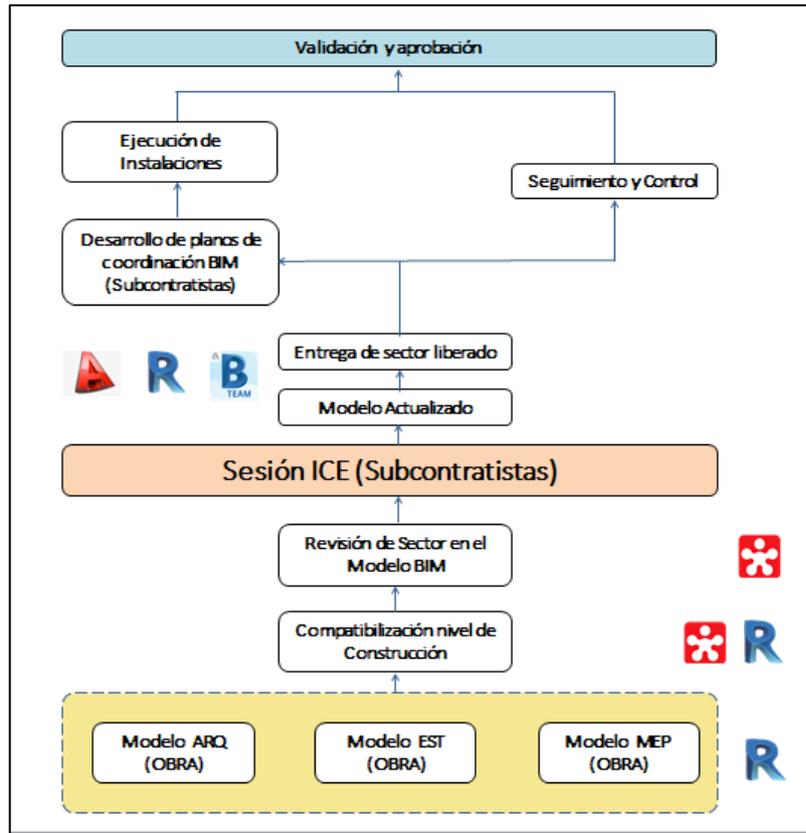


Figura 48: Esquema de Flujo de trabajo según la metodología BIM para la coordinación con los subcontratistas de Instalaciones
(Fuente: Cosapi)

Modelos BIM de instalaciones de obra

El trabajo de coordinación con los subcontratistas se inició con la invitación a la plataforma Revizto, donde el modelo integrado se encontró sectorizado de acuerdo a la programación hecha por producción y el subcontratista (ver Figura 49). El avance progresivo de acuerdo a los sectores permitió la mejor revisión por parte de todos los involucrados y la liberación de cada sector.

Con la liberación de los sectores, los modelos BIM se fueron actualizando y cargando en la plataforma BIM 360, a través de paquetes por sectores, para ser compartidos con cada subcontrata, responsabilidad que estuvo a cargo de los coordinadores BIM de cada recinto (ver Figura 50). Cada subcontratista se hizo cargo del modelo de Estructuras, Arquitectura y la especialidad correspondiente de su alcance para generar los Field Sketch en un modelo nuevo (al cual eran superpuestos o linkeados los modelos BIM de las demás especialidades y que contuvo una plantilla especial para la generación de los Field Sketch) con un

mayor detalle de acotaciones de las instalaciones a ejecutar. Este modelo coordinado fue administrado de forma local por cada subcontratista.

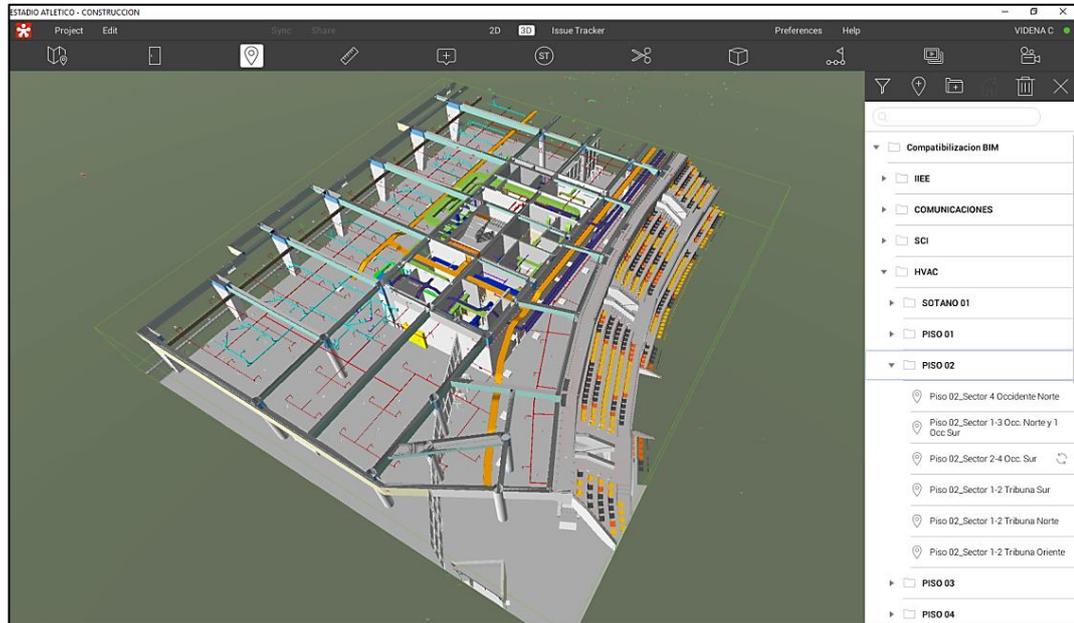


Figura 49: Sectorización del modelo BIM con las instalaciones compatibilizadas para la ejecución en campo
(Fuente: Cosapi)

Equipo VIDENA
02 Estadio Atlético

CONTENIDO PÁGINAS WIKI

O2 Estadio Atlético > O2 Gestión de ...nes > O1 Gestión de ...tas > O2 HVAC - COLD IMPORT

Cargar + Nuevo

Nombre	Propietario	Tipo	Tamaño	Última actual
PAQUETE 03_REV00 28.09.18 SECTOR 4 PISO 01 TRIB. OCC NORTE	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 04_REV00 02.10.18 SECTOR 2-3 PISO 01 TRIB. OCC-NORTE	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 05_REV00 04.10.18 SECTOR 1 PISO 01 TRIBUNA OCCIDENT...	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 06_REV00 06.10.18 SECTOR 1-4 PISO 01 TRIB OCC SUR	Pablo Aguilar Contreras	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 06_REV01 18.10.18 SECTOR 1-4 PISO 01 TRIB OCC SUR	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 07_REV00 12.10.18 PISO 02 SECTOR 4 TRIB OCC NOR	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 08_REV00 15.10.18 PISO 02 SECTOR 1-3 OCC NORTE Y 1 OC...	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 08_REV01 16.10.18 PISO 02 SECTOR 1-3 OCC NORTE Y 1 OC...	Pablo Aguilar Contreras	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 08_REV02 26.10.18 PISO 02 SECTOR 1-3 OCC NORTE Y 1 OC...	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 09_REV00 16.10.18 PISO 02 SECTOR 2-4 OCC SUR	Pablo Aguilar Contreras	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 09_REV01 17.10.18 PISO 02 SECTOR 2-4 OCC SUR	Pablo Aguilar Contreras	Carpeta		Nov 2, 2018
PAQUETE 09_REV02 19.10.18 PISO 02 SECTOR 2-4 OCC SUR	Leonardo Menzala	Carpeta		Nov 2, 2018

Figura 50: Modelos BIM actualizados en la Nube a través de paquetes para los subcontratistas de instalaciones.
(Fuente: Cosapi)

En un inicio los subcontratistas de instalaciones no estuvieron autorizados en hacer modificaciones a los modelos BIM centrales. De encontrarse algún error o sugerencia de nuevo recorrido, esto era consultado al área BIM de OT, dado que el impacto de los cambios podría involucrar a otras especialidades, y de ser así, se modificaron los modelos de las otras especialidades (ver Figura 51). Las modificaciones y actualizaciones se hicieron a los modelos centrales (por parte del área BIM de OT) para nuevamente ser cargados a la plataforma BIM 360 como una versión más actualizada de cada sector.

Ya en etapas posteriores, los subcontratistas pudieron realizar cambios que involucren recorridos dentro de los ambientes, que no afecte otras especialidades. Fue desde ese momento los modelos BIM centrales fueron administrados por los subcontratistas de instalaciones y revisados por el Área BIM de OT.

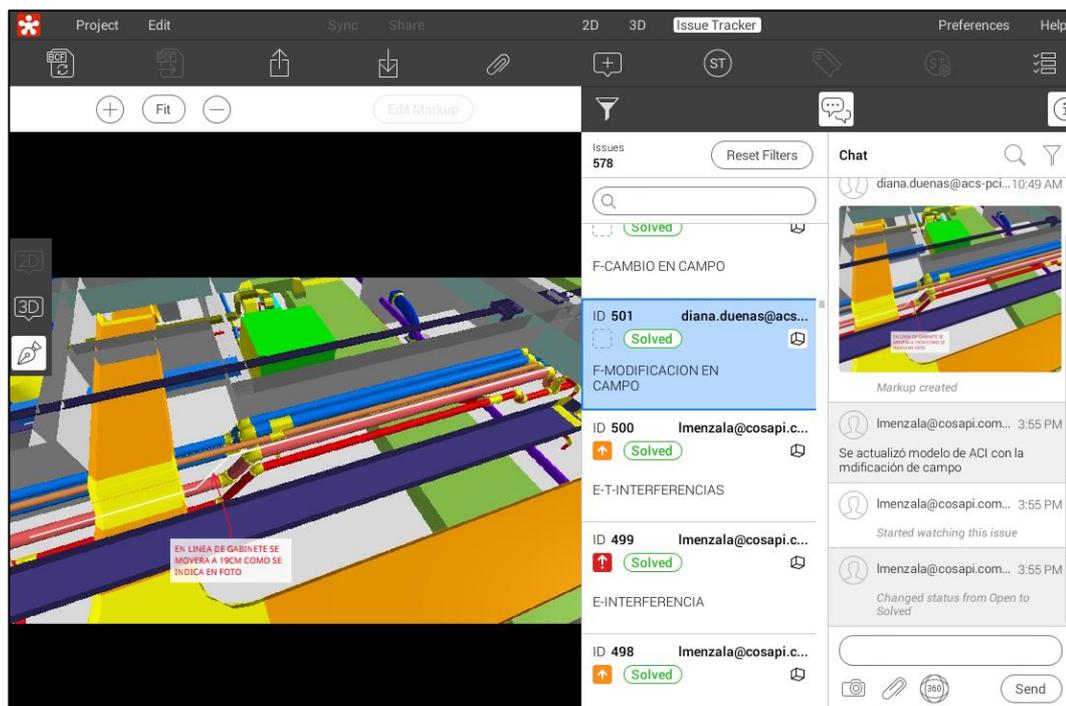


Figura 51: Ejemplo de solicitud hecha por el subcontratista de instalaciones en cuanto al recorrido de la tubería ACI.

(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 9a)

Compatibilización y revisión de los modelos BIM de obra por sectores.

La revisión de los modelos BIM en esta etapa del proyecto se hicieron teniendo en cuenta aspectos constructivos para el montaje de las instalaciones. Consideraciones por ejemplo como la instalación de los colgadores para la

soportaría de las bandejas, tuberías, ductos, etc; brindando una facilidad para su montaje y posterior mantenimiento.

La experiencia de los subcontratistas y la coordinación previa ayudó a evitar retrabajos y conflictos en campo en la mayoría de los casos. En la Figura 46 se muestra un ejemplo de una observación hecha por el especialista BIM de la subcontratista de ACI, que al hacer su revisión encontró la dificultad de instalar la red de rociadores dado a que un ducto de HVAC impedía el anclaje de la tubería al techo (ver Figura 52).

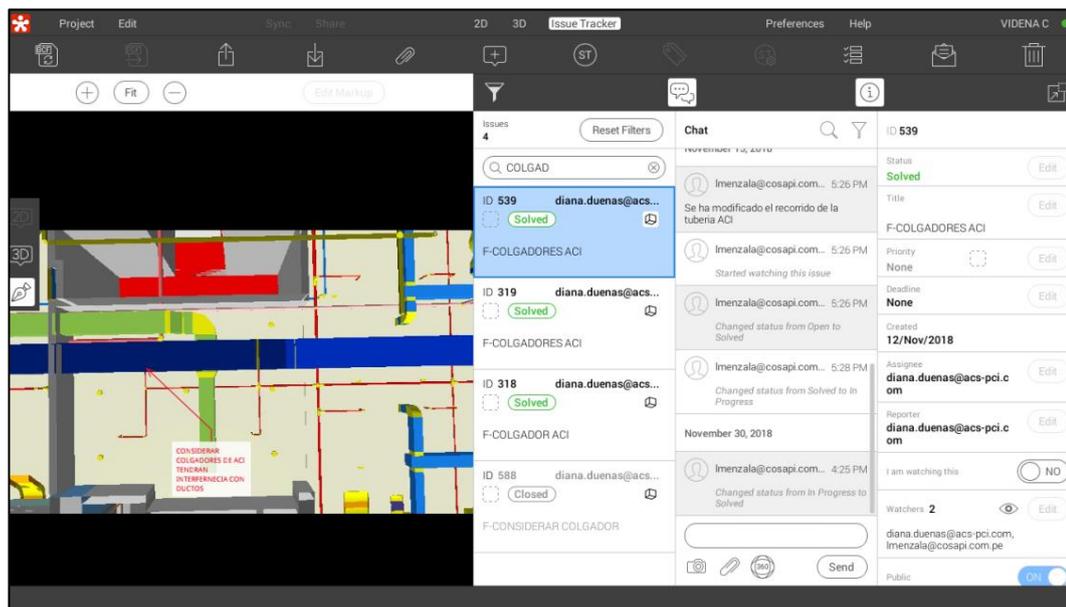


Figura 52: Detección de incompatibilidades por parte de los subcontratistas de Instalaciones (Fuente: Cosapi. Ver Anexo 9b)

La solución en este caso fue modificar el recorrido de la tubería ACI y la coordinación se hizo a través de Revizto.

El uso de la realidad virtual también fue aplicado en esta etapa de revisiones ya que el área contaba con estos equipos que eran utilizados para que especialistas, supervisores, cliente e invitados pudieran navegar el proyecto y tener una comprensión rápida de este.

Antes de proceder a liberar los sectores para los subcontratistas, se aprovechó los lentes de realidad virtual para hacer recorridos finales al modelo. Una perspectiva diferente en un recorrido virtual y tener la sensación de estar inmerso dentro del proyecto ayudó a encontrar algunas incidencias que no fueron detectadas en revisiones previas desde el Revizto (ver Figura 53). El recorrido a través de la realidad virtual también permitía la posibilidad de conocer las

propiedades de los objetos desde el mismo recorrido (a que sistema pertenecen, diámetro o dimensiones de tuberías, etc). Una vez terminada estas revisiones los sectores se consideraban totalmente liberados y entregados a los subcontratistas.



Figura 53: Revisión de los modelos BIM con el uso de la Realidad Virtual
(Fuente: Cosapi)

Sesiones ICE.

Los especialistas BIM de los subcontratistas también fueron invitados a las sesiones ICE que se realizó con todos los involucrados del proyecto. En estas reuniones la participación fue mínima ya que la mayoría de incidencias era absuelta a través del Revizto.

5.3.3 Elaboración de los “Field Sketch”

De los modelos actualizados, y obviamente compatibilizados, los especialistas BIM de las subcontratas generaron planos de campo llamados “Field Sketch” que estuvieron sectorizados de acuerdo a la programación de obra. Los Field Sketch son planos de plantas, cortes elevaciones y detalles extraídos directamente de las vistas del modelo, con las instalaciones debidamente acotado en planta y altura para que esta información pueda ser entregada al operario responsable en

ejecutar los trabajos (ver Figura 54). Estos planos de campo también fueron elaborados directamente en el software Revit con las plantillas proporcionadas por el Área BIM de OT

Los Field Sketch generados fueron revisados por el Área BIM de OT para verificar que los recorridos mostrados no hayan sido alterados de acuerdo a los modelos entregados (liberados por sectores). Posterior a esta revisión, los Field Sketch fueron aprobados por el área de ingeniería y el jefe de OT. Solo así los Field Sketch podrían ser elevados a campo a través de control documentario.

Los Field Sketch también fueron requisito indispensable para validar los trabajos por parte de la supervisión del cliente al término de las partidas, ya que contractualmente se necesitaron estos planos con más detalles (cotas, dimensiones) para superar los planos del “IFC” con información desactualizada.



Figura 54: Entrega de los Field Sketch a los operarios de los subcontratistas de instalaciones
(Fuente: Cosapi)

En las imágenes siguientes se muestran ejemplos de los Field Sketch elaborados por los subcontratistas, siendo trabajados por sectores (ver Figura 55), extrayendo cortes fácilmente (ver Figura 56) y en casos como instalaciones sanitarias, mostrar un plano más detallado para la instalación de puntos de desagües y ventilación (ver Figura 57).

El beneficio obtenido en el proyecto fue proporcionar información confiable que aumentase la productividad en la ejecución de las instalaciones al evitar retrabajos por temas de interferencia.

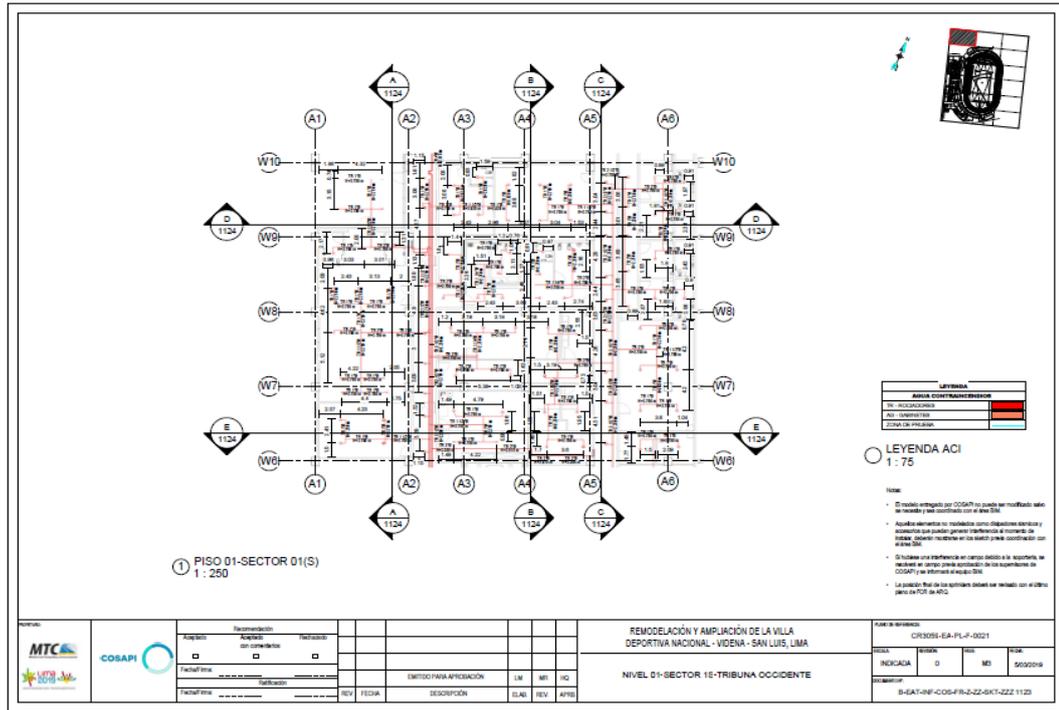


Figura 55: Field Sketch elaborado por el subcontratista de Agua Contraincendio según sector de trabajo a través del Modelo BIM
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 10a)

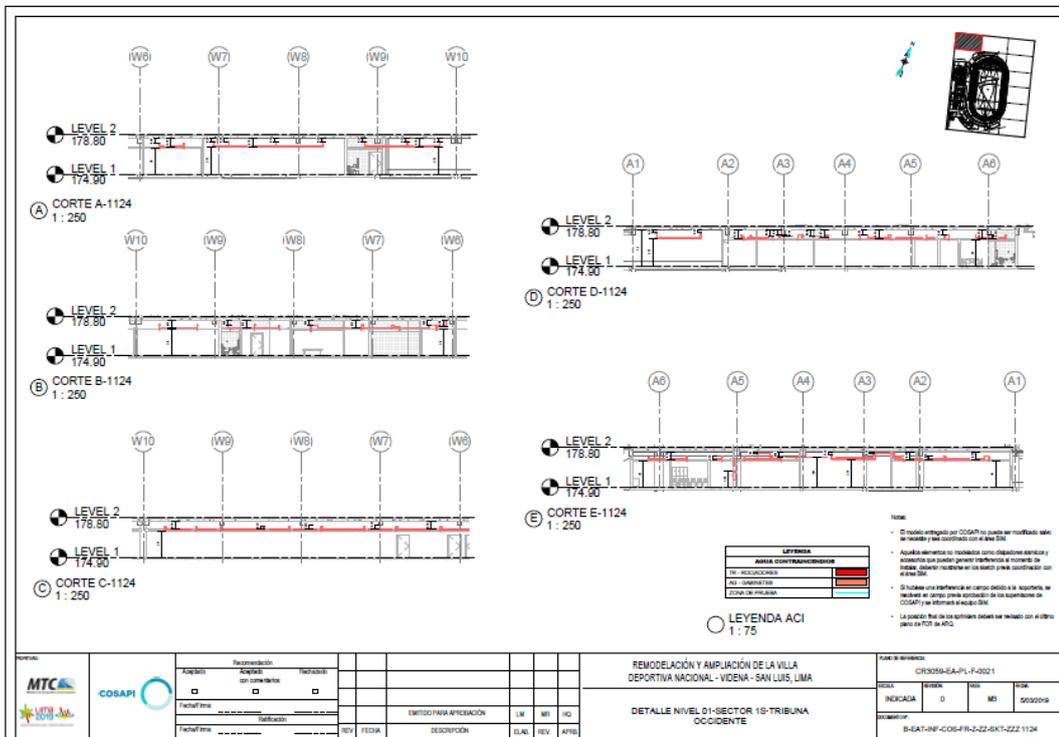


Figura 56: Cortes del sector de trabajo con cotas y dimensiones que facilitan la instacion de las tuberías
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 10b)

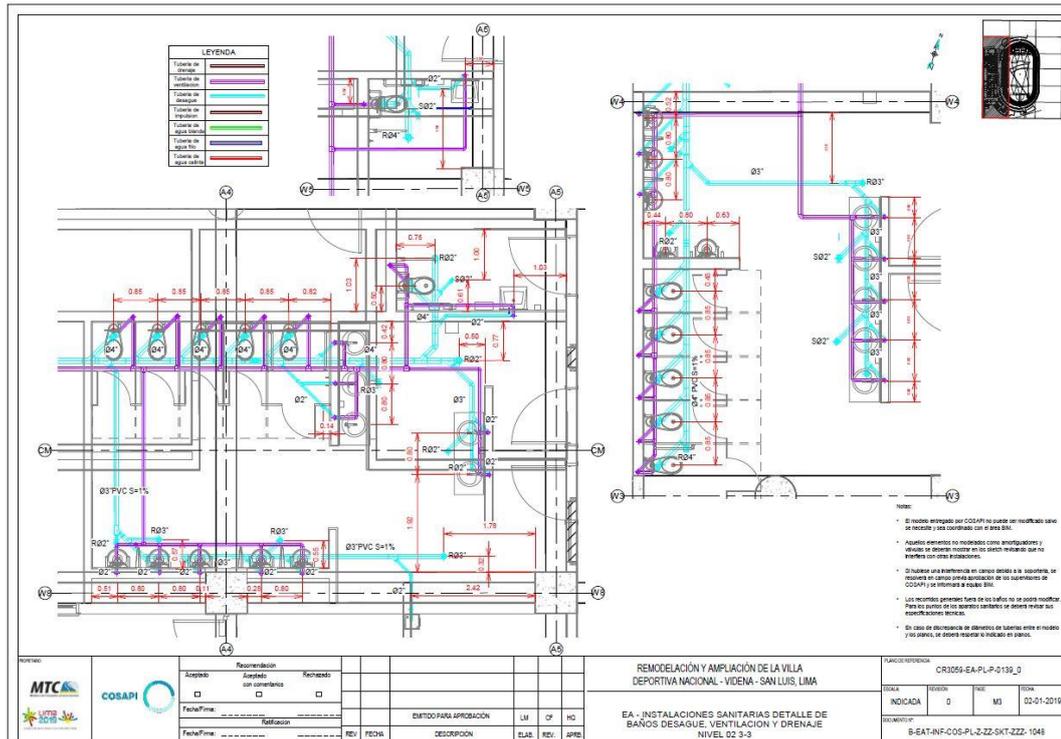


Figura 57: Field Sketch generado por el subcontratista de Instalaciones Sanitarias a través del Modelo BIM
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 10c)

5.3.4 Elaboración de planos As Built

La ejecución de los trabajos de los subcontratistas de instalaciones en campo fueron supervisados por el Área BIM. La correcta instalación se verificó con el modelo central en recorridos de campo apoyados en herramientas como IPADS donde se comparaba el modelo virtual con lo real construido. De no haber diferencias y estar tal cual el modelo, los trabajos de campo fueron considerados validos (ver Figura 58). De encontrarse diferencias de las instalaciones con respecto al modelo, se hicieron las observaciones al subcontratista responsable. Las modificaciones hechas a los recorridos fueron analizadas para verificar que no existiesen interferencias con otras especialidades. En los casos en que se verificó que no existieron interferencias con otras especialidades, se aprobaron los trabajos del subcontratista solicitando se modifique el modelo BIM y fuese compartido al área BIM de OT para actualizar el modelo central (ver Figura 59).



Figura 58: Seguimiento de colocación de las instalaciones por parte de los subcontratistas. No existe observaciones con los recorridos (Fuente: Cosapi)



Figura 59: Observacione hecha al recorrido de las instalaciones colocadas en campo. Se debe actualizar el modelo As Built. (Fuente: Cosapi)

LEYENDA	
	CAMBIO DE UBICACION DE ROCIADORES. ESPECIFICADO EN SKETCH: B-EAT-INF-COS-FR-Z-ZZ-SKT-ZZZ 1126
	CAMBIO DE RECORRIDO DE TUBERIA ESPECIFICADO EN SKETCH: B-EAT-INF-COS-FR-Z-ZZ-SKT-ZZZ 1126
	CAMBIOS REALIZADOS EN OBRA
	CAMBIO TIPO DE ROCIADOR. ESPECIFICADO EN SKETCH: B-EAT-INF-COS-FR-Z-ZZ-SKT-ZZZ 1126
	CAMBIO DE UBICACION DE ROCIADORES. ESPECIFICADO EN SKETCH: B-EAT-INF-COS-FR-Z-ZZ-SKT-ZZZ 1138
	CAMBIO DE RECORRIDO DE TUBERIA ESPECIFICADO EN SKETCH: B-EAT-INF-COS-FR-Z-ZZ-SKT-ZZZ 1126

Figura 61: Anotación de los cambios hechos en el plano As Built según los Field Sketch de los subcontratistas de instalaciones
(Fuente: Cosapi)

5.4 APLICACIÓN Y USOS DEL BIM REALIZADOS EN OBRA

Para la ejecución del proyecto de la Videna, el involucramiento de la mayoría de las áreas tanto de construcción como diseño permitió explotar al máximo a las herramientas BIM que se tenía proyectado utilizar (Obtención de metrados, visualización, programación 4D). Con el avance del proyecto las áreas de gerencias del proyecto se mostraron a favor de seguir implementando nuevas tecnologías dado los resultados positivos que se iban obteniendo del BIM. Es por eso que en este proyecto se implementó el uso de drones para el seguimiento de obras exteriores, cámaras 360° para seguimiento de obras internas, el uso de la realidad virtual, escáner 3D entre otras aplicaciones.

5.4.1 Obtención de Metrados

La metodología de construcción Fast track del proyecto hizo que el diseño fuese actualizándose a medida avanzaba la obra. La obtención de metrados para el área de presupuestos significó una oportunidad para obtener un mayor beneficio de los modelos virtuales, ya que estos al ser actualizados constantemente los mismos metrados también pudieron ser actualizados de igual forma.

En proyectos de manera tradicional, los metrados eran obtenidos a través de plantillas en hojas de cálculo y planos físicos o en AutoCad. En el proyecto de la Videna, como parte de los estándares de Cosapi, los metrados de las partidas más incidentes y que fueron asociadas a elementos dentro del modelo pudieron obtenerse de manera casi automática.

También en el proyecto se implementó la aplicación DYNAMO, que es una herramienta de programación visual de mayor accesibilidad para profesionales con poco conocimiento de programación (Monjaras, 2018).

El Dynamo es una plataforma de programación que trabaja junto con el Revit para automatizar procesos tales como creación de modelos geométricos, agilizar procesos reiterativos descartando el error humano y ajustes de parámetros de los elementos. Para el caso de la Videna se utilizó el Dynamo para la obtención de los metrados de manera más precisa ajustando los valores de los parámetros acordes con los criterios de los procedimientos constructivos (por ejemplo, los encofrados de columnas hasta fondo de viga, encofrado de vigas hasta fondo de losa, etc). De esta forma el Dynamo fue de mayor ayuda que solo obtener metrados directamente de las tablas de cuantificación del Autodesk Revit, dado que para obtener los mismos resultados demandaría la mayor creación de dichas tablas y una revisión más minuciosa y predispuesta a errores con cada actualización de los diseños en los modelos BIM.

Los metrados fueron obtenidos de manera mensual como parte del entregable al cliente con la actualización del presupuesto y se utilizó las plantillas creadas en Dynamo para correr la extracción de los valores de metrados en hojas de cálculos apartes para ser enviados al área de presupuesto.

En las Figuras 62 y 63 se pueden ver como se adaptaron las plantillas de metrados del Revit a las plantillas del presupuesto solicitado por OT, organizadas para el presupuesto global y las valorizaciones mensuales de forma tal que la exportación sea automática de acuerdo al avance de obra.

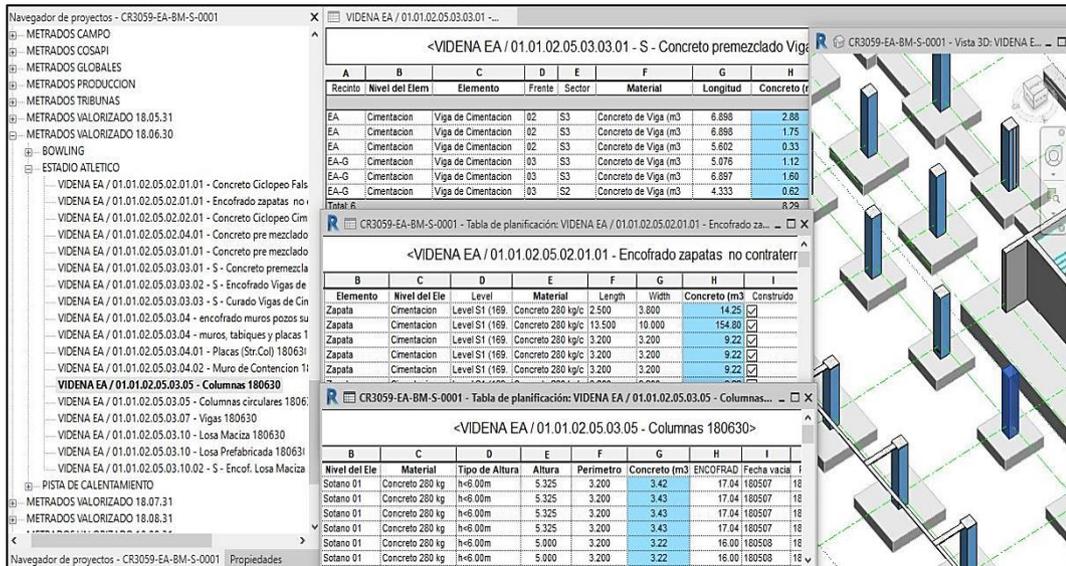


Figura 62: Obtencion de metradosde estructuras para el presupuesto y las valorizaciones desde el modelo BIM
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 12a)

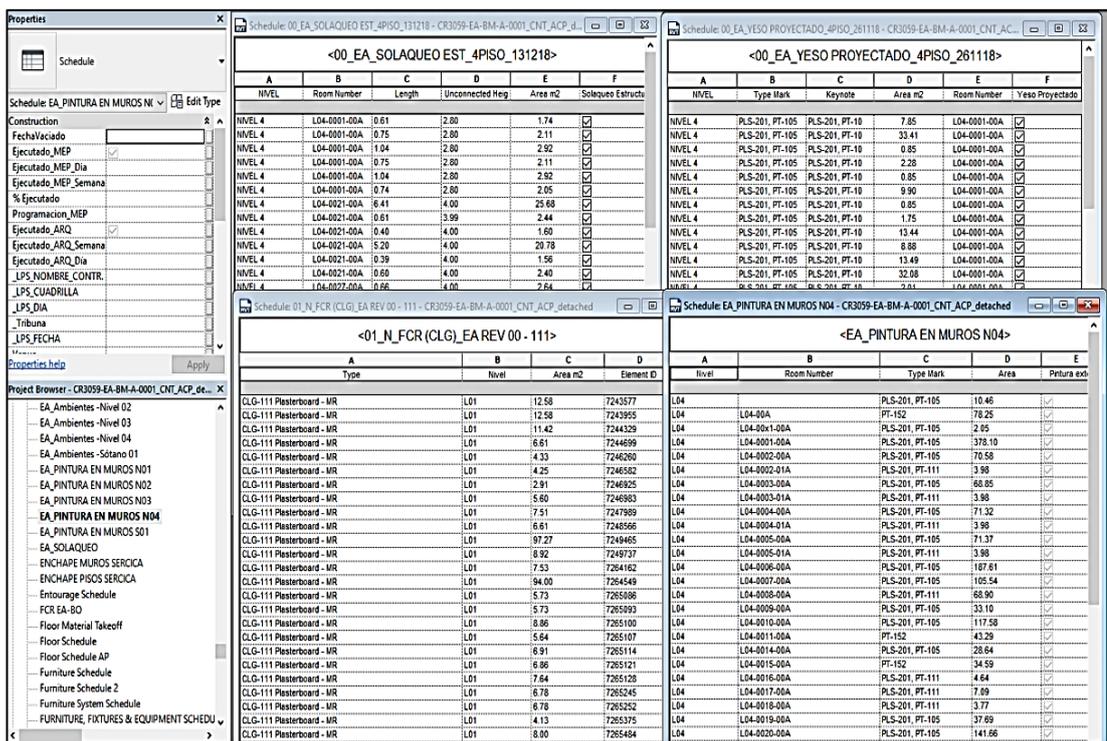


Figura 63: Obtención de metrados de Arquitectura directamente del modelo para partidas como solaqueo, yeso proyectado, falso cielo raso y pintura interior.
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 12b)

El área de control de proyecto se apoyó en los modelos BIM para obtener metrados para las valorizaciones del avance de obra. Las figuras 64 y 65 muestran

esquemas del avance de la obra en diferentes fechas (para la sub estructura y superestructura), donde los elementos ya construidos y por construir para cumplir los diferentes hitos se muestran en colores diferentes. Los esquemas de avance de obra muestran tablas con los metrados por elementos ya construidos y los que quedan por construir. De esta manera el área de control de proyecto aprovechó la herramienta visual para hacer un mejor seguimiento de los vaciados de concretos y tomar decisiones en los casos en los que se presentaron inconvenientes para cumplir con la fecha de los Hitos.

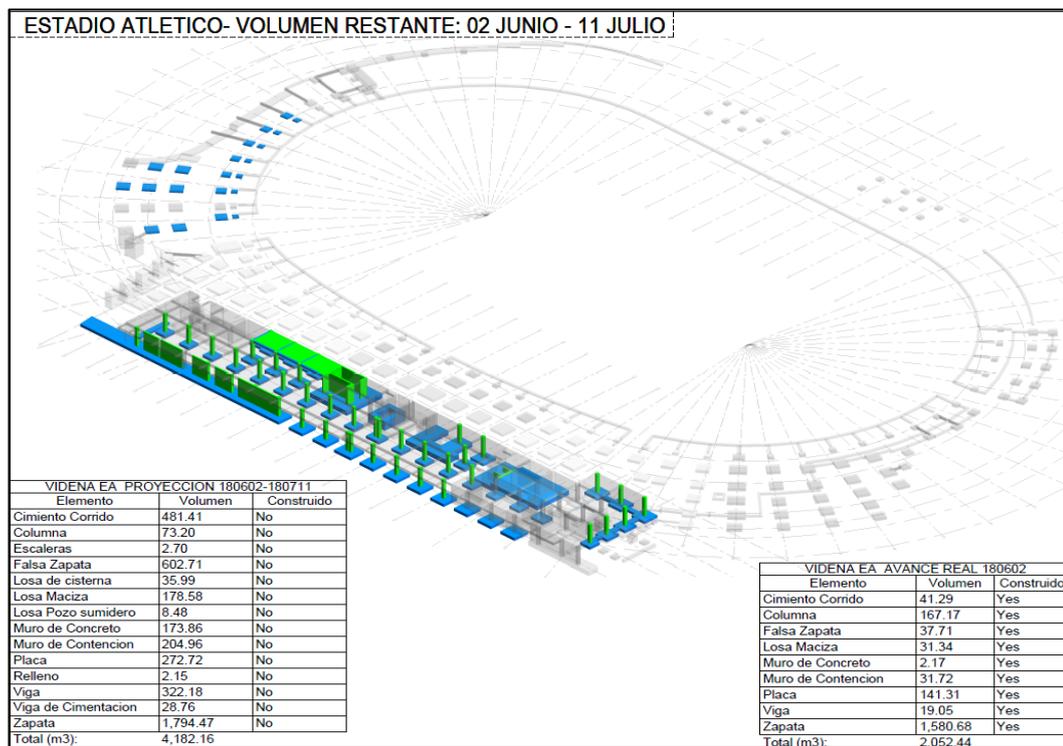


Figura 64: Esquema de avance de obra con metrados para cumplir el Hito sub estructura.
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 13a)

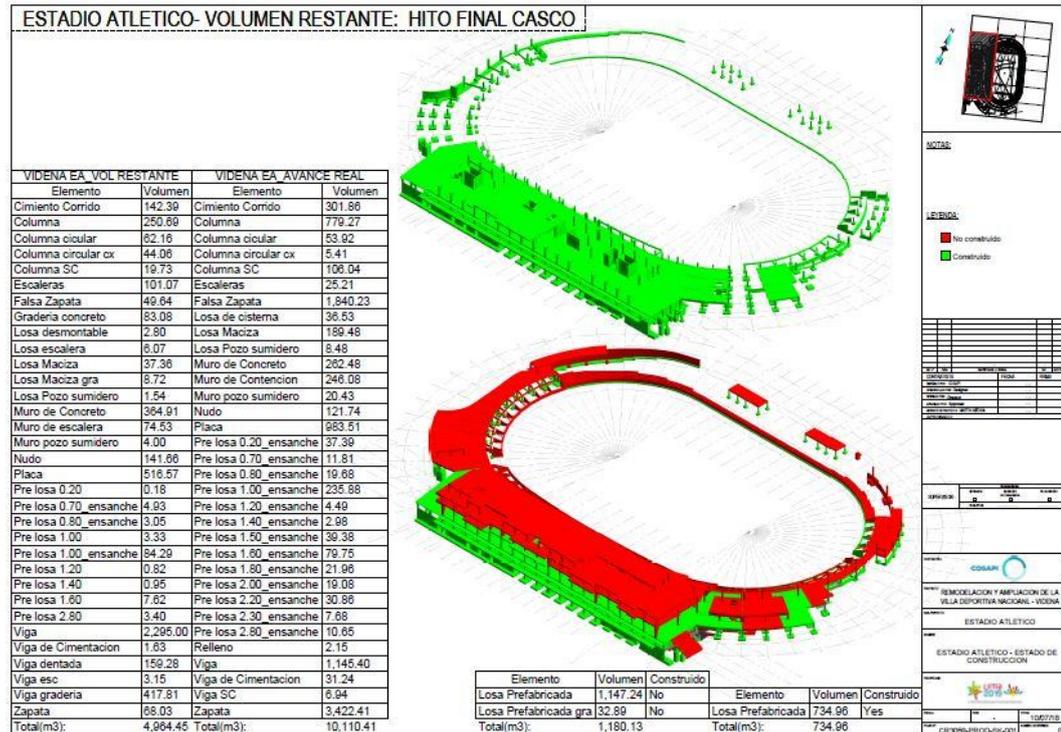


Figura 65: Esquema de avance de obra con metrados para cumplir el Hito super estructura
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo13b)

En la etapa de arquitectura e Instalaciones los metrados del modelo fueron utilizados para conciliar con los metrados de los sub contratistas. Un caso especial fue los metrados obtenidos para la tabiquería de ladrillo de concreto (ver Figura 66). El modelo de arquitectura se ajustó a estándares y restricciones constructivas de campo:

- Sobrecimientos y alturas máximas según espesor de tabique
- Aberturas en muro (por instalaciones) no eran descontados del área total por paño.
- Consideración de tipos de tabiques (Resistente al fuego y resistente a la humedad).

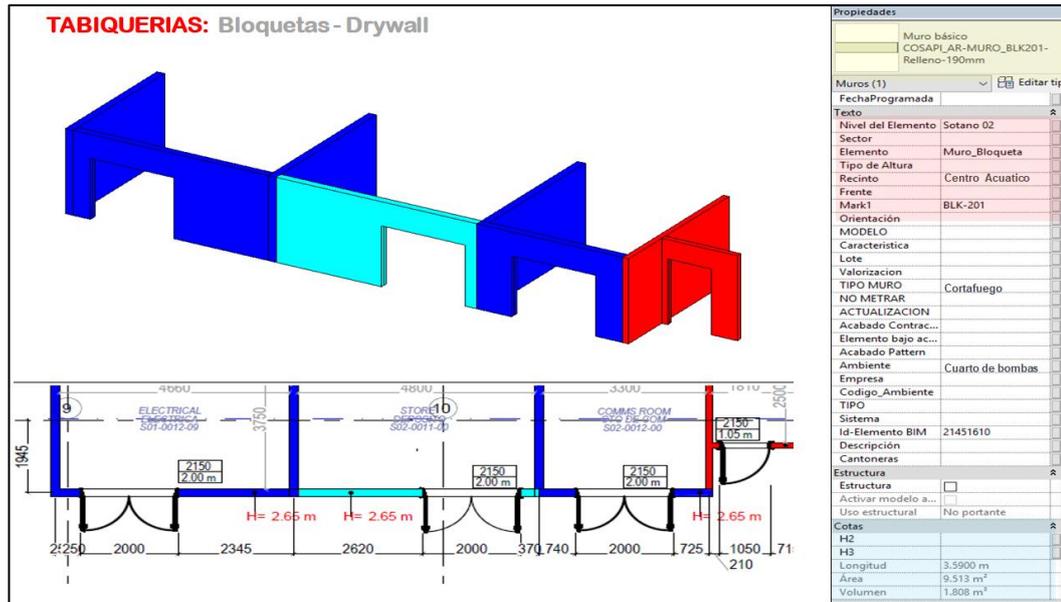


Figura 66: Modelado de la tabiquería con los criterios para obtener metrados exactos a ser comparados con los metrados valorizados de subcontratista (Fuente: Cosapi)

5.4.2 Soporte al área de Producción

El beneficio de los modelos BIM fue dar soporte al área de Producción en una gran cantidad de aplicaciones, desde la visualización de los modelos para mejor comprensión de los elementos a construir, hasta la planificación diaria por parte del jefe de producción.

La obtención de los metrados directamente del modelo fue importante para sectorizar el proyecto, balanceando la carga de trabajo en una planificación semanal y diaria. En la Figura 67 se muestra un esquema de la planificación diaria, mostrando los elementos a ser construidos durante el día y el siguiente a ese. La versatilidad que ofrece el modelo de arrojar los metrados automáticamente permite al jefe de producción hacer la distribución de los materiales y mano de obra, y preparar la zona de trabajo levantando las restricciones. Este esquema del plan diario sirvió de manera más eficiente para comunicar las actividades a realizar al maestro de obra y capataces, quienes transmitían los inconvenientes y observaciones si es que las hubiese, logrando corregir de manera más rápida en el modelo dichas observaciones y logrando un esquema de plan diario que sea aceptado por toda el área de producción (ver Figuras 68 y 69).

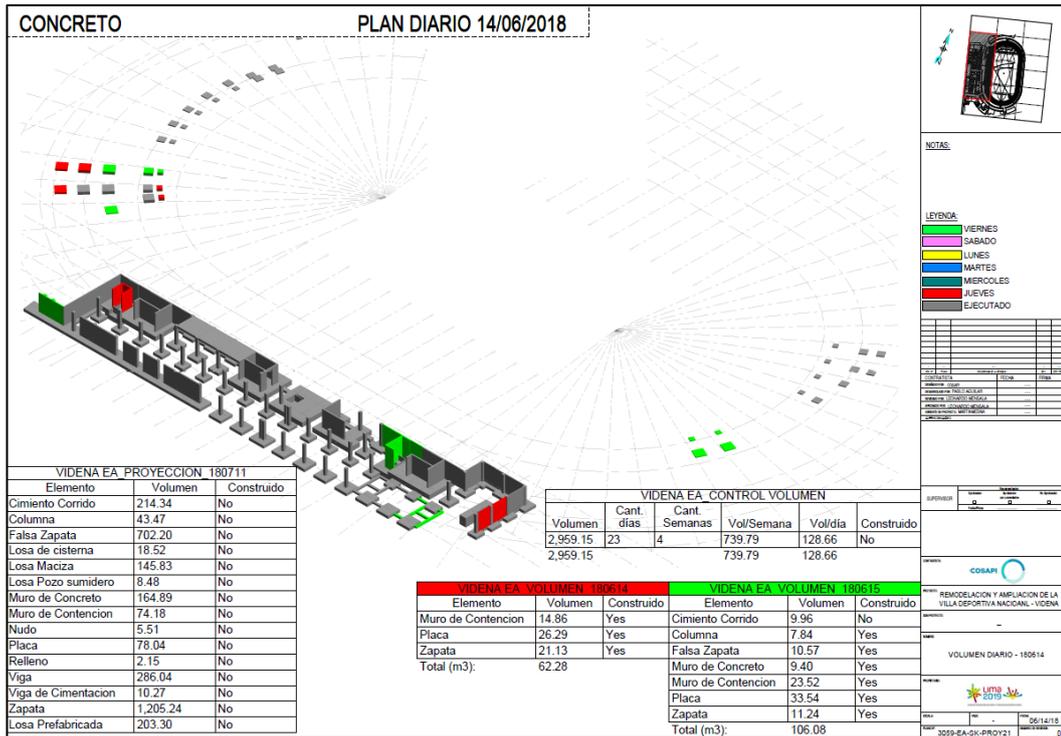


Figura 67: Esquema de plan diario con el detallado visual de los elementos a ser ejecutados
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 14a)

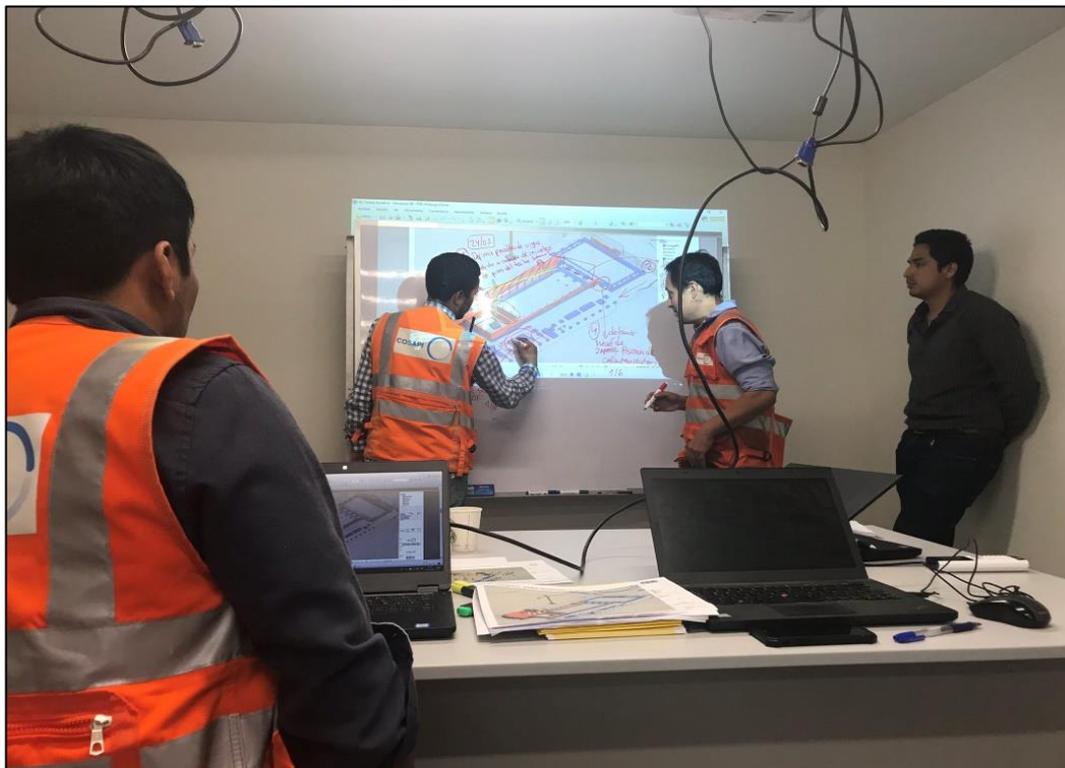


Figura 68: Revision del modelo BIM para realizar la planificacion diaria y semanal por parte del jefe de produccion
(Fuente: Cosapi)



Figura 69: Coordinación de las actividades diarias con el maestro de obra y capataces
(Fuente: Cosapi)

Durante la etapa de ejecución del casco estructural se asignó un modelador BIM en las oficinas del área de producción de cada recinto para dar un soporte más directo a todo el staff. Otra de las actividades cotidianas fue la extracción de imágenes o planos más detallados que complementaron los planos oficiales. Es decir, que ayuden en la generación de cortes o vistas 3D con detalles de alturas, dimensiones y cotas que permita una mejor comprensión de los elementos a construir (ver figura 70).

Se debe rescatar que el uso de la metodología BIM fue muy bien aprovechado por el área de producción ya que sirvió de herramienta para comunicar la planificación del proyecto a todos los trabajadores, tanto de campo como de oficina, y permitir a los trabajadores no solo enfocarse en las tareas del día a día sino en el proyecto en general (ver Figuras 71 y 72).

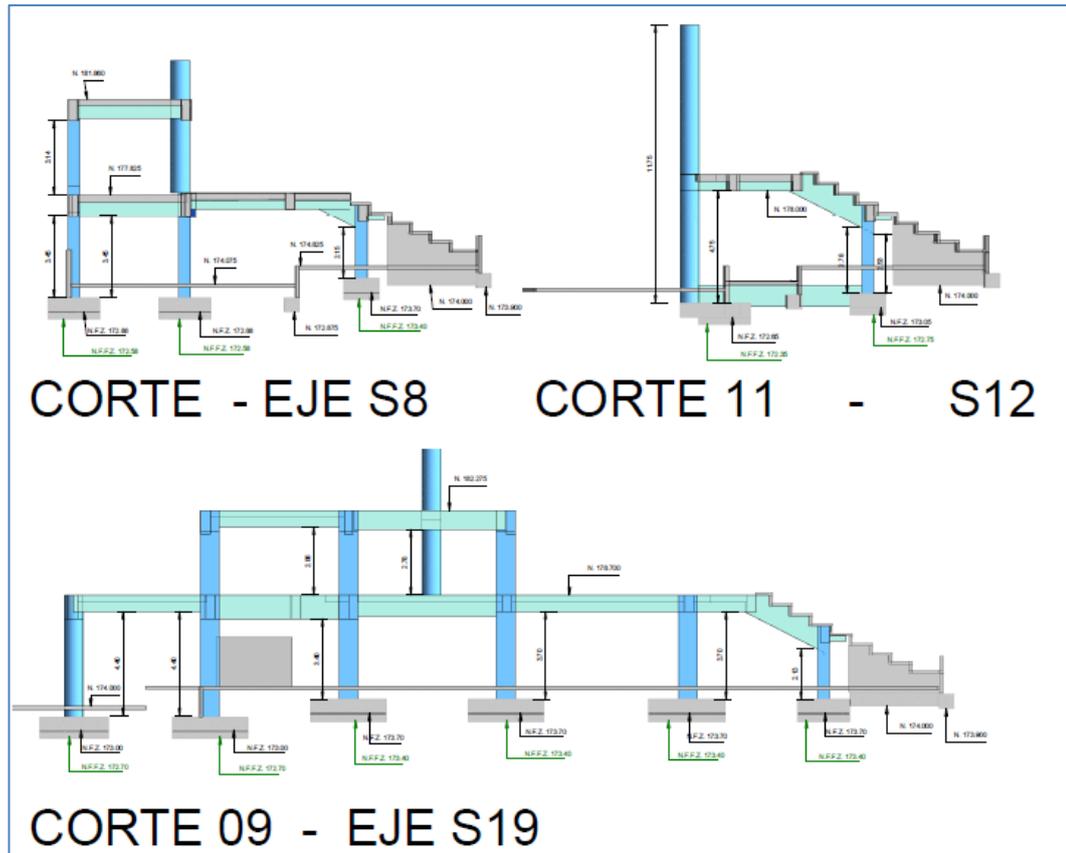


Figura 70: Cortes como apoyo visual para la ejecución de los elementos estructurales en campo
(Fuente: Cosapi)



Figura 71: Panel de obra con el esquema de la planificación por semanas.
(Fuente: Cosapi)



Figura 72: Panel con la planificación por semanas del casco estructural en las oficinas de producción (Fuente: Cosapi)

5.4.3 Soporte al área de Planeamiento

El uso de la metodología BIM también fue aprovechado por el área de planeamiento para la elaboración de los layouts de campo para mejorar los flujos de trabajo.

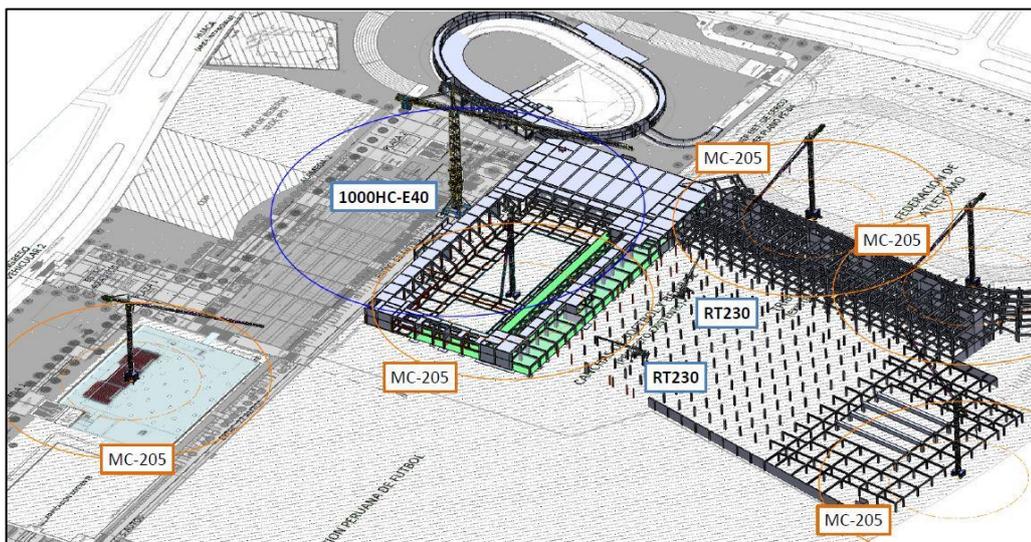


Figura 73 Modelamiento de la ubicacion de las torres grua en obra (Fuente: Cosapi)

En la Figura 73 se muestra el uso dado a los modelos para planificar la colocación de las torres grúas. Con la ayuda visual que ofrecen los modelos y las especificaciones de los tipos de grúas se pudo generar familias de torres grúas en formato Revit que se insertaron los modelos BIM de estructuras. Utilizando la programación maestra del casco estructural se pudo realizar simulaciones de la construcción (en el programa Navisworks o en el mismo Revit) y la evaluación de la colocación de las torres grúas con el fin optimizar el aprovechamiento de éstas para las actividades de transporte de materiales. Para estas ejercicios el área de planeamiento se apoyó de otra área aparte del Área BIM, denominada Métodos constructivos ubicada en la oficina principal y cuyo soporte se basó en experiencias de otros proyectos ejecutados.

El área de planeamiento también se encargó de hacer el seguimiento del avance de obra a nivel general, según el cumplimiento de los Hitos, en especial de la etapa de construcción del casco estructural. El avance de la obra fue obtenido de la información ingresada a los modelos de cada recinto y juntados en un solo modelo (Master Plan). De esta manera se elaboraba esquemas del avance de obra de todo el proyecto (ver Figura 74) indicando los porcentajes de vaciado de concreto a la fecha y las cantidades de metrados pendientes de ser completado.

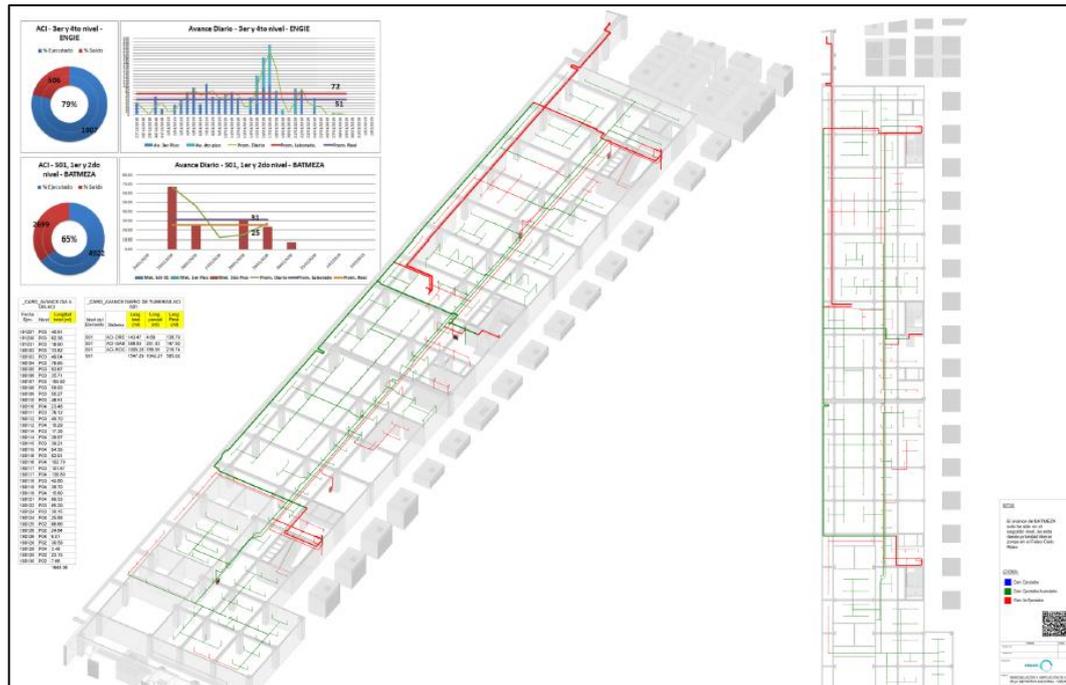


Figura 75: Control de Avance Real Diario de la subcontratista de ACI.
(Fuente: Cosapi. Ver Anexo 15a)

La aplicación de los CARDS también se aplicó a las subcontratistas encargadas de los acabados, tales como pintura, colocación de ventanas, puertas, falso cielo, etc. En la Figura 76 se puede mostrar un ejemplo del control de avance a la subcontratista de colocación de puerta para el Estadio Atlético por pisos y tipos de puertas.

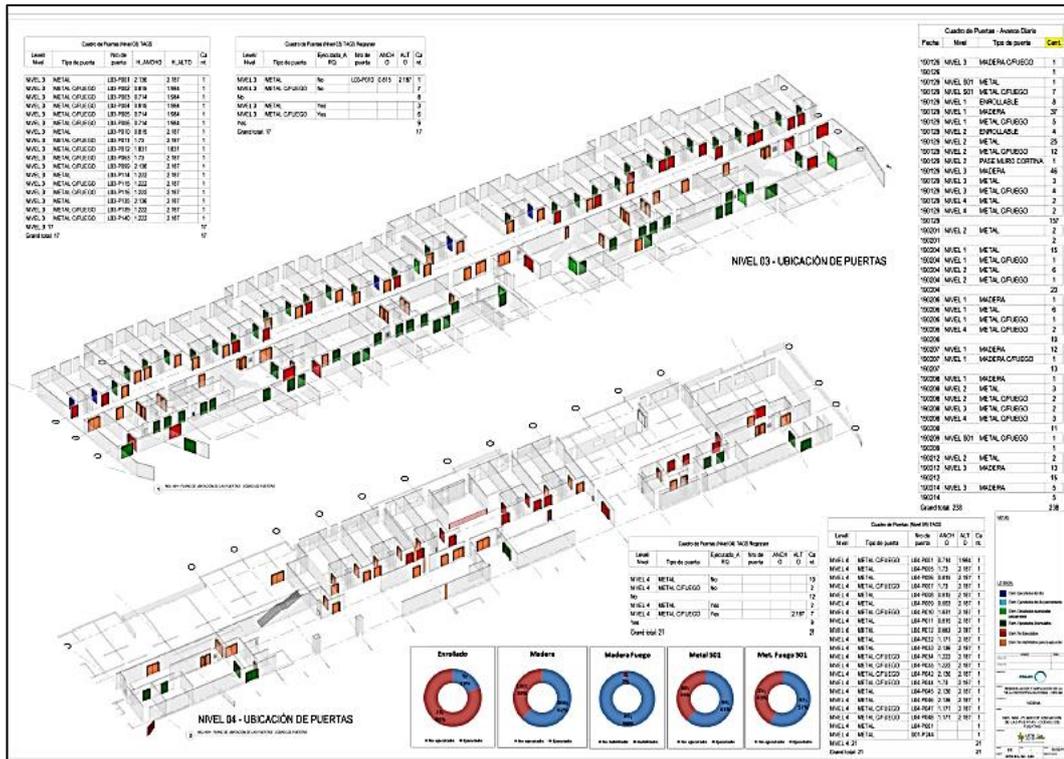


Figura 76: Control de Avance Real Diario de la instalación de puertas del Estadio Atletico (Fuente: Cosapi. Ver Anexo 15b)

Otra de las herramientas tecnológicas empleadas para el seguimiento de la obra en general fue la utilización de drones. El área BIM de OT fue la responsable de armar y ejecutar el plan de vuelo para el drone adquirido para el proyecto (ver Figura 77).

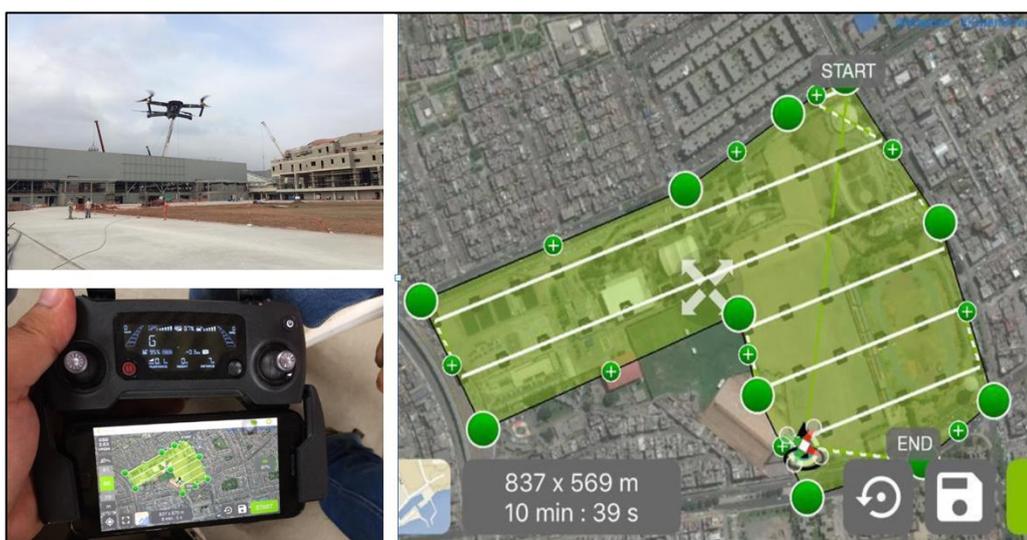


Figura 77: Plan de vuelo para el uso de Drones para el seguimiento y control del Proyecto (Fuente: Cosapi)

Las imágenes obtenidas diariamente brindaron un panorama general de todas las áreas para hacer el seguimiento del avance real del Proyecto, en especial de los trabajos hechos en las Obras Exteriores (ver Figura 78)



Figura 78: Fotografías obtenidas por el drone para el seguimiento de las obras exteriores y el avance de los recintos
(Fuente: Cosapi)

Para complementar el seguimiento del proyecto a través de fotografías, se implementó la aplicación de las cámaras 360° dentro de los ambientes de cada recinto. Mediante el uso de una aplicación web (HoloBuilder) las imágenes fueron tomadas y cargadas diariamente de aquellos sectores que se ejecutaban por todos los subcontratistas de instalaciones y acabados (ver Figura 79). La toma de fotografías fue encargada al área BIM de OT quien también tuvo la responsabilidad de capacitar al staff de las demás áreas sobre la utilización de dicha aplicación, resultando de gran aprovechamiento ya que las imágenes no solo mostraban el avance sino la facilidad de resolver dudas acerca del real cumplimiento de los recorridos de las instalaciones.



Figura 79: Uso de cámaras 360° para el seguimiento de los trabajos de los subcontratistas en los ambientes dentro de los recintos
(Fuente: Cosapi)

El proyecto de ampliación y remodelación de la Videna es una infraestructura deportiva de nivel mundial por lo cual debe cumplir con estándares y parámetros solicitados por cada disciplina. Un ejemplo claro es la mitigación del viento para las pruebas de atletismo ya que se deben cumplir valores que no sobrepasen las velocidades máximas establecidas por los entes rectores de dicho deporte. En el caso de la Videna dichas velocidades de viento fueron analizadas arrojando un valor promedio mayor. Se propuso entonces la construcción de una barrera de viento que mitigue en la zona sur del estadio según lo sugerido por las pruebas de viento. Dicha colocación de la barrera de viento se debió ejecutar tal cual mandaba el diseño con un valor mínimo de margen de error. Dada la complejidad de su colocación, tomar las mediciones para verificar su correcta instalación fue una tarea casi imposible de forma manual.

Se recurrió así a la utilización de un scanner 3D con lo cual se obtuvo una nube de puntos de la barrera de viento (ver Figura 80). Esta nube de puntos se comparó con el modelo de diseño la que mostró que algunos elementos de la barrera de viento necesitaron ajustarse en rotación. Con dicha información se encargó al subcontratista responsable de dicha partida a hacer las correcciones necesarias

tomando un segundo escaneo que validó así la correcta instalación de la barrera de viento de viento.

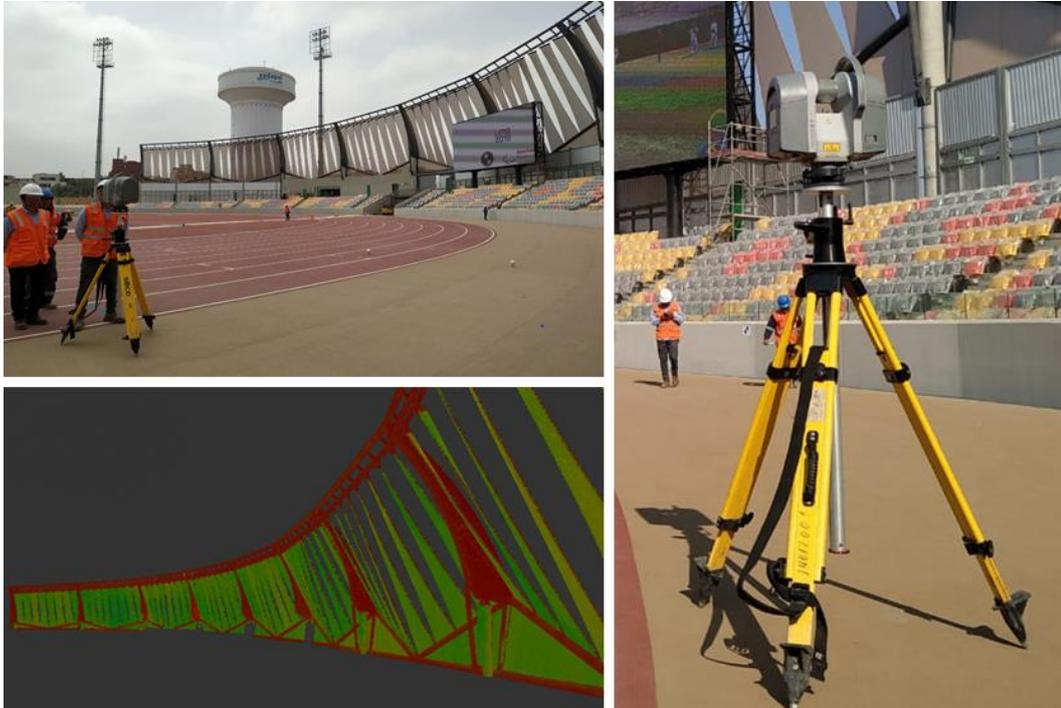


Figura 80: Escaneo 3D de la Barrera de viento para la validación de su correcta instalación
(Fuente: Cosapi)

5.5 CONSIDERACIONES FINALES DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL PROYECTO LA VIDENA

En la Tabla N°6 se muestra un reporte de la inversión hecha para implementar la metodología BIM en todo el proceso del Proyecto de la Videna. Considerando la inclusión de los coordinadores BIM de los recintos y los subcontratos de los modeladores BIM externos durante 4 meses durante la etapa de diseño, en total se determinó un costo aproximado de implementación de S/. 1'262,500.00. El monto insumido entonces por el Área BIM se reportó en alrededor del 0.26% del costo inicial del proyecto.

Tabla 6: Presupuesto aproximado del Área BIM del Proyecto de la Videna
(Fuente: Cosapi)

	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	MES	P/MES	Subtotal (S./)
	PERSONAL BIM	Feb-18	Abr-18	6	3	4000
May-18		Ago-18	12	4	3000	144000
Set-18		Nov-18	17	3	3000	153000
Dic-18		Feb-19	23	3	3000	207000
Mar-19		Abr-19	17	2	3000	102000
May-19		Jun-19	5	2	3000	30000
					SUB TOTAL	708000
MODELADO BIM EXTERNO	CONSULTOR 1		1		160000	160000
	CONSULTOR 2		1		120000	120000
						SUB TOTAL
HARDWARE	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD		P/U (S./)	Subtotal (S./)
	LAPTOPS		6		7000	42000
	PC		17		4000	68000
	DRONE		1		3500	3500
	IPADS		5		3000	15000
	CÁMARA 360		5		2000	10000
	REALIDAD VIRTUAL		2		3000	6000
					TOTAL	144500
SOFTWARE	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD			Subtotal (S./)
	REVIT		1			60000
	BIM360/C4R		1			35000
	REVIZTO		1			30000
	HOLOBUILDER		1			5000
					TOTAL	130000
TOTAL ÁREA BIM						S/. 1,262,500.00
COSTO ÁREA BIM / PRESUPUESTO INICIAL OBRA						0.26%

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de suficiencia se concluye, que se pudo obtener mejores beneficios al aplicar la metodología BIM en toda la etapa del Proyecto de la Videna y no solo para una compatibilización del diseño en general, ya que las herramientas informáticas utilizadas tanto en las oficinas de diseño como en obra fueron un apoyo importante para que todas las áreas del proyecto (Oficina técnica, Producción, Planeamiento, entre otras) lograran el objetivo de cumplir con los plazos del diseño y la construcción.
- El tipo contratación bajo la metodología IPD, NEC 3, fue el escenario propicio para permitir un mejor involucramiento de participantes del diseño y construcción brindando las potestades y responsabilidades a la contratista General, Cosapi, de gestionar todas las etapas del proyecto y la adjudicación de los subcontratistas.
- La adjudicación del diseño de estructuras e instalaciones MEP a empresas que estuvieron predispuestas a implementar la metodología BIM en sus procesos para el proyecto de la Videna facilitó y ahorró tiempo en el proyecto para generar entregas parciales que tuvieron información suficiente para iniciar trabajos en obra, minimizando la cantidad de modificaciones o retrabajos que se hicieron al concluir el diseño final, y que suele ser un riesgo característico en proyectos Fast Track.
- La implementación del Big Room para reunir a los integrantes del diseño promovió una colaboración y coordinación más efectivas entre ellos, lo que conllevó que las sesiones ICE se hicieran con mayor frecuencia y que los tiempos de espera a respuestas se redujeran notablemente.
- La generación de los planos de diseño a través de plantillas pre establecidas en los modelos BIM facilitó a los especialistas de arquitectura, estructura e instalaciones brindar un entregable final de diseño con mayor calidad y menores deficiencias, lo mismo que un ahorro en recursos para la elaboración de planos generales para la construcción.

- Para el ingreso de los subcontratistas de instalaciones se pidió como requisito indispensable implementar la metodología BIM en sus procesos, con lo que la generación de los Field Sketch fue obligatoria para iniciar los trabajos de campo en los sectores liberados por el área BIM y producción. Esto permitió minimizar controversias entre interferencias en el montaje de las instalaciones ya que ante un conflicto entre especialidades se recurrió al modelo BIM para evaluar responsabilidades y que fuesen corregidas en campo.
- El uso de los modelos BIM durante la etapa de construcción por todos los subcontratistas de instalaciones para ejecutar las partidas correspondientes, y la responsabilidad de actualizar los cambios que se dieron en obra en los modelos, facilitó la obtención, al culminar los subcontratos, modelos BIM actualizados, denominados modelos As Built. De estos modelos también se pudo obtener fácilmente planos As Built como parte del entregable final al cliente.
- El uso de nuevas herramientas tecnológicas que complementaron los trabajos de control y seguimiento permitió la elaboración de esquemas visuales para un mejor entendimiento a las áreas de producción, planeamiento, gerencia de obra, supervisión de obra y cliente, facilitando la toma de acciones correctivas en los casos de incumplimiento de los plazos por el contratista principal o subcontratistas de instalaciones.
- El costo de la inversión de la metodología BIM representó un 0.25% en promedio del presupuesto inicial del proyecto de Ampliación y Remodelación de la Videna.

RECOMENDACIONES

- Se debe seguir investigando en proyectos con contratos colaborativos a nivel nacional y el beneficio que esto conllevaría en obtener proyectos de construcción que tengan una mejor adopción de la metodología BIM en todos los procesos tanto de diseño como construcción.
- Se debería continuar estudios acerca del tipo de contratación NEC 3, a un nivel de costos, de manejo del presupuesto, de eventos compensables, retribuciones y bonificaciones; hacer un comparativo con otros tipos de comparaciones tales como un EPC, EPCM, entre otros.
- Se recomienda a los proyectistas de diferentes especialidades iniciar sus diseños desde los softwares de modelamiento BIM, ya que aparte de permitir un ahorro de recursos (tiempo y dinero) en la elaboración de los planos con un mínimo de deficiencias, ofrece el beneficio de poder trabajar de una forma colaborativa en todo tipo de proyectos de construcción.
- Se recomienda solicitar especialistas BIM a las empresas subcontratistas de instalaciones para optimizar la compatibilización y las coordinaciones de los trabajos en campo, así como mejorar los procesos de elaboración de presupuestos y valorizaciones del proyecto según cada partida.
- Se recomienda ahondar en estudios sobre la sinergia de herramientas Lean Construction con herramientas tecnológicas BIM para realizar una mejor planificación, seguimiento, medición de la productividad en la etapa de construcción para un mayor aprovechamiento y beneficios de los modelos BIM en proyectos que cuenten con estos.

BIBLIOGRAFÍA

AL HARTHI, BADER, "Risk management in Fast Track Projects: A study of UAE construction projects", Tesis para optar grado de Doctor, Universidad de Wolverhampton, Reino Unido, 2015.

AIA (American Institute of Architects). "Integrated Project Delivery: a Guide". EEUU, 2007

ALCÁNTARA ROJAS, VLADIMIR. "Metodología para minimizar las deficiencias de diseños basados en la construcción virtual usando tecnologías BIM". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI. Lima, 2013.

JONES, BARRY. "Integrated Project Delivery (IPD) for maximizing design and construction considerations regarding sustainability". Paper, 2nd International Conference of Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Material. California, 2014.

CHINGAY PARIONA, ANYELO. "Diseño y construcción virtual (VDC) para superar problemas de ingeniería en la fase de construcción de edificaciones de oficinas". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI. Lima, 2015.

COATES, P. & KOSKELA, L. "BIM adoption and implementation for architectural practices". University of Salford Manchester. UK, 2011.

CUCHO LAGO, ROGER. "Control de las incompatibilidades en el Proyecto Edificio Real 8 mediante el modelamiento de la información". Informe de suficiencia para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI. Lima, 2014.

EASTMAN, CHUCK. "BIM HANDBOOK". 2da edición, Jhon Wiley & Sons. New Jersey, 2011.

FISCHER, M., REED, D., KHANZODE, A. & ASHCRAFT, H., "A simple Framework for Integrated Project Delivery". Paper, ICGL 22. Oslo, 2014.

GILLIGAN, B. & KUNZ, J., "VDC use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth, and Apparent Business opportunity". CIFE, Universidad de Stanford. California, 2007.

HANVEY, C. L. "Design documents and design-related claims". Interface Consulting, 2007.

KUNZ, J. & FISHER, M., "Virtual Design and Construction: Themes, case studies and implementation suggestions". CIFE, Universidad de Stanford. California, 2012.

MURGUÍA SÁNCHEZ, DANNY. "Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao 2017". Departamento de Ingeniería, PUCP. Lima, 2018.

ORIHUELA, PABLO & ORIHUELA, JORGE. "Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios". VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario. Lima 2003

PADILLA, N. & QUISPE, K., "Implementación del VDC (Virtual Design and Construction) en la etapa de planeamiento del proyecto Aloft, para minimizar la cantidad de Solicitudes de Información (SI) y No Conformidades (NC), en la etapa de ejecución". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, UPC. Lima, 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos", 6ta Edición. EEUU, 2017.

SALAMAH, YOUNES. "Alliance Contracting Models in Construction Projects: Leadership and Management". Tesis de maestría, HTW Berlin. Berlin, 2017.

SALDÍAS SILVA, RODOLFO. "Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM". Tesis para optar título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2010.

SCHRAMA, PAUL. "Implementing Virtual Design and Construction. Evaluation and improvement of the VDC implementation in the design phase of AEC projects". Tesis de maestría, Delft University of Technology. Rotterdam, 2011.

TERRY TORRES, LUIS. "Camino acelerado: Diseño y construcción en simultaneo aplicado a la ejecución de un centro comercial por administración". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI. Lima, 2009.

TILLEY P. & BARTON, R., "Design and documentation deficiency-causes and effects". Proceedings of the First International Conference on Construction Process Reengineering. Gold Coast, Australia, pp. 703-712, 1997.

TREJO CARVAJAL, NICOLÁS. "Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de Ingeniería y Construcción". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2009.

VALLE BENITES, ERIKA. "Modelamiento virtual de la construcción del casco estructural del CIIFIC UNI mediante el programa Tekla". Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI. Lima, 2018.

VIO CARRASCO, JAIME. "La estrategia de ejecución de proyectos IPD (Integrated Project Delivery) situación actual y tendencias". Tesis para optar título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2017.