

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Braulio Umaña Quirós, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Ing. Sonia Vargas Calderón, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ing. Braulio Umaña Quirós.
En representación del Director

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesor Guía

Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Lector

Ing. Sonia Vargas Calderón.
Profesora Observadora

Plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz

Abstract

The research carried out provides the necessary guidelines for the preparation of the work plan to implement the B.I.M. methodology within the Departamento de Infraestructura of the Ministerio de Justicia y Paz.

Through a work scheme based on four pillars, information was obtained about the conformation of the Ministerio de Justicia and the Departamento de Infraestructura, the methodology of management of constructive projects was evaluated, the B.I.M. objectives to be reached were proposed and through the generated work plan the B.I.M. methodology was implemented in the Departamento.

The most important results obtained by implementing the work plan in a designated pilot project were an optimized workflow, clearly defined roles, functional architectural, civil and electromechanical models, and effective information exchange protocols.

Part of the feedback generated through the pilot project showed that work should be done on assertive communication among professionals, as well as establishing training cycles in the management of computer programs that facilitate the process of project modeling.

As part of the improvement options, a cost estimate was provided for updating the software and providing the corresponding training, which is around \$23,471.00.

Keywords: implementation, B.I.M. methodology, optimization, work scheme, pilot project

Resumen

La investigación realizada brinda las pautas necesarias para confeccionar el plan de trabajo para implementar la metodología B.I.M. en el seno del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia.

Mediante un esquema de trabajo basado en cuatro pilares, se obtuvo información acerca de la conformación del Ministerio de Justicia y del Departamento de Infraestructura, se evaluó la metodología de gestión de proyectos constructivos, se plantearon los objetivos B.I.M. por alcanzar y a través del plan de trabajo generado se implementó la metodología B.I.M. en el Departamento.

Los resultados más importantes obtenidos al aplicar el plan de trabajo en un proyecto piloto designado, consistieron en contar con un flujo de trabajo optimizado, roles claramente definidos, modelos arquitectónicos, civiles y electromecánicos funcionales, así como protocolos de intercambio de información efectivos.

Parte de la retroalimentación generada a través del proyecto piloto, mostró que se debe trabajar en la comunicación asertiva entre los profesionales, así como establecer ciclos de capacitación en el manejo de programas computacionales que faciliten el proceso de modelado de proyectos.

Como parte de las opciones de mejora, se brindó un estimado de costo por actualizar el software y brindar las capacitaciones correspondientes, el cual ronda los \$23.471,00.

Palabras clave: implementación, metodología B.I.M., optimizar, esquema de trabajo, proyecto piloto.

Plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz

JOSÉ GERARDO SÁNCHEZ VÍQUEZ

Proyecto final de graduación para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Dedicatoria

A mi madre por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, porque a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial como lo es para mí. A mi hermana por compartir momentos significativos conmigo y porque siempre está dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi esposa y mi hijo Cristian, por ser los pilares más importantes y quienes me han enseñado que con fe y perseverancia se pueden alcanzar las metas, sin importar la adversidad.

A mis compañeras Elaine y Marcela, porque sin el equipo que formamos, no hubiera logrado esta meta.

Contenido

Prefacio	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	4
Marco teórico	2
Metodología	18
Resultados	21
Análisis de los resultados	43
Conclusiones.....	49
Recomendaciones	51
Apéndices	52
Anexos	63
Referencias	65

Prefacio

El sector de la construcción es de alta importancia económica y estratégica en Costa Rica. Representa cerca del 4,0% del PIB total del país (Cámara Costarricense de la Construcción, 2020).

Sin embargo, a pesar de su importancia económica y estratégica, el sector presenta serios problemas de productividad, atrasos y sobrecostos de las obras resultantes. Detrás de estos problemas, se encuentran factores como la falta de transparencia en los procesos, una falta de coordinación entre profesionales y entre etapas de los proyectos, limitadas capacidades de gestión, ejecución y supervisión de proyectos, entre otros.

El desarrollo de nuevas metodologías de trabajo, sustentadas en la incorporación de tecnologías digitales, está dando solución a la problemática que enfrenta el sector construcción. Específicamente, la implementación de la metodología B.I.M. está teniendo impactos importantes en términos de reducción de costos y plazos de obras de construcción, aumento de productividad y una mejora en los procesos de gestión de proyectos.

El Ministerio de Justicia y Paz, está interesado en realizar la transformación con su metodología de trabajo y en dar el paso a trabajar con la metodología B.I.M. por los beneficios que ofrece. Por medio del Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, se realizará la implementación de la metodología B.I.M. y se valorará su aplicación en el desarrollo de un proyecto piloto denominado: Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria.

Los proyectos desarrollados por el equipo interdisciplinario que conforman el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, tienen sus bases en la planificación de proyectos constructivos, contemplando cada una de las fases que conforman el ciclo de vida de un proyecto, desde la fase de conceptualización, diseño, licitación y adjudicación, hasta la fase de ejecución y mantenimiento de las obras.

En la actualidad, los proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura, han presentado una serie de vicisitudes, tales como no concluir en el tiempo establecido o contar con montos insuficientes para la conclusión de las obras, producto de actividades adicionales resultantes de detalles constructivos no incluidos desde la concepción misma del proyecto, lo que ha implicado, tener que recurrir a mecanismos administrativos, tales como ampliación en los plazos de entrega y modificaciones en el presupuesto otorgado a dicho proyecto mediante adendas.

Por tal motivo, y tomando como base la iniciativa de la Primera Dama de la República, la señora Claudia Dobles Camargo, en impulsar y desarrollar la Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica, se plantea la elaboración de un plan de trabajo para la Implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, que brinde las herramientas necesarias para optimizar el desarrollo de proyectos constructivos a través de mejoras en la coordinación de los proyectos y una estandarización de gestión de procesos.

Quiero agradecer primeramente a Dios, al Ing. Diego Solano Leandro por abrirme las puertas del Departamento de Infraestructura para desarrollar el proyecto, a mi profesora guía, Ing. Ana Grettel Leandro H, por brindarme su apoyo a lo largo de la gestión de esta investigación. A los señores José Adrian Quirós Leandro, coordinador del Plan Nacional de Implementación B.I.M. Gobierno de Costa Rica del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) y a don Jose Daniel Vargas Meza, coordinador B.I.M. Forum Costa Rica, de la Cámara Costarricense de la Construcción, por su valioso tiempo y colaboración con las entrevistas realizadas. Un agradecimiento profundo a la Arq. Marcela Gutiérrez por convertirse en la piedra angular de este proceso.

Resumen ejecutivo

Para hacer frente al cambio mundial con la introducción de la cuarta revolución industrial, los países desarrollados han buscado la manera de adaptarse, para ello se ha venido incursionando en la metodología constructiva B.I.M.

En Costa Rica, cada vez más empresas del sector privado han adoptado la metodología B.I.M. como herramienta para generar beneficios económicos, mejorar la productividad y la eficiencia de las operaciones, aumentar la calidad de las obras y mejorar el comportamiento medioambiental de estas. El sector público, por su parte, por medio de la iniciativa impulsada por el Gobierno de la República, a través de la Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica, busca que el aparato estatal migre paulatinamente al empleo de la Metodología B.I.M. en la gestión de sus obras de Infraestructura.

En los últimos seis años, el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Ministerio de Justicia y Paz, ha presentado una serie de dificultades en obras ejecutadas, las cuales no han sido concluidas en el tiempo establecido, o cuyos montos estimados para la ejecución de obras han sido insuficientes, producto de actividades adicionales resultantes de detalles constructivos no incluidos desde la concepción misma del proyecto. De esta manera, el presente proyecto de investigación responde a la necesidad del Departamento de Infraestructura, de generar un cambio en la forma como se gestionan los proyectos de construcción, desde su concepción y delimitando el alcance de sus expectativas de mejora a la fase final del diseño con los entregables finales para licitación, a través de la implementación de la metodología B.I.M.

El objetivo principal del proyecto de graduación, consiste en elaborar un plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., mediante el cual, los profesionales del

Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, puedan generar diseños con mayor grado de detalle, en función de mejorar la ejecución y posterior mantenimiento de las obras.

Con base en este objetivo, se plantea la metodología de trabajo a desarrollar, la cual inició con la recopilación de información acerca de los conceptos básicos de la Metodología B.I.M., con el fin de familiarizar al lector con el tema a desarrollar, posteriormente se establecieron las fases de incorporación, una primera fase de inicio que se dividió en dos pilares principales: el **Estado del arte**, o el conocimiento preliminar de cómo está constituido el Ministerio de Justicia y Paz, así como el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, y la **Evaluación**, que se refiere a la forma en que se desarrollan sus procesos internos de gestión de proyectos, el estado del grupo humano y sus recursos técnicos.

La segunda fase, o fase de proyectos, se dividió en dos pilares: el primero, **Planificación**, en el cual se definieron los objetivos B.I.M. que el Departamento de Infraestructura se planteó alcanzar, los usos B.I.M., los niveles de desarrollo, el modelo de trabajo, así como el sistema de clasificación B.I.M., y el segundo, **Implantación**, por medio del cual, se desarrolla el plan de trabajo y se evalúa su idoneidad mediante la aplicación en un proyecto piloto.

Aspectos importantes a mencionar producto de la información que se recopiló en relación con la implementación de la metodología B.I.M., es que implicó una reestructuración a nivel general de la manera como se realizaban los proyectos dentro del Departamento, tanto de los métodos de trabajo empleados, del rol que debió asumir cada profesional, el software utilizado en el proceso de modelado o los protocolos de intercambio de información.

Adicionalmente, la investigación presentó un resultado del costo por la incorporación de programas de cómputo que ayudaran con el proceso de modelado, como parte de la implementación de la metodología B.I.M.

Parte de los retos a asumir durante el proceso de implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, consistió en generar el conocimiento adecuado en la metodología B.I.M. para aquellos profesionales que no estaban tan familiarizados con este tema.

La investigación realizada dejó ver que parte del poco conocimiento acerca de B.I.M. mostrado por parte del grupo de profesionales que conforman el Departamento, tiene sus bases en el denominado miedo al cambio, a que se generara una mayor carga laboral.

La aplicación del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el proyecto piloto denominado Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, se consideró completado satisfactoriamente.

Durante la gestión del proyecto, se generaron los entregables previstos como parte de los usos B.I.M. planteados.

Se observó que la denominada “resistencia al cambio”, se convierte en un factor condicionante para que un determinado grupo humano adopte la metodología B.I.M. como parte de sus labores diarias.

La falta de comunicación asertiva entre la Jefatura y los profesionales del área de diseño en la gestión de los proyectos, generó discrepancias en las características finales de la obra respecto de las necesidades reales a solventar para la Institución, provocando atrasos en la entrega de los diseños finales.

El plan de trabajo generado para la implementación de la metodología B.I.M., se consideró adecuado a los requerimientos planteados por parte del Departamento de Infraestructura, brindando una idea clara a la Jefatura y a sus colaboradores, de las acciones a seguir en el desarrollo de proyectos constructivos empleando esta metodología.

A través de la elaboración e implementación de protocolos para la unificación de procedimientos y entregables, se mejoró la trazabilidad de los procesos de diseño y entregas de avances, reduciendo los retrabajos para un mismo modelo y disminuyendo los tiempos de presentación de los entregables finales (planos y especificaciones técnicas).

Mediante la implementación de la detección de interferencias, se logró dar solución a problemas de diseño que anteriormente eran visibles hasta en la fase de ejecución de obras, generando así un beneficio tanto en la calidad de obra terminada, en el plazo de tiempo empleado para la ejecución del proyecto como en el costo económico para la Administración, al reducir o eliminar la aparición de trabajos adicionales (extras).

Introducción

El proyecto de investigación planteado, consiste en el desarrollo de un plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

Como parte de las gestiones internas realizadas por el Departamento, se encuentra el diseño de proyectos, la generación de planos constructivos, los procesos de licitación y finalmente, la fase de ejecución de obras y operación de los proyectos. Específicamente durante la fase de diseño, se ha detectado que el Departamento presenta una falta de coordinación entre los profesionales, una vez que se asigna el desarrollo de un determinado proyecto; no hay estándares de intercambio de información que faciliten la generación de diseños optimizados, lo cual conlleva a que los proyectos durante la fase de ejecución presenten una serie de dificultades constructivas, las cuales deben ser resueltas hasta en ese instante, cuando se pudieron y debieron mitigar en la fase de diseño.

El Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, en aras de generar proyectos constructivos acorde a sus necesidades, en los tiempos estimados y con los fondos planteados, se enfoca en buscar una solución efectiva a la problemática presentada, fijando su propuesta de mejora en la implementación de la metodología B.I.M.

El acrónimo B.I.M. o Building Information Modelling, por sus siglas en inglés, se define como “un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual” (BIM Forum Chile, 2017). Es decir, por una parte, las tecnologías permiten generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, por otra parte, las metodologías basadas en estándares, permiten compartir esta información de manera

estructurada entre todos los actores involucrados, fomentando el trabajo en equipo.

Por tal motivo, se plantea la adopción de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura mediante el esquema de implantación propuesto, basado en el esquema resumido de implantación B.I.M. (Barco, D., 2018), el cual ha sido acondicionado a las necesidades, requerimientos y métodos de trabajo desarrollados en el Departamento. (ver figura 7).

El esquema de implantación propuesto consta de cuatro pilares principales:

- Estado del arte: brinda una descripción general del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura.
- Evaluación: genera información respecto a los procesos de gestión de proyectos, así como de los recursos técnicos y humanos disponibles.
- Planificación: implica la definición de objetivos y estándares B.I.M. por implementar en el Departamento.
- Implantación: se genera el plan de trabajo propuesto para la implementación de la metodología B.I.M.

Con la validación del plan de trabajo propuesto a través del desarrollo de un proyecto piloto, fue posible cumplir con los objetivos planteados de generar un plan de trabajo que facilite la adopción de la metodología B.I.M. y que además, cumpla con los objetivos propuestos por parte de la jefatura del Departamento de Infraestructura en cuanto a sentar las bases para una mejora en la coordinación entre profesionales, así como un protocolo de intercambio de información que ayude a estandarizar la gestión de proyectos constructivos.

Se obtiene el costo estimado para la inclusión del software óptimo para la implementación de la metodología B.I.M. en el departamento de Infraestructura.

Marco teórico

La gestión de proyectos de construcción

Durante la gestión de un proyecto constructivo se establecen tres fases principales (Ver Figura 1):

- A partir de una idea o necesidad a satisfacer se genera la primera fase de pre-inversión, en la cual se contempla el origen del proyecto, con base en la idea propuesta se realiza un análisis de factibilidad de ejecución, posteriormente, dando continuidad al concepto planteado, se trabaja en un anteproyecto el cual, una vez que ha sido revisado y cuenta con la aprobación correspondiente, se desarrolla

hasta obtener tanto el diseño final como el presupuesto detallado.

- La segunda fase de inversión se refiere a la fase de construcción, en la cual es fundamental realizar un control detallado de variables como la calidad, el costo, el tiempo, la seguridad y el ambiente, con el fin de asegurar que la obra cumpla con los requerimientos planteados por parte de la empresa o Institución.
- La tercera fase de operación corresponde a la puesta en marcha de la obra para solventar la necesidad para la cual fue concebido inicialmente. En esta fase se incluye el mantenimiento de la obra durante la vida útil que el bien se encontrará en uso.

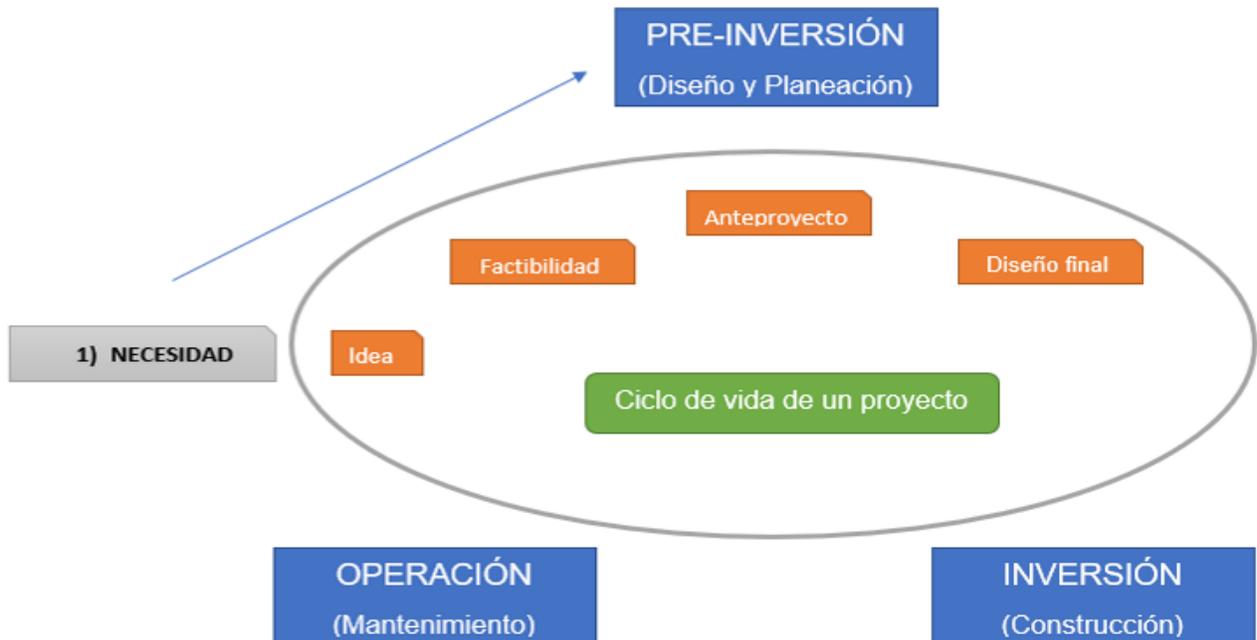


Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto

Fuente: (Ortiz Quesada, G., & Paniagua Madrigal, E., 2004)

De acuerdo con las necesidades y objetivos por cumplir, planteados por parte de la Jefatura del Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, el presente documento se enfoca en la primera fase del ciclo de vida del proyecto, mediante la cual, los profesionales del Departamento de Infraestructura pueden generar diseños optimizados en función de mejorar la ejecución y posterior mantenimiento de las obras.

Metodología de trabajo B.I.M.

El tema principal por desarrollar, como parte de este documento de investigación, es la implementación de la metodología B.I.M. (Building Information Modelling) en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, de tal manera que se convierte en aspecto fundamental, el contar con un adecuado nivel de comprensión de los conceptos básicos que conforman esta metodología, previo a desarrollar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M.

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los enunciados introductorios:

- Definición básica B.I.M.
- Términos importantes.
- Entorno común de datos.
- Sistemas de clasificación B.I.M.
- Dimensiones B.I.M.
- Incorporación de la Metodología B.I.M.
- Fases de incorporación de la Metodología B.I.M.

Definición básica de B.I.M.

De acuerdo con la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO,2016), el acrónimo B.I.M. (Building Information Modelling) se define como “un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual” (BIM Forum Chile, 2017). Es decir, por una parte, las

tecnologías permiten generar y gestionar información de diferentes disciplinas mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto; por otra, las metodologías, basadas en estándares, permiten compartir esta información de manera estructurada entre todos los actores involucrados, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario (PlanBIM Chile, 2019).

Tomando como base la definición anterior, se desprenden dos conceptos claves: el B.I.M. como sujeto, que a grandes rasgos se puede decir que es una representación virtual de una edificación u obra civil, y el B.I.M. como verbo, el cual se puede definir como una metodología de trabajo que consiste en utilizar la información contenida en los modelos para analizar, diseñar, identificar problemas y tomar decisiones.

La implementación adecuada de la metodología B.I.M., les brinda a los profesionales a cargo de un determinado proyecto, la posibilidad de detallar de manera oportuna, las discrepancias presentadas en la fase de diseño, y paralelamente, tomar decisiones que solventen la problemática planteada, lo cual permite mitigar posibles atrasos, así como reducir costos tanto de construcción como de operación y mantenimiento.

Términos importantes

Como parte de la adopción de la metodología B.I.M., existen otros acrónimos y términos que se deben conocer para generar una comprensión adecuada del trabajo que se desarrollará más adelante (es.BIM España, 2017), dentro de los cuales se mencionan los siguientes:

- AEC: acrónimo de Architecture, Engineering and Construction por sus siglas en inglés (Arquitectura, Ingeniería, Construcción).
- AGC: acrónimo de Associated General Contractors of America por sus siglas en inglés (Contratistas Generales Asociados de America).
- Alcance: propósito para el cual se desarrolla un determinado proyecto.
- Análisis: comprobación de información o resultados obtenidos, respecto a requisitos previamente establecidos.
- As Built: entregables que reflejan cómo fue construido un determinado proyecto.
- BEP: son las siglas de B.I.M. Execution Plan, significa plan de ejecución B.I.M.

- B.I.M. Forum: organización encargada de enfocar el modelado de información de construcción (B.I.M.), la tecnología y los procesos creativos para afrontar los problemas de la industria.
- CDE: acrónimo de Common Data Environment por sus siglas en inglés (Entorno Común de Datos).
- Ciclo de vida: conjunto de etapas de un proyecto que comprende desde su concepción hasta el fin de su uso.
- Detección de colisiones: proceso mediante el cual se pueden detallar interferencias entre los objetos que conforman un determinado modelo.
- Entregables: documento en el cual se detalla el avance del trabajo en un determinado proyecto.
- Estándar CAD: conjunto de reglas empleadas para generar archivos CAD.
- IFC: acrónimo de Industry Foundation Classes, es un formato abierto para compartir información, independiente del software que se haya empleado para generarla, desarrollado por buildingSMART International.
- Interoperabilidad: capacidad de diversos sistemas (y organizaciones) para trabajar de una manera integrada con las disciplinas dispuestas para el proyecto, sin pérdida de datos y sin un esfuerzo especial. La interoperabilidad puede referirse a sistemas, procesos y formatos de archivo.
- LOD: acrónimo de Level of Development, significa nivel de desarrollo, se refiere al nivel de complejidad bajo el cual será desarrollado un determinado elemento o proyecto.
- Modelo federado: modelo creado a partir de modelos separados, de distintas disciplinas.
- Modelo Integrado: modelo compuesto por información de las distintas disciplinas que participan de determinado proyecto, contenida en una base de datos específica.
- Nivel de madurez B.I.M.: indica el nivel de conocimiento en relación con la metodología B.I.M. de una organización o equipo de trabajo.
- Proceso: es un conjunto de actividades desarrolladas sistemáticamente con el fin de alcanzar un determinado objetivo.
- RFI: acrónimo de Request For Information, significa solicitud de información, es un documento que detalla por qué y para qué se utilizará la metodología B.I.M. en un determinado proyecto.
- Uso B.I.M.: es el uso para el cual ha sido creado el modelo durante las etapas del proyecto.

Entorno Común de Datos

Se define el entorno común de datos (CDE por sus siglas en inglés) como el lugar donde se encuentra ubicada la información de un determinado proyecto para que pueda ser consultada por cualquier profesional involucrado en la gestión de este.

Tal como lo refiere la norma ISO 19650-1 (BIM Forum Chile, 2019), el CDE se encuentra dividido en cuatro áreas según el estado de disponibilidad de la información desarrollada para un determinado proyecto, las cuales son: trabajo en proceso, compartido, publicado y archivado. Ver Figura 2.



Figura 2. Diagrama de un entorno de datos compartido
Fuente: (BIM Forum Chile, 2019)

Sistemas de clasificación B.I.M.

Los sistemas de clasificación tienen como principal función establecer una terminología de las actividades y los elementos generados como parte de un proyecto constructivo, de acuerdo con su función y ubicación, a través de sistemas de codificación.

Mediante el Cuadro 1 se presenta una comparativa entre cuatro de los sistemas de clasificación más utilizados a nivel internacional (Conejera, G. A., 2019):

- Omniclass.
- Uniclass.
- UniFormat.
- MasterFormat.

Con el fin de valorar el que se logre adecuar de mejor manera a las necesidades del Departamento de Infraestructura Penitenciaria con base en la tipología de proyectos que se desarrollan.

CUADRO 1. TABLA COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN B.I.M.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN		ESTÁNDAR	OBJETIVO
1	Omniclass	US NBS	Tiene como principal objetivo combinar múltiples sistemas de clasificación existentes para muchos temas en un solo sistema de clasificación basado en la ISO 12006-2, la cual hace referencia a la organización de la información sobre obras de construcción, en el marco de la clasificación de la información.
2	Uniclass	NBS UK	Sistema de clasificación que sirve para organizar la información material y estructurar los datos relacionados a los proyectos.
3	UniFormat	US NBS	Corresponde a un estándar para la clasificación de especificaciones, estimación de costos y análisis de gasto energético en EE.UU y Canadá. Es un método estandarizado que ordena la información de construcción, organizando mediante partes físicas llamados sistemas y ensamblajes. Estos sistemas o ensamblajes están caracterizados por su función, sin identificar su solución técnica o de diseño.
4	MasterFormat	US NBS	Enumera los títulos y los números de sección para organizar los datos sobre los requisitos de construcción, productos y actividades. Al estandarizar dicha información, MasterFormat facilita la comunicación entre arquitectos, especificadores, contratistas y proveedores, lo que les ayuda a cumplir con los requisitos, plazos y presupuestos de los propietarios de edificios.

Fuente: (Conejera, G. A., 2019)

Dimensiones B.I.M.

Como ha sido descrito, el B.I.M. se emplea durante las distintas fases de una obra, desde su concepción y diseño, hasta la construcción y operación del proyecto, dentro de esta logística, se pueden desglosar ocho (8) fases, tal como lo refiere a su vez la National B.I.M. Estándar (NBS), se conocen como dimensiones y se detallan de la siguiente manera:

- a) Primera dimensión: se refiere a la idea inicial.
- b) Segunda dimensión: se refiere al bosquejo, tal y como se maneja comúnmente en 2D.
- c) Tercera dimensión: se refiere al modelo tridimensional, 3D.
- d) Cuarta dimensión: hace referencia al tiempo de ejecución de las actividades.
- e) Quinta dimensión: se adiciona el costo de cada actividad (presupuesto).
- f) Sexta dimensión: se elaboran simulaciones de planteamientos u opciones enfocadas en la sostenibilidad del proyecto.

- g) Séptima dimensión: hace referencia al plan de mantenimiento y operaciones del proyecto, una vez que la etapa constructiva haya sido finalizada.
- h) Octava dimensión: se proponen los planes de seguridad, de evacuación y zonas de mayor riesgo en la edificación. Por medio de la figura 3 se resume a qué se refieren cada una de las dimensiones de B.I.M.

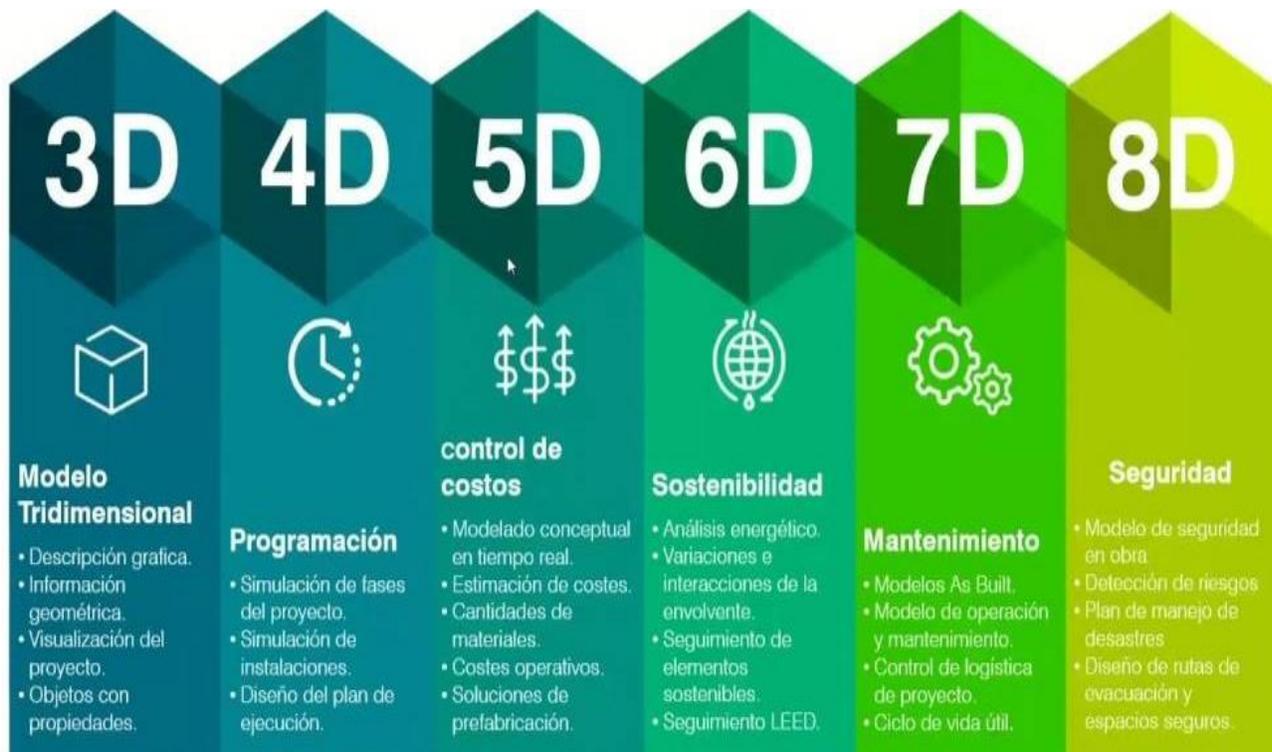


Figura 3. Dimensiones B.I.M.
Fuente: (B.I.M. Fórum Colombia, 2019)

Incorporación de la Metodología B.I.M.

Actualmente, el sector de la construcción está siendo partícipe de una revolución digital con la introducción de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, la cual “se asocia a una mayor digitalización en la fabricación a través de la conectividad, la Internet de las cosas en la industria, la recopilación y el análisis de macrodatos, las nuevas formas de interacción entre humanos y máquinas” (Naciones Unidas, 2019), ha llegado el momento de desarrollar una visión a nivel tanto de sector público como privado para fomentar el uso de nuevas tecnologías en favor de la innovación, un nivel de comunicación más efectivo, el desarrollo sostenible y un aprovechamiento eficiente de los recursos económicos.

Los sectores que deseen incorporar dentro de su entorno laboral la metodología B.I.M., deben iniciar con un análisis a lo interno de cada institución o empresa, y detectar tanto las necesidades como las capacidades asociadas de

cada uno de sus colaboradores para emplear la metodología B.I.M., deben tener claro el motivo así como los objetivos que desean obtener de poner en práctica la metodología dentro de sus lugares de trabajo, y para ello, se debe realizar un diagnóstico general que brinde un panorama claro del estado actual de desarrollo de sus proyectos, desde la concepción hasta su puesta en marcha.

Como parte de los elementos a contemplar, previo a la incorporación de la metodología B.I.M. dentro de una institución o empresa, se encuentra el definir cuál B.I.M. será el que se proponga instaurar, considerando los siguientes panoramas (BIM Forum Costa Rica, 2018):

- B.I.M. no integrado (unilateral): cuando dentro del ciclo de vida de un determinado proyecto, una única empresa implementa la metodología B.I.M., obteniendo los beneficios que se generen.
- B.I.M. no integrado (multilateral): aplica cuando dentro del ciclo de vida de un proyecto, la empresa que emplea la metodología B.I.M., comparte la información generada con otras empresas

participantes del proyecto, pero esas empresas desarrollan sus propios modelos acorde a sus requerimientos.

- c) B.I.M. Integrado: se da cuando hay una coordinación general entre las empresas participantes del desarrollo de un proyecto, las cuales trabajan bajo una serie de normas o estándares establecidos en concordancia con los objetivos del proyecto.

Fases de incorporación B.I.M.

Con el objetivo de desarrollar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz para optimizar la gestión de proyectos constructivos a través del proyecto piloto, es recomendable contar con un panorama de las fases a desarrollar para así lograr cumplir con los objetivos trasados de una manera adecuada.

De acuerdo con las metas que la Jefatura del Departamento desea obtener, las cuales se basan en mejorar la gestión de los proyectos de construcción desarrollados por el Departamento, se delimita el alcance del presente trabajo de investigación a las etapas iniciales del ciclo de vida de un proyecto de construcción, las cuales contemplan la conceptualización, el diseño detallado, el análisis de costos y la generación de los planos constructivos.

A continuación, en la Figura 4 se presenta el esquema resumido de implantación B.I.M. (Barco, D., 2018) y la descripción de sus elementos principales.

Durante la fase de inicio tenemos lo siguiente:

- a) Estado del arte: es una metodología de investigación documental, “sobre la cual se recupera y trasciende reflexivamente el conocimiento acumulado sobre determinado objeto de estudio (Gomez, M., Galeano, C., & D.J., 2015). El concepto anterior aplicado en el desarrollo del presente proyecto de investigación en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, contempla la recopilación de información acerca del funcionamiento general del Departamento, cómo se desarrollan los procesos de diseño de un proyecto, conocer acerca del grupo humano que lo conforma y sus labores

específicas, así como el nivel de conocimiento respecto de la metodología B.I.M.

- b) Evaluación: se refiere a realizar un análisis detallado de la situación de una determinada empresa o Institución, así como la definición de los objetivos, relacionados directamente con la Metodología B.I.M. Tal como se indica, a nivel del análisis del Departamento de Infraestructura, en esta fase se plantean los objetivos B.I.M. a alcanzar, se determinan los requerimientos tanto de los recursos técnico y humano, como la documentación requerida para implementar la metodología B.I.M.

Durante la fase de proyectos se tiene:

- a) Planificación: esta se define como “una herramienta estratégica para definir los objetivos específicos y generales, el cronograma, los resultados esperados, la puesta en marcha de lo planeado hasta alcanzar el objetivo general” (Chen, Caterina, 2019). En el contexto del presente trabajo de investigación, esta fase contempla, a partir de la documentación generada durante la fase de evaluación, la elaboración del plan de implementación de la metodología B.I.M.
- b) Implantación: bajo la conceptualización de la Metodología B.I.M., el concepto de implantación hace referencia al proceso de transformación mediante el cual un equipo de personas cambia sus metodologías de trabajo por la metodología B.I.M. En nuestro caso, en esta fase, mediante la realización de un proyecto piloto, se pone en práctica el plan de ejecución de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

A partir del esquema descrito anteriormente, se realiza un replanteo de algunas actividades y se adecua a los alcances proyectados por la Jefatura del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

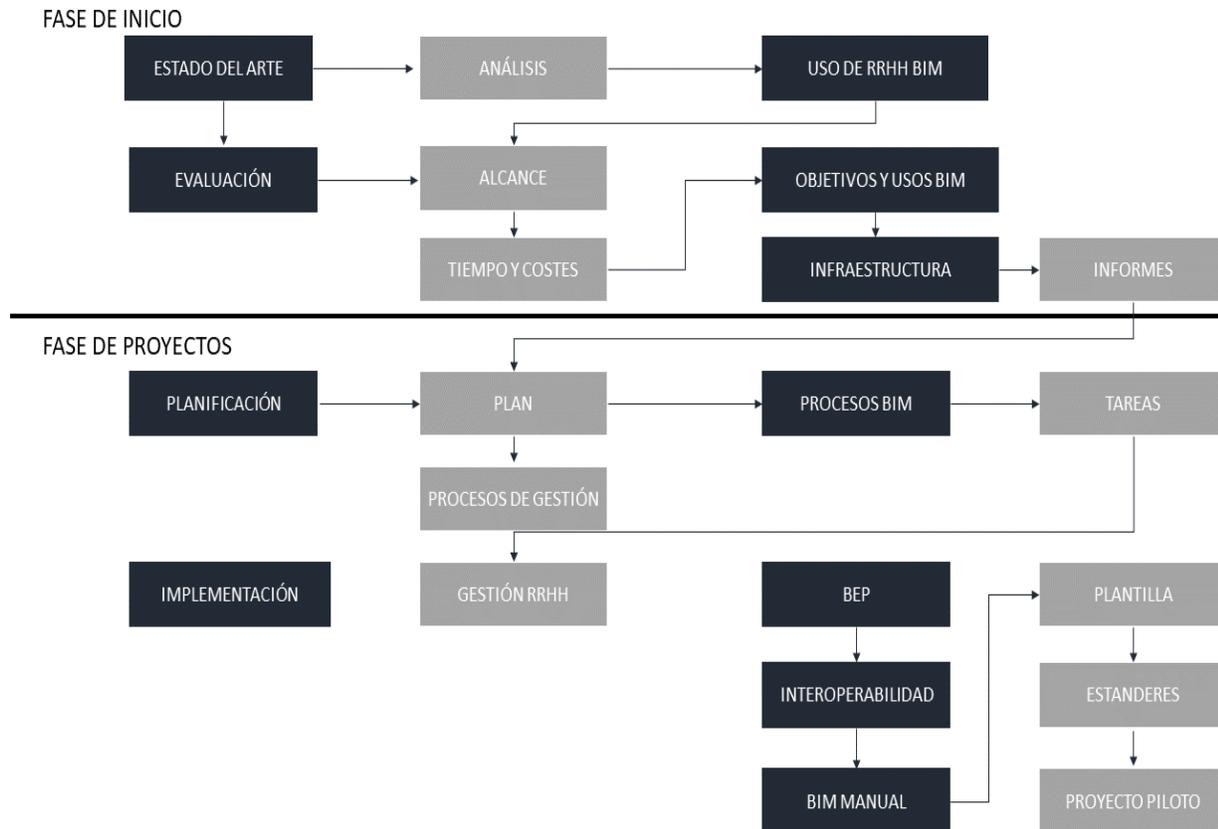


Figura 4. Esquema de implantación B.I.M.
Fuente: (Barco, D., 2018)

Implementación de la Metodología B.I.M.

Una vez que se cuenta con los conceptos básicos en torno a la metodología B.I.M., con el objetivo de desarrollar el plan de trabajo, se debe introducir al lector a una serie de temas, los cuales dependerán de la empresa o Institución donde se desarrollen. Seguidamente, se presenta una descripción de los temas a contemplar como parte del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

- Determinación de los usos B.I.M.
- Definición de objetivos.
- Tipos de modelos B.I.M.
- Disponibilidad de recursos.
- Recursos técnicos.

- Recursos humanos.
- Nivel de desarrollo.
- Interoperabilidad.
- Plan de ejecución.
- Plan de trabajo B.I.M.

Determinación de los usos B.I.M.

La determinación de los objetivos está relacionada directamente con los usos B.I.M. que se le pueden dar al modelo realizado para un determinado proyecto. Estos pueden incluir desde la planeación y el diseño del proyecto, hasta la estimación de costos o el mantenimiento de la obra. (Guía para implementar y gestionar proyectos B.I.M., 2018).

La clasificación de usos B.I.M. planteada por parte de Pennsylvania State University es de las más utilizadas (Computer Integration Construction Research Program, 2019).

PLANEACION	DISEÑO	CONSTRUCCION	OPERACION
Modelado de Condiciones Existentes			
Estimacion de Costos			
Planeacion de Fases			
Programaciones de obra			
Análisis del Sitio			
	Revisiones de diseño		
	Autoría de Diseño		
	Análisis Estructural		
	Análisis Iluminación		
	Análisis Energeticos		
	Análisis Mecánicos		
	Otros Análisis Ingeniería		
	Evaluación LEED		
	Validación de Codigos		
	Coordinación 3D		
	Planeación en Sitio		
	Diseño Sistemas Constructivos		
	Fabricación Digital		
	Planeación y Control 3D		
	Modelos Record		
	Admin Mantenimiento		
	Análisis Sistemas Edificio		
	Gestión de Activos		
	Admin Espacios		
	Planeación de Desastres		

Usos BIM Primarios
 Usos BIM Secundarios
 Adaptado de <http://bim.psu.edu/Uses/>

Figura 5. Clasificación de usos B.I.M.
 Fuente: (Pennsylvania State University – CIC, 2019)

Con base en la Figura 5, se determinan los usos B.I.M. estimados por parte del Departamento de Infraestructura, los cuales serán incorporados dentro del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. que se presenta más adelante.

Definición de objetivos

Para la adecuada implementación de la metodología B.I.M. dentro del ciclo de vida de un proyecto, es necesario que se cuente con objetivos claramente definidos.

El tratamiento que brinda al respecto la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO), nos refiere a contemplar un objetivo general y objetivos específicos (PlanBIM

Chile, 2019), los cuales se mencionan a continuación:

- **Objetivo general:** hace referencia a la meta principal que se desea alcanzar mediante el uso de la metodología en un determinado proyecto.
- **Objetivos específicos:** se trata de hitos medibles a través de los cuales se busca dar respuesta a un determinado problema mediante la aplicación de la metodología B.I.M., los cuales deben ser consecuentes con el objetivo general propuesto.

La Cámara Costarricense de la Construcción, a través del B.I.M. Forum Costa Rica, plantea la posibilidad de emplear como objetivos principales los detallados a continuación (BIM Forum Costa Rica, 2018):

1. Representación gráfica de proyectos en tres dimensiones (3D): utilizados para poder visualizar de manera volumétrica un diseño.
2. Modelado de condiciones existentes: trabajos que requieran de demoliciones, pueden plantearse mediante una representación en 3D de las condiciones actuales para obtener diseños más ajustados a la realidad.
3. Revisiones de diseño: al tener los modelos de cada disciplina, es posible compararlos para determinar la existencia de posibles puntos de interferencia entre ellos y de esta manera tomar decisiones de diseño de manera oportuna.
4. Programas de mantenimiento: con los modelos B.I.M. de un determinado proyecto, y la actualización de estos durante la etapa de ejecución, es posible generar programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones y equipos.
 - Modelo de coordinación de arquitectura con estructuras: modelo que incluye y compara los modelos de arquitectura y estructura a nivel volumétrico con la finalidad de detectar problemas de interacción inadecuada de elementos.
 - Modelo de instalaciones eléctricas, mecánicas y plomería: modelo que muestra la ubicación a nivel volumétrico de los sistemas eléctricos, potables, sanitarios, entre otros, instalados en un determinado proyecto con el fin de determinar la interacción entre ellos y los posibles problemas que puedan generar.
 - Modelo de coordinación de especialidades: modelo que incorpora los modelos anteriormente mencionados, con el fin de visualizar la interacción entre ellos y determinar posibles problemas, con el fin de corregirlos en la fase de diseño y no durante la fase de ejecución.

Tipos de modelos B.I.M.

A partir del proyecto a desarrollar y en concordancia con los objetivos específicos planteados, se debe seleccionar el modelo B.I.M. que mejor se ajuste y del cual se pueda obtener la mayor cantidad de información (BIM Forum Costa Rica, 2018).

Dentro de los tipos de modelos a implementar se detallan los siguientes:

- Modelo de prefactibilidad: con base en la normativa vigente en un sitio determinado, permite determinar las condiciones de diseño de un anteproyecto.
- Modelo de anteproyecto: modelo de diseño inicial, de acuerdo con los requerimientos del cliente y con base en las condiciones de terreno existente.
- Modelo de desarrollo de planos constructivos: modelo con mayor detalle arquitectónico, a partir del cual se puede plantear de manera preliminar el sistema estructural. Se presenta gráficamente en dos dimensiones.
- Modelo estructural: modelo mediante el cual se presenta el diseño estructural con base en la distribución arquitectónica, producto del análisis de cargas actuantes.

Disponibilidad de recursos

Un aspecto importante para considerar como parte de la implementación de la metodología B.I.M. en una empresa o Institución, es conocer los recursos disponibles, tanto materiales como humanos con los que se cuenta. A continuación, se detallan los principales aspectos a considerar para cada tipo de recurso. (Barco, D., 2018).

Recursos técnicos

- a) Infraestructura espacial: se refiere al espacio físico en donde se desarrollan las labores cotidianas. La disponibilidad de áreas adecuadas para realizar las reuniones de coordinación.
- b) Redes de datos: se trata de conocer el tipo de conexión a internet existente, la velocidad de internet con que se cuenta en el sitio, la disponibilidad de los equipos electrónicos adecuados para garantizar el ancho de banda requerido para el manejo de información entre los colaboradores del Departamento de Infraestructura.
- c) Tipos de accesos: al realizar trabajo de oficina o ya sea teletrabajo, se pueden estar empleando servidores; sin embargo, estos pueden tener conexiones variadas, ya sea una red de área local (LAN, por sus

siglas en inglés), VPN, la cual permite el acceso desde una conexión remota, una nube, la cual permite trabajar en un archivo a través de una conexión de internet.

- d) **Hardware:** se relaciona con los equipos de cómputo disponibles en el lugar de trabajo, ya sean computadoras portátiles o de escritorio, su capacidad asociada para interactuar con el software a implementar.
- e) **Software:** se refiere a los programas computacionales. El tipo de software a seleccionar deberá ser aquel que, se ajuste a los requerimientos de la empresa o institución con base en los usos B.I.M. proyectados y que además, esté dentro del margen presupuestario disponible para su adquisición. Es necesario contemplar que el tipo de software a incorporar, pueda brindar una facilidad de comunicación y coordinación entre los profesionales que conformen el grupo de trabajo, para compartir los modelos desarrollados y gestionar de manera eficiente los cambios o mejoras a incluir dentro de estos, y además que el software de producción a emplear, dentro de los cuales se pueden incluir los programas de modelado, diseño de estructuras, instalaciones mecánicas y simulación, faciliten en mayor medida el desarrollo de los modelos o proyectos.
- f) **Curva de aprendizaje:** el manejo óptimo del software a implementar dentro del lugar de trabajo implica dedicación y tiempo, para que se pueda ver retribuida su inversión inicial de compra.
- g) **Capacitación:** los colaboradores que utilicen o implementen la metodología B.I.M., deben entender todos los usos que las herramientas tecnológicas brindadas puedan tener, lo cual conlleva realizar una inversión no solo económica sino de tiempo, para poner en práctica los conocimientos adquiridos y generar experiencia a través de la implementación de un plan piloto.

Recursos humanos

La implantación de la metodología B.I.M. en el seno de una empresa o institución, implica la generación de múltiples roles, los cuales faciliten el flujo de información generada a través de los

modelos de un determinado proyecto, así como la interacción entre el equipo de trabajo. Se mencionarán cinco roles considerados importantes a contemplar dentro de una organización (PlanBIM Chile, 2019).

1. **Modelador B.I.M.:** es la persona encargada de realizar el modelo de acuerdo con los diseños propuestos según el área en desarrollo, sea arquitectónica, estructural, electromecánica.
2. **Documentadores B.I.M.:** son los encargados de confeccionar los planos constructivos, quienes a su vez, colaboran con la obtención de datos de los modelos para la cuantificación y presupuestación del proyecto.
3. **Coordinador B.I.M.:** es la persona responsable de coordinar los trabajos dentro de una misma área; con el fin de garantizar que se cumpla con los usos B.I.M. propuestos, y que a su vez pueda ser compartido con las demás áreas de trabajo participantes dentro del proyecto.
4. **Gerente B.I.M. (B.I.M. Manager):** es el encargado de determinar la forma en cómo se implementa el trabajo B.I.M., son los responsables de determinar los roles, niveles de detalle y software a implementar para un determinado modelo y definir los estándares B.I.M.
5. **Director B.I.M.:** es la persona a la cabeza del proceso de implementación B.I.M., responsable de formar a cualquier miembro del equipo de trabajo, así como del hardware y software requeridos para realizar los trabajos o modelos correspondientes, así como dar seguimiento al trabajo realizado por los B.I.M. Managers.

Nivel de desarrollo (LOD)

El nivel de desarrollo o Level of Development, por sus siglas en inglés, como se aprecia en la Figura 6, es una forma de medir el grado de información contenida en un elemento de un determinado modelo B.I.M., es una representación gráfica. Se debe establecer el nivel de desarrollo de un modelo basado en un estándar, no existe un consenso sobre un estándar global; sin embargo, los más usados son los planteados por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA por sus siglas en

inglés) y el B.I.M. Forum. Este último se diferencia de LOD 100, 200, 300, 350 y 400, basándose en

una descripción genérica de los elementos, así como de su grado de desarrollo (Barco, D., 2018).

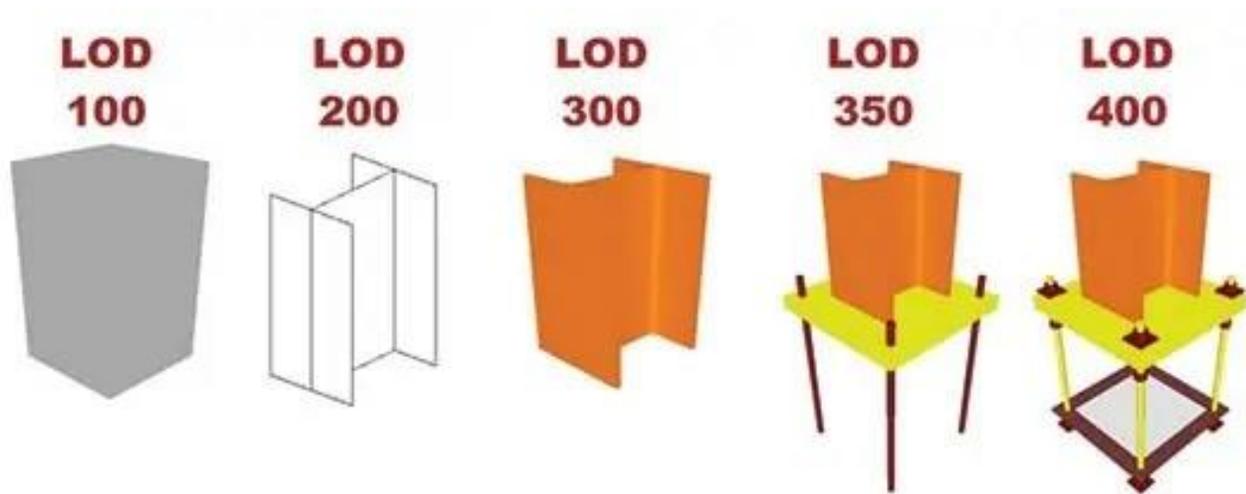


Figura 6. Niveles de desarrollo
Fuente: (Barco, D., 2018)

Interoperabilidad

Se define como la capacidad de intercambiar información entre software seleccionados para implementar la metodología B.I.M. dentro de una empresa o institución. Permitiendo efectuar una coordinación adecuada entre los modelos elaborados de acuerdo con las áreas que formen parte del proyecto (Barco, D., 2018). La interoperabilidad puede depender de varios aspectos, entre ellos el software utilizado, el tipo de entregables requeridos, las plataformas de intercambio de información, del nivel de desarrollo y hasta del B.I.M. Manager.

2. Objetivos del proyecto.
3. Interoperabilidad.
4. Recursos logísticos y técnicos.

Plan de trabajo B.I.M.

Es el documento mediante el cual se desarrolla la propuesta de implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, además proporciona las herramientas necesarias para que cada uno de los integrantes del equipo de trabajo puedan desarrollar las labores de modelado que les sean asignadas.

El plan de trabajo B.I.M. contempla el desarrollo de cuatro puntos principales, los cuales de mencionan a continuación:

1. Información general del proyecto.

Estrategia nacional B.I.M. Costa Rica

El sector de la construcción es de alta importancia económica y estratégica en Costa Rica. Representa cerca del 4,0% del PIB total del país (Cámara Costarricense de la Construcción, 2020).

Sin embargo, a pesar de su importancia económica y estratégica, el sector presenta serios problemas de productividad, atrasos y sobrecostos de las obras resultantes. (Análisis del Crecimiento de la Productividad en Costa Rica, 2016). Detrás de estos problemas se encuentran factores como la falta de transparencia en los procesos, una falta de coordinación entre profesionales y entre etapas de los proyectos, limitadas capacidades de gestión, ejecución y supervisión de proyectos, entre otros.

Mediante la implementación de la metodología B.I.M., se ha observado obtener resultados importantes en términos de reducción de costos, plazos de obras de construcción, aumento de productividad y una mejora de los

procesos de diseño, construcción y mantenimiento de proyectos constructivos.

En Costa Rica, existen algunas experiencias de uso de B.I.M. en el sector privado. Sin embargo, estas experiencias son aún limitadas y se requiere de una colaboración conjunta entre el sector público y el sector privado para fomentar la aplicación de la metodología B.I.M. A través de la iniciativa del Gobierno, se publica el documento Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica, tal como se

muestra en la Figura 7, el cual busca combinar el poder de compra del Estado para una incorporación gradual de la metodología B.I.M. en las licitaciones públicas, juntamente con el apoyo del sector privado.

El Ministerio de Justicia y Paz está interesado en realizar la transformación con su metodología de trabajo y dar el paso a trabajar con la metodología B.I.M. por los beneficios que ofrece.



Figura 7. *Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica*
Fuente: (MIDEPLAN, 2020)

Metodología

La elaboración del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. se realiza en dos etapas, la primera etapa consiste en la recopilación de información y la segunda corresponde a la selección del esquema de trabajo que mejor se ajuste a los requerimientos del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz para alcanzar los objetivos propuestos.

Recopilación de información

Es fundamental tener claro los principales conceptos que rodean la metodología B.I.M. previo a incursionar en un proceso de implementación de esta metodología en una empresa o Institución.

Para tal efecto se asiste al curso introducción a la Metodología B.I.M., impartido del 4 al 25 de mayo del 2019 por el Ing. Harold Guevara Espinoza, experto CM-B.I.M., en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con el fin de conocer los principios básicos, herramientas y aplicaciones que lo conforman. De esta manera, con la información recibida, se realiza una selección de documentos que expliquen de manera clara tanto la metodología como su implementación.

A nivel mundial, B.I.M. es reconocida como una metodología que permite mejorar la eficiencia con la cual operan los procesos de gestión de proyectos, lo cual permite mitigar los posibles atrasos y agregar madurez en los procesos de desarrollo de infraestructura en el sector público.

En aras de conocer más en detalle acerca de las experiencias de países cuya implementación de la metodología B.I.M. es una realidad, y como se plantea implementar en Costa Rica la metodología B.I.M. en el sector público, se

asiste al Taller de Construcción de la Ruta Nacional Implementación B.I.M., con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Centro Internacional para Gran Bretaña de Construcción Digital, donde participaron expertos de Chile y del Reino Unido.

Como parte de la iniciativa impulsada por el Ministerio de la Presidencia por medio de la oficina de la Primera Dama, se establece la gestión para la adopción de la metodología B.I.M. tanto para el sector público, el sector privado y la educación superior (universidades). Para conocer el avance en esta materia, se cuenta con la colaboración del señor José Adrian Quirós Leandro, coordinador del Plan Nacional de Implementación B.I.M. Gobierno de Costa Rica del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN).

Como aporte adicional, para conocer el estado de implementación de la metodología B.I.M. a nivel privado, se cuenta con el apoyo del señor Jose Daniel Vargas Meza, coordinador B.I.M. Forum Costa Rica, de la Cámara Costarricense de la Construcción.

El Ministerio de Justicia y Paz, específicamente el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, desea dar el paso hacia la implementación de la metodología B.I.M. A través del Ing. Diego Solano Leandro, jefe a.i. del Departamento, se recaba información respecto del funcionamiento del Ministerio de Justicia, información del grupo de profesionales que conforman el Departamento, las principales labores que se desarrollan, así como de la gestión actual de los proyectos constructivos al interior del Departamento de Infraestructura. Adicionalmente, con el aporte de la Arq. Marcela Gutierrez Jiménez, se obtiene información relevante respecto del recurso material con que se cuenta y los planteamientos iniciales para estandarizar los procesos de diseño en el Departamento de Infraestructura.

Selección de esquema de trabajo

El esquema de trabajo propuesto se confecciona con base en el presentado en la Figura 3. *Esquema de implantación B.I.M.* (Barco, D., 2018), adecuándolo a los requerimientos

planteados por el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia. Mediante la Figura 8 se presenta el esquema de trabajo a seguir para desarrollar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

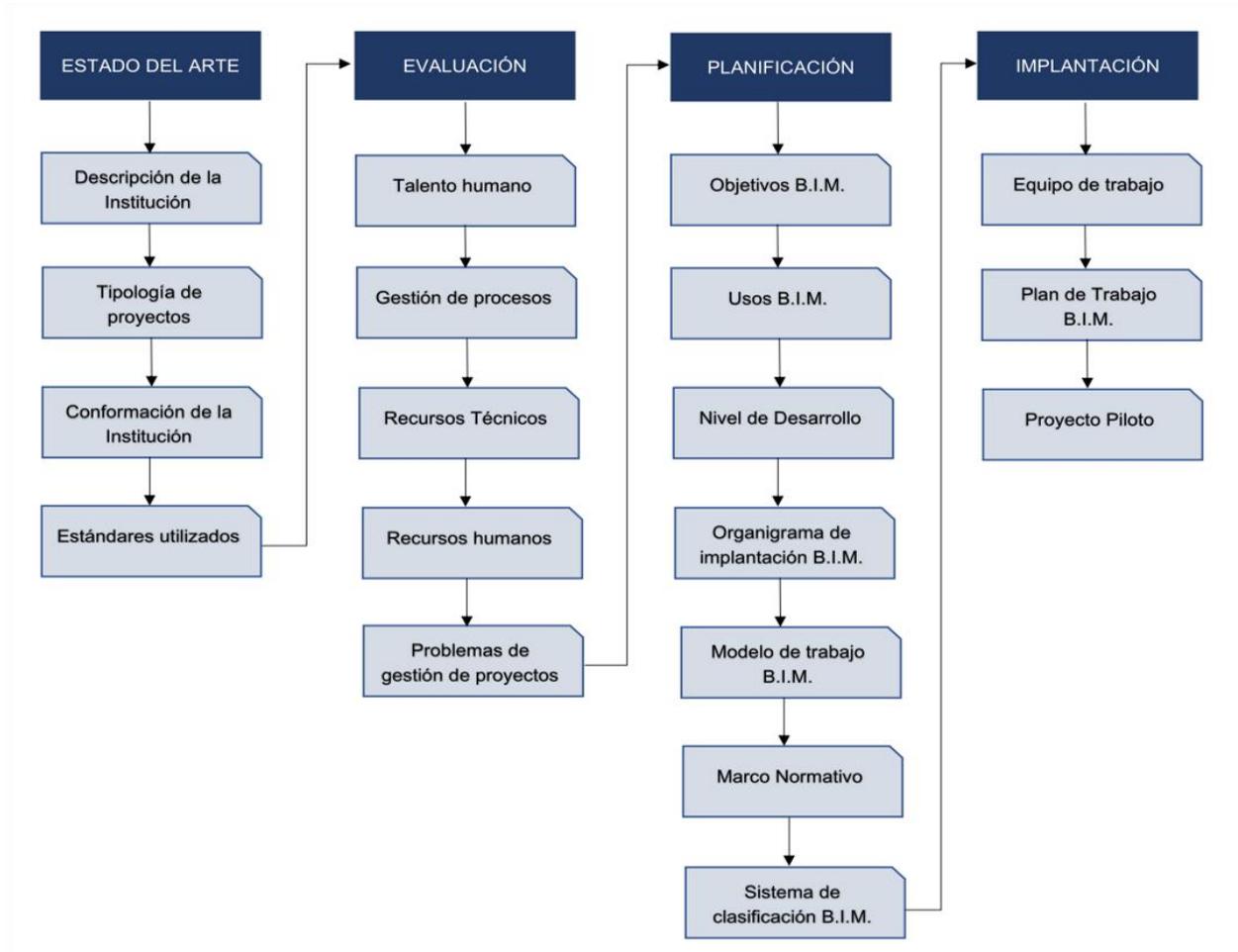


Figura 8. *Esquema de implantación B.I.M. propuesto para el Departamento de Infraestructura*
Fuente: (Elaboración propia)

A partir del esquema presentado anteriormente, se agruparon las actividades a ejecutar en cuatro pilares principales, los cuales se enumeran a continuación:

- Estado del arte.
- Evaluación.
- Planificación.

- Implantación.

Cada pilar contempló la realización de una serie de actividades de manera secuencial, las cuales se describen a continuación, y que permitieron la recopilación de la información necesaria para la elaboración del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

Estado del arte

En este apartado se desarrollan las siguientes actividades:

- a. Elaborar una descripción general del Ministerio de Justicia, sus funciones y su visión organizacional.
- b. Determinar la tipología de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.
- c. Investigar respecto de la conformación del Ministerio de Justicia, así como del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, para su posterior representación mediante un organigrama.
- d. Investigar acerca de estándares utilizados en la gestión de proyectos constructivos dentro del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

Evaluación

Para el desarrollo de la tarea se contempla realizar las siguientes actividades:

- a. Realizar entrevistas virtuales al equipo profesional del Departamento, para conocer las labores desarrolladas y el nivel de conocimiento respecto de la Metodología B.I.M.
- b. Revisar el mecanismo de gestión de los procesos existentes y la interoperabilidad durante el desarrollo de proyectos constructivos en el seno del Departamento de Infraestructura.
- c. Verificar el estado de los recursos materiales disponibles para una adecuada implementación de la metodología B.I.M. (hardware, software).
- d. Identificar el profesional encargado de tomar el rol de B.I.M. Manager dentro del Departamento de Infraestructura.

Planificación

Como parte de las actividades a gestionar durante el desarrollo de la presente tarea, se enumeran las siguientes:

- a. Definir el o los objetivos B.I.M., los Usos B.I.M., así como niveles de detalle que se

espera emplear por parte de la Jefatura del Departamento de Infraestructura.

- b. Elaborar un organigrama general del plan de implantación propuesto para el Departamento de Infraestructura.
- c. Establecer modelos de trabajo que contemplen los procesos de diseño, cálculo, revisiones, coordinación y niveles de detalle previamente definidos.

Implantación

Las actividades contempladas para cumplir con la tarea citada son las siguientes:

- a. Conformar el equipo de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. dentro del Departamento de Infraestructura.
- b. Elaborar un plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., con base en la información recabada durante la fase de evaluación y planificación.
- c. Desarrollar un proyecto piloto para valorar la adecuada gestión del plan de trabajo. En este caso específico se plantea desarrollar como proyecto piloto el Complejo de Operaciones para la Policía Penitenciaria del Ministerio de Justicia.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos producto de la fase de recopilación de información acerca de la metodología B.I.M. y del funcionamiento tanto del Ministerio de Justicia y Paz como del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, y de la posterior fase de aplicación del esquema de trabajo propuesto para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

Producto de la fase de recopilación de información se obtienen los siguientes resultados.

Plan Nacional de Implementación B.I.M. Gobierno de Costa Rica

Por parte del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), a través del señor José Adrian Quirós Leandro, coordinador del Plan Nacional de Implementación B.I.M. Gobierno de Costa Rica, se obtiene el documento Estrategia nacional B.I.M. Costa Rica (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2020).

El MIDEPLAN, como ente rector de inversión pública desde el Fondo de Inversiones, asume el compromiso de ser la institución técnica responsable para el proceso de adopción de la Metodología B.I.M. en Costa Rica. El sector gobierno realiza su planificación a través del Plan Nacional de Desarrollo de Inversión Pública, cuyo objetivo es promover el desarrollo sostenible enfocado en tres ejes primordiales: social, económico y ambiental, los cuales se encuentran identificados con la implementación de la Metodología B.I.M.

La Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica tiene como finalidad la mejora en el uso de fondos públicos para el desarrollo de obras de Infraestructura, mediante la aplicación de la Metodología B.I.M. en el sector público.

Guía para la elaboración de una solicitud de información B.I.M.

Por parte de la Cámara Costarricense de la Construcción, en colaboración con el señor Jose Daniel Vargas Meza, coordinador B.I.M. Forum Costa Rica, se obtiene el documento Guía para la elaboración de una solicitud de información B.I.M. (BIM Forum Costa Rica, 2020).

El B.I.M. Fórum Costa Rica nació hace tres años como una comisión dentro de la Cámara Costarricense de la Construcción, con el objetivo de desarrollar, como primer producto, la guía de implementación B.I.M. para empresas.

Actualmente el B.I.M. Fórum Costa Rica está conformado por comisiones de trabajo, en las cuales profesionales del sector se reúnen para el desarrollo de eventos y líneas de acción, dentro de las cuales, las más importantes son la documentación técnica, el poder generar guías para el uso de la Metodología B.I.M. y la sensibilización de los sectores tanto público como privado y académico, respecto a la incorporación de la metodología B.I.M. en la gestión de proyectos constructivos.

La Guía para la elaboración de una solicitud de información B.I.M. (SDI BIM) presenta los componentes que debe tener una solicitud de información B.I.M. estándar, entre ellos los objetivos de utilizar B.I.M., tipo de entregables B.I.M. que se deben trabajar, qué tipo de modelos B.I.M. se pueden utilizar, ya sea arquitectónico, estructural, electromecánico o modelo de coordinación, así como las categorías de información relacionadas con los modelos B.I.M., que puedan facilitar las labores de mantenimiento de las obras.

Información requerida según el esquema de implantación B.I.M.

De acuerdo con el esquema de trabajo propuesto para realizar la implantación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, mostrado en la Figura 7, es necesario conocer con detalle el estado en que se encuentra el Departamento, desde su conformación, el estado de los recursos tanto técnicos como humanos, así como las labores que desarrollan cada uno de los profesionales.

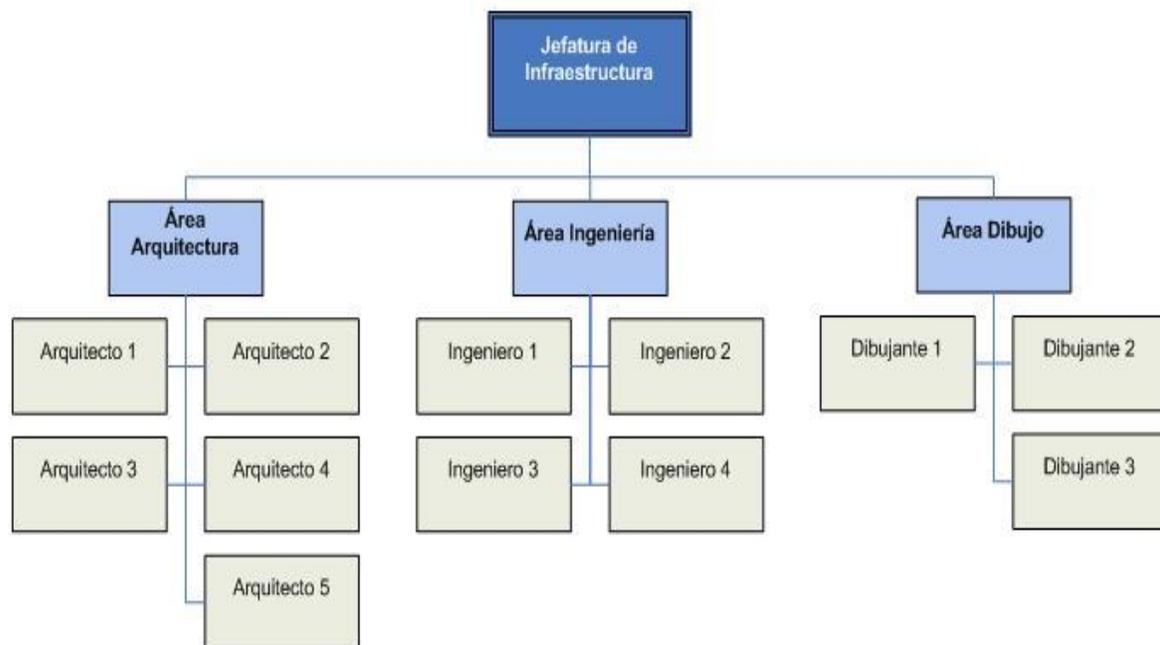
Para la obtención de la información que a continuación se presenta, se realiza una entrevista a cada uno de los profesionales que conforma el Departamento, a través de la cual se obtiene información de las actividades realizadas,

el software empleado para el ejercicio de sus funciones, el conocimiento de la metodología B.I.M., así como las limitantes al realizar sus trabajos, las cuales se pueden detallar en el Apéndice 1.

Organigrama del Departamento de Infraestructura Penitenciaria

En conversación con el Ing. Diego Solano Leandro, jefe a.i. del Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia, se obtiene como resultado la distribución organizacional del talento humano que conforma el Departamento. (Figura 9).

Organigrama Departamento de Infraestructura – PCIAB – MJP



Página 1

Figura 9. Organigrama del Departamento de Infraestructura Penitenciaria PCIAB - MJP
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Visio

Áreas de especialidad del Departamento de Infraestructura

En total el Departamento de Infraestructura Penitenciaria está conformado por trece profesionales, cuyas áreas de especialidad se detallan en la Figura 10, y se enumeran a continuación:

- Arquitectura: 5 profesionales.
- Ingeniería en Construcción: 2 profesionales.
- Ingeniería Civil: 1 profesional.
- Ingeniería en Mantenimiento Industrial: 2 profesionales.
- Dibujo: 3 profesionales.

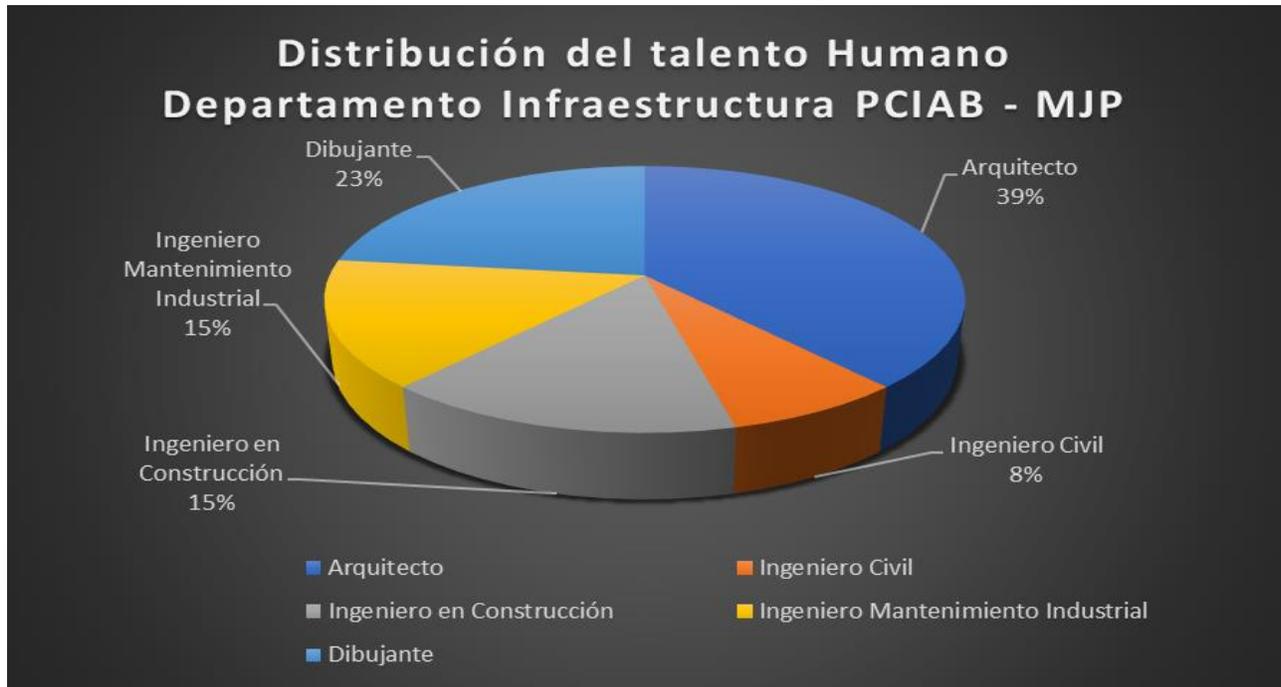


Figura 10. Distribución del talento humano del Departamento de Infraestructura PCIAB - MJP
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel

Labores desarrolladas por el Departamento de Infraestructura

Dentro de las actividades desarrolladas por parte del Departamento de Infraestructura, se detallan las más importantes mencionadas en la encuesta. (Figura 11)

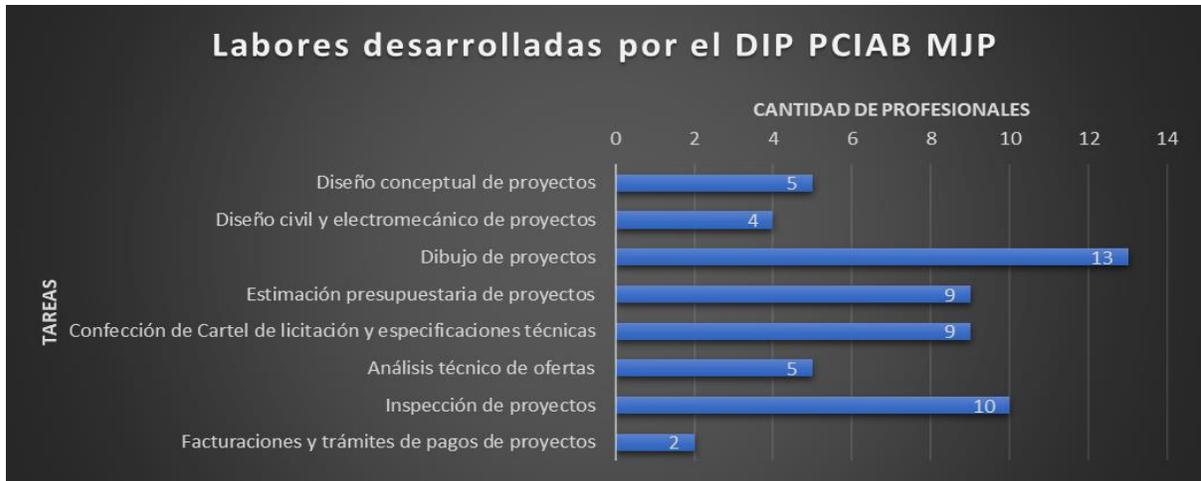


Figura 11. Labores desarrolladas por el Departamento de Infraestructura PCIAB - MJP
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel

Programas de cómputo empleados por los profesionales

Se presenta el software empleado por los profesionales del Departamento de Infraestructura. (Figura 12)

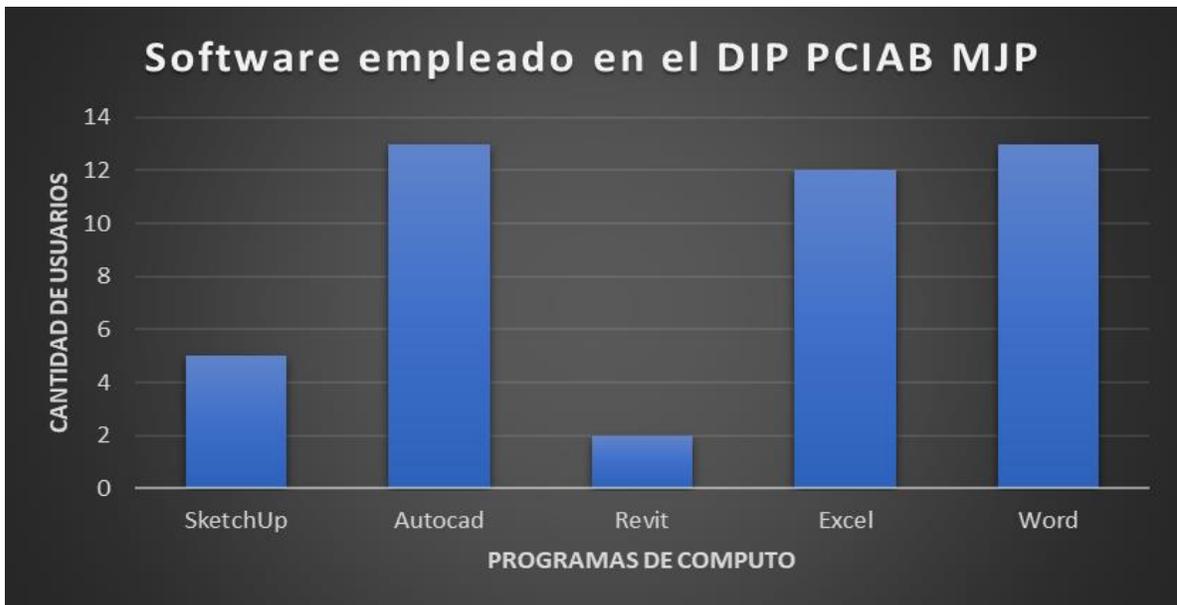


Figura 12. Software empleado por los profesionales del Departamento de Infraestructura PCIAB - MJP
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel

Conocimiento sobre la Metodología B.I.M. de los profesionales

Departamento de Infraestructura, se presenta el nivel de conocimiento que cada uno de ellos posee con relación a la metodología B.I.M., desde su concepto básico hasta los diferentes procesos que conforman el ciclo de vida de un proyecto (Figura 13).

Como parte de la encuesta realizada a cada uno de los profesionales que conforman el

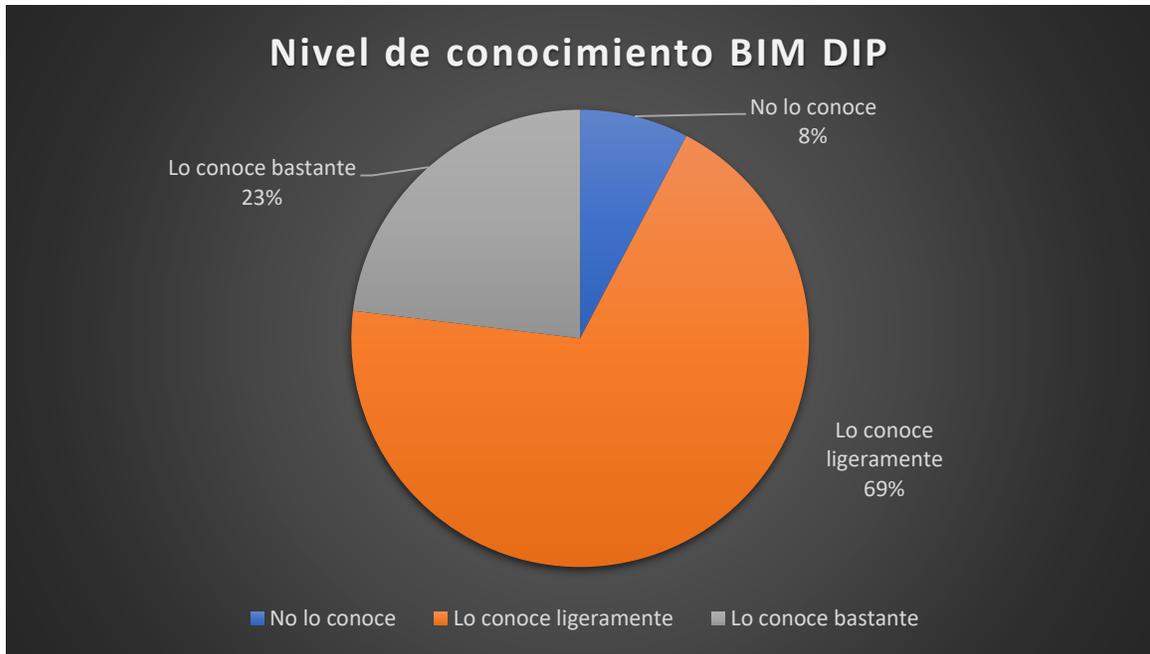


Figura 13. Nivel de conocimiento de la Metodología B.I.M. del Departamento de Infraestructura
 Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel

Flujo de trabajo del Departamento de Infraestructura

Con base en la entrevista realizada al Ing. Diego Solano, jefe del Departamento de Infraestructura,

así como producto de la encuesta realizada a cada uno de los profesionales que conforman el Departamento, se obtiene el flujo de trabajo bajo el cual se gestionan los proyectos en el Departamento de Infraestructura (Figura 14).

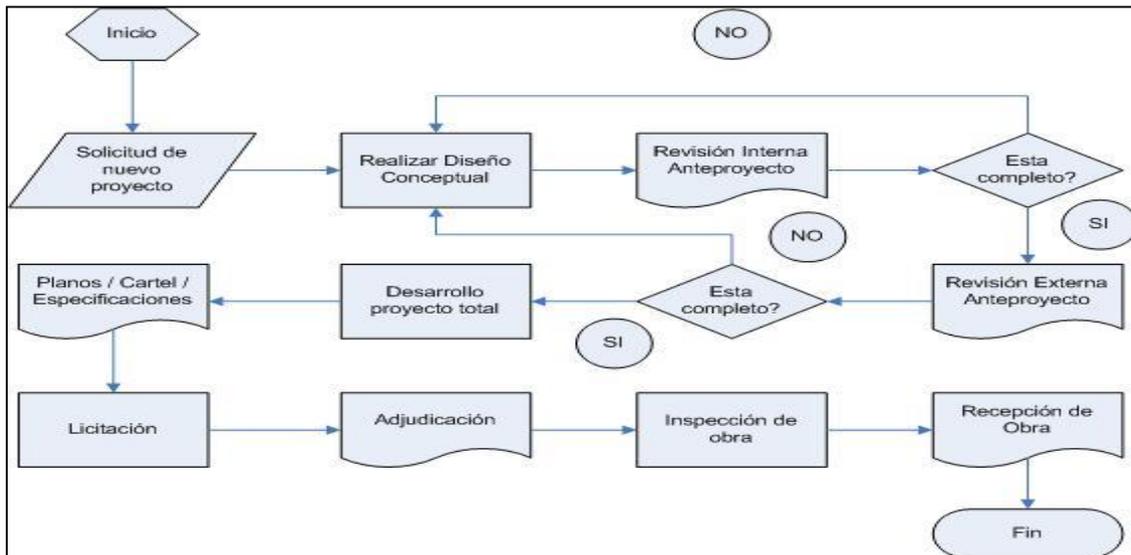


Figura 14. Flujo de trabajo actual del Departamento de Infraestructura Penitenciaria PCIAB - MJP
 Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel

Recursos técnicos del Departamento de Infraestructura

Dentro de la información recabada se presenta a manera de resumen, el detalle de los recursos

técnicos disponibles para realizar las labores por parte del personal que conforma el Departamento de Infraestructura; para determinar la necesidad de realizar mejoras que colaboren con la implementación de la metodología B.I.M. (Cuadro 2).

CUADRO 2. RECURSOS TÉCNICOS DISPONIBLES EN EL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA			
RECURSO	DISPONIBILIDAD	OBSERVACIONES	
1	Infraestructura espacial	Se dispone de cubículos de trabajo y una sala de juntas.	Las dimensiones tanto de los cubículos de trabajo como de la sala de reuniones es adecuada.
2	Redes de datos	Se cuenta con conexión tipo ADSL con una velocidad de internet de 50 Mbps	El tipo de conexión y velocidad es adecuada
3	Accesos	Cuenta con una red de área local y disponibilidad de conexión remota VPN	La red de área local funciona adecuadamente
4	Hardware	Laptop Dell Precision 5530, procesador Core i7 8850H, memoria de 32 GB, almacenamiento de 1TB, sistema operativo Windows 10 Pro	El equipo computacional brindado es adecuado
5	Software	Se cuenta con Autocad 2017, Autocad MEP2017, Revit 2017, Microsoft Office 2019, Skype empresarial	Los programas funcionan adecuadamente sin embargo se recomienda adquirir software de producción adicionales.

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Recurso humano del Departamento de Infraestructura

Con el objetivo de obtener información para determinar la distribución de los roles para la implementación de la metodología B.I.M., se realizó una reunión con la Jefatura del Departamento de Infraestructura. La figura 15 muestra los resultados obtenidos en la reunión.

Tomando como base los datos observados en la Figura 13 así como en la descripción de los principales roles a contemplar dentro de una organización, mencionados en el apartado de Recursos Humanos del ítem Implementación de la Metodología B.I.M., la función de modeladores B.I.M. serán delegadas en las dibujantes indicadas, las cuales de manera adicional realizarán funciones de documentadores B.I.M. a través de la confección de los planos constructivos y la colaboración con la obtención de datos provenientes de los modelos que colaboren con el montaje del presupuesto del proyecto. Cuentan con conocimiento de herramientas B.I.M. pero no conocen los principios básicos del B.I.M. La función del coordinador B.I.M. recae sobre un profesional de cada área de desarrollo del proyecto, un ingeniero en construcción, un

ingeniero electromecánico y un arquitecto, quienes se encargarán de coordinar los trabajos con los otros profesionales de su área, con el fin de garantizar el cumplimiento tanto de los objetivos B.I.M como de los usos B.I.M. propuestos. Estos cuentan con conocimientos básicos de la Metodología B.I.M. y tendrán comunicación directa con el Gerente B.I.M. Este rol recae en la Arquitecta que cuenta con un amplio conocimiento de la metodología B.I.M., desde sus conceptos básicos hasta la determinación de estándares B.I.M. a seguir, roles, así como de los niveles de detalle y software a emplear para el desarrollo de un determinado proyecto de construcción, quien a su vez tiene comunicación directa con el director B.I.M.; rol que asume el Jefe del Departamento de Infraestructura Penitenciaria. De acuerdo con el organigrama mostrado, y relacionando los datos obtenidos de la Figura 13, únicamente un profesional del área de arquitectura desconoce la Metodología B.I.M., mientras que el personal restante ha escuchado de la Metodología, pero no sobre su aplicación práctica; sin embargo, utilizan software para el desarrollo de proyectos que facilita el adecuado intercambio de modelos de diseño tal como el software Revit de Autodesk.

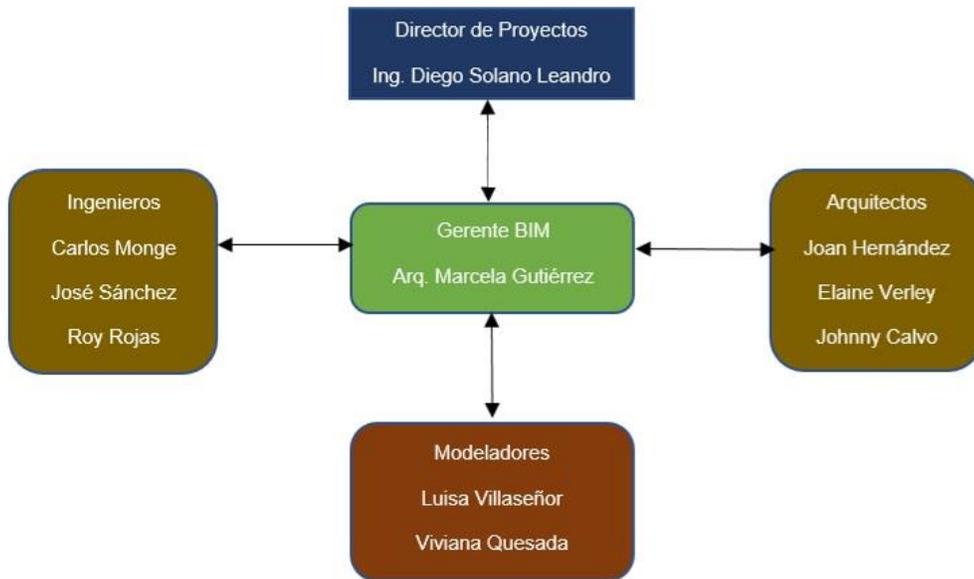


Figura 15. Organigrama propuesto como parte del plan de implantación B.I.M.
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word

Optimización del flujo de trabajo para la gestión de proyectos D.I.P.

Como parte de los resultados obtenidos de la reunión sostenida con la jefatura del

Departamento de Infraestructura, mediante la Figura 16 se presenta el flujo de trabajo a implementar a través de la metodología B.I.M., el cual cuenta con la información adecuada de acuerdo con la etapa de desarrollo durante la fase de diseño de un determinado proyecto.

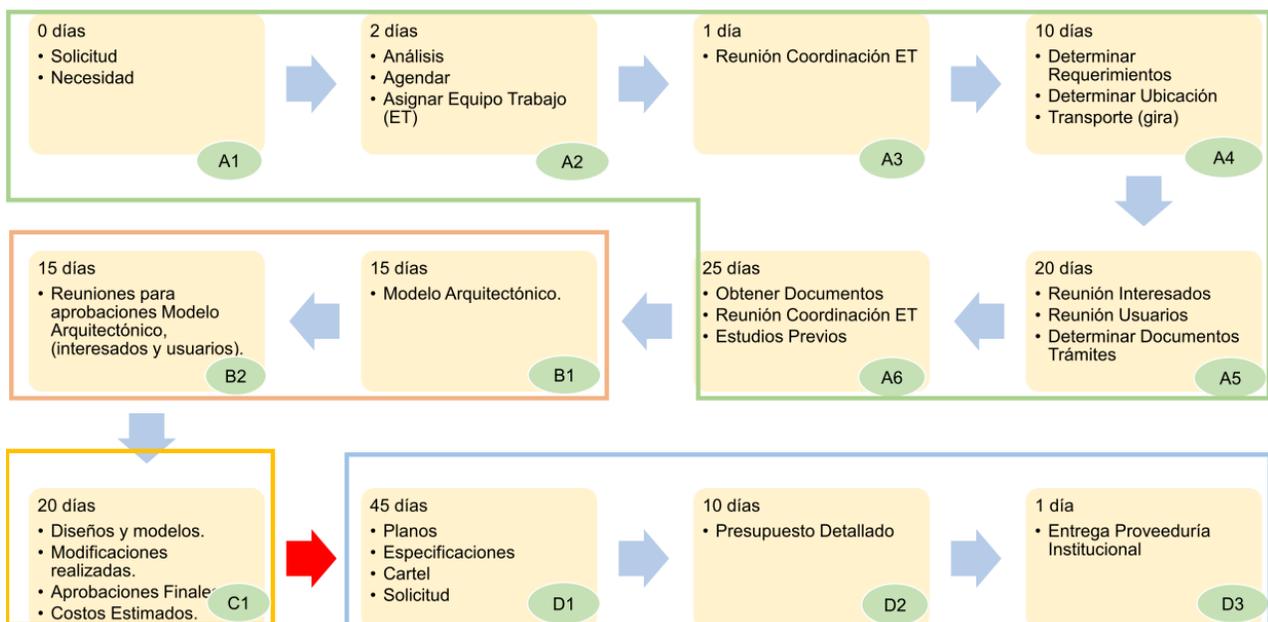


Figura 16. Flujo actual de trabajo en fase final de diseño de proyectos del Departamento de Infraestructura
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word

Objetivos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

En coordinación con la jefatura del Departamento de Infraestructura, se establecen los objetivos por

alcanzar a través de la implementación de la metodología B.I.M., así como los mecanismos a implementar para asegurar su cumplimiento (Cuadro 3).

CUADRO 3. OBJETIVOS B.I.M. PLANTEADOS POR EL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA			
	OBJETIVO	MECANISMO DE CUMPLIMIENTO	PROBLEMÁTICA SOLVENTADA
1	Optimizar la gestión de proyectos constructivos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	Implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura a través del plan de trabajo detallado en el presente documento.	Falta de comunicación entre el equipo profesional. Falta de uniformidad en la metodología de trabajo empleada.
2	Estandarización de los procesos de gestión de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	Elaboración de cuadros guía para la unificación de procedimientos y entregables de proyectos constructivos.	Falta de estandarización en la gestión de proyectos constructivos. Correcciones constantes de un mismo elemento constructivo.

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Usos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

A partir de los objetivos B.I.M. planteados en el punto anterior, en conjunto con la Jefatura del

Departamento de Infraestructura, establecen los usos B.I.M. que el Departamento dará a los entregables generados del proyecto constructivo desarrollado (Cuadro 4).

CUADRO 4. USOS B.I.M. PLANTEADOS POR EL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA		
	USO BIM	DISPONIBILIDAD DE RECURSOS
1	Estimación de costos de un proyecto constructivo mediante la cuantificación de materiales provenientes de un determinado modelo.	Modelos B.I.M., software para estimación de costos, base de datos de costos de materiales de construcción y mano de obra.
2	Revisiones de diseño para valorar las distintas áreas de diseño en un mismo modelo.	Software para revisión de modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
3	Análisis estructural con el fin de determinar las acciones de diseño actuantes en una determinada estructura.	Software para análisis estructural de modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
4	Análisis mecánico mediante el uso de software de evaluación de sistemas electromecánicos en un determinado proyecto.	Software para análisis de sistemas electromecánicos en modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
5	Coordinación de modelos 3D entre las diferentes áreas de diseño, con el fin de detectar las posibles interferencias entre ellas dentro de un determinado modelo.	Software de modelado B.I.M., software para revisión de modelos B.I.M. y los respectivos modelos B.I.M. de cada área de diseño.

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Plan de trabajo para la implementación de B.I.M.

Con base en la metodología que se explicó anteriormente, se desarrolla el plan de trabajo para implementar la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos producto de aplicar el plan de trabajo propuesto al proyecto piloto determinado por parte del Departamento Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, denominado: Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria (Figuras 17 a 20).

- Modelado del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria empleando el software Autodesk Revit 2019.

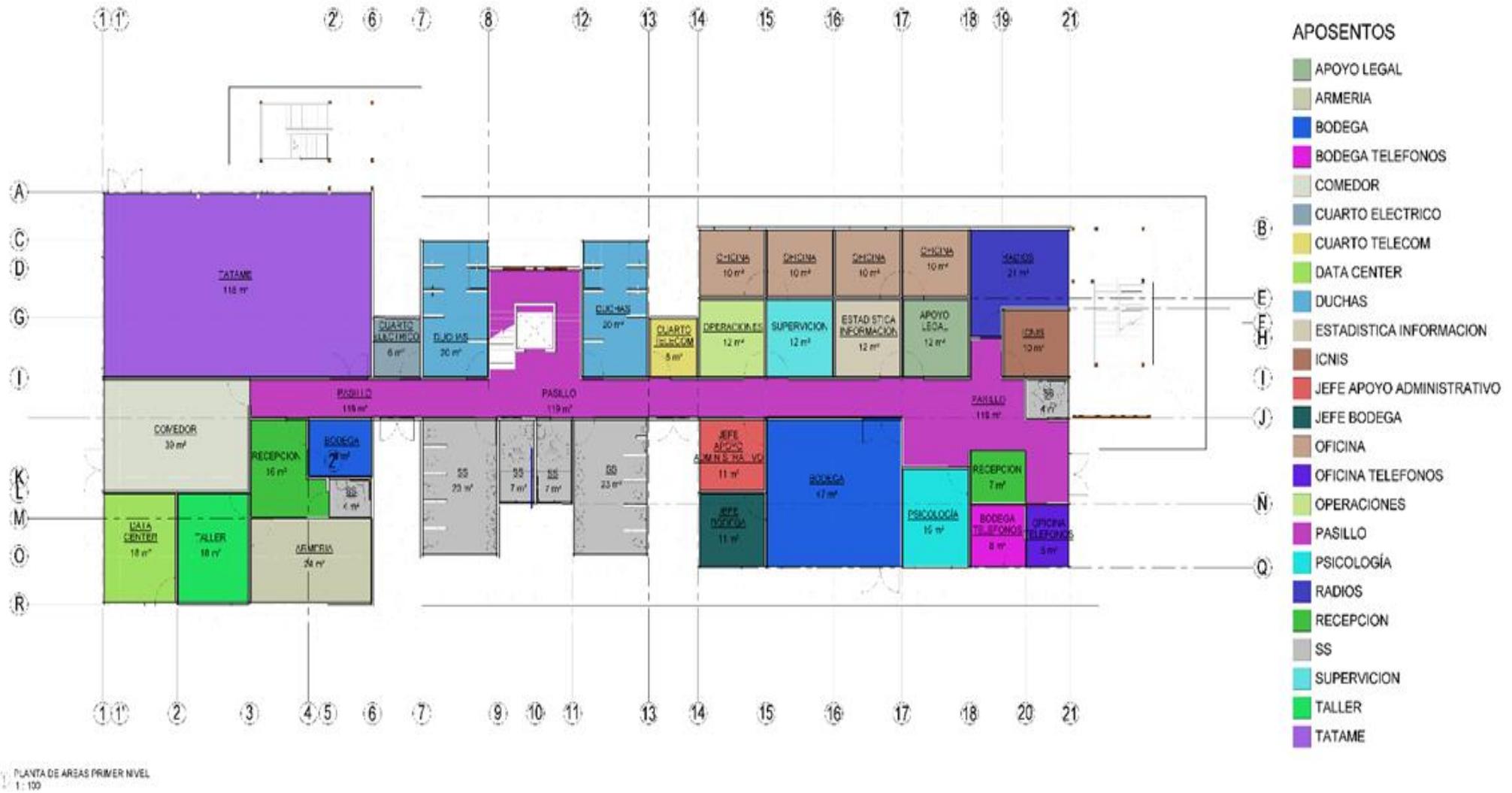
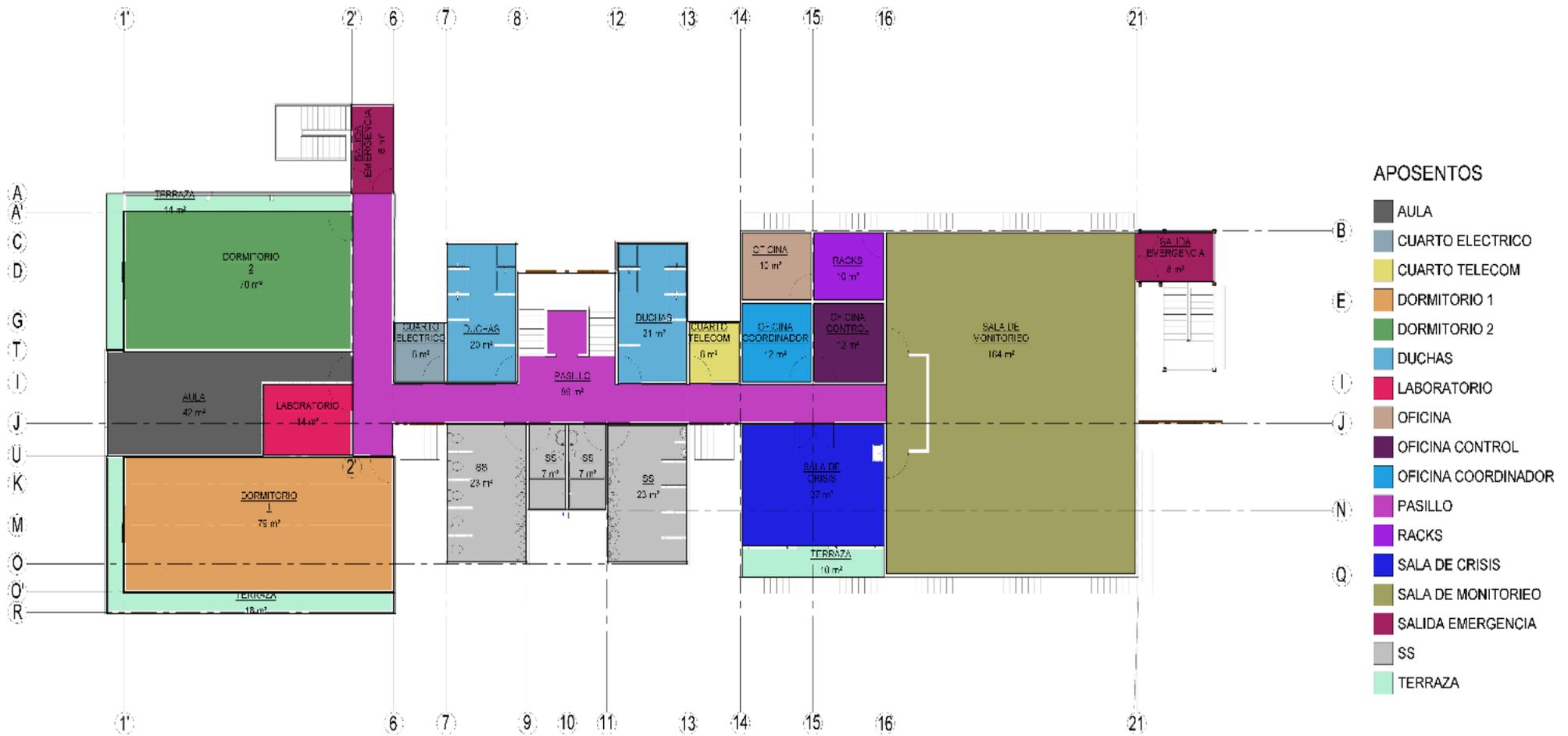


Figura 17. Planta de áreas Primer Nivel Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit



PLANTA DE AREAS SEGUNDO NIVEL
1:100

Figura 18. Planta de áreas Segundo Nivel Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit.



Figura 19. *Perspectiva frontal Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria*
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit



Figura 20. *Proyección oblicua del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria*
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit

AREA TOTAL		
APOSENTO	AREA TOTAL	NIVEL
APOYO LEGAL	12 m ²	PRIMER NIVEL
ARMERIA	24 m ²	PRIMER NIVEL
AULA	42 m ²	SEGUNDO NIVEL
BODEGA	55 m ²	PRIMER NIVEL
BODEGA TELEFONOS	8 m ²	PRIMER NIVEL
COMEDOR	39 m ²	PRIMER NIVEL
CUARTO ELECTRICO	13 m ²	
CUARTO TELECOM	13 m ²	
DATA CENTER	18 m ²	PRIMER NIVEL
DORMITORIO 1	79 m ²	SEGUNDO NIVEL
DORMITORIO 2	70 m ²	SEGUNDO NIVEL
DUCHAS	82 m ²	
ESTADISTICA INFORMACION	12 m ²	PRIMER NIVEL
ICNIS	10 m ²	PRIMER NIVEL
JEFE APOYO ADMINISTRATIVO	11 m ²	PRIMER NIVEL
JEFE BODEGA	11 m ²	PRIMER NIVEL
LABORATORIO	14 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA	51 m ²	
OFICINA CONTROL	12 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA COORDINADOR	12 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA TELEFONOS	6 m ²	PRIMER NIVEL
OPERACIONES	12 m ²	PRIMER NIVEL
PASILLO	209 m ²	
PSICOLOGÍA	15 m ²	PRIMER NIVEL
RACKS	10 m ²	SEGUNDO NIVEL
RADIOS	21 m ²	PRIMER NIVEL
RECEPCION	23 m ²	PRIMER NIVEL
SALA DE CRISIS	37 m ²	SEGUNDO NIVEL
SALA DE MONITORIEO	184 m ²	SEGUNDO NIVEL
SALIDA EMERGENCIA	17 m ²	SEGUNDO NIVEL
SS	128 m ²	
SUPERVICION	12 m ²	PRIMER NIVEL
TALLER	18 m ²	PRIMER NIVEL
TATAME	115 m ²	PRIMER NIVEL
TERRAZA	42 m ²	SEGUNDO NIVEL
TOTAL	1434 m ²	

Tabla 1. Desglose de áreas por aposento del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria. Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel.

- Cuadros guía para la unificación de procedimientos y entregables de

proyectos constructivos de acuerdo con la distribución de roles propuesta.

CUADRO 5. PROTOCOLO DE REUNIONES DURANTE EL DESARROLLO DEL PLAN PILOTO B.I.M.				
TIPO DE REUNIÓN	OBJETIVO	CANAL	FRECUENCIA	ASISTENTES
Inicio	Coordinación preliminar del proyecto y explicación de metodología de trabajo a emplear.	Videoconferencia	Una vez	Director Técnico Gerente B.I.M. Equipo de Trabajo
Informativa	Brindar información al equipo de trabajo.	Videoconferencia	Quincenal	Gerente B.I.M. Equipo de Trabajo
Seguimiento	Coordinación del proyecto	Videoconferencia	Semanal	Equipo de Trabajo
Formativa	Resolución de dudas del manejo de modelos del proyecto, documentación, estimación de costos.	Videoconferencia	Cuando sea necesario	Gerente B.I.M. Equipo de Trabajo

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

CUADRO 6. PROTOCOLO DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN DURANTE EL DESARROLLO DEL PLAN PILOTO B.I.M.					
N°	Hito	Entregable	Fecha de Inicio	Fecha de entrega	Responsable
1	Trabajos preliminares				
1.1		Levantamiento de sitio			Ingeniero
1.2		verificación de medidas de edificio a diseñar			Arquitecto
2	Diseño del edificio				
2.1		Modelo al 25%			Equipo Trabajo
2.2		Modelo y planos al 50%			Equipo Trabajo
2.3		Modelo y planos al 75%			Equipo Trabajo
2.4		Modelo y planos al 100%			Equipo Trabajo
3	Revisión final				
3.1		Revisión de interferencias			Gerente B.I.M. Equipo Trabajo
4	Presupuesto				
4.1		Estimación de costos empleando planos al 100%.			Equipo Trabajo

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

CUADRO 7. PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE MODELOS EMPLEADO EN EL DESARROLLO DEL PLAN PILOTO B.I.M.

VERIFICACIÓN		ELEMENTOS POR VERIFICAR	RESPONSABLE DE LA CORRECCIÓN
1	CUMPLIMIENTO CON LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y MODELADO	Los modelos presentan los mismos niveles (N.P.T. 0+00 m)	Ingeniero / Arquitecto
2		Los archivos presentan los nombres correctos	Modelador
3		No existen familias genéricas	Modelador
4		Los elementos tienen el LOD definido inicialmente.	Gerente B.I.M.
5		Los modelos tienen las coordenadas y ejes correctos.	Ingeniero / Arquitecto
6	VERIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS	Detectar elementos en el modelo los cuales interactúen entre sí de una manera inadecuada.	Gerente B.I.M.
7	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES	Asegurar el cumplimiento de los estándares, normas y guías establecidas dentro de la metodología B.I.M.	Equipo de Trabajo

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

- Como resultado fundamental del plan de implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, se cuenta con la localización de interferencias

presentadas entre disciplinas de diseño (arquitectónica, civil, mecánica y eléctrica), en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, las cuales se presentan a continuación (Figuras 21 a 24).

INTERFERENCIA 01AS	
Descripción	Modelo arquitectónico presenta interferencia con el modelo estructural
Coordenadas	7.9611, 18.1199, 5.50
Ubicación	Segundo Nivel Ventana tipo 3 número 35
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Ventada corrediza, con bisagra de fricción, marcos en aluminio color bronce de 45 x 75 mm
Elemento B	Columna en concreto 8#5 aros #3 @10 cm en extremos, resto @15 cm F'c= 210kg/cm2 Fy= 4200kg/cm2
	<p>Se detectan con colores diferentes la interferencia 01AS.</p> <p>Se observa una incongruencia entre el sistema arquitectónico y el sistema estructural.</p> <p>Coordinar ambas disciplinas para desarrollar la ubicación de una mejor manera</p>

Figura 21. Detección de interferencia 01AS en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit

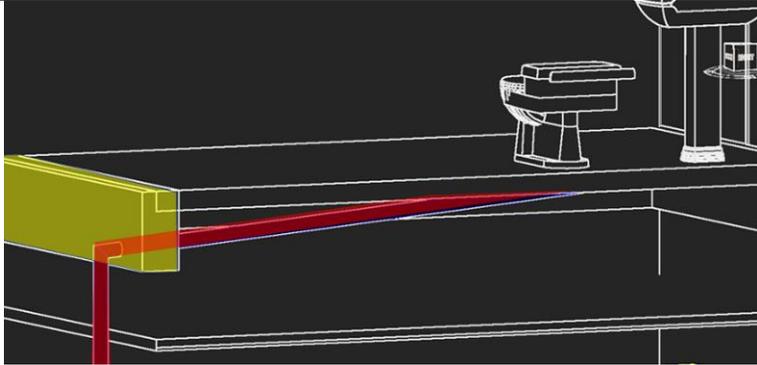
INTERFERENCIA 02SM	
Descripción	Sistema mecánico presenta interferencia con el sistema estructural.
Coordenadas x, y, z	22.8750, 3.4015, 3.60
Ubicación	Segundo Nivel Servicio sanitario para ley 7600
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Sanitario similar o superior al Ecoline de Incesa Standard (SS Discapacitados Cadet Elderly)
Elemento B	Tubería P.V.C.100Ømm. Pendiente 2%
	<p>El sistema de aguas negras presenta un choque entre la viga de entrepiso.</p> <p style="text-align: center;">----- Sistema de aguas negras</p>
	

Figura 22. Detección de interferencia 02SM en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit

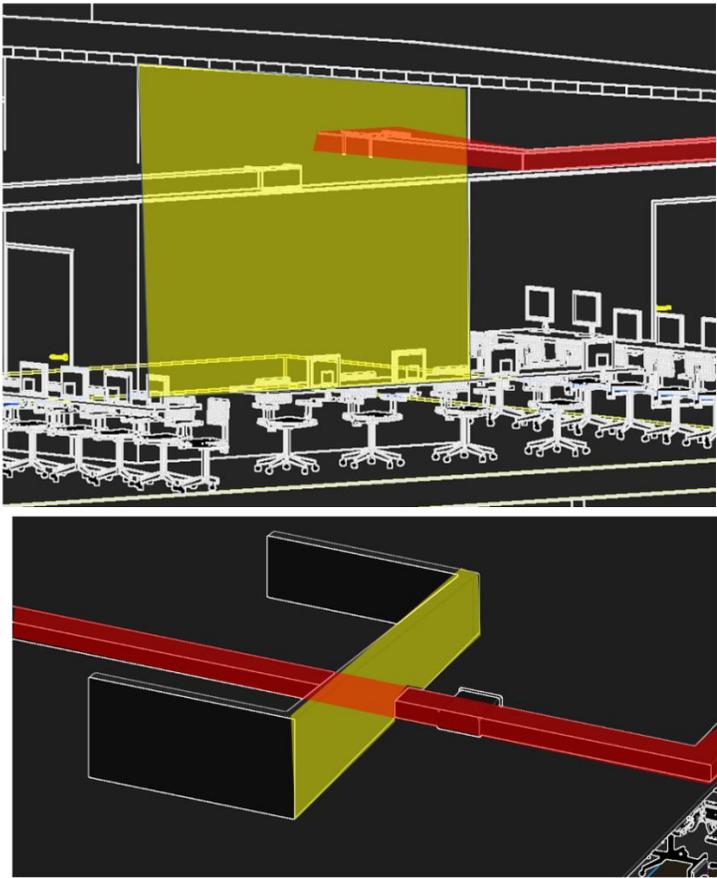
INTERFERENCIA 03SE	
Descripción	Sistema de aire acondicionado presenta interferencia con el sistema estructural.
Coordenadas	46.7190, 9.2311, 7.30
Ubicación	Segundo Nivel sistema de aire acondicionado en el área de monitoreo
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Sistema de aire acondicionado
Elemento B	Tapichel de block de concreto
	

Figura 23. Detección de interferencia 03SE en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit

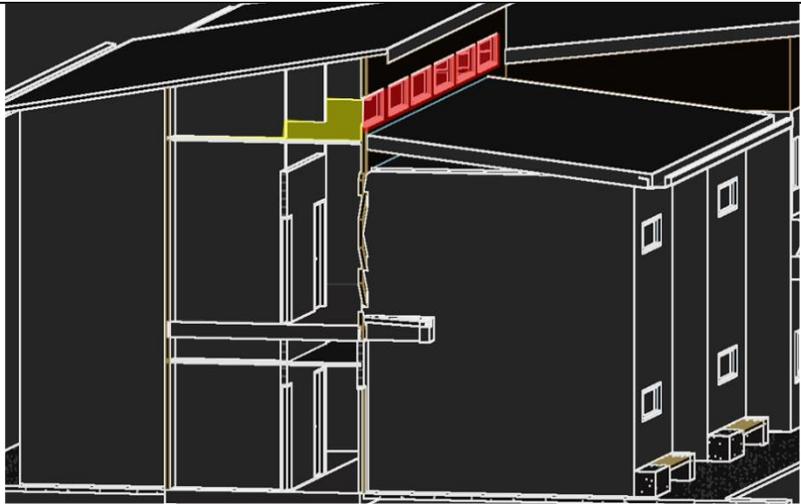
INTERFERENCIA 04AE	
Descripción	Sistema arquitectónico presenta interferencia por colocación de sistema eléctrico
Coordenadas x,y,z	22.7791, 8.1694, 9.20
Ubicación	Segundo Nivel Ventanas 45-46-47-48-49-50
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Ventada corrediza, con bisagra de fricción, marcos en aluminio color bronce de 45 x 75 mm
Elemento B	Cielo suspendido, Paneles de fibra mineral de 60x60 cm, con sistema de suspensión de acero galvanizado #30, modelo Olympia Clima Plus, marca USG o superior
	

Figura 24. Detección de interferencia 04AE en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Autodesk Revit

Una vez que se generan los planos constructivos del proyecto piloto, se presenta la metodología empleada para el cálculo de los precios unitarios del proyecto.

Se consideran costos directos de

- Materiales: el costo de los materiales depende de la oferta y demanda del material, de la calidad, la cantidad, la ubicación, la relación comprador – proveedor, los impuestos, entre otros.
- Mano de obra: este rubro contempla, entre otros puntos, lo correspondiente a salario, cargas sociales, entre otros.
- Equipo: se ve afectada por la tarifa de alquiler del equipo estimado.
- Subcontratos: empleado para trabajos especializados.

Se consideran costos indirectos:

- Aquellos que contemplan los gastos operativos del contratista (gerencia y personal administrativo, gastos de oficina, servicios, entre otros).
Se considera la administración de la obra:
- Gastos administrativos: dentro de los que se estiman los costos por la inclusión del personal técnico (ingeniero director y

residente), maestro de obras, cuadrilla, entre otros.

- Gastos generales: se estima un porcentaje por concepto de gastos sobre el contrato, transporte, instalaciones provisionales, entre otros.

Se considera la utilidad:

- Se contempla el 7% por este concepto.
Se consideran los imprevistos:
- Se contempla el 3 % por este concepto.

El precio de cada una de las unidades de obra que componen el presupuesto del proyecto, se obtiene a partir de aplicar a los montos de materiales, mano de obra, equipo y subcontrato, las cantidades obtenidas de las mediciones correspondientes haciendo uso de los planos constructivos. La suma de este producto, aumentada con el porcentaje de costos indirectos, administración de la obra, imprevistos y utilidad, da como resultado el precio de ejecución de cada obra, tal como se muestra en el Cuadro 8, obteniendo un monto por concepto de construcción de edificio, sin la inclusión de mobiliario, de **\$1.240.467,19** (un millón, doscientos cuarenta mil cuatrocientos sesenta y siete dólares con diecinueve centavos).

CUADRO 8. DESGLOSE DE COSTOS DEL PROYECTO

ITEM	ACTIVIDAD	CANT	UND	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	EDIFICIO POLICÍA	1	glb	€357 532 993,00	€357 532 993,00
2	CASETA	1	glb	€13 312 992,87	€13 312 992,87
3	CONJUNTO	1	glb	€134 938 907,61	€134 938 907,61
SUBTOTAL					€505 784 893,48
	COSTOS DIRECTOS	1	glb	€87 804 945,64	€87 804 945,64
	COSTOS INDIRECTOS	1	glb	€158 120 875,67	€158 120 875,67
TOTAL GENERAL					€751 710 714,78
Tipo de cambio				€605,99	\$ 1 240 467,19

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel.

Con base en la metodología empleada para el cálculo de los precios unitarios del proyecto Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, se obtiene adicionalmente el costo por concepto

de las interferencias detectadas durante la fase de diseño, por un monto de **\$4.003,90**, (cuatro mil tres dólares con noventa centavos) y cuyo desglose se puede detallar en el Cuadro 9.

CUADRO 9. DESGLOSE DE COSTOS POR INTERFERENCIAS DETECTADAS					
ITEM	ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	INTERFERENCIA 04AE	1,00	UND	₺ 873 268,00	₺ 873 268,00
2	INTERFERENCIA 03SE	1,00	UND	₺ 334 000,00	₺ 334 000,00
3	INTERFERENCIA 02SM	1,00	UND	₺ 110 000,00	₺ 110 000,00
5	INTERFERENCIA 01AS	1,00	UND	₺ 90 000,00	₺ 90 000,00
SUBTOTALES COSTOS DIRECTOS					₺1 407 268,00
ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA OFERTA (ÚNICAMENTE para reajuste de precios)					
SUBTOTALES COSTOS INDIRECTOS					₺ 776 423,72
SUBTOTALES IMPREVISTOS (3%) + UTILIDAD (7%)					₺ 242 632,41
COSTO EXTRAS				₺	2 426 324,14
TIPO DE CAMBIO 19/11/2020:			\$ 605,99	\$	4 003,90

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel.

Plan de trabajo entregado al Departamento de Infraestructura

Con la documentación generada producto de la investigación efectuada para el desarrollo de los cuatro pilares que conforman el esquema de implantación planteado (estado del arte, evaluación, planificación e implantación), se confecciona el entregable final denominado *Plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz: con énfasis en optimizar la gestión de proyectos constructivos*, el cual es valorado por parte de la Jefatura del Departamento.

En este documento se presentan los conceptos básicos de la Metodología B.I.M. que se deben conocer para una adecuada comprensión

de las actividades desarrolladas para implementar la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, se brinda una descripción de la metodología utilizada, del esquema de trabajo propuesto y de cada una de las etapas que lo conforman.

Mediante la Figura 25 y la Figura 26 se presentan la portada y el índice correspondientes al Plan de trabajo para implementar la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz. Se aclara al lector que el documento completo se incluye en el apéndice 2.

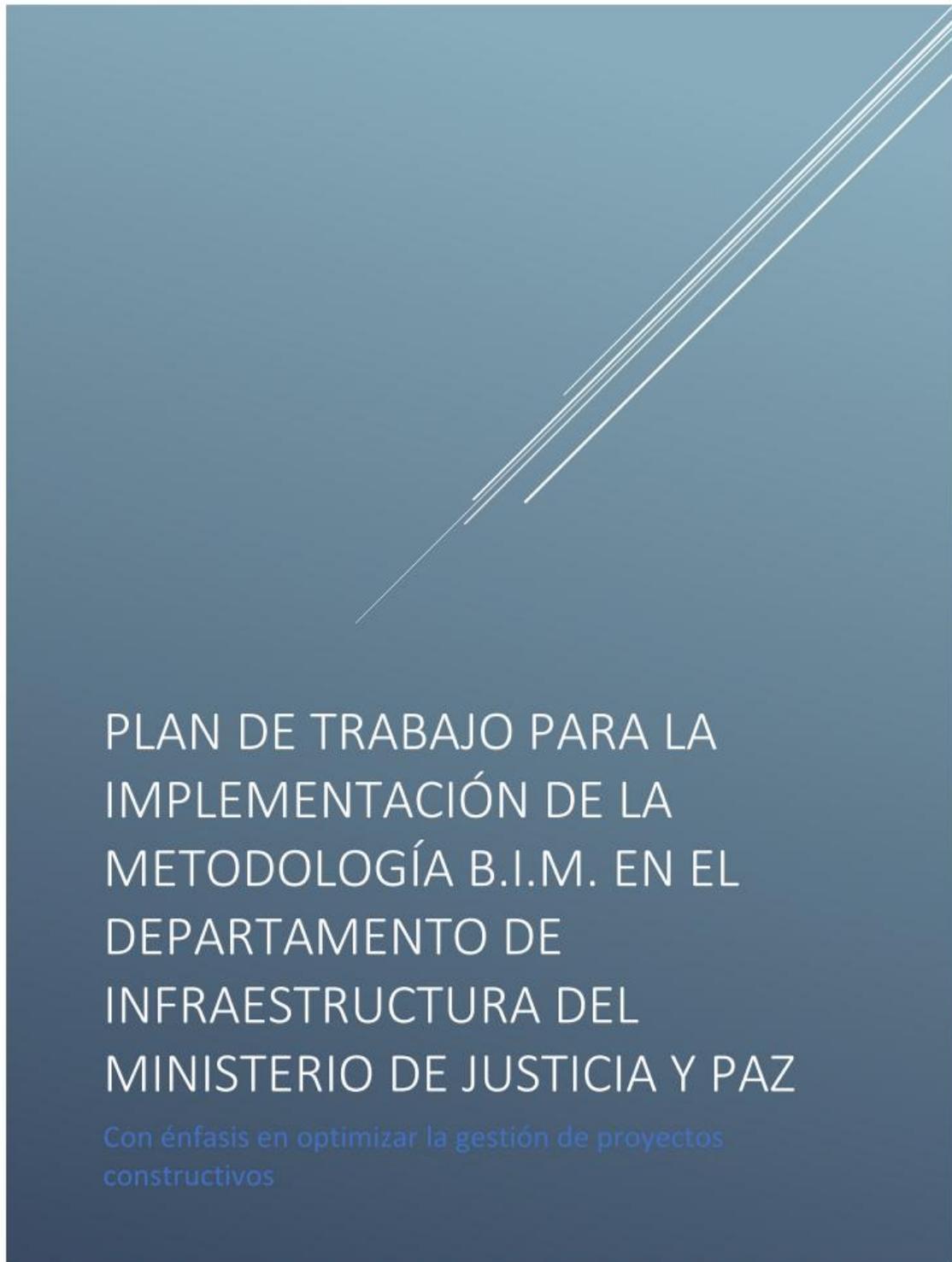


Figura 25. Portada del Plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ABREVIATURAS	4
3.	CONCEPTOS PRELIMINARES	5
3.1.	Metodología B.I.M.	5
3.1.1.	Definición básica de B.I.M. (Building Information Modelling)	5
3.1.2.	Términos importantes	5
3.1.3.	Entorno Común de Datos	6
3.1.4.	Sistemas de clasificación B.I.M.	7
3.1.5.	Dimensiones B.I.M.	9
3.1.6.	Incorporación de la Metodología B.I.M.	9
3.1.7.	Fases de incorporación de la metodología B.I.M.	10
3.2.	Implementación de la metodología B.I.M.	11
3.2.1.	Determinación de los usos B.I.M.	12
3.2.2.	Definición de objetivos	12
3.2.3.	Modelos B.I.M.	13
3.2.4.	Recursos Técnicos	14
3.2.5.	Recursos Humanos	14
3.2.6.	Nivel de Desarrollo (LOD)	15
3.2.7.	Interoperabilidad	15
3.2.8.	Plan de trabajo B.I.M.	16
4.	METODOLOGÍA POR EMPLEAR EN LA GESTIÓN DEL PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP	16
4.1.	Recopilación de información	16
4.2.	Selección de esquema de trabajo	17
5.	APLICACIÓN DEL ESQUEMA DE TRABAJO PROPUESTO PARA GESTIONAR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP	19
5.1.	Estado del Arte	19
5.1.1.	Descripción del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura	19
5.1.2.	Tipología de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria	20
5.1.3.	Conformación del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura Penitenciaria	20
5.1.4.	Estándares utilizados por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	22
5.2.	Evaluación	22
5.2.1.	Evaluación del talento humano del Departamento de Infraestructura	22
5.2.2.	Gestión de procesos del Departamento de Infraestructura	25
5.2.3.	Recursos técnicos disponibles dentro del Departamento de Infraestructura Penitenciaria	26
5.2.4.	Recurso humano del Departamento de Infraestructura Penitenciaria	27
5.2.5.	Problemas detectados en la gestión de proyectos en el Departamento de Infraestructura.	30
5.3.	Planificación	30
5.3.1.	Objetivos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura	30
5.3.2.	Usos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura	30
5.3.3.	Niveles de desarrollo propuestos por el Departamento de Infraestructura	31
5.3.4.	Organigrama general del plan de implantación BIM en el Departamento de Infraestructura	31
5.3.5.	Modelo de trabajo propuesto en el Departamento de Infraestructura	33
5.3.6.	Marco normativo para contemplar en la implementación de la metodología B.I.M.	33
5.3.7.	Sistema de clasificación propuesto en la implementación de la metodología B.I.M.	33
5.4.	Implantación	34
5.4.1.	Conformación de equipo de trabajo para implementación de la metodología B.I.M.	34
5.4.2.	Plan de trabajo para implementación de la metodología B.I.M. en proyecto piloto.	34
5.4.3.	Evaluación del plan de trabajo a través del desarrollo del proyecto piloto.	44
5.4.4.	Análisis de resultados producto del proyecto piloto.	49
6.	Conclusiones producto de la implementación del plan de trabajo y del proyecto piloto.	50
7.	Referencias.	51

Figura 26. Portada del Plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Análisis de los resultados

Este apartado tiene como finalidad brindar un análisis detallado de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto. El análisis se realiza de forma secuencial de acuerdo con el orden de los datos aportados en la sección de resultados y con base en los objetivos planteados.

La metodología B.I.M. en Costa Rica

Producto de la información recopilada a través de la asistencia al curso Introducción a la Metodología B.I.M., al Taller de Construcción de la Ruta Nacional Implementación B.I.M., y las reuniones sostenidas con funcionarios del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), así como de la Cámara Costarricense de la Construcción, se observa un factor común, la implementación de la metodología B.I.M. en el seno de una empresa o institución, permite mejorar la eficiencia en la gestión de procesos constructivos, mejorando la coordinación entre las diversas disciplinas profesionales que interactúan en el desarrollo de un determinado proyecto y generando información de mayor utilidad.

La iniciativa impulsada por el Ministerio de la Presidencia y desarrollada por el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), a través del documento Estrategia nacional B.I.M. Costa Rica, cuenta con el apoyo de instituciones estatales así como del sector académico y del sector privado de este país, lo que ha promovido la continua comunicación entre los sectores a través de reuniones virtuales, en las que se trabaja en la confección de la Hoja de Ruta de adopción de la metodología B.I.M. en Costa Rica, la cual sirve de

base para la futura fase de implementación de la Estrategia Nacional BIM Costa Rica.

Por parte de la Cámara Costarricense de la Construcción, de la mano con la visión país de incorporar gradualmente la metodología B.I.M. anteriormente mencionada, comparte el documento Guía para la elaboración de una solicitud de información B.I.M., mediante el cual se proponen los lineamientos para que el equipo inicial del proyecto pueda definir requerimientos de información B.I.M. preliminares, para así dar una línea base en el desarrollo del Plan de Ejecución B.I.M. y que el proceso cumpla con los requerimientos del propietario (BIM Forum Costa Rica, 2020).

La información aportada por ambos documentos ayuda a establecer de manera más objetiva, la ruta a seguir por parte de la empresa o institución del sector público que busque incorporar a su gestión de proyectos la Metodología B.I.M., tal como es el caso del Ministerio de Justicia y Paz.

Aspectos importantes a mencionar producto de la información recopilada en relación con la implementación de la metodología B.I.M., es que implica una reestructuración a nivel general de la manera en que se realizan los proyectos dentro de una empresa, tanto de los métodos de trabajo empleados, el rol que debe asumir cada profesional, el software a utilizar en el proceso de modelado o los protocolos de intercambio de información.

Adicionalmente, la investigación presenta un resultado del costo por la incorporación de programas de cómputo que colaboren con el proceso de modelado, como parte de la implementación de la metodología B.I.M.

La empresa cuya oferta se considera óptima, incluye dentro de su propuesta programas de cómputo y opciones de almacenamiento que se ajustan a las necesidades del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

Análisis de la gestión de proyectos del D.I.P.

De acuerdo con el planteamiento y objetivos propuestos por parte de la jefatura del Departamento de Infraestructura, el alcance en el análisis de la gestión de proyectos de construcción desarrollados por el Departamento, se limita a la primera fase del ciclo de vida de un proyecto (pre-inversión), con énfasis en el diseño final y presupuesto detallado de la obra.

Organigrama del Departamento de Infraestructura Penitenciaria

Este elemento brinda una descripción de las áreas de trabajo que componen el Departamento de Infraestructura Penitenciaria. Brinda además información de los profesionales que lo conforman y permite determinar la jerarquía de funciones a seguir durante el proceso de gestión de un determinado proyecto constructivo.

A través del organigrama se facilita la interacción con cada uno de los profesionales, durante la fase de entrevistas y en la etapa de asignación de roles para la implementación de la metodología B.I.M.

Áreas de especialidad del Departamento de Infraestructura

La Figura 10 muestra de manera porcentual, la conformación del Departamento de Infraestructura en cada una de sus disciplinas (arquitectura, ingeniería civil, ingeniería en mantenimiento industrial y dibujantes).

Como parte de los aspectos logísticos, durante la fase de entrevistas, se comenta por parte de los profesionales del Departamento de Infraestructura, que debido a la conformación del Departamento, al contar con mayor personal en el área de Arquitectura, se desarrollan con rapidez los anteproyectos de los proyectos constructivos solicitados; sin embargo, cuando se traslada el trabajo al área de ingeniería civil o electromecánica, al contar con un menor número de profesionales, se produce un retraso en los tiempos de diseño, lo cual repercute en los plazos

de tiempo propuestos para la entrega de la documentación final de cada uno de los proyectos.

Labores desarrolladas por el Departamento de Infraestructura

A través de la Figura 11 se brinda el panorama de las principales actividades desarrolladas por los profesionales que conforman el Departamento.

Definir las actividades a realizar por cada uno de los profesionales, ayuda en la asignación de las cargas de trabajo, así como a la determinación del equipo de trabajo que realiza un proyecto dentro del Departamento de Infraestructura.

Programas de cómputo empleados por los profesionales del D.I.P.

La información obtenida de la Figura 12, permite observar el nivel de empleo de programas computacionales que utilizan los profesionales que conforman el Departamento de Infraestructura.

El programa Revit de Autodesk que, a nivel profesional, es uno de los más empleados en el modelado de proyectos bajo la metodología B.I.M., es uno de los menos empleados en el Departamento.

Producto de la fase de entrevistas, se tiene que únicamente dos profesionales cuentan con el conocimiento idóneo para el uso de este programa computacional, lo que implica la posibilidad de contemplar una fase de capacitación del grupo de trabajo por parte del Ministerio de Justicia y Paz.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

Por medio de la Figura 13, y producto de las reuniones sostenidas con el equipo profesional, se observa cómo tres profesionales de los trece que conforman el Departamento, cuentan con conocimiento de los conceptos básicos de la metodología B.I.M.

Parte de los retos a asumir durante el proceso de implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, es generar el conocimiento adecuado en la

metodología B.I.M. para aquellos profesionales que no están tan familiarizados.

La investigación realizada deja ver que parte del poco conocimiento acerca de B.I.M. mostrado por parte del grupo de profesionales que conforman el Departamento, tiene sus bases en el denominado miedo al cambio, a que se genere una mayor carga laboral.

Flujo de trabajo del Departamento de Infraestructura

Mediante la Figura 14 se brinda una descripción general del proceso de desarrollo de proyectos utilizado por el Departamento; su funcionalidad dentro de la presente investigación se centra en visualizar puntos a ser reforzados, variados o sustituidos, en el marco de generar una mejora en la gestión de los proyectos a través de la implementación de la Metodología B.I.M.

La investigación realizada en este aspecto, permite identificar una serie de problemas que afectan el flujo continuo de trabajo, entre los que se encuentran una falta de comunicación asertiva en la solicitud de proyectos, dado que los altos jerarcas determinan la necesidad de un determinado proyecto, pero en ciertos casos, esta solicitud no es considerada bajo los lineamientos de necesidad institucional real; otro problema se genera por una falta de métodos de coordinación entre los profesionales, generando atrasos en el cronograma de trabajo; para los cuales se plantea dar solución mediante la incorporación de la metodología B.I.M.

Recursos técnicos del Departamento de Infraestructura

La información obtenida permite determinar la idoneidad del espacio físico donde se encuentra ubicado el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, así como de una serie de recursos adicionales que lo conforman y que son de primera necesidad como parte de un adecuado plan de implementación de la metodología B.I.M.

Producto de la búsqueda de información, el Departamento cuenta con adecuadas redes de datos, según el tipo de conexión ADSL y la velocidad de 50 Mbps, una red de área local estable y una conexión segura VPN, el hardware brindado a cada profesional es adecuado para el

desarrollo eficiente de sus tareas de diseño y modelado.

Se observa una leve deficiencia en cuanto al software brindado, incluido en cada una de las computadoras personales, lo que motivó a contactar con empresas especializadas en la comercialización de programas computacionales, para que vengan a reforzar este aspecto.

Se realiza una revisión de los requerimientos en fase de diseño que se deben mejorar y a partir de la información obtenida, se valora un paquete computacional que brinde mayor beneficio a un costo adecuado, en concordancia con los objetivos B.I.M. y los usos B.I.M. planteados, tomando como base el listado de software enfocado en áreas funcionales (Barco, D., 2018).

Roles B.I.M. en el Departamento de Infraestructura

Definir adecuadamente los roles que adoptarán cada uno de los profesionales que conforman el Departamento es de gran utilidad; ya que permite determinar las funciones y responsabilidades que deben asumir como parte de un proceso de implementación de la metodología B.I.M. en un determinado proyecto.

Es importante acotar que un rol B.I.M. no corresponde a un cargo adicional a desarrollar en el contexto del grupo humano que conforma una empresa o institución, son funciones que se asignan con base en el proyecto a desarrollar, las cuales pueden variar de acuerdo con la actividad a desarrollar como parte del ciclo de vida de un proyecto.

Optimización del flujo de trabajo

Se confecciona un flujo de trabajo optimizado que contempla cada una de las etapas por cumplir en el desarrollo de un proyecto constructivo; desde la fase de diseño hasta la fase de entrega de documentos para licitación a la Proveeduría Institucional.

Se indica de manera clara y concisa cada una de las actividades que se deben realizar para dar por finalizada una determinada etapa, y se le asigna el tiempo estimado para completarla.

Este diagrama cuenta con el beneplácito del jefe del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, y constituye un punto importante en

la implementación de la metodología B.I.M., dado que sienta las bases de la lógica de trabajo a ser desarrollada a través de la implementación del plan de trabajo B.I.M. en el proyecto piloto denominado Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria.

Esquema de implantación B.I.M.

El esquema de implantación planteado se basa en la Figura 8 del presente documento, el cual se compone de cuatro etapas: donde la primera contempla realizar una investigación preliminar acerca del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia, la segunda etapa implica una investigación más a fondo, tanto del grupo humano que conforma el Departamento, la metodología de trabajo empleada en sus procesos, los recursos técnicos existentes, así como los problemas detectados en la gestión de proyectos, la etapa tres comprende la planificación previa, donde se incluye la conceptualización de los insumos necesarios para elaborar el plan de implementación B.I.M., y la etapa cuatro, contempla la elaboración del plan de implementación de la metodología B.I.M. así como su puesta en práctica mediante el desarrollo del proyecto piloto propuesto.

Este esquema es presentado a la Jefatura del Departamento de Infraestructura Penitenciaria para valorar su idoneidad dentro de la gestión de procesos que se venía desarrollando, donde se busca que sea funcional desde el punto de vista de su aplicación en el plan piloto y a su vez, acorde a la visión del Ministerio de Justicia.

Una vez analizado el esquema propuesto, se cuenta con el visto bueno por parte de la jefatura del Departamento del Ministerio de Justicia y Paz.

De acuerdo con el producto obtenido, se considera que el esquema de implantación es completado exitosamente, y que el mismo puede ser replicado a través de otro proyecto a desarrollar por parte del Departamento de Infraestructura o por parte de otra dependencia del Estado, dado que contempla todas las aristas requeridas para una adecuada implementación de la Metodología B.I.M., desde la conformación de la

empresa o Institución, la definición de objetivos B.I.M., definición de roles, protocolos de intercambio de información, recursos técnicos, hasta generar el plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M.

Plan de trabajo para la implementación de B.I.M.

Objetivos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

Los objetivos propuestos en el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., se trazan en función de los requerimientos planteados por parte de la Jefatura del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

Estos objetivos se alcanzan satisfactoriamente como parte de la documentación generada producto de la implementación del plan de trabajo propuesto.

Usos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

Los usos B.I.M. planteados, son establecidos en función de los objetivos B.I.M. propuestos. Se toma como base la clasificación de usos B.I.M. planteada por Pennsylvania State University (Computer Integration Construction Research Program, 2019).

Estos usos B.I.M. cuentan con el visto bueno por parte del jefe del departamento de Infraestructura Penitenciaria.

A través del desarrollo del plan de trabajo aplicado en el proyecto piloto propuesto, se alcanzan completamente los usos B.I.M. planteados.

Aplicación del plan de trabajo para la implementación de B.I.M.

La aplicación del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el proyecto piloto denominado Edificio de Monitoreo

de la Policía Penitenciaria, se considera completado satisfactoriamente.

Durante la gestión del proyecto, se generaron los entregables previstos como parte de los usos B.I.M. planteados, tales como los siguientes:

- Anteproyecto de distribución arquitectónica interna debidamente aprobado.
- Modelado del proyecto completo, incluyendo las áreas civil, mecánica y eléctrica.
- Detección de interferencias.
- Confección de planos constructivos.
- Elaboración de presupuesto detallado de la obra.

Sin embargo, a lo largo del tiempo en que se desarrolla el proyecto piloto, se detectan una serie de dificultades, tanto técnicas como relacionadas a los procesos, las cuales se enumeran a continuación:

Dificultades técnicas:

- En el área mecánica, no se cuenta con familias adecuadas para elaborar el modelo de manera completa.
- No se manejan los espesores correctos de tubería.
- Al modelar las tuberías de agua potable y aguas negras, estas interferían entre sí, dado que se encontraban a un mismo nivel.
- Algunos elementos se crean únicamente en 2D dificultando el análisis espacial.
- No se cuenta con librerías personalizadas en el Departamento de Infraestructura, lo que provoca que el proceso de modelado sea más lento.
- Algunos elementos se modelan empleando familias con nombres genéricos, lo que dificulta ubicar los elementos dentro del modelo.
- Los elementos modelados carecen de información, lo que a su vez provoca que las tablas de detalles deben ser llenadas manualmente, y no automáticamente.

Dificultades relacionadas con los procesos:

- La comunicación entre los profesionales que conforman el equipo técnico no fue suficientemente efectiva.
- El nivel de desarrollo planteado fue difícil de lograr, dado a la falta de conocimiento

en las familias y los componentes del software utilizado.

- El método de trabajo, aunque se emplean los modelos de cada disciplina, no se logró un traslape en la gestión de la información entre el equipo de trabajo, dado que cada profesional esperaba a que el otro culminara su modelo para detallarlo.

Para brindar una visión general de los rubros que se logran alcanzar a través del desarrollo del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., se emplea como base la tabla propuesta por Valle (2014, p.31), mediante la cual se presentan los factores más relevantes durante el proceso de implementación de la metodología B.I.M.

CUADRO 10. FACTORES RELEVANTES AL MOMENTO DE ADOPTAR B.I.M.		
FACTORES RELEVANTES		NIVEL DE ADOPCIÓN
1	Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM.	Completo. Sí existe.
2	Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos.	Completo. Sí existe.
3	Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.	Completo. Apoyo total.
4	Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM.	Completo. Documento de la CCC.
5	Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.	Completo. Flujo de trabajo actualizado.
6	Capacitación de los equipos de trabajo con base en los conceptos BIM.	En desarrollo

CUADRO 7. FACTORES RELEVANTES AL MOMENTO DE ADOPTAR B.I.M.		
FACTORES RELEVANTES		NIVEL DE ADOPCIÓN
7	Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores	Completo. Rol actualizado.
8	Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la Implementación.	En desarrollo. Sí existe.
9	Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.	Completo. Sí existe.
10	Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.	Incompleto. Por realizarse.
11	Existencia de objetivos claros para la implementación.	Completo. Sí existe.
12	Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.	Completo. Sí existe.

Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Costo de construcción asociado a la ejecución del proyecto piloto

Mediante el uso de los entregables finales del proyecto (planos constructivos y especificaciones técnicas), se realiza la estimación presupuestaria de la construcción del Edificio de Monitoreo de la

Policía Penitenciaria. Para este fin, la Administración cuenta con una partida económica por un monto de \$2.000.000,00 (dos millones de dólares exactos).

A través del modelado del edificio en sus distintas disciplinas de diseño (arquitectónico, civil y electromecánico), se detectan interferencias las cuales se resuelven en el momento, se realiza un análisis de dimensiones de elementos constructivos más eficientes al contar con un modelo 3D del edificio, lo cual, permite elaborar una propuesta más económica y que contemple todos los requerimientos solicitados por la Administración.

De esta manera, se tiene un monto por concepto de la construcción del edificio tomado como proyecto piloto, de \$1.240.467,19 (un millón, doscientos cuarenta mil cuatrocientos sesenta y siete dólares con diecinueve centavos).

Conclusiones

A continuación, se presentan los cuatro objetivos específicos entorno a los cuales se desarrolló el presente trabajo de investigación y las conclusiones obtenidas para cada uno de ellos.

Investigar acerca de la Metodología B.I.M. y su incursión en el sector construcción de Costa Rica

- De acuerdo con la investigación realizada, 24 (veinticuatro) Instituciones Públicas forman parte de la Comisión Interinstitucional para la Implementación de la Metodología B.I.M. en Costa Rica y de ellas, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Ministerio de Justicia y Paz, han dado inicio con la implementación de la metodología a través del desarrollo de un plan y proyecto piloto.
- A nivel nacional, el B.I.M. Fórum Costa Rica cuenta con 298 integrantes, entre empresas privadas e instituciones públicas, lo que ratifica el interés en aprender y desarrollar la Metodología B.I.M. en este país.
- La inversión en obra pública en Costa Rica en el último año, alcanzó los tres mil millones de colones, por lo que se requiere contar con la mejor tecnología y una optimización de los procesos constructivos a través de la implementación de la metodología B.I.M., para garantizar un uso eficiente de los recursos.

Analizar la metodología de trabajo empleada por el equipo técnico del D.I.P. en la gestión de proyectos

- Se observa que la denominada “resistencia al cambio”, se convierte en un factor condicionante para que un determinado grupo humano adopte la metodología B.I.M. como parte de sus labores diarias.
- La falta de comunicación asertiva entre la Jefatura y los profesionales del área diseño en la gestión de los proyectos, genera discrepancias en las características finales de la obra respecto de las necesidades reales a solventar para la Institución, provocando atrasos en la entrega de los diseños finales.
- La gestión de anteproyectos arquitectónicos es más eficiente, dado que se cuenta con 5 (cinco) arquitectos; sin embargo, debido al reducido número de ingenieros tanto del área civil (2 personas), como mecánica y eléctrica (2 personas), una vez que se trasladan los proyectos a estas áreas, sufren retrasos en su proceso de diseño. Para tal efecto se propone la conformación de equipos de trabajo por proyecto.

Elaborar la estrategia de trabajo para la adecuada implementación de la Metodología B.I.M.

- El plan de trabajo generado para la implementación de la metodología B.I.M. es adecuado a los requerimientos planteados por parte del Departamento de Infraestructura, brindando una idea clara de las acciones a seguir para la Jefatura y sus colaboradores en el desarrollo de proyectos constructivos empleando esta metodología.

- A través de la elaboración e implementación de protocolos para la unificación de procedimientos y entregables, se mejora la trazabilidad de los procesos de diseño y entregas de avances.
- Por medio de la aplicación del plan de trabajo propuesto, se logra desarrollar modelos de cada una de las áreas de trabajo, reduciendo los retrabajos para un mismo modelo y disminuyendo los tiempos de presentación de los entregables finales (planos y especificaciones técnicas).
- Mediante la aplicación de protocolos de intercambio de información, se mejora el flujo de trabajo, así como la coordinación entre los profesionales.

doscientos cuarenta mil cuatrocientos sesenta y siete dólares con diecinueve centavos), presentando un ahorro de **\$759 532,81** (setecientos cincuenta y nueve mil quinientos treinta y dos dólares, con ochenta y un centavos) respecto del monto estimado por la Administración.

- Se obtiene el costo estimado por la inclusión del software recomendado para la implementación de la metodología B.I.M. en el departamento de Infraestructura, por un monto de **\$23.471,00**, el cual incluye licencias para cada uno de los profesionales e incorporando las versiones más recientes de Autocad, Revit, Revit MEP, Robot Estructural, Civil 3D, junto con las respectivas capacitaciones, el cual se considera adecuado para el Departamento de Infraestructura.

Desarrollar un proyecto piloto para evaluar el plan de trabajo propuesto

- Mediante la implementación de la detección de interferencias, se logra dar solución a los problemas de diseño que anteriormente eran visibles hasta la fase de ejecución de obras; generando así un beneficio tanto en la calidad de obra terminada, en el plazo de tiempo empleado para la ejecución del proyecto como en el costo económico para la Administración, al reducir o eliminar la aparición de trabajos adicionales (extras).
- El costo por solventar las interferencias detectadas en la fase de diseño del proyecto piloto, corresponde a **\$4.003,90** (cuatro mil tres dólares con noventa centavos).
- Con base en los planos constructivos generados a partir del modelo del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, se obtiene el costo de construcción por un monto de **\$1.240.467,19** (un millón,

Recomendaciones

Adicionalmente, se presentan las recomendaciones brindadas al Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, para dar continuidad al proceso de implementación de la Metodología B.I.M.

- Contar con un almacenamiento único para modelos y archivos: para lograr un proceso colaborativo es importante poseer un lugar de almacenamiento común, en el cual los involucrados del proyecto tengan acceso a la información más actualizada del proyecto.
- Realizar reuniones de coordinación periódicas: la planificación de las reuniones antes de ejecutarse generará encuentros más eficientes y de mayor aprovechamiento para los involucrados, además es recomendable apoyarse en herramientas que faciliten la coordinación.
- Capacitación del equipo profesional: la implementación de la metodología B.I.M. implica nuevos conocimientos a nivel personal, por lo que se hace necesario brindar capacitaciones al personal, enfocadas en el grupo con base técnica.
- Suministrar soporte técnico: conociendo que la parte tecnológica evoluciona continuamente, monitorear los equipos y software es una buena práctica para mantener los procesos B.I.M. en óptimo estado.
- Contemplar el tiempo que toma la curva de aprendizaje: aprender acerca de un nuevo software o una nueva metodología de trabajo, implica tiempo y hasta retrabajos, pero una vez que se sobrepasa

esta etapa, se obtendrán resultados más positivos.

- Dar seguimiento al proyecto piloto e implementar la Metodología B.I.M. en la fase de construcción, para valorar las mejoras que a nivel de tiempo y costo se puedan generar en su ejecución.

Apéndices

En este apartado se presentan dos apéndices correspondientes a materiales preparados por el equipo del proyecto, los cuales son necesarios para una adecuada comprensión del proyecto.

- Apéndice 1: entrevistas virtuales realizadas al equipo profesional del Departamento, para conocer las labores desarrolladas y el nivel de conocimiento respecto de la Metodología B.I.M.
- Apéndice 2: plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el departamento de infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

- **Apéndice 1: entrevistas virtuales**

A continuación, se presenta el detalle de las entrevistas virtuales aplicadas a los profesionales que conforman el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, con la finalidad de conocer las labores desarrolladas por cada uno, el software que emplean en el ejercicio diario de sus funciones, las limitaciones que consideran les afectan en su trabajo y el nivel de conocimiento en la metodología B.I.M.

Nombre: Elaine Verley Romero

Puesto: Arquitecta

Actividades que realiza:

- Revisar plantas de diseño.
- Hacer anteproyectos en SketchUp.
- Al momento de hacer los planos de detalle lo hace en AutoCAD y aquí se realizan los cambios. El modelo 3D lo realiza como anteproyecto.
- Participa en licitaciones y en la confección de especificaciones técnicas.
- Realiza el análisis de ofertas.
- Realiza la supervisión de proyectos constructivos.

Opciones para mejorar

- Continuar con el teletrabajo.
- Recibir capacitaciones en software atinentes a su puesto.

- Recibir capacitaciones en contratación administrativa (SICOP).
- Emplear software para realizar y dar seguimiento a cronogramas de trabajo (Navisworks).
- Recibir capacitaciones en temas de tramitología.
- Ampliar la comunicación que hoy en día se realiza por correo, WhatsApp y llave maya.

Software utilizado

- SketchUp.
- AutoCAD.
- Revit (Básico).

Limitaciones

- Falta de comunicación adecuada entre compañeros de trabajo.
- No cuentan con aplicaciones para el control de proyectos constructivos.
- No cuentan con estándares para confección de submittals.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- No conoce acerca de la Metodología B.I.M.

Nombre: Roy Rojas Arias

Puesto: Ingeniero Electromecánico

Actividades que realiza:

- Diseño eléctrico a partir de plantas de diseño remitidas por el arquitecto.
- Diseño de sistemas de voz y datos, detección de incendios, aires acondicionados, instalación de gas, CCTV, entre otros.
- Realiza el dibujo de las láminas correspondientes y las envía al Departamento de dibujo para dar acabado final, una vez que el Departamento de dibujo genera las láminas en PDF las revisa para la aprobación final.
- Realiza labores de tramitología de permisos.
- Confecciona carteles de licitación.
- Confecciona presupuestos.
- Realiza análisis técnicos de ofertas.
- Realiza inspecciones de proyectos constructivos.

Opciones para mejorar

- Una comunicación más fluida entre los profesionales del Departamento.
- Contar con herramientas tecnológicas (software) en las que se pueda coordinar lo desarrollado en oficina con lo construido en sitio.

Software utilizado

- Revit, Revit MEP.
- Software que le colabore con los cálculos eléctricos, protecciones eléctricas y simulación de proyectos eléctricos.

Limitaciones

- Falta de comunicación adecuada entre compañeros de trabajo.
- No cuentan con software para encontrar interferencias entre lo diseñado por cada una de las disciplinas profesionales.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Ha leído acerca de la Metodología B.I.M. como metodología de trabajo colaborativa pero no ha adentrado más allá.

Nombre: Johnny Calvo

Puesto: Arquitecto

Actividades que realiza:

- Diseño de proyectos de acuerdo con una lista de necesidades institucionales previamente establecidas.
- Diseño conceptual de proyectos en 2D empleando Autocad.
- Realiza el diseño 3D en SketchUp.
- Envía la propuesta de diseño a dibujo para que desarrollen el proyecto.
- Realiza revisiones periódicas con el equipo de dibujo. Revisa diseño de diferentes especialidades.
- Envío de información mediante correo electrónico.
- Confección de cartel, especificaciones técnicas y realiza el proceso de licitación.
- Realiza inspecciones de proyectos constructivos.

Opciones para mejorar

- Deben desarrollar familias de puertas, ventanas, entre otros, en conjunto, dado que cada arquitecto genera su propia librería y todos trabajan diferente. Lo que se vuelve confuso para los profesionales involucrados en el proyecto.
- No se solicitan revisiones de modelos 3D. La institución no los pide, pero podrían solicitarlo para aumentar el rendimiento.

Software utilizado

- SketchUp.
- AutoCAD.

Limitaciones

- No se cuenta con formación para los nuevos productos.
- Se requiere de capacitaciones.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Conoce de la Metodología B.I.M. ligeramente. Ha leído únicamente el concepto, pero no más allá.

Nombre: Marcela Gutiérrez

Puesto: Arquitecta / Dibujante

corresponde cada actividad en la gestión de proyectos.

Actividades que realiza:

- Diseño de proyectos.
- Desarrollo de anteproyecto.
- Confección de planos constructivos y correcciones en AutoCAD.
- De acuerdo con solicitud de los profesionales en arquitectura realiza los diseños en SketchUp.
- Realiza modelado de proyectos en Revit.
- Revisión de modelos en conjunto con los profesionales del área de arquitectura.

Software utilizado

- Navisworks.
- Revit.
- AutoCAD.
- 3D Max.
- Ilustrador.
- Lumion.
- SketchUp.
- PhotoShop.
- Excel.
- Dynamo.

Opciones para mejorar

- Aplicación que genere una lista de comprobación para determinar el motivo de los atrasos en los proyectos.
- No emplear AutoCAD.
- Generar las propias familias en Revit.
- Generar un archivo central de trabajo.
- Capacitaciones en software de diseño para dejar de usar Lumion.
- Dejar claro hasta dónde deben entregar los anteproyectos y a quiénes les

Limitaciones

- Comunicación deficiente.
- Programas adicionales para diseño eléctrico, estructural y mecánico

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Conoce de la Metodología B.I.M. ampliamente. Ha participado en cursos y actualmente forma parte de la comisión B.I.M. formada por parte del Ministerio de Justicia.

Nombre: Álvaro González Hernández

Puesto: Arquitecto

Actividades que realiza:

- Planteamiento teórico para poder desarrollar (Lista de necesidades)
- Genera un Diagrama.
- Flujograma y zonificación (Primero a mano).
- Conceptualiza primero en papel y lápiz (Se le hace más fácil conceptualizar el diseño y verlo en la mente).
- Le pasa el Anteproyecto al dibujante para que lo haga en CAD.
- Hacen revisiones con el dibujante hasta que se aprueban.
- Sacan permisos (Estudios de impacto ambiental, por subcontrato).
- Sacan a licitar el proyecto.
- Monta Cartel de especificaciones técnicas.
- Hacen integración del documento para sacarlo a licitar.
- Pasa a proveeduría, posteriormente a Legal para finalmente ser adjudicado.
- Hacen Visita guiada con el contratista adjudicado
- Inicia Construcción, Hacen la supervisión hasta que termina y es aprobado.
- No ven la parte de mantenimiento.

Opciones para mejorar

- Necesidades a Nivel Técnico de Cursos.
- Aprender a utilizar Revit (Ya se los habían dado, pero las máquinas no funcionaban).
- Para transferir archivos lo hacen por medio de una USB o una carpeta compartida, pero genera confusiones, porque solo los dibujantes la pueden modificar y a veces los especialistas se montan sobre un avance que al día siguiente cambia y no se dan cuenta, y pierden el trabajo realizado por estar con otro archivo.
- Mejorar el Trabajo en Equipo.
- Problemas de servidores y velocidad de Internet, a veces no tienen conexión a internet.

Software utilizado

- Revit Arquitectónico Básico.
- SketchUp
- Sabe utilizar Microsoft Project, pero no tienen el programa.

Limitaciones:

- Siente que faltan capacitaciones de los avances de los softwares nuevos.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Conoce de la Metodología B.I.M. ligeramente.

Nombre: Andreina Villalobos Corella

Puesto: Arquitecta

Actividades que realiza:

- Anteproyecto: parte de una lista de necesidades recibida.
- Revisión y aprobación del diseño conceptual (Por la Policía Penitenciaria).
- Luego de aprobada la propuesta por la policía, pasa a revisión del Director de Adaptación Social, entre otros.

Opciones para mejorar

- Cambios en obra muy dilatados por especialidades (Electromecánico).
- Cuando a veces inician un proyecto tienen limitantes por falta de dinero, y cuando hay órdenes de cambio, el costo se incrementa.
- Contar con una herramienta que los ayude a previsualizar costos de diseño en el anteproyecto.
- Conocer los alcances que debe tener cada integrante en el proyecto y hasta dónde debe cubrir cada especialidad.
- Mejorar la coordinación entre profesionales.
- Poder utilizar mejor los Software (recibir capacitaciones).
- Mejorar la comunicación en el equipo de profesionales.
- Hacer una biblioteca de familias, texturas y detalles.

Software utilizado

- Lumion.
- Revit.
- AutoCAD.
- SketchUp.
- Project.
- Vector.
- Photoshop.
- Ilustrador.

Limitaciones:

- Capacitación en Nuevo motor de Render Arnold de 3DS Max.
- Carpeta compartida, tiene el acceso 100% del dibujante. Solo puede descargar y trabajar sobre la que descargue y volver a subirla, por lo que se suelen generar problemas con las versiones de diseño empleadas.
- No tienen planos constructivos, tienen que hacer levantamientos de grandes obras.
- Trabajan sobre versiones que no son y pierden tiempo.
- Tener control sobre otros proyectos, ya que a veces alguien se va de vacaciones y pierden el acceso a esta documentación.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Conoce los conceptos básicos de la Metodología B.I.M.

Nombre: Joan Hernández Ugalde

Puesto: Arquitecto

Actividades que realiza:

- Realiza el anteproyecto de acuerdo con una necesidad determinada a solventar en la infraestructura del sistema penitenciario.
- Realiza la distribución de áreas y pasa el planteamiento arquitectónico al dibujante para que genere las láminas en AutoCAD.
- Realiza labores de confección de especificaciones técnicas.
- Realiza análisis técnicos de ofertas una vez que la obra es licitada.
- Una vez que la obra esté en ejecución se realizan las labores de inspección correspondientes.

Opciones para mejorar

- Mejorar la comunicación entre el equipo de diseño.

- Incorporar más programas como Google Earth, para ubicación de proyectos y anteproyectos.
- Capacitación en Revit.
- Capacitaciones en Sicop y SketchUp.

Software utilizado

- SketchUp.
- AutoCAD.
- Microsoft Project.

Limitaciones:

- Tienen cambios en diseño por motivos de cambios de funcionarios, esto los perjudica porque cada funcionario tiene una visión diferente y en ocasiones retrasa el diseño.
- En cada reunión cambian las necesidades por medio de minutas.
- El equipo recibido se queda pegado.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Se ha informado por medio de internet acerca de la Metodología B.I.M., pero de forma muy básica.

Nombre: Luisa Villaseñor Acosta

Puesto: Dibujante

Actividades que realiza:

- Inicia proyecto en SketchUp y pasa a dibujarlo en CAD.
- Desarrolla todo el Proyecto en CAD.
- Imprimen los planos dibujados y hacen correcciones.
- Entrega documentación final aprobada.
- Hace muchas impresiones (Considera innecesario).

Opciones para mejorar

- Referenciar acabados, familias, detalles, generar biblioteca de detalles.
- Hacer revisiones de manera digital.
- Crear un diagrama de procesos de diseño (No tienen).

- Crear un plan de trabajo y alcances establecidos. (BEP).

Software utilizado

- AutoCAD.
- Revit.
- Ilustrador.
- 3DS Max (8asico) Office.

Limitaciones:

- Ocupan el servidor para compartir información, trabajan 2 veces ya que comparten 1 carpeta, descarga el archivo el arquitecto y la sube de nuevo para que el dibujante vea el cambio.
- No hay información actualizada.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Mediante internet ha leído acerca de la Metodología B.I.M. y sus beneficios.

Nombre: Viviana Quesada Jiménez

Puesto: Dibujante

Actividades que realiza:

- Confecciona render con Ilustrador y Lumion.
- Colocar los renders en la carpeta compartida.
- Trabaja en Revit para los trabajos remitidos por los arquitectos, para luego pasarlos a CAD, ya que no todos los profesionales usan Revit.

Opciones para mejorar

- Software que les ayude al control de las versiones que emplean los profesionales y que los dibujantes terminan.
- Dejar de usar CAD.
- No trabajar con SketchUp.
- Aprender acerca de softwares como Formit o Recap.

Software utilizado

- AutoCAD.

- Revit.
- Navisworks Manage y Simulate.
- Lumion.
- Ilustrador.
- SketchUp.
- Photoshop.

Limitaciones:

- No hay registro de cambios solicitados por los arquitectos, que en ocasiones se convierte en problema porque se les olvida solicitar los cambios, o los que solicitaron.
- Tiempos de dibujo muy cortos.
- Hay compañeros que no quieren cambiar a la nueva metodología de trabajo.
- Se imprimen los planos y se desperdician recursos.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

- Conoce acerca de la Metodología B.I.M., pero en los lugares donde ha trabajado no han hecho uso de esta para el desarrollo de proyectos.

Nombre: Carlos Monge Galdámez

Puesto: Ingeniero en Construcción

Actividades que realiza:

- A partir de las plantas y cortes generados por el dibujante, se desarrollan los planteamientos del diseño estructural.
- Se realiza el diseño mecánico (agua potable, agua residual, agua pluvial) así como redes potables contra incendio.
- Una vez que se cuenta con el diseño en las áreas civil y mecánica, se envía al dibujante.
- Realizar reuniones periódicas hasta que el proyecto esté aprobado.
- Presupuesto de la sección civil y mecánica.
- Confección de carteles de licitación y especificaciones técnicas.
- Elaborar análisis técnico de ofertas una vez que el proyecto haya sido licitado.
- Realizar inspecciones de obra una vez adjudicado el proyecto.
- Realizar las labores de trámite de pago de facturas de avance de obra.

Opciones para mejorar

- Una comunicación más clara y efectiva entre los profesionales que conforman el equipo de diseño de un determinado proyecto.
- Que todos los profesionales puedan emplear el Revit en la gestión de sus modelos.

- Capacitarse en nuevos softwares para mejorar los tiempos de diseño planteados.

Software utilizado

- AutoCAD.
- SAP2000 v.19.
- SAFE para diseño de cimentaciones.
- AutoCAD Civil.
- ETABS.

Limitaciones:

- No contar con software que facilite el diseño mecánico.
- Tiempos de diseño muy cortos y traslapados con labores de inspección y administrativas.
- Falta de comunicación efectiva entre profesionales.

Conocimiento de la Metodología B.I.M.

Conoce acerca de la Metodología B.I.M. pero no acerca de su uso a nivel de desarrollo de proyectos.

- Apéndice 2: plan de trabajo B.I.M.



PLAN DE TRABAJO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA B.I.M. EN EL
DEPARTAMENTO DE
INFRAESTRUCTURA DEL
MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ

Con énfasis en optimizar la gestión de proyectos
constructivos

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ABREVIATURAS	4
3.	CONCEPTOS PRELIMINARES	5
3.1.	Metodología B.I.M.	5
3.1.1.	Definición básica de B.I.M. (Building Information Modelling)	5
3.1.2.	Términos importantes	5
3.1.3.	Entorno Común de Datos	6
3.1.4.	Sistemas de clasificación B.I.M.	7
3.1.5.	Dimensiones B.I.M.	9
3.1.6.	Incorporación de la Metodología B.I.M.	9
3.1.7.	Fases de incorporación de la metodología B.I.M.	10
3.2.	Implementación de la metodología B.I.M.	11
3.2.1.	Determinación de los usos B.I.M.	12
3.2.2.	Definición de objetivos	12
3.2.3.	Modelos B.I.M.	13
3.2.4.	Recursos Técnicos	14
3.2.5.	Recursos Humanos	14
3.2.6.	Nivel de Desarrollo (LOD)	15
3.2.7.	Interoperabilidad	15
3.2.8.	Plan de trabajo B.I.M.	16
4.	METODOLOGÍA POR EMPLEAR EN LA GESTIÓN DEL PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP	16
4.1.	Recopilación de información	16
4.2.	Selección de esquema de trabajo	17
5.	APLICACIÓN DEL ESQUEMA DE TRABAJO PROPUESTO PARA GESTIONAR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP	19
5.1.	Estado del Arte	19
5.1.1.	Descripción del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura	19
5.1.2.	Tipología de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria	20
5.1.3.	Conformación del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura Penitenciaria	20
5.1.4.	Estándares utilizados por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	22
5.2.	Evaluación	22
5.2.1.	Evaluación del talento humano del Departamento de Infraestructura	22
5.2.2.	Gestión de procesos del Departamento de Infraestructura	25
5.2.3.	Recursos técnicos disponibles dentro del Departamento de Infraestructura Penitenciaria	26
5.2.4.	Recurso humano del Departamento de Infraestructura Penitenciaria	27
5.2.5.	Problemas detectados en la gestión de proyectos en el Departamento de Infraestructura.	30
5.3.	Planificación	30
5.3.1.	Objetivos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura	30
5.3.2.	Usos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura	30
5.3.3.	Niveles de desarrollo propuestos por el Departamento de Infraestructura	31
5.3.4.	Organigrama general del plan de implantación BIM en el Departamento de Infraestructura	31
5.3.5.	Modelo de trabajo propuesto en el Departamento de Infraestructura	33
5.3.6.	Marco normativo para contemplar en la implementación de la metodología B.I.M.	33
5.3.7.	Sistema de clasificación propuesto en la implementación de la metodología B.I.M.	33
5.4.	Implantación	34
5.4.1.	Conformación de equipo de trabajo para implementación de la metodología B.I.M.	34
5.4.2.	Plan de trabajo para implementación de la metodología B.I.M. en proyecto piloto.	34
5.4.3.	Evaluación del plan de trabajo a través del desarrollo del proyecto piloto.	44
5.4.4.	Análisis de resultados producto del proyecto piloto.	49
6.	Conclusiones producto de la implementación del plan de trabajo y del proyecto piloto.	50
7.	Referencias.	51

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es de alta importancia económica y estratégica en Costa Rica. Representa cerca del 4,0% del PIB total del país (Cámara Costarricense de la Construcción, 2020).

Sin embargo, a pesar de su importancia económica y estratégica, el sector presenta serios problemas de productividad, atrasos y sobrecostos de las obras resultantes. Detrás de estos problemas se encuentran factores como la falta de transparencia en los procesos, una falta de coordinación entre profesionales y entre etapas de los proyectos, limitadas capacidades de gestión, ejecución y supervisión de proyectos, entre otros.

El Ministerio de Justicia y Paz está interesado en realizar la transformación con su metodología de trabajo y dar el paso a trabajar con la metodología B.I.M. por los beneficios que ofrece. Por medio del Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, se realizará la implementación de la metodología B.I.M. y se valorará su aplicación en el desarrollo de un proyecto piloto denominado: Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria.

Los proyectos desarrollados por el equipo interdisciplinario que conforma el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, tienen sus bases en la planificación de proyectos constructivos, contemplando cada una de las fases que conforman el ciclo de vida de un proyecto, desde la fase de conceptualización, diseño, licitación y adjudicación, hasta la fase de ejecución y mantenimiento de las obras.

En la actualidad, los proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura, han presentado una serie de vicisitudes, tales como no concluir en el tiempo establecido o contar con montos insuficientes para la conclusión de las obras, producto de actividades adicionales resultantes de detalles constructivos no incluidos desde la concepción misma del proyecto, lo que ha implicado recurrir a mecanismos administrativos, tales como ampliación en los plazos de entrega, y modificaciones en el presupuesto otorgado a dicho proyecto mediante adendas.

Por tal motivo, y tomando como base la iniciativa de la Primera Dama de la República, la señora Claudia Dobles Camargo, en impulsar y desarrollar la Estrategia Nacional B.I.M. Costa Rica, se plantea la elaboración de un plan de trabajo para la Implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

2. ABREVIATURAS

- AEC: acrónimo de Architecture, Engineering and Construction por sus siglas en inglés (Arquitectura, Ingeniería, Construcción).
- AGC: acrónimo de Associated General Contractors of America por sus siglas en inglés (Contratistas Generales Asociados de America).
- As Built: entregables que reflejan cómo fue desarrollado un determinado proyecto.
- B.E.P.: acrónimo de B.I.M. Execution Plan por sus siglas en inglés (Plan de Ejecución B.I.M.).
- B.I.M.: acrónimo de Building Information Modelling por sus siglas en inglés (Modelado de la Información de la Construcción).
- B.I.M. Forum: organización encargada de enfocar el modelado de información de construcción (B.I.M.), la tecnología y los procesos creativos para afrontar los problemas de la industria.
- B.I.M. Forum Costa Rica: es un comité técnico conformado con el propósito de promover la implementación consultada y paulatina de los procesos B.I.M. en la industria de la construcción.
- CAD: acrónimo de Computer Aid Desing por sus siglas en inglés (Diseño Asistido por Computadora).
- CCC: Cámara Costarricense de la Construcción.
- CDE: acrónimo de Common Data Enviroment por sus siglas en inglés (Entorno Común de Datos)
- CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.
- DIP: Departamento de Infraestructura Penitenciaria.
- IFC: acrónimo de Industry Foundation Class por sus siglas en inglés (Formato de intercambio de información).
- ISO: acrónimo de International Organization for Standardization por sus siglas en inglés (Organización Internacional de Normalización).
- LOD: acrónimo de Level of Development por sus siglas en inglés (Nivel de Desarrollo). Se refiere al nivel de complejidad bajo el cual será desarrollado un determinado elemento o proyecto.
- MJP: Ministerio de Justicia y Paz.
- Navisworks: herramienta para la visualización de proyectos, archivos y trabajos en 3D.
- NBS: acrónimo de National B.I.M. Standard por sus siglas en inglés (Organización que regula el uso de B.I.M. en Reino Unido).
- PCIAB: Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes.
- PEB: Plan de Ejecución B.I.M.
- Revit: software que permite modelar, analizar y confeccionar planos constructivos.
- RFI: acrónimo de Request For Information por sus siglas en inglés (solicitud de información). Es un documento que detalla por qué y para qué se utilizará la metodología B.I.M. en un determinado proyecto.
- Suite: se refiere al conjunto de software que una empresa dispone para la venta.

3. CONCEPTOS PRELIMINARES

El tema principal por desarrollar, como parte de este documento de investigación, es la implementación de la metodología B.I.M. (Building Information Modelling) en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, de tal manera, se convierte en aspecto fundamental, el contar con un adecuado nivel de comprensión de los conceptos básicos que conforman esta metodología, previo a desarrollar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M.

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los siguientes enunciados introductorios.

- Metodología B.I.M.
 - Definición básica B.I.M.
 - Términos importantes.
 - Entorno común de datos.
 - Sistemas de clasificación B.I.M.
 - Dimensiones B.I.M.
 - Incorporación de la Metodología B.I.M.
 - Fases de incorporación de la Metodología B.I.M.
- Implementación de la Metodología B.I.M.
 - Determinación de los usos B.I.M.
 - Definición de objetivos.
 - Tipos de modelos B.I.M.
 - Disponibilidad de recursos.
 - Recursos técnicos.
 - Recursos humanos.
 - Nivel de desarrollo.
 - Interoperabilidad.
 - Plan de ejecución.
 - Plan de trabajo B.I.M.

3.1. Metodología B.I.M.

3.1.1. Definición básica de B.I.M. (Building Information Modelling)

De acuerdo con la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO), el acrónimo de B.I.M. (Building Information Modelling) se define como “un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual” (BIM Forum Chile, 2017). Es decir, por una parte, las tecnologías permiten generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, por otra parte, las metodologías basadas en estándares, permiten compartir esta información de manera estructurada entre todos los actores involucrados, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario (PlanBIM Chile, 2019).

3.1.2. Términos importantes

Como parte de la adopción de la metodología B.I.M., existen términos los cuales se deben conocer para generar una comprensión adecuada del manual que se desarrollará más adelante (es.BIM España, 2017), dentro de los cuales se mencionan los siguientes:

- Alcance: propósito para el cual se desarrolla un determinado proyecto.
- Análisis: comprobación de información, o resultados obtenidos, respecto a requisitos previamente establecidos.
- Ciclo de vida: conjunto de etapas de un proyecto que comprende desde su concepción hasta el fin de su uso.
- Detección de colisiones: proceso mediante el cual se pueden detallar interferencias entre los objetos que conforman un determinado modelo.
- Entregables: documento en el cual se detalla el avance del trabajo en un determinado proyecto.
- Estándar CAD: conjunto de reglas empleadas para generar archivos CAD.
- Interoperabilidad: capacidad de diversos sistemas (y organizaciones) para trabajar de una manera integrada con las disciplinas dispuestas para el proyecto, sin pérdida de datos y sin un esfuerzo especial. La interoperabilidad puede referirse a sistemas, procesos, formatos de archivo.
- Método de adopción: hace referencia a la forma en que las empresas o instituciones aceptan la incorporación de un determinado proceso.
- Método Kaizen: es un sistema de organización y gestión orientado a lograr el éxito y la perfección en todos los ámbitos de una empresa (recurso humano, productividad, medio ambiente).
- Modelo federado: modelo creado a partir de modelos separados, de distintas disciplinas.
- Modelo Integrado: modelo compuesto por información de las distintas disciplinas que participan de determinado proyecto, contenida en una base de datos específica.
- Nivel de madurez B.I.M.: indica el nivel de conocimiento en relación con la metodología B.I.M. de una organización o equipo de trabajo.
- Proceso: es un conjunto de actividades desarrolladas sistemáticamente con el fin de alcanzar un determinado objetivo.
- Producto: hace referencias a los entregables de cada una de las fases de un proyecto B.I.M.
- Uso B.I.M.: es el uso para el cual ha sido creado el modelo durante las etapas del proyecto.

3.1.3. Entorno Común de Datos

Se define el entorno común de datos (CDE por sus siglas en inglés) como el lugar donde se encuentra ubicada la información de un determinado proyecto para que pueda ser consultada por cualquier profesional involucrado en la gestión de este.

Tal como lo refiere la norma ISO 19650-1 (BIM Forum Chile, 2019), el CDE se encuentra dividido en cuatro áreas según el estado de disponibilidad de la información desarrollada para un determinado proyecto, las cuales son: trabajo en proceso, compartido, publicado y archivado. Ver Figura 1.



Figura 1. Diagrama de un entorno de datos compartido
Fuente: (ISO 19560-1)

3.1.4. Sistemas de clasificación B.I.M.

Los sistemas de clasificación tienen como principal función establecer una terminología a los elementos y actividades generados como parte de un proyecto constructivo, de acuerdo con su función y ubicación, a través de sistemas de codificación.

Mediante el Cuadro 1 se presenta una comparativa entre cuatro de los sistemas de clasificación más utilizados a nivel internacional: **Omniclass**, **Uniclass**, **UniFormat** y **MasterFormat** (Conejera, G. A., 2019), con el fin de valorar el que se logre adecuar de mejor manera a las necesidades del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, con base en la tipología de proyectos que se desarrollan.

De esta manera, posterior a la valoración realizada de los sistemas de clasificación B.I.M. en conjunto con la metodología empleada por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria para la gestión de sus proyectos, donde se generan tanto listas de materiales basadas en especificaciones técnicas a ser cumplidas, se obtiene como resultado que el sistema de clasificación **MasterFormat**, se asemeja al empleado, generando una mayor facilidad en las interacciones entre los profesionales que conforman el equipo técnico.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	ESTÁNDAR	OBJETIVO	ORGANIZACIÓN	EJEMPLO																																																																																											
1	Omniclass	US NBS	<p>Tiene como principal objetivo combinar múltiples sistemas de clasificación existentes para muchos temas en un solo sistema de clasificación basado en la ISO 12006-2, la cual hace referencia a la organización de la información sobre obras de construcción, en el marco de la clasificación de la información.</p>	<p>Sistema de clasificación basado en 15 tablas</p> <ul style="list-style-type: none"> •Table 11 - Construction Entities by Function •Table 12 - Construction Entities by Form •Table 13 - Spaces by Function •Table 14 - Spaces by Form •Table 21 - Elements •Table 22 - Work Results •Table 23 - Products •Table 31 - Phases •Table 32 - Services •Table 33 - Disciplines •Table 34 - Organizational Roles •Table 35 - Tools •Table 36 - Information •Table 41 - Materials •Table 49 - Properties 																																																																																											
2	Uniclass	NBS UK	<p>Sistema de clasificación que sirve para organizar la información material y estructurar los datos relacionados a los proyectos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Co – Complexes •En – Entities •Ac – Activities •SL – Spaces / Locations •EF – Elements / Functions •Ss – Systems •Pr – Products •TE – Tools and Equipment •PM – Project Management •Zz – CAD •E1 – Form of Information (en proceso de desarrollo). 																																																																																											
3	UniFormat	US NBS	<p>Corresponde a un estándar para la clasificación de especificaciones, estimación de costos y análisis de gasto energético en EE.UU y Canadá. Es un método estandarizado que ordena la información de construcción, organizando mediante partes físicas llamados sistemas y ensamblajes. Estos sistemas o ensamblajes están caracterizados por su función, sin identificar su solución técnica o de diseño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Level 01 •A Substructure •B Shell •C Interiors •D Services •E Equipment and Furnishings •E Special Construction and Demolition •G Building Sitework •Z General 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Co</td> <td>Complexes</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>07</td> <td>November 2018</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>v1.7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Code</th> <th>Group</th> <th>Sub group</th> <th>Section</th> <th>Object</th> <th>Title</th> </tr> <tr> <td>Co_20</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Administrative, commercial and protective service complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_10</td> <td>20</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td>Legislative complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_10_60</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>60</td> <td></td> <td>Governmental complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_15</td> <td>20</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>Administrative complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_15_08</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>08</td> <td></td> <td>Business parks</td> </tr> <tr> <td>Co_20_15_58</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>58</td> <td></td> <td>Office complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_20</td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td>Secular representative complexes</td> </tr> <tr> <td>Co_20_20_15</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>15</td> <td></td> <td>Complexes for representatives of nation states abroad</td> </tr> <tr> <td>Co_20_20_40</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>40</td> <td></td> <td>Local government complexes</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	E	F							Co	Complexes					07	November 2018					v1.7						Code	Group	Sub group	Section	Object	Title	Co_20	20				Administrative, commercial and protective service complexes	Co_20_10	20	10			Legislative complexes	Co_20_10_60	20	10	60		Governmental complexes	Co_20_15	20	15			Administrative complexes	Co_20_15_08	20	15	08		Business parks	Co_20_15_58	20	15	58		Office complexes	Co_20_20	20	20			Secular representative complexes	Co_20_20_15	20	20	15		Complexes for representatives of nation states abroad	Co_20_20_40	20	20	40		Local government complexes
A	B	C	D	E	F																																																																																										
Co	Complexes																																																																																														
07	November 2018																																																																																														
v1.7																																																																																															
Code	Group	Sub group	Section	Object	Title																																																																																										
Co_20	20				Administrative, commercial and protective service complexes																																																																																										
Co_20_10	20	10			Legislative complexes																																																																																										
Co_20_10_60	20	10	60		Governmental complexes																																																																																										
Co_20_15	20	15			Administrative complexes																																																																																										
Co_20_15_08	20	15	08		Business parks																																																																																										
Co_20_15_58	20	15	58		Office complexes																																																																																										
Co_20_20	20	20			Secular representative complexes																																																																																										
Co_20_20_15	20	20	15		Complexes for representatives of nation states abroad																																																																																										
Co_20_20_40	20	20	40		Local government complexes																																																																																										
4	MasterFormat	US NBS	<p>Enumera los títulos y los números de sección para organizar los datos sobre los requisitos de construcción, productos y actividades. Al estandarizar dicha información, MasterFormat facilita la comunicación entre arquitectos, especificadores, contratistas y proveedores, lo que les ayuda a cumplir con los requisitos, plazos y presupuestos de los propietarios de edificios.</p>	<p>PROCUREMENT AND CONTRACTING REQUIREMENTS GROUP Division 00 — Procurement and Contracting Requirements</p> <p>SPECIFICATIONS GROUP</p> <p>General Requirements Subgroup Division 01 — General Requirements Facility Construction Subgroup Division 02 — Existing Conditions Division 03 — Concrete Division 04 — Masonry Division 05 — Metals Division 06 — Wood, Plastics, and Composites Division 07 — Thermal and Moisture Protection Division 08 — Openings Division 09 — Finishes Division 10 — Specialties Division 11 — Equipment Division 12 — Furnishings Division 13 — Special Construction Division 14 — Conveying Equipment</p>	<p>00 00 00 Procurement and Contracting Requirements</p> <p>00 01 01 Project Title Page 00 01 03 Project Directory 00 01 05 Certifications Page 00 01 07 Seals Page 00 01 10 Table of Contents 00 01 15 List of Drawing Sheets 00 01 20 List of Schedules</p> <p>00 10 00 Solicitation</p> <p>00 11 00 Advertisements and Invitations</p> <p>00 11 13 Advertisement for Bids 00 11 15 Advertisement for Prequalification of Bidders 00 11 16 Invitation to Bid 00 11 19 Request for Proposal 00 11 53 Request for Qualifications</p> <p>00 20 00 Instructions for Procurement</p> <p>00 21 00 Instructions</p> <p>00 21 13 Instructions to Bidders 00 21 16 Instructions to Proposers</p>																																																																																										

Cuadro 1. Tabla comparativa de sistemas de clasificación.

Fuente: (Arq. Gabriel Conejera, Universidad UNIACC, Chile).

3.1.5. Dimensiones B.I.M.

Como ha sido descrito, el B.I.M. se emplea durante las distintas fases de una obra, desde su concepción y diseño, hasta la construcción y operación del proyecto; dentro de esta logística, se pueden desglosar ocho (8) fases, tal como lo refiere a su vez la National B.I.M. Estándar (NBS), se conocen como dimensiones y se detallan de la siguiente manera:

- a) *Primera dimensión:* se refiere a la idea inicial.
- b) *Segunda dimensión:* se refiere al bosquejo, tal y como se maneja comúnmente en 2D.
- c) *Tercera dimensión:* se refiere al modelo tridimensional, 3D.
- d) *Cuarta dimensión:* hace referencia al tiempo de ejecución de las actividades.
- e) *Quinta dimensión:* se adiciona el costo de cada actividad (presupuesto).
- f) *Sexta dimensión:* se elaboran simulaciones de planteamientos u opciones enfocadas en la sostenibilidad del proyecto.
- g) *Séptima dimensión:* hace referencia al plan de mantenimiento y operaciones del proyecto, una vez que la etapa constructiva haya finalizado.
- h) *Octava dimensión:* se proponen los planes de seguridad, de evacuación y zonas de mayor riesgo en la edificación.

Por medio de la figura 2, se resume a qué se refiere cada una de las dimensiones de B.I.M. anteriormente indicadas.



Figura 2. Dimensiones B.I.M.
Fuente: (B.I.M. Forum Colombia, 2019)

3.1.6. Incorporación de la Metodología B.I.M.

Los sectores que deseen incorporar dentro de su entorno laboral la metodología B.I.M., deben iniciar con un análisis a lo interno de cada institución o empresa, y detectar tanto las necesidades como las capacidades asociadas de cada uno de sus colaboradores para emplear la metodología B.I.M., deben tener claro el motivo así como los objetivos que desean obtener al poner en práctica la metodología dentro de sus lugares de trabajo, y para ello, se debe realizar un diagnóstico general que brinde un panorama claro del estado actual de desarrollo de sus proyectos, desde la concepción hasta su puesta en marcha. Como parte de los elementos a contemplar, previo a la incorporación de la metodología B.I.M. dentro de una institución o empresa, se encuentra el definir cuál B.I.M. será el que se proponga instaurar, considerando los siguientes panoramas (BIM Forum Costa Rica, 2018):

a) B.I.M. no integrado (unilateral): cuando dentro del ciclo de vida de un determinado proyecto, una única empresa implementa la metodología B.I.M., obteniendo los beneficios que se generen.

b) B.I.M. no integrado (multilateral): aplica cuando dentro del ciclo de vida de un proyecto, la empresa que emplea la metodología B.I.M., comparte la información generada con otras empresas participantes del proyecto, pero esas empresas desarrollan sus propios modelos acorde a sus requerimientos.

c) B.I.M. Integrado: se da cuando hay una coordinación general entre las empresas participantes del desarrollo de un proyecto, las cuales trabajan bajo una serie de normas o estándares establecidos en concordancia con los objetivos del proyecto.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se contempla que el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, propone instaurar la metodología B.I.M. empleando el panorama b) B.I.M. no integrado (multilateral), generando el diseño del proyecto piloto y compartiéndolo con aquella empresa que, al final del proceso de licitación, sea la adjudicataria para la construcción de este.

3.1.7. Fases de incorporación de la metodología B.I.M.

Para una adecuada implantación de la metodología B.I.M., es recomendable contar con un panorama de las fases a desarrollar para así lograr cumplir con los objetivos trasados de una manera adecuada. A continuación, se presenta el esquema resumido de implantación B.I.M. (Barco, D., 2018) y la descripción de sus elementos principales.

De acuerdo con las metas que la Jefatura del Departamento desea obtener, las cuales se basan en mejorar la gestión de los proyectos de construcción desarrollados por el Departamento, se delimita el alcance del presente trabajo de investigación a las etapas iniciales del ciclo de vida de un proyecto de construcción, las cuales contemplan la conceptualización, el diseño detallado, el análisis de costos y la generación de los planos constructivos.

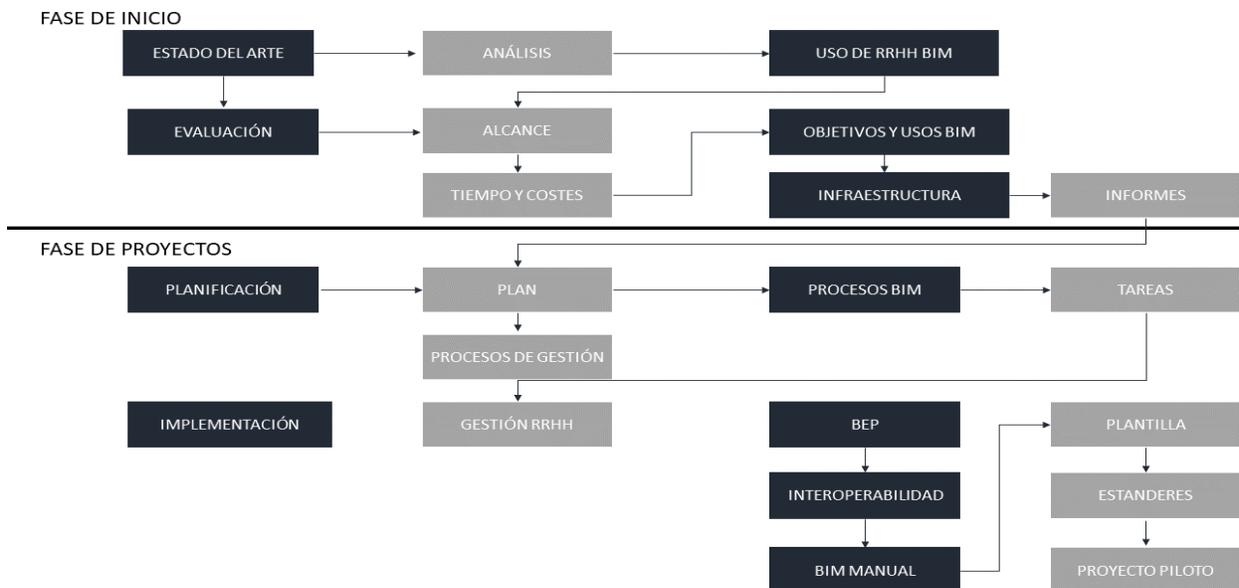


Figura 3. Esquema de implantación B.I.M.

Fuente: (Guía para implementar y gestionar proyectos B.I.M., 2018)

Fase de inicio:

- a) Estado del arte: es una metodología de investigación documental, “sobre la cual se recupera y trasciende reflexivamente el conocimiento acumulado sobre determinado objeto de estudio” (Gomez, M., Galeano, C., & D.J., 2015). El concepto anterior aplicado en el desarrollo del presente proyecto de investigación en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, contempla la recopilación de información acerca del funcionamiento general del Departamento, cómo se desarrollan los procesos de diseño de un proyecto, conocer acerca del grupo humano que lo conforma y sus labores específicas, así como el nivel de conocimiento respecto de la metodología B.I.M.
- b) Evaluación: se refiere a realizar un análisis detallado de la situación de una determinada empresa o Institución, así como la definición de los objetivos, relacionados directamente con la Metodología B.I.M. Tal como se indica, a nivel del análisis del Departamento de Infraestructura, en esta fase se plantean los objetivos B.I.M. a alcanzar, se determinan los requerimientos tanto de recurso técnico y humano, como la documentación requerida para implementar la metodología B.I.M.

Fase de proyectos:

- a) Planificación: esta se define como “una herramienta estratégica para definir los objetivos específicos y generales, el cronograma, los resultados esperados, la puesta en marcha de lo planeado hasta alcanzar el objetivo general” (Chen, Caterina, 2019). En el contexto del presente trabajo de investigación, esta fase contempla, a partir de la documentación generada durante la fase de evaluación, la elaboración del plan de implementación de la metodología B.I.M.
- b) Implantación: bajo la conceptualización de la Metodología B.I.M., el concepto de implantación hace referencia al proceso de transformación mediante el cual un equipo de personas cambia sus metodologías de trabajo por la metodología B.I.M. En este caso, y en esta fase, mediante la realización de un proyecto piloto, se pone en práctica el plan de ejecución de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

3.2. Implementación de la metodología B.I.M.

Una vez que se cuenta con los conceptos básicos en torno a la metodología B.I.M., con el objetivo de desarrollar el plan de trabajo B.I.M., se debe introducir al lector a una serie de temas, los cuales dependerán de la empresa o Institución donde se desarrollen. Seguidamente, se presenta una descripción de los temas a contemplar como parte del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

- Determinación de los usos B.I.M.
- Definición de objetivos.
- Tipos de modelos B.I.M.
- Recursos técnicos.
- Recursos humanos.
- Nivel de desarrollo.
- Interoperabilidad.
- Plan de ejecución.
- Plan de trabajo B.I.M.

3.2.1. Determinación de los usos B.I.M.

La determinación de los objetivos está relacionada directamente con los usos B.I.M. que se pueden dar con el modelo realizado para un determinado proyecto. Los usos B.I.M. pueden incluir desde la planeación y el diseño del proyecto, hasta la estimación de costos o el mantenimiento de la obra. (Guía para implementar y gestionar proyectos B.I.M., 2018).

La clasificación de usos B.I.M. planteada por parte de Pennsylvania State University es de las más utilizadas (Computer Integration Construction Research Program, 2019).

PLANEACION	DISEÑO	CONSTRUCCION	OPERACION
Modelado de Condiciones Existentes			
Estimacion de Costos			
Planeacion de Fases			
Programaciones de obra			
Análisis del Sitio			
	Revisiones de diseño		
	Autoría de Diseño		
	Análisis Estructural		
	Análisis Iluminación		
	Análisis Energeticos		
	Análisis Mecanicos		
	Otros Analisis Ingenieria		
	Evaluacion LEED		
	Validacion de Codigos		
	Coordinacion 3D		
	Planeacion en Sitio		
	Diseño Sistemas Constructivos		
	Fabricacion Digital		
	Planeacion y Control 3D		
	Modelos Record		
	Admin Mantenimiento		
	Análisis Sistemas Edificio		
	Gestion de Activos		
	Admin Espacios		
	Planeacion de Desastres		

Usos BIM Primarios
 Usos BIM Secundarios
 Adaptado de <http://bim.psu.edu/Uses/>

Figura 4. Clasificación de usos B.I.M.
Fuente: (CIC Pennsylvania State)

Con base en la Figura 4, se determinan los usos B.I.M. estimados por parte del Departamento de Infraestructura, los cuales serán incorporados dentro del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. que se presenta más adelante.

3.2.2. Definición de objetivos

Para la adecuada implementación de la metodología B.I.M. dentro del ciclo de vida de un proyecto, es necesario contar con objetivos claramente definidos.

El tratamiento que brinda al respecto la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO), nos refiere a contemplar un objetivo general y objetivos específicos (PlanBIM Chile, 2019), los cuales se mencionan a continuación:

- Objetivo general: hace referencia a la meta principal que se desea alcanzar mediante el uso de la metodología en un determinado proyecto.
- Objetivos específicos: se trata de hitos medibles a través de los cuales se busca dar respuesta a un determinado problema mediante la aplicación de la metodología B.I.M., los cuales deben ser consecuentes con el objetivo general propuesto.

La Cámara Costarricense de la Construcción, a través del B.I.M. Forum Costa Rica, plantea la posibilidad de emplear como objetivos principales los detallados a continuación (BIM Forum Costa Rica, 2018):

- a) Representación gráfica de proyectos en tres dimensiones (3D): utilizados para poder visualizar de manera volumétrica un diseño.
- b) Modelado de condiciones existentes: trabajos que requieran de demoliciones, pueden plantearse mediante una representación en 3D de las condiciones actuales para obtener diseños más ajustados a la realidad.
- c) Revisiones de diseño: al tener los modelos de cada disciplina, es posible compararlos para determinar la existencia de posibles puntos de interferencia entre ellos y de esta manera tomar decisiones de diseño de manera oportuna.
- d) Programas de mantenimiento: con los modelos B.I.M. de un determinado proyecto, y la actualización de estos durante la etapa de ejecución, es posible generar programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones y equipos.

3.2.3. Modelos B.I.M.

A partir del proyecto a desarrollar y en concordancia con los objetivos específicos planteados, se debe seleccionar el modelo B.I.M. que mejor se ajuste y del cual se pueda obtener la mayor cantidad de información (BIM Forum Costa Rica, 2018).

Dentro de los tipos de modelos a implementar se detallan los siguientes:

- a) Modelo de prefactibilidad: con base en la normativa vigente en un sitio determinado, permite determinar las condiciones de diseño de un anteproyecto.
- b) Modelo de anteproyecto: modelo de diseño inicial, de acuerdo con los requerimientos del cliente y con base en las condiciones de terreno existente.
- c) Modelo de desarrollo de planos constructivos: modelo con mayor detalle arquitectónico, a partir del cual se puede plantear de manera preliminar el sistema estructural. Se presenta gráficamente en dos dimensiones.
- d) Modelo estructural: modelo mediante el cual se presenta el diseño estructural con base en la distribución arquitectónica, producto del análisis de cargas actuantes.
- e) Modelo de coordinación de arquitectura con estructuras: modelo que incluye y compara los modelos de arquitectura y estructura a nivel volumétrico con la finalidad de detectar problemas de interacción inadecuada de elementos.
- f) Modelo de instalaciones eléctricas, mecánicas y plomería: modelo que muestra la ubicación a nivel volumétrico de los sistemas eléctricos, potables, sanitarios, entre otros, instalados en un determinado proyecto con el fin de determinar la interacción entre ellos y los posibles problemas que puedan generar.

- g) Modelo de coordinación de especialidades: este incorpora los modelos anteriormente mencionados, con el fin de visualizar la interacción entre ellos y determinar posibles problemas, con el fin de corregirlos en la fase de diseño y no durante la fase de ejecución.

Un aspecto importante para considerar como parte de la implementación de la metodología B.I.M. en el Ministerio de Justicia y Paz, es conocer los recursos disponibles, tanto materiales como humanos con que se cuenta. A continuación, se detallan los principales aspectos a considerar para cada tipo de recurso. (Barco, D., 2018).

3.2.4. Recursos técnicos

Un aspecto importante para considerar como parte de la implementación de la metodología B.I.M. en una empresa o Institución, es conocer los recursos disponibles, tanto materiales como humanos con que se cuenta. A continuación, se detallan los principales aspectos a considerar para cada tipo de recurso. (Barco, D., 2018).

1. Infraestructura espacial: se refiere al espacio físico en donde se desarrollan las labores cotidianas. La disponibilidad de áreas adecuadas para realizar las reuniones de coordinación.
2. Redes de datos: se trata de conocer el tipo de conexión a internet existente, la velocidad de internet con que se cuente en el sitio.
3. Tipos de accesos: al realizar trabajo de oficina o ya sea teletrabajo, se pueden estar empleando servidores; sin embargo, estos pueden tener conexiones variadas, ya sea una red de área local (LAN, por sus siglas en inglés), VPN, la cual permite el acceso desde una conexión remota, una nube, la cual permite trabajar en un archivo a través de una conexión de internet.
4. Hardware: se relaciona con los equipos de cómputo disponibles en el lugar de trabajo, ya sean computadoras portátiles o de escritorio, su capacidad asociada para interactuar con el software a implementar.
5. Software: el tipo de software a seleccionar deberá ser aquel que se ajuste a los requerimientos de la empresa o institución, con base en los usos B.I.M. proyectados y que además esté dentro del margen presupuestario disponible para su adquisición. Es necesario contemplar que el tipo de software a incorporar, pueda brindar una facilidad de comunicación y coordinación entre los profesionales que conformen el grupo de trabajo, para compartir los modelos desarrollados y gestionar de manera eficiente los cambios o mejoras a incluir dentro de estos; y además, que el software de producción a emplear, dentro de los cuales se pueden incluir los programas de modelado, diseño de estructuras, instalaciones mecánicas y simulación, faciliten en mayor medida el desarrollo de los modelos o proyectos.
6. Curva de aprendizaje: el manejo óptimo del software a implementar dentro del lugar de trabajo, implica dedicación y tiempo, para que se pueda ver retribuida su inversión inicial de compra.
7. Capacitación: los colaboradores que utilicen o implementen la metodología B.I.M., deben entender todos los usos que las herramientas tecnológicas brindadas puedan tener, lo cual conlleva a realizar una inversión no solo económica sino de tiempo, para poner en práctica los conocimientos adquiridos y generar experiencia a través de la implementación de un plan piloto.

3.2.5. Recursos Humanos

La implantación de la metodología B.I.M. en el seno de una empresa o institución implica la generación de múltiples roles, los cuales faciliten el flujo de información generada a través de los modelos de un

determinado proyecto, así como la interacción entre el equipo de trabajo. Se mencionarán cuatro roles considerados importantes a contemplar dentro de una organización (PlanBIM Chile, 2019).

1. Modelador B.I.M.: es la persona encargada de realizar el modelo de acuerdo con los diseños propuestos según el área en desarrollo, sea arquitectónica, estructural o electromecánica.
2. Documentadores B.I.M.: son los encargados de confeccionar los planos constructivos, a su vez, colaboran con la obtención de datos de los modelos para la cuantificación y presupuestación del proyecto.
3. Coordinador B.I.M.: es la persona responsable de coordinar los trabajos dentro de una misma área, con el fin de garantizar que se cumpla con los usos B.I.M. propuestos, y que a su vez pueda ser compartido con las demás áreas de trabajo participantes dentro del proyecto.
4. Gerente B.I.M. (B.I.M. Manager): es el encargado de determinar la forma en cómo se implementa el trabajo B.I.M., son los responsables de determinar los roles, niveles de detalle y software a implementar para un determinado modelo y definir los estándares B.I.M.
5. Director B.I.M.: es la persona a la cabeza del proceso de implementación B.I.M., responsable de formar a cualquier miembro del equipo de trabajo, así como del hardware y software requerido para realizar los trabajos o modelos correspondientes, así como dar seguimiento al trabajo realizado por los B.I.M. Managers.

3.2.6. Nivel de Desarrollo (LOD)

El nivel de desarrollo o Level of Development, por sus siglas en inglés, es una forma de medir el grado de información contenida en un elemento de un determinado modelo B.I.M., es una representación gráfica. Se debe establecer el nivel de desarrollo de un modelo basado en un estándar, no existe un consenso sobre un estándar global; sin embargo, los más usados son los planteados por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA por sus siglas en inglés) y el B.I.M. Forum. Este último se diferencia entre LOD 100, 200, 300, 350 y 400, basándose en una descripción genérica de los elementos, así como por su grado de desarrollo (Barco, D., 2018).

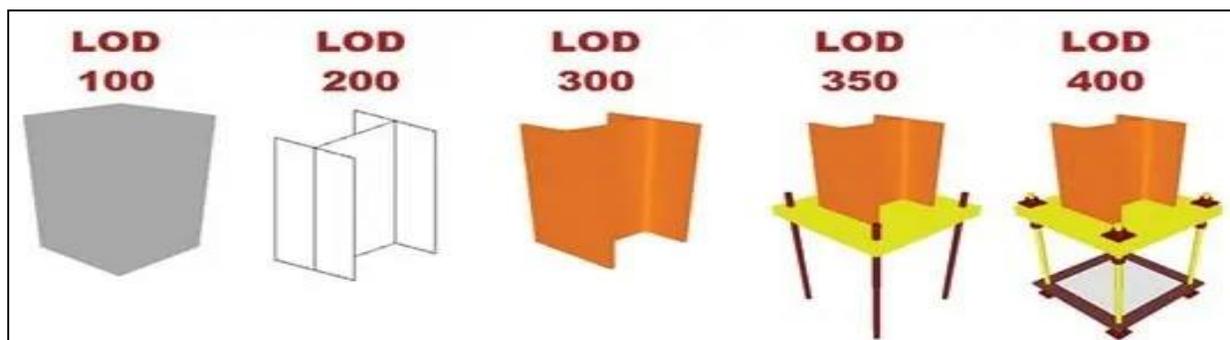


Figura 5. Niveles de desarrollo
Fuente: (B.I.M. Forum Specs)

3.2.7. Interoperabilidad

Se define como la capacidad de intercambiar información entre software seleccionados para implementar la metodología B.I.M. dentro de una empresa o institución. Permite efectuar una coordinación adecuada entre los modelos elaborados de acuerdo con las áreas que formen parte del proyecto. (Barco, D., 2018). La interoperabilidad puede depender de varios aspectos, entre ellos el software utilizado, el tipo de entregables requeridos, las plataformas de intercambio de información, del nivel de desarrollo y hasta del B.I.M. Manager.

3.2.8. Plan de trabajo B.I.M.

Es el documento mediante el cual se desarrolla la propuesta de implementación de la metodología B.I.M., además proporciona las herramientas necesarias para que cada uno de los integrantes del equipo de trabajo puedan desarrollar las labores de modelado que les sean asignadas.

El plan de trabajo B.I.M. contempla el desarrollo de cuatro puntos principales, los cuales de mencionan a continuación:

- Información general del proyecto.
- Objetivos del proyecto.
- Interoperabilidad.
- Recursos logísticos y técnicos

4. METODOLOGÍA POR EMPLEAR EN LA GESTIÓN DEL PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP

La elaboración del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., se realiza en dos etapas: la primera consiste en la recopilación de información y la segunda etapa corresponde a la selección del esquema de trabajo que mejor se ajuste a los requerimientos del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz para alcanzar los objetivos propuestos.

4.1. Recopilación de información

Es fundamental tener claro los principales conceptos que rodean la metodología B.I.M. previo a incursionar en un proceso de implementación de esta metodología en una empresa o Institución.

Para tal efecto, se asistió al curso Introducción a la Metodología B.I.M., impartido del 4 al 25 de mayo del 2019 por el Ing. Harold Guevara Espinoza, experto CM-B.I.M., en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con el fin de conocer los principios básicos, herramientas y aplicaciones que lo conforman. De esta manera, con la información recibida, se realizó una selección de documentos que explicaran de manera clara tanto la metodología como su implementación.

A nivel mundial, B.I.M. es reconocida como una metodología que permite mejorar la eficiencia con la cual operan los procesos de gestión de proyectos, y que permite mitigar los posibles atrasos y agregar madurez en los procesos de desarrollo de infraestructura en el sector público.

En aras de conocer más en detalle acerca de las experiencias de países cuya implementación de la metodología B.I.M. es una realidad, y debido a que se proyecta implementar en Costa Rica la metodología B.I.M. en el sector público, se asiste al Taller de Construcción de la Ruta Nacional Implementación B.I.M. Sector Público, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Centro Internacional para Gran Bretaña de Construcción Digital, donde participaron expertos de Chile y del Reino Unido.

Como parte de la iniciativa impulsada por el Ministerio de la Presidencia por medio de la oficina de la Primera Dama, se establece la gestión para la adopción de la metodología B.I.M. a nivel nacional, tanto para el sector público como el sector privado y la educación superior (universidades). Para conocer el avance en esta materia, se cuenta con la colaboración del señor José Adrian Quirós Leandro, coordinador del Plan Nacional de Implementación B.I.M. Gobierno de Costa Rica del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN).

Como aporte adicional, para conocer el estado de implementación de la metodología B.I.M. a nivel privado, se cuenta con el apoyo del señor Jose Daniel Vargas Meza, coordinador B.I.M. Forum Costa Rica, de la Cámara Costarricense de la Construcción.

El Ministerio de Justicia y Paz, específicamente el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, desea dar el paso hacia la implementación de la metodología B.I.M. A través del Ing. Diego Solano Leandro, jefe a.i. del Departamento, se recaba información respecto del funcionamiento del Ministerio de Justicia, información del grupo de profesionales que conforman el Departamento, las principales labores que se desarrollan, así como de la gestión actual de los proyectos constructivos al interior del Departamento de Infraestructura. Adicionalmente, con el aporte de la Arq. Marcela Gutierrez Jiménez, se obtiene información relevante respecto del recurso material con que se cuenta y los planteamientos iniciales para estandarizar los procesos de diseño en el Departamento de Infraestructura.

4.2. Selección del esquema de trabajo

El esquema de trabajo propuesto se confecciona con base en el presentado en la Figura 3. Esquema de implantación B.I.M. Fuente: (Barco, D., 2018), adecuándolo a los requerimientos planteados por el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia. Mediante la Figura 6 se presenta el esquema de trabajo a seguir para desarrollar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz.

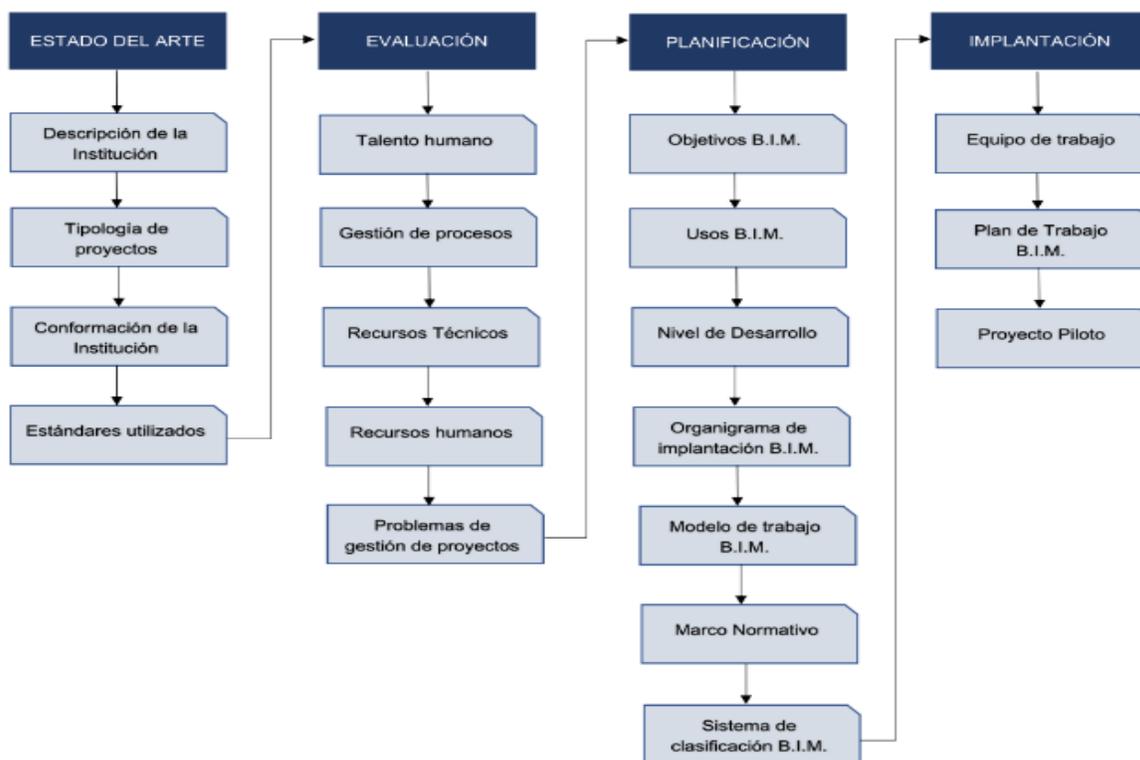


Figura 6. Esquema de implantación B.I.M. propuesto para el Departamento de Infraestructura
Fuente: (Elaboración propia)

A partir del esquema presentado anteriormente, se agrupan las actividades a ejecutar en cuatro pilares principales, los cuales se enumeran a continuación:

- Estado del arte.
- Evaluación.
- Planificación.
- Implantación.

Cada pilar contempla la realización de una serie de actividades de manera secuencial, las cuales se describen a continuación, y que permiten la recopilación de la información necesaria para la elaboración del plan de trabajo para la implementación de la Metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

- Estado del arte

En este apartado se desarrollan las siguientes actividades:

- Elaborar una descripción general del Ministerio de Justicia, sus funciones y su visión organizacional.
- Determinar la tipología de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.
- Investigar respecto de la conformación del Ministerio de Justicia, así como del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, para su posterior representación mediante un organigrama.
- Investigar acerca de estándares utilizados en la gestión de proyectos constructivos dentro del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

- Evaluación

Para el desarrollo de la tarea se contempla realizar las siguientes actividades:

- Realizar entrevistas virtuales al equipo profesional del Departamento, para conocer las labores desarrolladas y el nivel de conocimiento respecto de la Metodología B.I.M.
- Revisar el mecanismo de gestión de los procesos existentes y la interoperabilidad durante el desarrollo de proyectos constructivos en el seno del Departamento de Infraestructura.
- Verificar el estado de los recursos materiales disponibles para una adecuada implementación de la metodología B.I.M. (hardware, software).
- Identificar al profesional encargado de tomar el rol de B.I.M. Manager dentro del Departamento de Infraestructura.

- Planificación

Como parte de las actividades a gestionar durante el desarrollo de la presente tarea, se enumeran las siguientes:

- Definir el o los objetivos B.I.M., los Usos B.I.M., así como los niveles de detalle que se esperaría emplear por parte de la Jefatura del Departamento de Infraestructura.
- Elaborar un organigrama general del plan de implantación propuesto para el Departamento de Infraestructura.
- Establecer modelos de trabajo que contemplen los procesos de diseño, cálculo, revisiones, coordinación y niveles de detalle previamente definidos.

- Implantación

Las actividades contempladas para cumplir con la tarea citada son las siguientes:

- Conformar el equipo de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M. dentro del Departamento de Infraestructura.

- Elaborar el plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., con base en la información recabada durante la fase de evaluación y planificación.
- Desarrollar un proyecto piloto para valorar la adecuada gestión del plan de trabajo. En este caso específico se plantea desarrollar como proyecto piloto el Complejo de Operaciones para la Policía Penitenciaria del Ministerio de Justicia.

5. APLICACIÓN DEL ESQUEMA DE TRABAJO PROPUESTO PARA GESTIONAR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA B.I.M. EN EL DIP DEL MJP

Cada una de las fases descritas en el esquema de trabajo anterior se subdivide en actividades a desarrollar, donde se explica al lector, con mayor grado de detalle, la información a requerir y cómo aplicarse para generar el plan de trabajo B.I.M. en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz. Este plan de trabajo es el resultado del estudio de procesos de implementación realizados en empresas y en diferentes países, así como de la experiencia obtenida a través de los cursos, talleres y entrevistas con profesionales quienes brindaron sus recomendaciones específicas.

5.1. Estado del Arte

5.1.1. Descripción del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura

El Ministerio de Justicia y Paz, tiene entre sus principales funciones impulsar y coordinar planes y programas dirigidos a la promoción de la paz en el ámbito nacional desde la perspectiva de prevención de la violencia, apoyar al Ministerio de Seguridad Pública en materia del control de las armas de fuego en el país, promocionar la resolución alternativa de conflictos como una forma de desarrollar una cultura de paz, propiciar la mejor articulación a fin de cumplir el mandato de la Ley General de espectáculos públicos, materiales audiovisuales e impresos y promover la participación de la sociedad civil por medio de organizaciones no gubernamentales, y cualquier otro tipo de organismo dedicado a promover la paz y la no violencia.

- **MISIÓN:**

Contribuir al respeto integral de todas las manifestaciones de los derechos humanos de la población y promover la paz e inserción social de los sectores más excluidos.

- **VISIÓN:**

Todos los estratos de la sociedad hacen uso efectivo de sus derechos humanos, bajo garantía y protección del estado.

Como parte de la organización del Ministerio de Justicia y Paz, se encuentran los siguientes departamentos:

- Arquitectura: Encargado del Mantenimiento del sistema penitenciario
- Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes (DIP - PCIAB): el Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes (PCIAB) es un órgano adscrito al Ministerio de Justicia y Paz, creado en la Ley de la Dirección General de Adaptación Social 4762 del 8 de mayo de 1971. Por su parte, el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, es el encargado del diseño de proyectos que brinden respuesta a las demandas de infraestructura con que cuente el sistema penitenciario, y el cual se analizará para determinar sus flujos de trabajo, deficiencias que puedan presentar y se generará un plan de implementación B.I.M. para mejorar los procesos de trabajo.

5.1.2. Tipología de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria

La función principal del PCIAB es coadyuvar a la Administración Penitenciaria, mediante el financiamiento para el mantenimiento y construcción de la infraestructura penitenciaria. Dentro de los proyectos gestionados por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, se pueden citar los siguientes:

- Módulos de residencia para el alojamiento de personas privadas de libertad.
- Edificios de atención técnica.
- Aulas de enseñanza.
- Talleres de uso industrial.
- Edificios administrativos.
- Edificios de atención médica de personas privadas de libertad.
- Cocinas y comedores institucionales tanto para la población privada de libertad como para los funcionarios de la Institución.
- Edificios para el almacenaje de insumos varios.
- Casas Cuna para el alojamiento de mujeres privadas de libertad y sus hijos menores de tres años.
- Gimnasios de visita y deporte para las personas privadas de libertad.
- Centros semi institucionales en beneficio de la población sujeta a medidas privativas de libertad y con sanciones alternativas.

5.1.3. Conformación del Ministerio de Justicia y el Departamento de Infraestructura Penitenciaria

El Ministerio de Justicia y Paz está compuesto por tres direcciones de nivel político (Ministro, Viceministros y Oficialía Mayor), cinco instancias asesoras, 6 direcciones, 15 departamentos de nivel operativo, 43 unidades y 9 unidades adscritas. Mediante la figura 5 se muestra el esquema organizacional bajo el cual se representa la estructura interna del Ministerio de Justicia y Paz.

El PCIAB está formado por una Junta integrada por la Ministra de Gobernación y Policía, quien lo preside; así como dos magistrados de la Corte Suprema de Justicia o sus representantes, y dos representantes del Poder Ejecutivo; quienes emiten los criterios y lineamientos que deberán regirse durante el período de la gestión, para el desarrollo de las actividades asignadas, procurando la utilización eficiente de los recursos y la mayor cobertura posible en el Sistema Nacional Penitenciario.

El Departamento de Infraestructura Penitenciaria está conformado por una Jefatura, un área de arquitectura, compuesta por cinco profesionales, un área de ingeniería, compuesta por cuatro profesionales y un área de dibujo, compuesta por tres profesionales. Mediante la figura 6 se representa la estructura interna del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

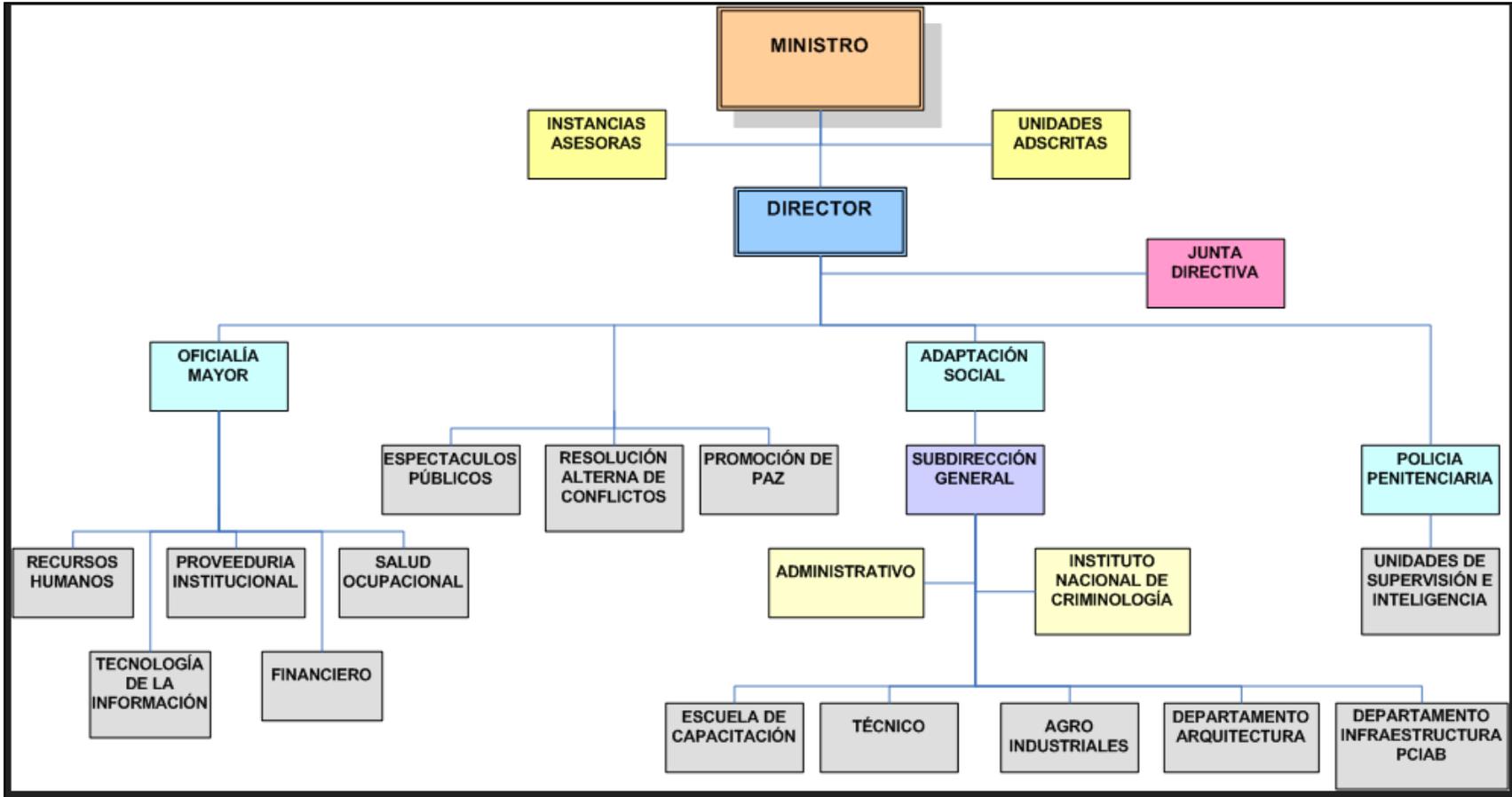
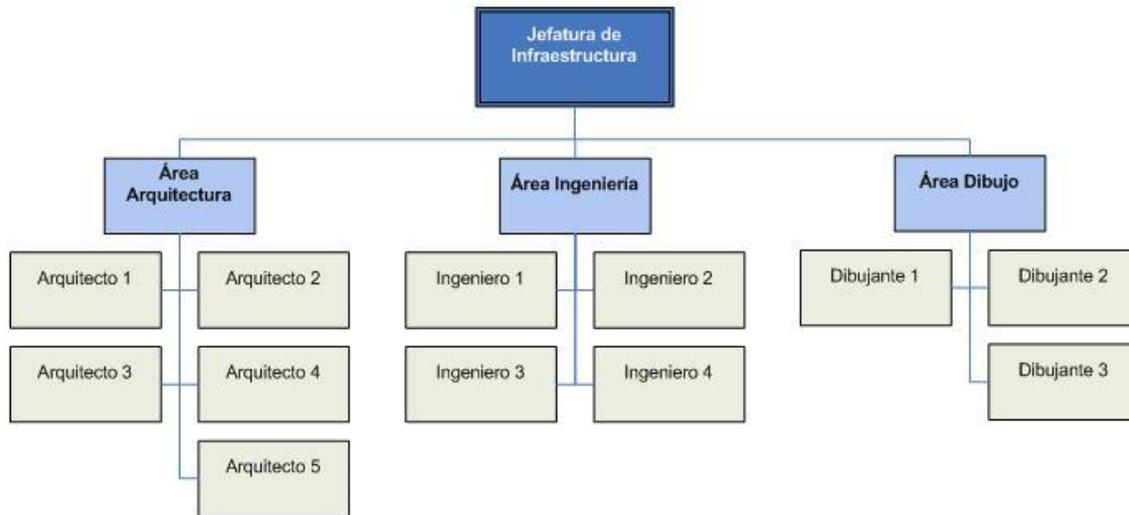


Figura 7. Organigrama del Ministerio de Justicia y Paz.
Fuente: (Elaboración propia)

Organigrama Departamento de Infraestructura – PCIAB – MJP



Página 1

Figura 8. Organigrama del Departamento de Infraestructura Penitenciaria PCIAB – MJP
Fuente: (Elaboración propia)

5.1.4. Estándares utilizados por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria

No se presenta una estandarización de procesos claves para el desarrollo óptimo de los proyectos gestionados por el Departamento de Infraestructura, desde su fase de anteproyecto, diseño, construcción y mantenimiento; sin embargo, se cuenta con flujos de trabajo definidos.

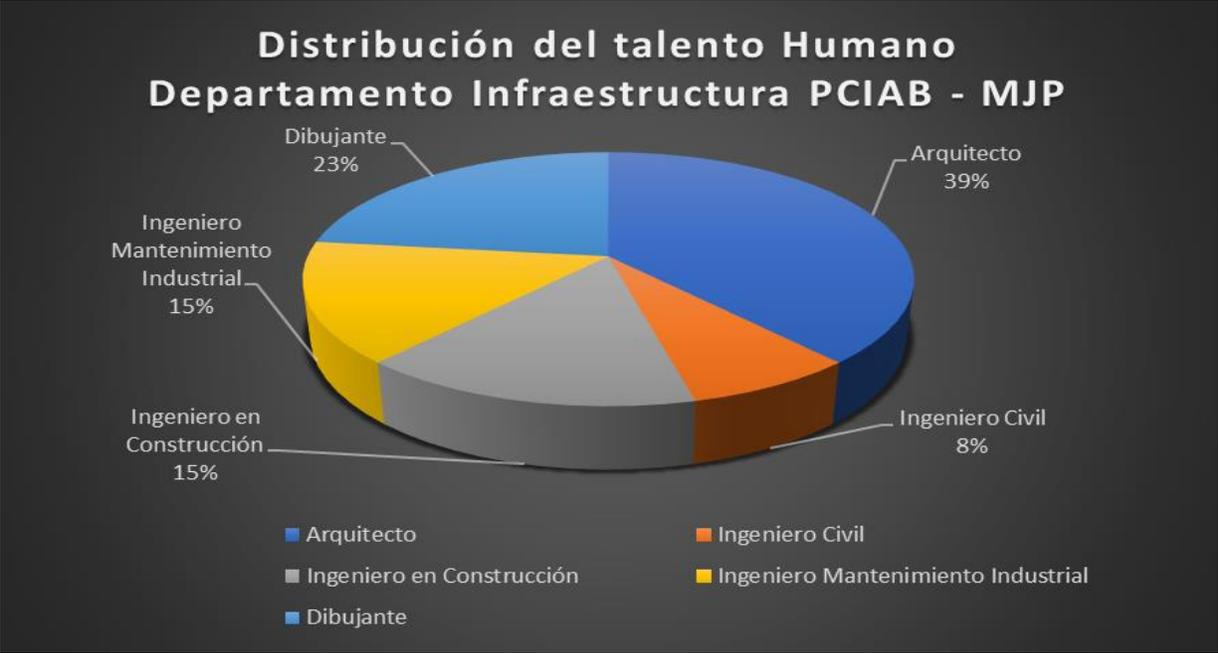
5.2. Evaluación

5.2.1. Evaluación del talento humano del Departamento de Infraestructura

Con la finalidad de obtener una retroalimentación genuina y sincera por parte del equipo de profesionales que conforman el Departamento de Infraestructura, con respecto a las labores que desempeñan, programas computacionales que emplean en su ejercicio profesional y el nivel de conocimiento respecto de la metodología B.I.M., se desarrollaron una serie de encuestas virtuales a cada uno de los profesionales.

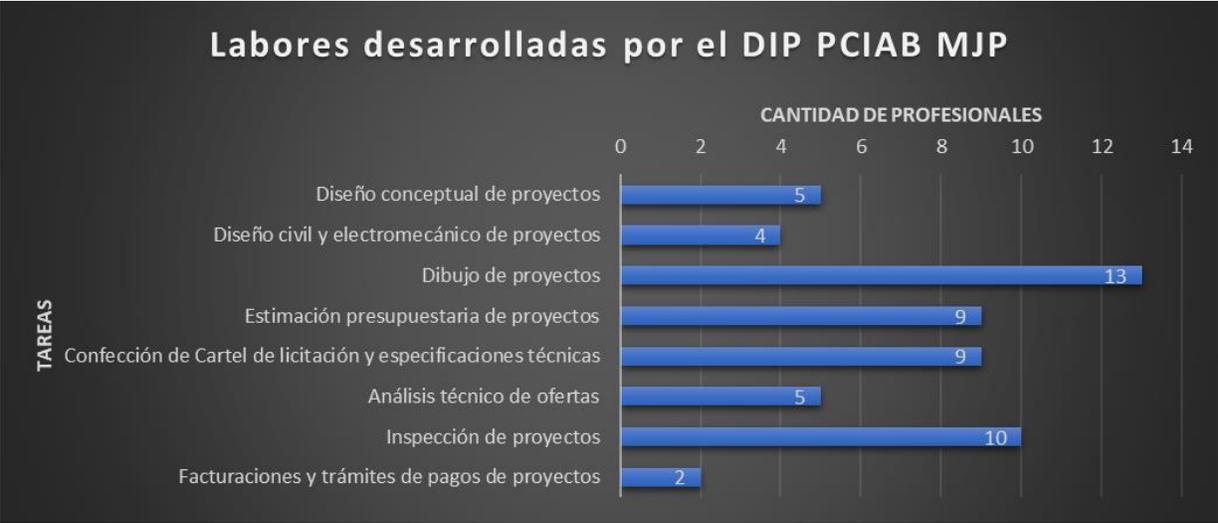
En total, el Departamento de Infraestructura Penitenciaria está conformado por trece profesionales, cuyas áreas de especialidad se detallan en la Gráfica 1, y se enumeran a continuación:

- Arquitectura: 5 profesionales.
- Ingeniería en Construcción: 2 profesionales.
- Ingeniería Civil: 1 profesional.
- Ingeniería en Mantenimiento Industrial: 2 profesionales.
- Dibujo: 3 profesionales.



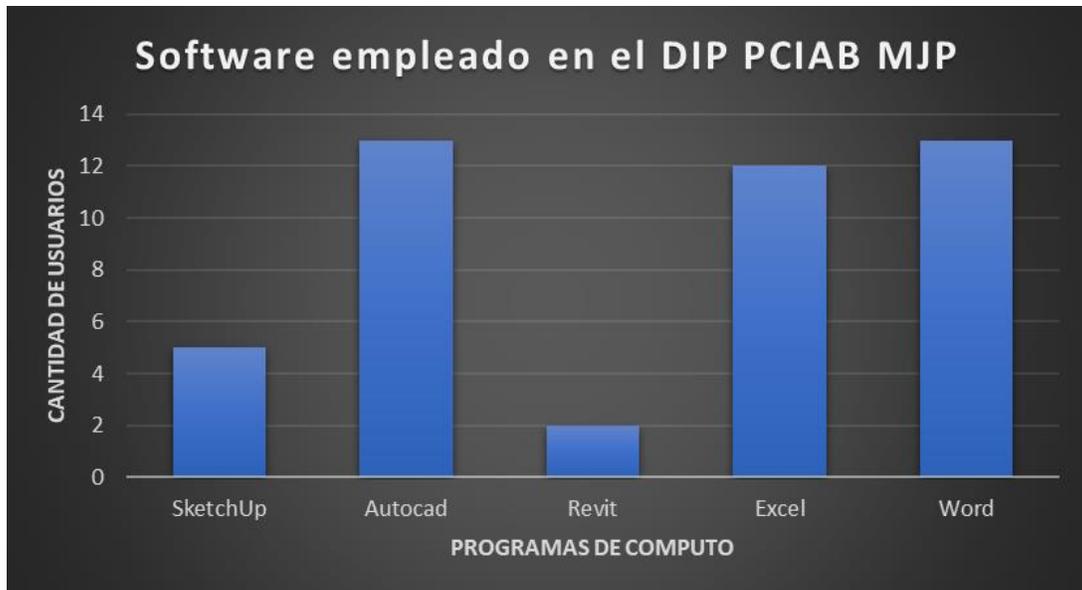
Gráfica 1. Áreas de especialidad del Departamento de Infraestructura PCIAB – MJP
Fuente: (Elaboración propia)

Como parte de las labores desarrolladas por el equipo profesional del Departamento de Infraestructura, mediante la Gráfica 2 se detallan las actividades más importantes mencionadas en la encuesta, así como la cantidad de profesionales que las desarrollan.



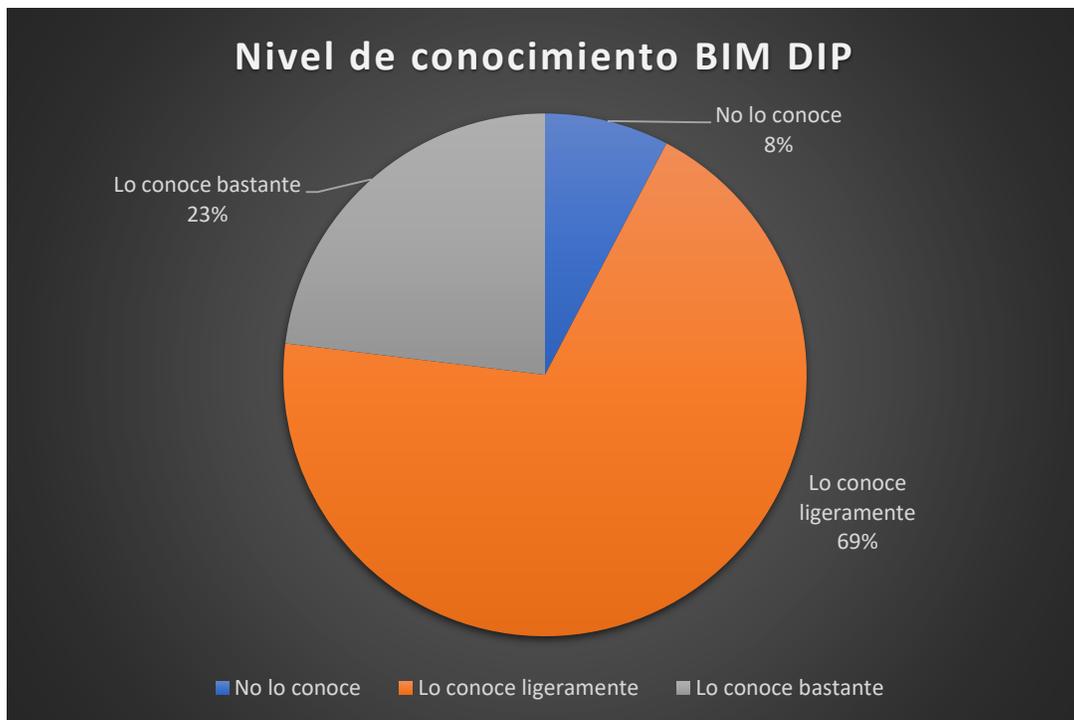
Gráfica 2. Labores desarrolladas por el Departamento de Infraestructura PCIAB – MJP
Fuente: (Elaboración propia)

Como parte del ejercicio profesional, el uso de paquetes de cómputo que faciliten las labores a realizar es de suma importancia; sin embargo, mediante la encuesta desarrollada, se detecta un faltante de software en las áreas de diseño estructural, mecánico y eléctrico. Mediante la Gráfica 3 se presenta el software empleado por los profesionales del Departamento de Infraestructura.



Gráfica 3. Software empleado por los profesionales del Departamento de Infraestructura PCIAB – MJP
Fuente: (Elaboración propia)

La transformación en la forma como un departamento realiza sus labores al momento de implantar la metodología B.I.M. implica tiempo y costo, por lo que es importante determinar previamente el nivel de conocimiento B.I.M. con que cuentan los profesionales que lo conforman. Por medio de la Gráfica 4 se muestra el nivel de conocimiento de la metodología B.I.M. del talento humano que conforma el Departamento de Infraestructura.



Gráfica 4. Nivel de conocimiento de la Metodología B.I.M. del Departamento de Infraestructura
Fuente: (Elaboración propia)

5.2.2. Gestión de procesos del Departamento de Infraestructura

El flujo de trabajo bajo el cual se desarrollan los proyectos en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz, es el mostrado en la figura 9, inicia con una solicitud de obra bajo una lista de necesidades del sistema penitenciario con un presupuesto asignado y brindado por la Jefatura del Departamento; con esta información, los arquitectos realizan un diseño conceptual empleando programas computacionales como SketchUp o Autocad, posteriormente se lo hacen llegar a los dibujantes empleando el correo, llave maya o mediante el uso de la carpeta compartida; una vez finalizado el anteproyecto conceptual, se realiza una revisión externa en donde participan los entes reguladores del anteproyecto (Adaptación Social, Policía Penitenciaria, entre otros), una vez que se cuenta con el visto bueno correspondiente, se inicia con el desarrollo del proyecto total en formato AutoCAD e incluyendo las demás especialidades involucradas (civil, mecánico y eléctrico). Una vez listos los planos, se confeccionan las especificaciones técnicas y el Cartel de licitación para que pueda ser incluida dentro del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP). Adjudicada la obra y habiendo dado orden de inicio, el equipo de profesionales inspecciona la obra por el tiempo establecido que se encuentre en ejecución.

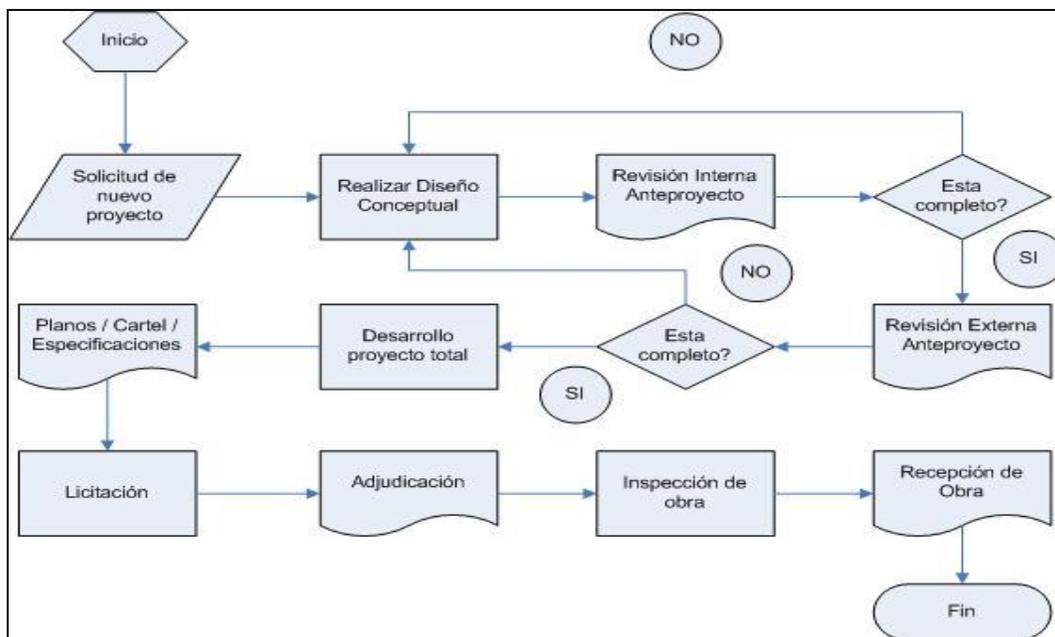


Figura 9. Flujo de trabajo actual del Departamento de Infraestructura Penitenciaria PCIAB – MJP
Fuente: (Elaboración propia)

Dentro del flujo de trabajo anteriormente mencionado, se ha determinado la presencia de una serie de problemas, tal como se muestra en el cuadro 1, los cuales se deben de analizar para comprender su impacto real en el proyecto.

Cuadro 1. Problemática presentada en el Flujo de trabajo del Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

Fase en el flujo de trabajo	Problema detectado	Impacto en el proyecto
Solicitud del proyecto	Falta de definición en el alcance del proyecto. La solicitud puede o no coincidir con la necesidad real a cubrir.	Atrasos en el cronograma de trabajo
Determinación de las necesidades	Las necesidades no están bien definidas al inicio del proyecto	Atrasos en el cronograma de trabajo
Coordinación del Proyecto	No se cuenta con métodos de coordinación	Atrasos en el cronograma de trabajo e impacto económico.

5.2.3. Recursos técnicos disponibles dentro del Departamento de Infraestructura Penitenciaria

Tal como se menciona en el apartado 3.5.4. Recursos Técnicos, una parte importante en el proceso de implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, consiste en contar con los recursos técnicos necesarios para una adecuada interoperabilidad B.I.M. Mediante el Cuadro 2 se presenta a manera de resumen el detalle de los recursos técnicos disponibles actualmente.

Cuadro 2. Condiciones técnicas existentes en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria

RECURSO		DISPONIBILIDAD	OBSERVACIONES
1	Infraestructura espacial	Se dispone de cubículos de trabajo y una sala de juntas.	Las dimensiones tanto de los cubículos de trabajo como de la sala de reuniones es adecuada.
2	Redes de datos	Se cuenta con conexión tipo ADSL con una velocidad de internet de 50 Mbps	El tipo de conexión y velocidad es adecuada
3	Accesos	Cuenta con una red de área local y disponibilidad de conexión remota VPN	La red de área local funciona adecuadamente
4	Hardware	Laptop Dell Precision 5530, procesador Core i7 8850H, memoria de 32 GB, almacenamiento de 1TB, sistema operativo Windows 10 Pro	El equipo computacional brindado es adecuado
5	Software	Se cuenta con Autocad 2017, Autocad MEP2017, Revit 2017, Microsoft Office 2019, Skype empresarial	Los programas funcionan adecuadamente sin embargo se requiere de software de producción adicionales tales como SAP2000 para análisis estructural, SAFE para cálculo de cimentaciones, Dialux para diseños de iluminación, Fluk para determinar la calidad de la energía, Power Book para determinar curvas y picos de consumo eléctrico, Project para administración de proyectos.

Dentro de los recursos mencionados en el Cuadro 2, se hace referencia al software; producto de la encuesta efectuada entre los profesionales que conforman el Departamento de Infraestructura, se logra observar que no todos manejan con la misma facilidad los programas de cómputo tales como el Revit o el AutoCAD, lo que nos dirige al tema de contemplar capacitaciones que ayuden a solventar la brecha existente entre los usuarios de los distintos programas.

Lo anterior implica no solo una inversión económica en contemplar la adquisición de suites, sino también una inversión en tiempo, dado que es necesario generar un plazo adecuado para que se dé la curva de aprendizaje y que los profesionales puedan contar con el manejo óptimo del software a implementar.

Una investigación de campo, entre empresas que distribuyen suites de programas computacionales, arroja el dato de que se requiere de una inversión de aproximadamente \$23.471,00 para contar con los programas computacionales óptimos, para realizar los trabajos requeridos por parte del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, desde anteproyectos, programas para el diseño y desarrollo de planos, así como servicios en la nube para el almacenamiento de datos y para el fácil y rápido acceso a estos.

Con el fin de alcanzar los objetivos del plan de trabajo, es necesario tener una estrategia de talento humano que permita potenciar las habilidades del equipo profesional actual. De esta manera, se contempla la utilización del modelo andragógico de educación, el cual contempla el aprendizaje para un personal adulto, mediante técnicas de revisión bibliográfica, exposición por parte del facilitador y el taller, a través de los cuales se enseñe la metodología B.I.M. en capacitaciones periódicas.

5.2.4. Recurso humano del Departamento de Infraestructura Penitenciaria

De acuerdo con lo indicado en el punto 3.5.5. Recursos Humanos, es necesario tener claro a lo interno del Departamento de Infraestructura, los roles de trabajo que cada profesional debe realizar, con el fin de asegurar un flujo de información adecuado entre las fases de gestión de un determinado proyecto.

Al respecto, la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO), a través del documento Estándar B.I.M. para proyectos públicos de 2019, describe las funciones por rol que se deben contemplar en el proceso de implementación de la metodología B.I.M. en el seno de una Institución. (Figura 10).

Tabla Roles 01. Acciones, responsabilidades y experiencia previa para cada Rol BIM		
 <p>Revisión en BIM</p>	<p>Visualizar y verificar la información (geometría y datos) de los modelos desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).</p>	<p>Conocimiento sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a revisar. Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: fiscalización, validación, auditoría, control, desarrollo y/o ejecución en base a la información obtenida de un proyecto.</p>
 <p>Modelación en BIM</p>	<p>Desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad, utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos. Dominar el intercambio de la información en diferentes formatos. Modelar los elementos agregando o actualizando la información requerida. Usar y crear nuevas entidades.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.</p>
 <p>Coordinación en BIM</p>	<p>Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto. Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prever conflictos y conciliar soluciones. Comunicarse con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño. Organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas. Configurar el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB. Mantener el/los modelo(s) actualizado(s) y liviano(s). La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto entre los modeladores.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre el desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar. Liderazgo de equipos.</p>
 <p>Gestión en BIM</p>	<p>Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. Definir el entorno de modelación, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, cómo se vincularán entre sí, cómo se ordenará y organizará la información en los modelos, la configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación. Definir un cronograma para las entregas y organizar reuniones del equipo BIM. La(s) persona(s) en este rol son el punto de contacto para el (los) gerent(es) del proyecto y para los diversos coordinadores de un proyecto.</p>	<p>Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: estandarización y optimización de procesos tecnológicos, planificación y administración de proyectos, operación y mantenimiento de activos. Liderazgo de equipos.</p>
 <p>Dirección en BIM</p>	<p>Liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización, de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).</p>	<p>Experiencia en gestión estratégica de proyectos y/o de organizaciones. Liderazgo.</p>

Figura 10. Tabla de Roles B.I.M.
Fuente (Estándar B.I.M. para proyectos públicos, 2019)

De esta manera, para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, se propone la distribución de roles mostrado en el Cuadro 3, en el cual se contempla lo siguiente:

Cuadro 3. Distribución de roles en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

ROL		Funciones Actuales	Funciones BIM	Labores BIM Complementarias
1	Director BIM (Ing. Diego Solano Leandro)	Es el vínculo entre la Dirección Ejecutiva y el Departamento. Es la Jefatura del equipo profesional del Departamento de Infraestructura. Coordina los proyectos que se desarrollan en el PCIAB.	Dirección BIM y Revisión de modelos.	Conocer acerca de la Metodología y su aplicación en las funciones diarias del Departamento, así como promover mejoras en relación a la implementación de la Metodología.
1	Arquitectos e Ingenieros (Arq. Joan Hernández, Arq. Johnny Calvo, Arq. Álvaro González, Arq. Elaine Verley, Ing. José Sánchez, Ing. Carlos Monge, Ing. Roy Rojas, Ing. Melany Cubero)	Confección de anteproyectos, diseños arquitectónicos, estructurales, mecánicos, eléctricos, presupuestación, licitación de obras, análisis técnicos de ofertas, ejecución de obras, control de avance y facturación.	Coordinación y Revisión de modelos.	Las funciones se mantendrán sin variación, se dará énfasis al uso de herramientas BIM y al trabajo colaborativo.
3	Gerente BIM (BIM Manager) (Arq. Marcela Gutiérrez)	No existe la figura profesional que se encargue de estas labores. Se deberá asignar un profesional idóneo para tomar este rol.	Dirección BIM, Gestión y Coordinación.	Crear los estándares del Departamento de Infraestructura, estar actualizado en la Metodología, establecer los flujos de trabajo y entregables según los objetivos BIM, tener conocimiento de los procedimientos constructivos y sus disciplinas, establecer las herramientas a utilizar por el Departamento de Infraestructura, tener conocimiento básico de las herramientas BIM, coordinar los trabajos entre los modeladores e ingenieros y realizar seguimiento de los entregables finales.
4	Modelador BIM (Viviana Quesada, Luisa Villaseñor)	Dibujo en dos dimensiones (2D)	Modelado de proyectos.	Manejos de diferentes software de modelado, conocimiento de interoperabilidad, creación de modelos 3D, creación de modelo federado, elaboración de documentos desde los modelos (planos constructivos), interacción entre el gerente BIM así como entre Arquitectos e Ingenieros.

5.2.5. Problemas detectados en la gestión de proyectos en el Departamento de Infraestructura

Como parte de la evaluación del trabajo desarrollado en la gestión de proyectos por parte del Departamento de Infraestructura, se detectaron una serie de problemas que se enumeran a continuación:

- La generación de retrabajos en la forma de diseñar, dado que se parte de un modelo 3D para terminar el mismo proyecto en 2D, con diferentes programas que no se comunican entre sí.
- No se cuenta con una plataforma que permita trabajar de manera colaborativa, se emplea una carpeta compartida que en ocasiones genera discrepancias dado que se utilizan archivos que no son los últimos creados para determinado proyecto.
- No se cuenta con una herramienta que brinde trazabilidad a los cambios realizados por los profesionales, sean arquitectos, ingenieros o dibujantes en un determinado proyecto.
- No se realiza un análisis previo a la entrega de los planos constructivos para encontrar interferencias en el diseño.
- No se cuenta con una coordinación y comunicación adecuada entre el usuario final y el equipo del proyecto, por lo cual el alcance de las obras puede variar y generar problemas en tiempo y costo una vez adjudicado y en fase de construcción.

5.3. Planificación

5.3.1. Objetivos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

En coordinación con la Jefatura del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, se establecen los objetivos que se plantea lograr con la implementación de la metodología B.I.M., los mecanismos para asegurar su cumplimiento y el plazo estimado para alcanzarlos, los cuales se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Objetivos B.I.M. a desarrollar en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.

OBJETIVO	MECANISMO DE CUMPLIMIENTO	PROBLEMÁTICA SOLVENTADA	PLAZO DE CUMPLIMIENTO
1 Optimizar la gestión de proyectos constructivos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	Implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura a través del plan de trabajo detallado en el presente documento.	Falta de comunicación entre el equipo profesional. Falta de uniformidad en la metodología de trabajo empleada.	Mediano Plazo
2 Estandarización de los procesos de gestión de proyectos desarrollados por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria.	Elaboración de cuadros guía para la unificación de procedimientos y entregables de proyectos constructivos.	Falta de estandarización en la gestión de proyectos constructivos. Correcciones constantes de un mismo elemento constructivo.	Mediano Plazo

5.3.2. Usos B.I.M. planteados por el Departamento de Infraestructura

A partir de los objetivos B.I.M. planteados, se establecen los usos B.I.M. que el Departamento de Infraestructura dará a los entregables generados del proyecto constructivo desarrollado, tomando como base la Guía para la elaboración del Plan de Ejecución B.I.M., planteada por parte de la Universidad de Pennsylvania, los cuales se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Usos B.I.M. a desarrollar en el Departamento de Infraestructura Penitenciaria

USO BIM		DISPONIBILIDAD DE RECURSOS
1	Estimación de costos de un proyecto constructivo mediante la cuantificación de materiales provenientes de un determinado modelo.	Modelos B.I.M., software para estimación de costos, base de datos de costos de materiales de construcción y mano de obra.
2	Revisiones de diseño para valorar las distintas áreas de diseño en un mismo modelo.	Software para revisión de modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
3	Análisis estructural con el fin de determinar las acciones de diseño actuantes en una determinada estructura.	Software para análisis estructural de modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
4	Análisis mecánico mediante el uso de software de evaluación de sistemas electromecánicos en un determinado proyecto.	Software para análisis de sistemas electromecánicos en modelos B.I.M., modelos B.I.M. y la normativa vigente.
5	Coordinación de modelos 3D entre las diferentes áreas de diseño, con el fin de detectar las posibles interferencias entre ellas dentro de un determinado modelo.	Software de modelado B.I.M., software para revisión de modelos B.I.M. y los respectivos modelos B.I.M. de cada área de diseño.

5.3.3. Niveles de desarrollo propuestos por el Departamento de Infraestructura

En el punto 3.2.6. Nivel de Desarrollo (LOD) se brinda una descripción general de este concepto, el cual define las características e información que contiene un determinado modelo, una vez detallado de manera más amplia en conjunto con la Jefatura del Departamento de Infraestructura, se estima que, tomando en consideración el grado de desarrollo de los proyectos constructivos que se gestionan a nivel departamental, acorde a las necesidades institucionales, se propone emplear un **LOD 200**, el cual constituye un nivel básico pero que incluye información dimensional de los elementos que componen un determinado proyecto y que se considera adecuado para generar las diferentes fases de diseño.

Es importante recordar que no todos los elementos del modelo requieren ser desarrollados en su totalidad, esto dependerá del uso que tenga dentro del proyecto; por ejemplo, un mueble de cocina para un modelo arquitectónico podría ser LOD 200, en cambio, para la fabricación del mueble se usaría LOD400.

5.3.4. Organigrama general del plan de implantación B.I.M. en el Departamento de Infraestructura

Con base en la información recabada en el punto 5.2. Evaluación, se plantea el organigrama general del plan de implantación B.I.M., el cual se muestra en la Figura 11.

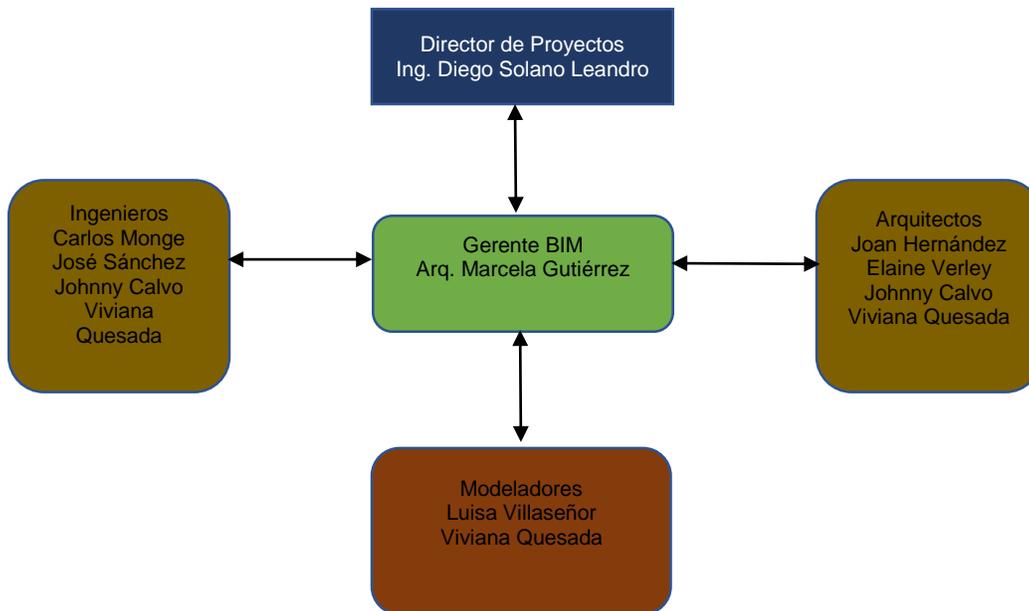


Figura 11. Organigrama propuesto como parte del plan de implementación B.I.M.
Fuente: (Elaboración propia)

Adicionalmente, en colaboración con el jefe del Departamento de Infraestructura, Ing. Diego Solano Leandro, y contemplando el organigrama propuesto como parte del plan de implementación BIM en el Departamento, se confecciona un flujo de trabajo optimizado, el cual se presenta con mayor detalle mediante la Figura 12.

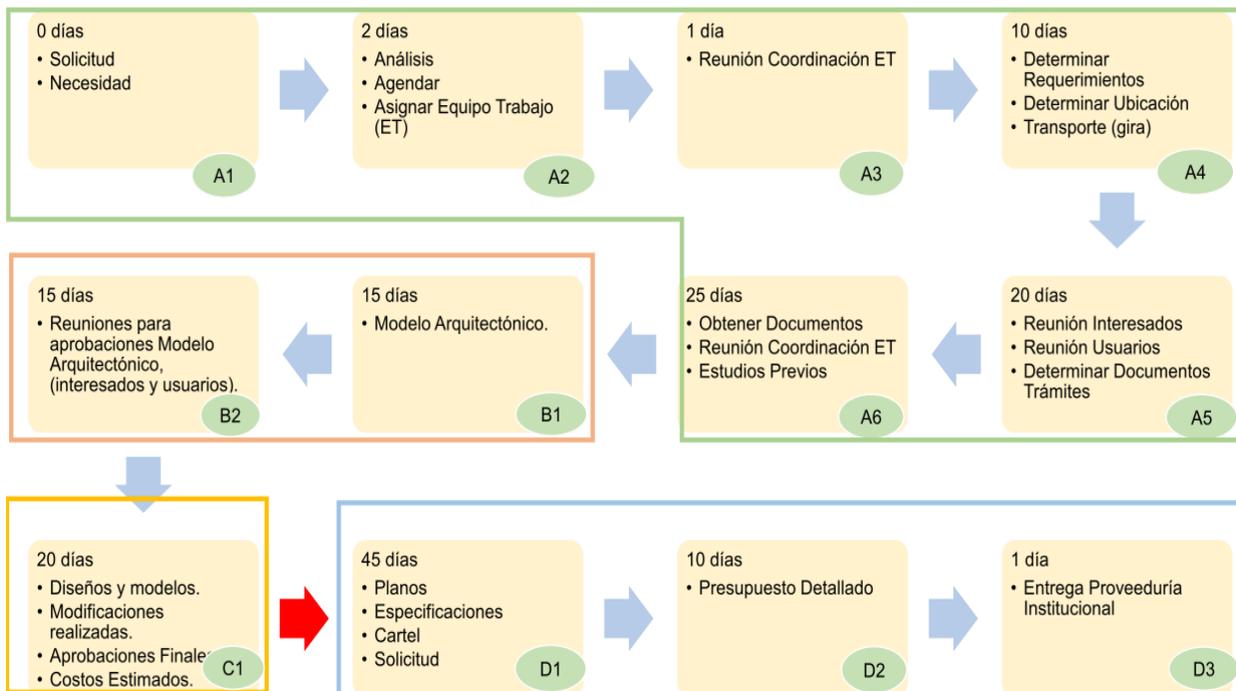


Figura 12. Flujo de trabajo optimizado para la gestión de proyectos del Departamento de Infraestructura
Fuente: (Elaboración propia)

Modelo de trabajo propuesto en el Departamento de Infraestructura

En el Departamento de Infraestructura Penitenciaria, de parte de la Jefatura, nace el interés en implementar la metodología B.I.M. en la gestión y desarrollo de proyectos constructivos. El modelo de adopción propuesto toma sus bases en el método Kaizen, el objetivo es adaptar las prácticas B.I.M. poco a poco a los procesos existentes dentro del Departamento, aprendiendo a comunicarse de manera más efectiva y fomentando el trabajo en equipo en la búsqueda de alcanzar un objetivo común. El punto más importante en un proceso de implementación B.I.M. en cualquier empresa o Institución, es que sea un “cambio bien planificado y comunicado, es más probable que haya menos resistencia (...). El resultado es un cambio más suave y una transición más rápida al nuevo proceso. Esta es ciertamente la estrategia preferida”. (AGC’s building information modeling education program, 2017).

Con base en lo indicado en el apartado 3.7.3. Modelos B.I.M., para el proceso de implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura, se empleará el modelo de coordinación de especialidades, el cual incorpora el modelo arquitectónico, estructural, eléctrico y mecánico, con el fin de visualizar la interacción entre ellos.

5.3.5. Marco normativo para contemplar en la implementación de la metodología B.I.M.

Con los objetivos B.I.M. planteados, es necesario establecer los estándares sobre los cuales se gestionarán los proyectos constructivos a desarrollar, de acuerdo con las referencias internacionales, específicamente relacionados con la metodología B.I.M. En este apartado no se contempla lo concerniente a leyes o reglamentos relativos a normas de diseño, construcción o seguridad ocupacional existentes en nuestro país, dado que ya se están aplicando en el diseño y construcción de proyectos por parte del equipo técnico del Departamento de Infraestructura.

Mediante el Cuadro 5 se describen las normas utilizadas por otros países en sus procesos de implementación de la metodología B.I.M. (Chile y España), y otras sugeridas por organizaciones como la AGC.

Cuadro 5. Normas por contemplar en la implementación de la metodología B.I.M.

NORMA	A QUE SE REFIERE	OBJETIVOS DE IMPLEMENTACION
1 ISO 169650-1	Conceptos y principios de manejo eficiente de información en un entorno de datos compartido en la gestión de obras de ingeniería aplicando la metodología B.I.M..	Asegurar que el intercambio de información en el CDE de un proyecto se realice de manera adecuada por parte del equipo de trabajo. Mejorar la comunicación eficiente entre los profesionales que conforman el equipo de trabajo.
2 ISO 169650-2	Fase de desarrollo de los proyectos. se refiere a establecer los lineamientos a seguir para gestionar la información en el proceso de contratación de un determinado proyecto. Establece que el Plan de Ejecución B.I.M. lo gestiona la parte contratada.	Contar con la información necesaria de un determinado proyecto para ser compartida entre las partes que lo desarrollaran e inspeccionara. Comunicación eficiente entre el contratante y el contratista de un determinado proyecto.
3 ISO / TS 12911	Se refiere a crear un marco común que brinde orientación para la aplicación de B.I.M. Facilitar el manejo de la documentación B.I.M. generada para un determinado proyecto. Elaborar una guía B.I.M. que pueda ser probada.	Crear un marco para la aplicación B.I.M. Elaborar una guía de implementación B.I.M. manejable. Lograr medir la eficacia de la guía de implementación B.I.M.

5.3.6. Sistema de clasificación propuesto en la implementación de la metodología B.I.M.

Tal como se indica en el apartado 3.1.4. Sistemas de clasificación B.I.M. del presente documento, posterior a la valoración realizada en conjunto con la Jefatura del Departamento de Infraestructura Penitenciaria, respecto a la metodología empleada por este Departamento de Infraestructura Penitenciaria para la gestión de sus proyectos, en la cual se genera un listado de materiales basado en especificaciones técnicas, se estima que el sistema de clasificación **MasterFormat**, tiene una similitud con el empleado en la actualidad, generando una mayor facilidad en las interacciones entre los profesionales que conforman el equipo técnico.

5.4. Implantación

5.4.1. Conformación de equipo de trabajo para implementación de la metodología B.I.M.

La jefatura del Departamento de Infraestructura establece implementar la metodología B.I.M. en el proyecto a desarrollar llamado “Complejo de Operaciones para la Policía Penitenciaria del Ministerio de Justicia”. El equipo de trabajo que estará al frente del proyecto es el mostrado en la Figura 13.

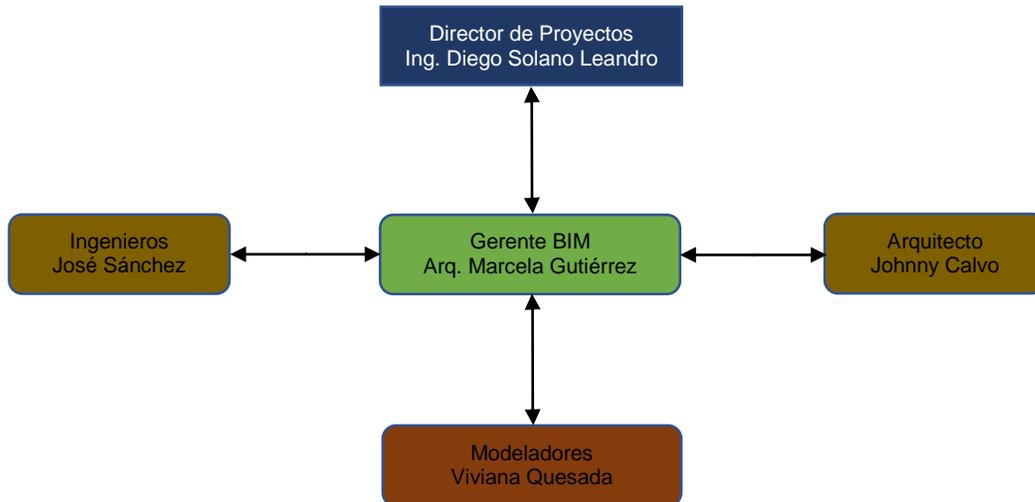


Figura 13. Organigrama equipo de trabajo para desarrollo de plan piloto B.I.M.
Fuente: (Elaboración propia)

5.4.2. Plan de trabajo para implementación de la metodología B.I.M. en proyecto piloto

El objetivo de desarrollar este plan de trabajo consiste en sentar las bases para la gestión eficiente de los proyectos desarrollados en el Departamento de Infraestructura, específicamente desde que surge la solicitud de diseñar un determinado proyecto hasta que este sea enviado a la Proveduría Institucional para su respectiva revisión y publicación en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP). Se busca una estandarización de la información que se maneja entre los profesionales del Departamento, así como definir los métodos de entrega, los flujos de trabajo, roles, responsabilidades y entregables, tal como se detalla en la Figura 14.



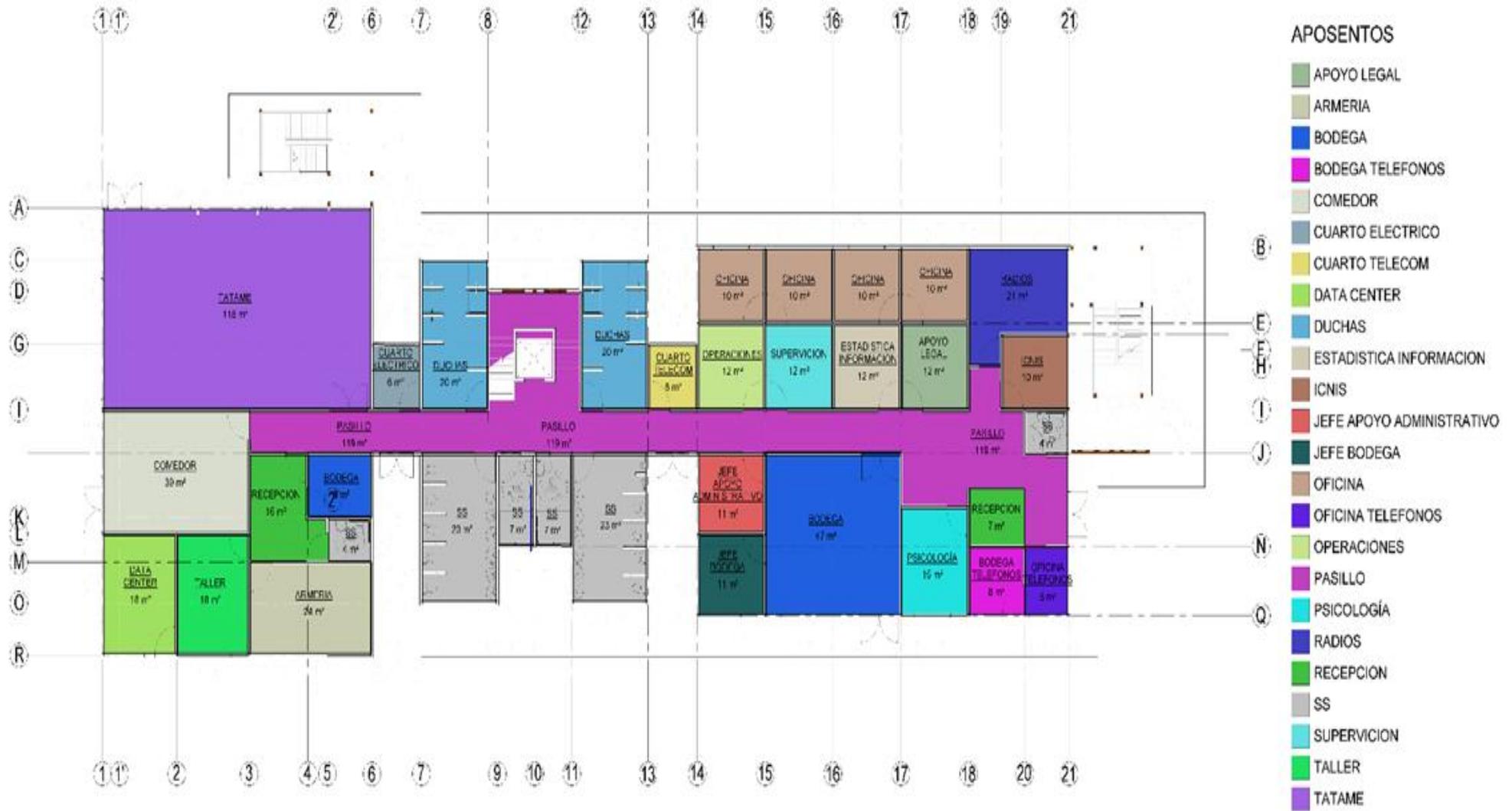
Figura 14. Gestión eficiente de los proyectos en el Departamento de Infraestructura del Ministerio de Justicia y Paz

1) Información general del proyecto

a. Descripción:

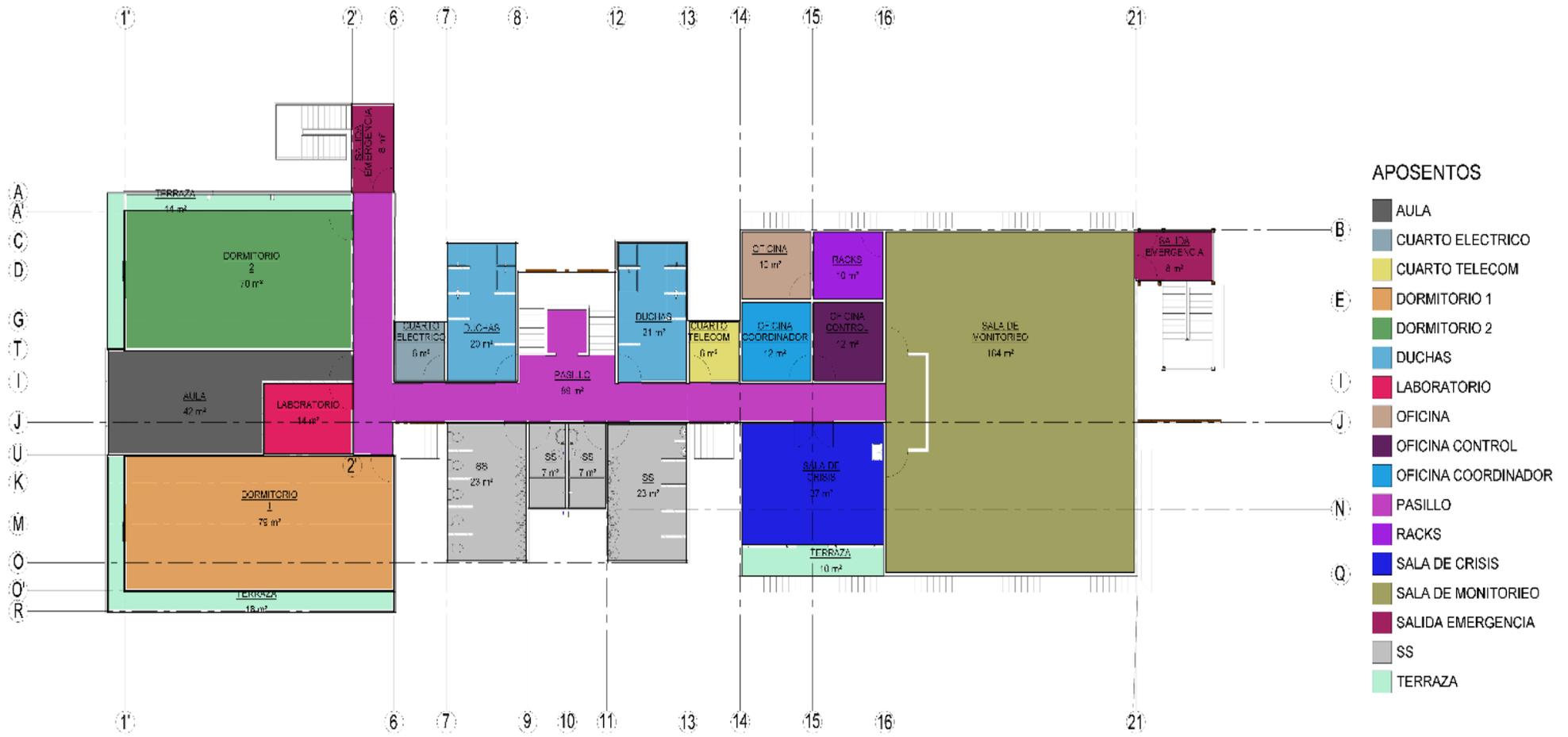
El Complejo de Operaciones para la Policía Penitenciaria del Ministerio de Justicia y Paz, es un edificio de 1.622 m², en dos plantas, se construirá mediante el sistema de mampostería confinada, por su estructura arquitectónica se puede separar en tres módulos que son:

- Módulo Este: que comprende en la primera planta una recepción para la atención de personas con brazalete electrónico y otros servicios. Adicional a eso se encuentran las oficinas de ICNIS, apoyo legal, psicología, radios, teléfonos, estadística, información, bodega, supervisión, sala de lactancia, apoyo administrativo, operaciones. En la segunda planta se encuentra la sala de monitoreo, oficinas de control, racks, coordinador, sala de crisis y escalera de emergencias.
- Módulo Central: en el primer piso se encuentran dos accesos directos al edificio y las siguientes áreas: baterías de sanitarios para hombres y mujeres, baterías de baños para hombres y mujeres, dos baños completos en atención de la Ley 7600, escalera, elevador, cuarto de telecomunicaciones y cuarto eléctrico. En el segundo piso las áreas son las mismas.
- Módulo Oeste: en la primera planta se encuentra un área para el entrenamiento físico "tatami," la armería, el comedor y el data center. En la segunda planta se ubican los dormitorios para hombres y para mujeres, un laboratorio de cómputo, un aula y escaleras de emergencia.



PLANTA DE AREAS PRIMER NIVEL
1:100

Figura 15. Planta de áreas Primer Nivel Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria



1 PLANTA DE AREAS SEGUNDO NIVEL
1:100

Figura 16. Planta de áreas Segundo Nivel Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria



Figura 17. *Perspectiva frontal Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria*



Figura 18. *Proyección oblicua del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria*

AREA TOTAL		
APOSENTO	AREA TOTAL	NIVEL
APOYO LEGAL	12 m ²	PRIMER NIVEL
ARMERIA	24 m ²	PRIMER NIVEL
AULA	42 m ²	SEGUNDO NIVEL
BODEGA	55 m ²	PRIMER NIVEL
BODEGA TELEFONOS	8 m ²	PRIMER NIVEL
COMEDOR	39 m ²	PRIMER NIVEL
CUARTO ELECTRICO	13 m ²	
CUARTO TELECOM	13 m ²	
DATA CENTER	18 m ²	PRIMER NIVEL
DORMITORIO 1	79 m ²	SEGUNDO NIVEL
DORMITORIO 2	70 m ²	SEGUNDO NIVEL
DUCHAS	82 m ²	
ESTADISTICA INFORMACION	12 m ²	PRIMER NIVEL
ICNIS	10 m ²	PRIMER NIVEL
JEFE APOYO ADMINISTRATIVO	11 m ²	PRIMER NIVEL
JEFE BODEGA	11 m ²	PRIMER NIVEL
LABORATORIO	14 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA	51 m ²	
OFICINA CONTROL	12 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA COORDINADOR	12 m ²	SEGUNDO NIVEL
OFICINA TELEFONOS	6 m ²	PRIMER NIVEL
OPERACIONES	12 m ²	PRIMER NIVEL
PASILLO	209 m ²	
PSICOLOGÍA	15 m ²	PRIMER NIVEL
RACKS	10 m ²	SEGUNDO NIVEL
RADIOS	21 m ²	PRIMER NIVEL
RECEPCION	23 m ²	PRIMER NIVEL
SALA DE CRISIS	37 m ²	SEGUNDO NIVEL
SALA DE MONITORIEO	184 m ²	SEGUNDO NIVEL
SALIDA EMERGENCIA	17 m ²	SEGUNDO NIVEL
SS	128 m ²	
SUPERVICION	12 m ²	PRIMER NIVEL
TALLER	18 m ²	PRIMER NIVEL
TATAME	115 m ²	PRIMER NIVEL
TERRAZA	42 m ²	SEGUNDO NIVEL
TOTAL	1434 m ²	

Tabla 2. Desglose de áreas por aposento del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: elaboración propia, con herramienta Microsoft Excel.

b. Alcance

El alcance esperado del proyecto es el siguiente:

- Generar el Modelo Arquitectónico.
- Generar el Modelo Estructural.
- Generar el Modelo Electromecánico.
- Generar informe de interferencias.
- Generar Planos Constructivos.
- Generar la estimación presupuestaria con base en los planos constructivos.

c. Organigrama

El equipo de trabajo que estará al frente del proyecto es el mostrado a continuación.

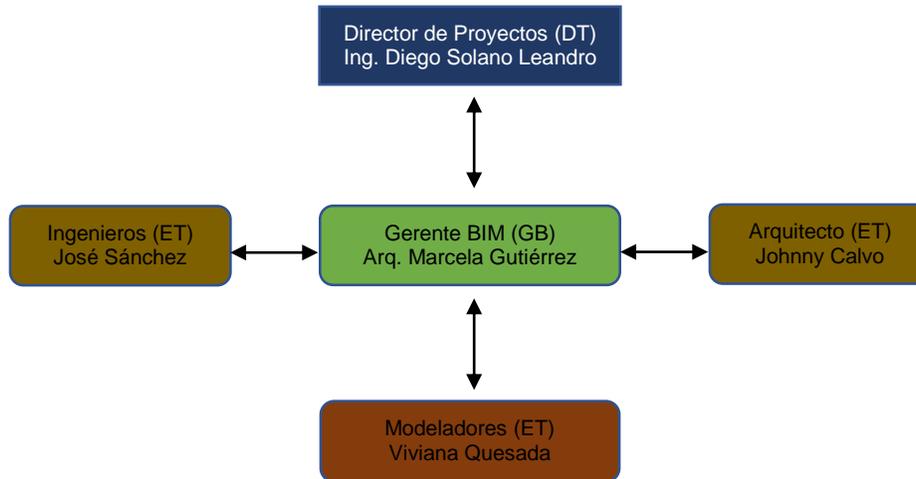


Figura 19. Organigrama equipo de trabajo para desarrollo de plan piloto B.I.M.
Fuente: (Elaboración propia)

2) Objetivos del proyecto

a. Objetivos B.I.M. del proyecto

- Optimizar la gestión del proyecto constructivo implementando la metodología B.I.M.
- Estandarizar el proceso de desarrollo del proyecto constructivo aplicando la metodología B.I.M.

b. Objetivos del equipo de trabajo

- Mejorar la comunicación entre los profesionales que conforman el equipo de trabajo.
- Generar diseños optimizados con el fin de reducir las correcciones en la etapa de ejecución de obra.

c. Nivel de desarrollo

Con base en los requerimientos del Departamento, así como del proyecto a desarrollar, se establece el empleo de los siguientes niveles de desarrollo: LOD 200 para el modelado de la sección arquitectónica, estructural, mecánica y eléctrica.

3) Interoperabilidad

a. Usos B.I.M. aplicables al proyecto

- Estimación de costos del proyecto constructivo.
- Revisiones de diseño: arquitectónico, estructural y electromecánico.
- Coordinación de modelos 3D entre las diferentes áreas de diseño.

b. *Ubicación y gestión de coordenadas*

- El proyecto se encuentra ubicado en el Complejo Occidente, específicamente entre el edificio de la policía K-9 y el Centro de Atención Institucional Adulto Mayor, sobre la carretera principal, San Rafael, Alajuela.
- Coordenadas:
 - 9°57'05" N
 - 84°13'45" W
- El edificio está referenciado a nivel 0+00 m.
- Los ejes de referencia del proyecto serán de 1 – 21 y de A – R.
- Se debe tener el cuidado de revisar que el eje A – 1 del archivo se encuentre ligado al punto base del proyecto, para que la vinculación del archivo empleando “de origen a origen” sea correcto.
- Se empleará el sistema métrico decimal.

c. *Estándares de modelado*

- Modelo B.I.M.: modelo de coordinación de especialidades, el cual incorpora el modelo arquitectónico, estructural, eléctrico y mecánico, con el fin de visualizar la interacción entre ellos.
- Sistema de clasificación: MasterFormat, al basarse en especificaciones técnicas y materiales.

d. *Protocolo de reuniones*

Como parte del control de avance del proyecto, en el Cuadro 6 se establece el siguiente planteamiento de reuniones de coordinación.

Cuadro 6. Protocolo de reuniones durante el desarrollo del plan piloto B.I.M.

Tipo de reunión		Objetivo	Canal	Frecuencia	Asistentes
1	Inicio	Coordinación preliminar del proyecto y explicación de metodología de trabajo a emplear.	Videoconferencia	Una vez	DT + GB + ET
2	Informativa	Brindar información al equipo de trabajo.	Videoconferencia	Quincenal	GB + ET
3	Seguimiento	Coordinación del proyecto	Videoconferencia	Semanal	ET
4	Formativa	Resolución de dudas del manejo de modelos del proyecto, documentación, estimación de costos.	Videoconferencia	Cuando sea necesario	GB + ET

Se utilizará la plataforma BIM360 en la cual se mantendrán los archivos digitales, será el canal de comunicación oficial, con la información más actualizada. El correo electrónico se utilizará para notificaciones de importancia al publicar en la plataforma los entregables.

-Se publicarán los modelos para tener acceso en BIM Docs todos los lunes.

Una vez a la semana se descargarán los modelos de BIM Design como respaldo, en caso de pérdida de la información.

e. *Protocolo de intercambio de información*

Para realizar el intercambio de información de manera adecuada entre todos los involucrados en el proyecto, se propone la utilización de la tabla mostrada en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Protocolo de intercambio de información durante el desarrollo del plan piloto B.I.M.

N°	Hito	Entregable	Fecha de Inicio	Fecha de entrega	Responsable
1	Trabajos preliminares				
1.1		Levantamiento de sitio			Ingeniero
1.2		Verificación de medidas de edificio a diseñar			Arquitecto
2	Diseño del edificio				
2.1		Modelo al 25%			ET
2.2		Modelo y planos al 50%			ET
2.3		Modelo y planos al 75%			ET
2.4		Modelo y planos al 100%			ET
3	Revisión final				
3.1		Revisión de interferencias			BM + ET
4	Presupuesto				
4.1		Estimación de costos empleando planos al 100%.			ET

f. *Protocolo de validación de modelos*

Como parte de la validación de los modelos desarrollados para cada una de las áreas que conforman el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, entendiéndose arquitectónica, civil y electromecánica, es necesario primeramente definir una matriz de interferencias, estableciendo las prioridades entre cada área, tal como se muestra en el Cuadro 8. En caso de presentarse elementos que no cumplan con estas prioridades, será el Gerente B.I.M. quien determine cuál elemento rige.

Cuadro 8. Matriz de interferencias que rige en el desarrollo del plan piloto B.I.M.

Secuencia	Área A	Área B	Prioridad	Tolerancia
1	Arquitectura	Estructural	Arquitectura	2,5 cm
2	Arquitectura	Mecánico	Arquitectura	2,5 cm
3	Arquitectura	Eléctrico	Arquitectura	2,5 cm
4	Estructural	Mecánico	Estructural	2,5 cm
5	Estructural	Eléctrico	Estructural	2,5 cm
6	Mecánico	Eléctrico	Mecánico	2,5 cm

Con el objetivo de validar el trabajo generado durante el desarrollo de los modelos arquitectónicos, estructural, eléctrico y mecánico para el proyecto piloto Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, se presenta un ejemplo de protocolo de validación de modelos.

Cuadro 9. Protocolo de validación de modelos empleado en el desarrollo del plan piloto B.I.M.

Verificación		Elementos a verificar	Responsable de la corrección
1	CUMPLIMIENTO CON LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y MODELADO	Los modelos presentan los mismos niveles (N.P.T. 0+00 m)	Ingeniero / Arquitecto
2		Los archivos presentan los nombres correctos	Modelador
3		No existen familias genéricas	Modelador
4		Los elementos tienen el LOD definido	Gerente BIM
5		Los modelos tienen las coordenadas y ejes	Ingeniero / Arquitecto
6	VERIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS	Detectar elementos en el modelo los cuales interactúen entre sí de una manera inadecuada.	Gerente BIM
7	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES	Asegurar el cumplimiento de los estándares, normas y guías establecidas dentro de la metodología B.I.M.	Equipo de Trabajo

g. Recursos logísticos y técnicos

Para una adecuada implementación de la metodología B.I.M. en el proceso de diseño del proyecto piloto, Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, es necesario contar con los recursos técnicos adecuados, tal como se presenta en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Recursos técnicos requeridos para el adecuado desarrollo del plan piloto B.I.M.

RECURSO		DISPONIBILIDAD	OBSERVACIONES	FORMATO GENERADO
1	Infraestructura espacial	Se dispone de cubículos de trabajo y una sala de juntas.	Las dimensiones tanto de los cubículos de trabajo como de la sala de reuniones es adecuada.	-----
2	Redes de datos	Se cuenta con conexión tipo ADSL con una velocidad de internet de 50 Mbps	El tipo de conexión y velocidad es adecuada	-----
3	Accesos	Cuenta con una red de área local y disponibilidad de conexión remota VPN	La red de área local funciona adecuadamente	-----
4	Hardware	Laptop Dell Precision 5530, procesador Core i7 8850H, memoria de 32 GB,	El equipo computacional brindado es adecuado	-----
5	Software	BIM 360 Autodesk	Se utilizará la plataforma BIM360 en la cual se mantendrán los archivos digitales, será el canal de	-----
		Revit Autodesk 2019	Desarrollo de modelos.	.rvt, .dwf
		AutoCAD Autodesk 2019	Confeción de	.dwg, .dwf
		Navisworks Autodesk 2019	Revisión de modelos y	.nwc, .nwd
		BIM Docs/ BIM Design o similar	Se publicarán los modelos para tener acceso en BIM Docs todos los lunes y una vez a la semana se descargarán los modelos de BIM Design, como respaldo	-----
	Adobe PDF	Visualización de documentos	.pdf	

5.4.3. Evaluación del plan de trabajo a través del desarrollo del proyecto piloto

Una vez concluido el proceso de diseño y documentación final, mediante la generación de los planos constructivos para el proyecto piloto del Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, se logra obtener una serie de datos para valorar la idoneidad del plan de trabajo propuesto para la implementación de la metodología B.I.M. en el Departamento de Infraestructura.

Se realiza el proceso de detección y análisis de interferencias, el cual consiste en comparar modelos de dos o más áreas (arquitectónica, civil, mecánica o eléctrica), y revisar si existen elementos que choquen entre sí, el software se programa para captar estas interferencias con una tolerancia establecida, que para la etapa de diseño se recomiendan en 2,5 cm.

Posteriormente, se obtiene un informe donde se explica cuáles elementos tienen problemas y dónde están ubicados dentro el proyecto para ser solucionados por el profesional respectivo.

Específicamente con el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria, las interferencias generadas son las presentadas en la Figura 16.

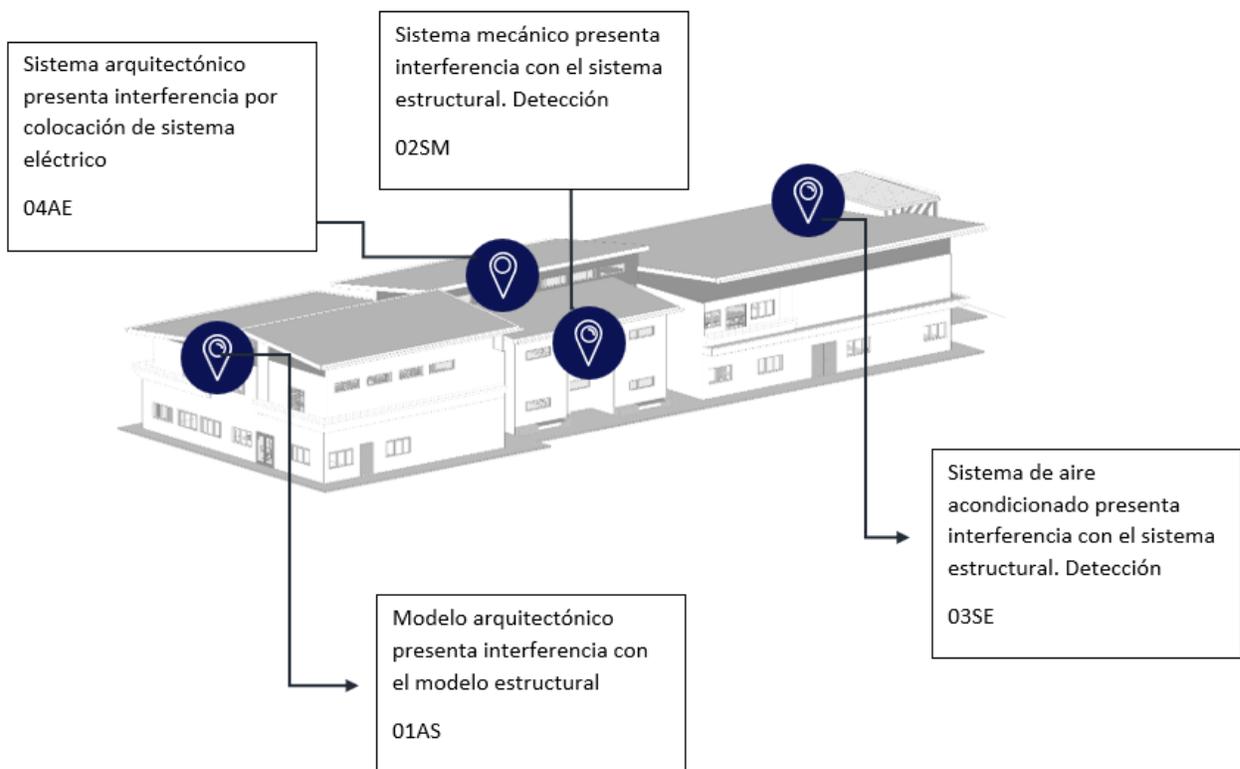


Figura 20. Localización de interferencias en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: (Elaboración propia)

A continuación, se detalla la información que compone un reporte de detección de interferencias:

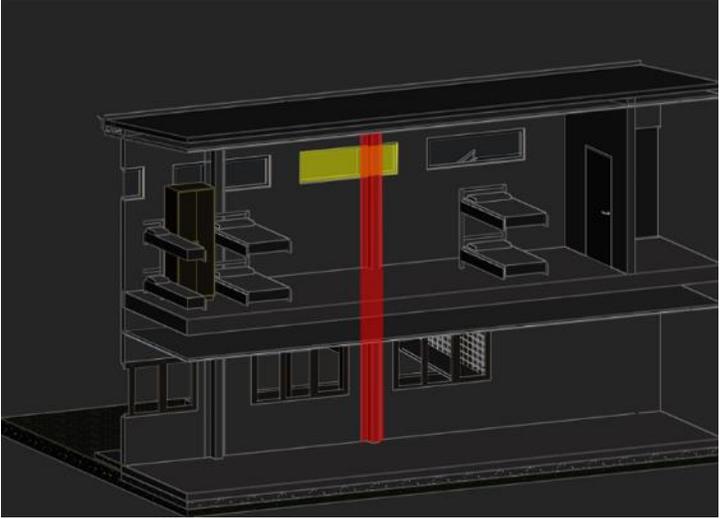
INTERFERENCIA 01AS	
Descripción	Modelo arquitectónico presenta interferencia con el modelo estructural
Coordenadas	7.9611, 18.1199, 5.50
Ubicación	Segundo Nivel Ventana tipo 3 número 35
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Ventada corrediza, con bisagra de fricción, marcos en aluminio color bronce de 45 x 75 mm
Elemento B	Columna en concreto 8#5 aros #3 @10 cm en extremos, resto @15 cm F'c= 210kg/cm2 Fy= 4200kg/cm2
	<p>Se detectan con colores diferentes la interferencia 01AS.</p> <p>Se observa una incongruencia entre el sistema arquitectónico y el sistema estructural.</p> <p>Coordinar ambas disciplinas para desarrollar la ubicación de una mejor manera</p>

Figura 21. Detección de interferencia 01AS en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: (Elaboración propia)

La solución planteada para esta interferencia, consiste en estandarizar las dimensiones de la ventanería en esta sección, de esta forma las ventanas ubicadas en el primer nivel, se reproducen en ubicación en el segundo nivel y con lo anterior, se logra dar una continuidad al sistema de soporte estructural planteado mediante la columna presentada en color rojo.

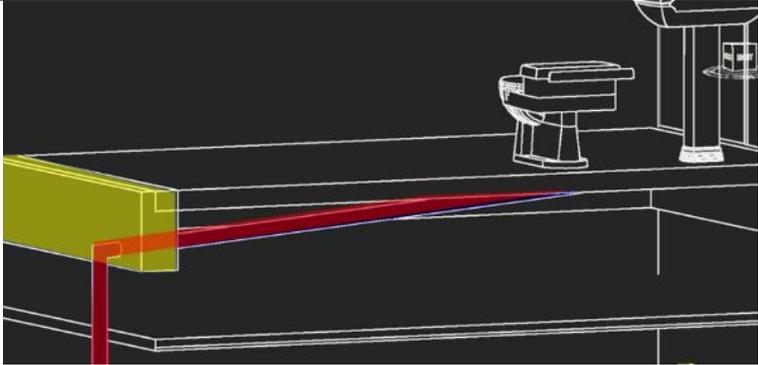
INTERFERENCIA 02SM	
Descripción	Sistema mecánico presenta interferencia con el sistema estructural.
Coordenadas x, y, z	22.8750, 3.4015, 3.60
Ubicación	Segundo Nivel Servicio sanitario para cumplir con ley 7600
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Sanitario similar o superior al Ecoline de Incesa Standard (SS Discapitados Cadet Elderly)
Elemento B	Tubería P.V.C.100Ømm. Pendiente 2%
	El sistema de aguas negras presenta un choque entre la viga de entrepiso. ----- Sistema de aguas negras
	

Figura 22. Detección de interferencia 02SM en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria

Fuente: (Elaboración propia)

En este caso, la solución planteada es la reubicación de la tubería de aguas residuales que baja al primer nivel, empleando una columna falsa a través de la cual, bajen al primer nivel todas las tuberías tanto de aguas negras como jabonosas.

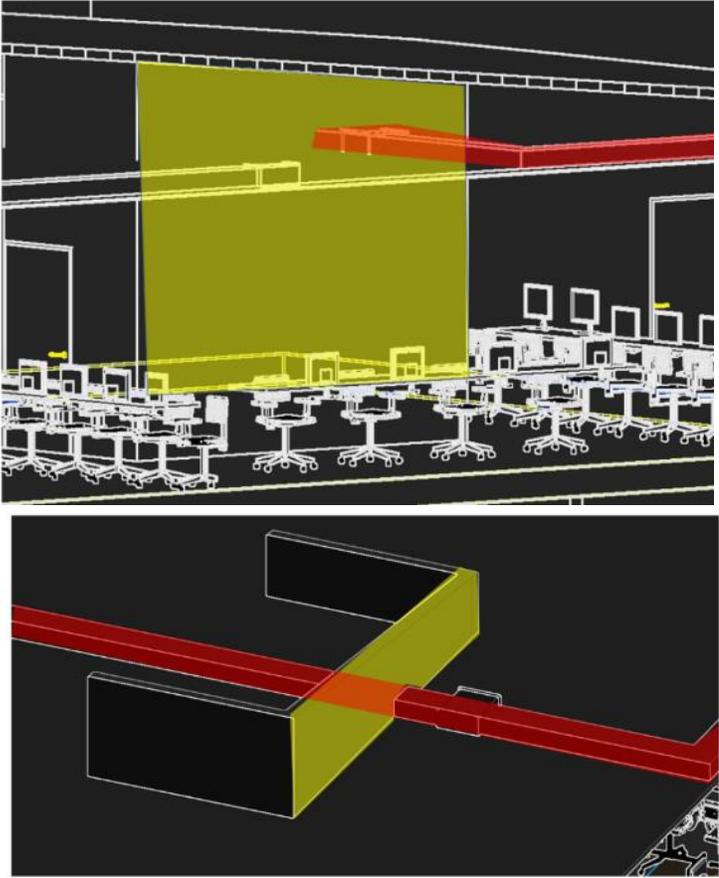
INTERFERENCIA 03SE	
Descripción	Sistema de aire acondicionado presenta interferencia con el sistema estructural.
Coordenadas	46.7190, 9.2311, 7.30
Ubicación	Segundo Nivel sistema de aire acondicionado en el área de monitoreo
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Sistema de aire acondicionado
Elemento B	Tapichel de block de concreto
	

Figura 23. Detección de interferencia 03SE en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria

Fuente: (Elaboración propia)

La solución indicada para esta interferencia, consiste en generar una cercha metálica en sustitución del tapichel de bloques de concreto, con el fin de facilitar la continuidad en el sistema de ductos del aire acondicionado.

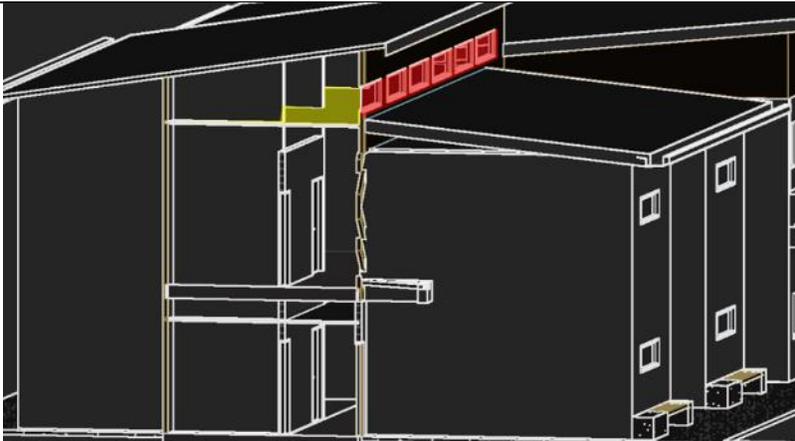
INTERFERENCIA 04AE	
Descripción	Sistema arquitectónico presenta interferencia por colocación de sistema eléctrico
Coordenadas x, y, z	22.7791, 8.1694, 9.20
Ubicación	Segundo Nivel Ventanas 45-46-47-48-49-50
Fecha de creación	24-03-2020
Elemento A	Ventada corrediza, con bisagra de fricción, marcos en aluminio color bronce de 45 x 75 mm
Elemento B	Cielo suspendido, Paneles de fibra mineral de 60x60 cm, con sistema de suspensión de acero galvanizado #30, modelo Olympia Clima Plus, marca USG o superior
	

Figura 24. Detección de interferencia 04AE en el Edificio de Monitoreo de la Policía Penitenciaria
Fuente: (Elaboración propia)

En este caso en específico, la solución planteada consiste en elevar la tubería eléctrica, ubicarla en el espacio de 60 cm generado entre la cubierta de techo y la viga corona, de esta manera la tubería no queda expuesta y las ventanas indicadas cumplen el propósito de brindar iluminación natural al pasillo para lo cual fueron incorporadas.

5.4.4. Análisis de resultados producto del proyecto piloto

Una vez valorada la información recabada de los procesos generados durante la implementación del plan de trabajo B.I.M. en el desarrollo del proyecto piloto, se obtienen los siguientes resultados:

- Procesos completados satisfactoriamente:
 - Anteproyecto de distribución arquitectónica interna debidamente aprobado.
 - Modelado del proyecto completo, incluyendo las áreas civil, mecánica y eléctrica.
 - Detección de interferencias.
 - Confección de planos constructivos.
 - Elaboración de estimación presupuestaria.
- Procesos no completados satisfactoriamente:
 - Establecimiento de un entorno común de datos.

Sin embargo, a lo largo del tiempo en que se desarrolla el proyecto piloto, se detecta una serie de dificultades, tanto técnicas como relacionadas con los procesos, las cuales se enumeran a continuación:

- Dificultades técnicas:
 - En el área mecánica, no se cuenta con familias adecuadas para elaborar el modelo de manera completa.
 - No se manejan los espesores correctos de tubería.
 - Al modelar las tuberías de agua potable y aguas negras, estas interferían entre sí, dado que se encontraban a un mismo nivel.
 - Algunos elementos se crean únicamente en 2D dificultando el análisis espacial.
 - No se cuenta con librerías personalizadas en el Departamento de Infraestructura, provocando que el proceso de modelado sea más lento.
 - Algunos elementos se modelan empleando familias con nombres genéricos, lo que dificulta ubicar los elementos dentro del modelo.
 - Los elementos modelados carecen de información, lo que a su vez provoca que las tablas de detalles deban ser llenadas manualmente, y no automáticamente.
- Dificultades relacionadas con los procesos:
 - La comunicación entre los profesionales que conforman el equipo técnico no fue suficientemente efectiva.
 - El nivel de desarrollo planteado fue difícil de lograr dado la falta de conocimiento en las familias y en los componentes del software utilizado.
 - El método de trabajo, aunque se emplean los modelos de cada disciplina, no se logró un traslape en la gestión de la información entre el equipo de trabajo, dado que cada profesional esperaba a que el otro culminara su modelo para detallarlo.

6. Conclusiones producto de la implementación del plan de trabajo y del proyecto piloto

A través de la aplicación del plan de trabajo para la implementación de la metodología B.I.M., se da solución a problemas presentados durante la fase de gestión de proyectos a lo interno del Departamento de Infraestructura, tales como falta de coordinación entre profesionales y la falta de revisiones detalladas de planos constructivos y su interacción entre las diferentes especialidades.

De esta manera, mediante la aplicación del plan de trabajo propuesto, se logra desarrollar modelos de cada una de las áreas de trabajo, valorar las posibles interferencias generadas entre ellos para así plantear soluciones adecuadas.

Se mejora el flujo de trabajo, así como la coordinación entre los profesionales, mediante la aplicación de protocolos de intercambio de información.

Con la conclusión del proyecto piloto se obtienen lecciones aprendidas, las cuales resultan de utilidad para mantener funcionando la parte técnica del proceso de implementación de la metodología B.I.M., dentro de las que se pueden citar las siguientes:

- Contar con un almacenamiento único para modelos y archivos: para lograr un proceso colaborativo es importante poseer un lugar de almacenamiento común, en el cual los involucrados del proyecto tengan acceso a la información más actualizada del proyecto.
- Realizar reuniones de coordinación: la planificación de las reuniones antes de ejecutarse, deben generar encuentros más eficientes y de mayor aprovechamiento para los involucrados, además es recomendable apoyarse en herramientas que faciliten la coordinación.
- Capacitación del equipo profesional: la implementación de la metodología B.I.M. implica nuevos conocimientos a nivel personal, por lo que se hace necesario brindar capacitaciones al personal, enfocadas en el grupo con base técnica.
- Suministrar soporte técnico: conociendo que la parte tecnológica evoluciona continuamente, monitorear los equipos y el software es una buena práctica para mantener los procesos B.I.M. en óptimo estado.
- Contemplar el tiempo que toma la curva de aprendizaje: aprender acerca de un nuevo software o una nueva metodología de trabajo implica tiempo y hasta retrabajos, pero una vez que se sobrepasa esta etapa, se obtendrán resultados más positivos.
- Dar seguimiento al proyecto piloto e implementar la Metodología B.I.M. en la fase de construcción para valorar las mejoras que a nivel de tiempo y costo se puedan generar en su ejecución.

7. Referencias.

- Barco, D. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM* (Primera edición, Vol. 1). Igual que el autor.
- BIM Forum Chile. (2019). *Publicación normas internacionales, ISO19650*. [www.bimforum.cl. https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2019/05/Publicaci%C3%B3n-de-normas-Internacionales-ISO19650.pdf](https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2019/05/Publicaci%C3%B3n-de-normas-Internacionales-ISO19650.pdf).
- BIM Forum Costa Rica. (2018). *GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LAS EMPRESAS*. www.construccion.co.cr. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/8989>
- BIM Forum Costa Rica. (2020). *Guía para la elaboración de una solicitud de información BIM* (SDI BIM). www.construccion.co.cr. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9941>
- BIMForum Chile. (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. www.bimforum.cl. <https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>.
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2020). *Informe económico del sector construcción abril 2020*. www.construccion.co.cr. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9198#:~:text=Para%20el%202020%20se%20proyecta,de%20los%20hogares%20y%20empresas>.
- Conejera, G. A. (2019). *Sistemas de clasificación BIM: Omniclass, Uniclass, UniFormat, MasterFormat y NL/Sfb*. www.buildbim.cl. <https://www.buildbim.cl/tag/sistemas-de-clasificacion-bim/>
- es.BIM España. (2017). *Glosario de términos*. www.esbim.es. https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia_SG1_1_Glosario_de_terminos.pdf.
- Gomez, M., Galeano, C., & D.J. (2015). *EL ESTADO DEL ARTE: UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN*. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2). <https://pdfs.semanticscholar.org/53bc/32aa0b71bf442e79a10e850df9d9cbeecd869.pdf>.
- Pennsylvania State University & Computer Integration Construction Research Program. (2019). *BIM PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE: Chapter 2*. psu.pb.unizin.org. <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/chapter/chapter-2/>
- PlanBIM Chile. (2019). *ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS* Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores. www.planbim.cl. <https://planbim.cl/documentos-estandar-bim-para-proyectos-publicos/?lang=en>.
- Vargas, A. (2015). *Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo*. (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Anexos

Este apartado incorpora un anexo a través del cual se asocia al lector con los factores relevantes para la implementación de B.I.M.

Metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria, Valle (2014, p.3).

Tabla II-1. Factores relevantes para la implementación de BIM

	(Flood et al. 2003)	(Migilinskas et al. 2013)	(Homayouni et al. 2010)	(Nawari 2011)	(Rowlinson et al. 2010)	(Gu and London 2010)	(Arayici et al. 2011)	(Hartmann et al. 2012)	(Homayouni et al. 2010)	(Slevin and Pinto 1987)
1. Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM.		■						■		
2. Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos.		■	■				■			
3. Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.		■					■	■		
4. Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM.				■						
5. Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.		■			■	■	■			
6. Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos BIM.	■	■				■	■			
7. Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.						■	■			
8. Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.								■		
9. Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.									■	
10. Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.										■
11. Existencia de objetivos claros para la implementación.										■
12. Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.										■

Referencias

- Barco, D. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM* (Primera edición, Vol. 1). Igual que el autor.
- BIM Forum Chile. (2019). *Publicación normas internacionales, ISO19650*. www.bimforum.cl.
<https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2019/05/Publicaci%C3%B3n-de-normas-Internacionales-ISO19650.pdf>.
- BIM Forum Costa Rica. (2018). *GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LAS EMPRESAS*. www.construccion.co.cr.
<https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/8989>
- BIM Forum Costa Rica. (2020). *Guía para la elaboración de una solicitud de información BIM (SDI BIM)*. www.construccion.co.cr.
<https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9941>
- BIM Forum Chile. (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. www.bimforum.cl.
<https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>.
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2020). *Informe económico del sector construcción abril 2020*. www.construccion.co.cr.
<https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9198#:~:text=Para%20el%202020%20se%20proyecta,de%20los%20hogares%20y%20empresas>.
- Conejera, G. A. (2019). *Sistemas de clasificación BIM: Omniclass, Uniclass, UniFormat, MasterFormat y NL/Sfb*. www.buildbim.cl.
<https://www.buildbim.cl/tag/sistemas-de-clasificacion-bim/>
- es.BIM España. (2017). *Glosario de términos*. www.esbim.es.
https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia_a_SG1_1_Glosario_de_terminos.pdf.
- Gomez, M., Galeano, C., & D.J. (2015). *EL ESTADO DEL ARTE: UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN*. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2).
<https://pdfs.semanticscholar.org/53bc/32aa0b71bf442e79a10e850df9d9cbeed869.pdf>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2020). *Estrategia Nacional BIM Costa Rica*. MIDEPLAN.
<https://documentos.mideplan.go.cr/shares/s/MOQwz7ifQI6vwczlxFldw>
- Naciones Unidas. (2019, noviembre). *Transformación estructural, cuarta revolución industrial y desigualdad: desafíos para las políticas de ciencia, tecnología e innovación*. En Naciones Unidas (Ed.), *Junta de Comercio y Desarrollo. Comisión de la Inversión, la Empresa y el Desarrollo. 11o período de sesiones*. (pp. 4-5).
https://unctad.org/system/files/official-document/ciid43_es.pdf

Ortiz Quesada, G., & Paniagua Madrigal, E. (2004). *Costos de Construcción* (N.o 1). Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Pennsylvania State University & Computer Integration Construction Research Program. (2019). *BIM PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE*: Chapter 2. psu.pb.unizin.org. <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/chapter/chapter-2/>

PlanBIM Chile. (2019). *ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS* Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores. www.planbim.cl. <https://planbim.cl/documentos-estandar-bim-para-proyectos-publicos/?lang=en>.

Vargas, A. (2015). *Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo*. (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.